

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA TERHADAP  
TRANSMISI GELOMBANG PADA PEMECAH  
GELOMBANG BERPORI**



**DWI KURNIA JAYA NINGSIH**  
105 81 2415 15

**IRVANUSAMRAH**  
105 81 2460 15

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2019**

**SKRIPSI**

**PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA TERHADAP TRANSMISI  
GELOMBANG PADA PEMECAH  
GELOMBANG BERPORI**

SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UJIAN AKHIR GUNA MEMPEROLEH  
GELAR SARJANA TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN

**OLEH :**

**DWI KURNIA JAYA NINGSIH**  
**105 81 2415 15**

**IRVANUSAMRAH**  
**105 81 2460 15**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2019**

# FAKULTAS TEKNIK

## GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

### PENGESAHAN

atas nama Dwi Kurnia Jaya Ningsih dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2415 15 dan disamrah dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2460 15, dinyatakan diterima dan disahkan Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 31 Agustus 2019.

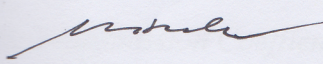
Makassar, 1 Muharam 1441 H  
31 Agustus 2019 M

Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar :   
 Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin :   
 Ketua : Dr. Ir. Hj. Sukmasari Antaria, M.Si :   
 Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM :   
 Anggota: 1. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM :   
 2. Dr. Muhammad Yunus Ali, ST., MT., IPM :   
 3. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT : 

Mengetahui :

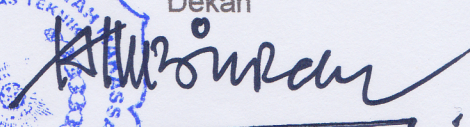
Pembimbing I

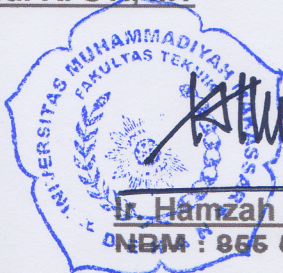
Pembimbing II

  
Ir. H. Riswal K. ST., MT

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

Dekan

  
Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM  
NBM : 866 500





# FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA TERHADAP TRANSMISI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI**

Nama : DWI KURNIA JAYA NINGSIH  
IRFANUSAMRAH

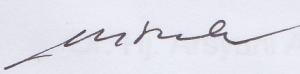
Stambuk : 105 81 2415 15  
105 81 2460 15

Makassar, 31 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;


Pembimbing I

Pembimbing II

  
Ir. H. Riswal K, ST., MT

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

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil

  
Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

NBM : 1183 084

# PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA TERHADAP TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI

Dwi Kurnia Jaya Ningsih<sup>1</sup> Irvanusamrah<sup>2</sup>

Mahasiswa Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Makassar

Email: [Dwikurnia1997@gmail.com](mailto:Dwikurnia1997@gmail.com)

Email: [irvan.mks199@gmail.com](mailto:irvan.mks199@gmail.com)

## Abstrak

Pemecah gelombang pipa berpori adalah *breakwater* yang dirancang berada tegak lurus garis pantai yang berguna untuk melindungi area pantai dari erosi dan abrasi yang disebabkan oleh energi gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perubahan diameter terhadap transmisi gelombang dan mengetahui pengaruh perubahan variasi kedalaman terhadap transmisi pada pemecah gelombang, kemudian menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh terhadap koefisien transmisi pada peredam gelombang. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Teknik Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan berbasis eksperimental dengan model skala yang digunakan 1:20. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dari tiga variasi periode dan dua variasi kedalaman air serta tiga variasi stroke. Pembacaan puncak dan lembah gelombang dilakukan secara otomatis melalui wave monitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter-parameter yang mempengaruhi koefisien transmisi, adalah tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), periode gelombang ( $T$ ), kedalaman air ( $d$ ), dan jumlah lubang pori.

**Kata kunci:** *Koefisien transmisi ( $K_t$ ), Tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ), Tinggi gelombang datang ( $H_i$ )*

## Abstrak

Porous pipe wave breakers are breakwater which is designed to be perpendicular to the coastline that is useful for protect coastal areas from erosion and abrasion caused by wave energy. The purpose of this research to determine the effect of changes in diameter against wave transmissions on the breakwater, then analyze the parameters that affect transmission coefficient on the wave dampe. This research was conducted at the Laboratory of Hydraulics Engineering, Hasanuddin University. The method used by the model-based experimental scale used 1:20. Characteristics waves generated consists of three variations of period, two variations of water depth and three variations stroke. Peaks and valleys of the wave readings done automatically through wave monitor. The results showed that the parameters that affect the transmission coefficient are coming wave height ( $H_i$ ), water depth ( $d$ ) and the number of pore holes.

**Keywords:** *Transmission Coefficient ( $K_t$ ), Transmission wave height ( $H_t$ ), coming wave height ( $H_i$ )*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji bagi ALLAH SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Diameter Pipa Terhadap Transmisi Pada Pemecah Gelombang Berpori”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa selesainya skripsi ini adalah berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih serta penghargaan yang setinggi - tingginya kepada :

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT.,IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST ., MT., IPM selaku Sekretaris Jurusan Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
4. Bapak Ir. Riswal K, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Satu (1)

5. Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing Dua (2)
6. Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Saudara/saudari kami di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Pengairan.
8. Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan secara moral maupun material dan doa kepada kami.

Serta semua pihak yang telah membantu kami. Selaku manusia biasa tentunya kami tak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat diharapkan demi penyempurnaan skripsi ini.

***“Billahi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat”.***

Makassar, September 2019

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR PERSAMAAN</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	2
D. Manfaat Penelitian .....	2
E. Batasan Masalah .....	2
F. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Landasan Teori .....	5
1. Pemecah Gelombang/ Breakwater .....	5
2. Teori Dasar Gelombang.....	6
3. Klasifikasi Teori Gelombang .....	10
	iv



4. Transmisi Gelombang.....	12
5. Teori Redaman Gelombang.....	13
6. Gelombang Berdiri Parsial .....	14
B. Hukum Dasar Model .....	16
1. Sebangun Kinematik.....	18
2. Sebangun Geometrik.....	19
3. Sebangun Dinamik.....	20
C. Penelitian Yang Relevan.....	22

### **BAB III METODE PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
B. Alat dan Bahan .....	27
C. Rancangan Penelitian .....	36
D. Variabel Penelitian .....	36
E. Prosedur / langkah Penelitian .....	36
F. Flow Chart Penelitian .....	39

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil.....	41
1. Panjang Gelombang.....	41
2. Data Tinggi Gelombang .....	41
3. Tinggi Gelombang Datang (Hi).....	44
4. Gelombang Transmisi.....	44

5. Koefisien Transmisi.....	46
6. Parameter Kecuraman Gelombang .....	46
B. Pembahasan .....	49
1. Hubungan Koefisien Transmisi (Kt) terhadap Kecuraman Gelombang (Hi/L) .....	49
 <b>BAB V Kesimpulan Dan Saran</b>	
7. Kesimpulan .....	55
8. Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
<b>LAMPIRAN</b> .....	60
<b>DOKUMENTASI</b> .....	67



## Daftar Persamaan

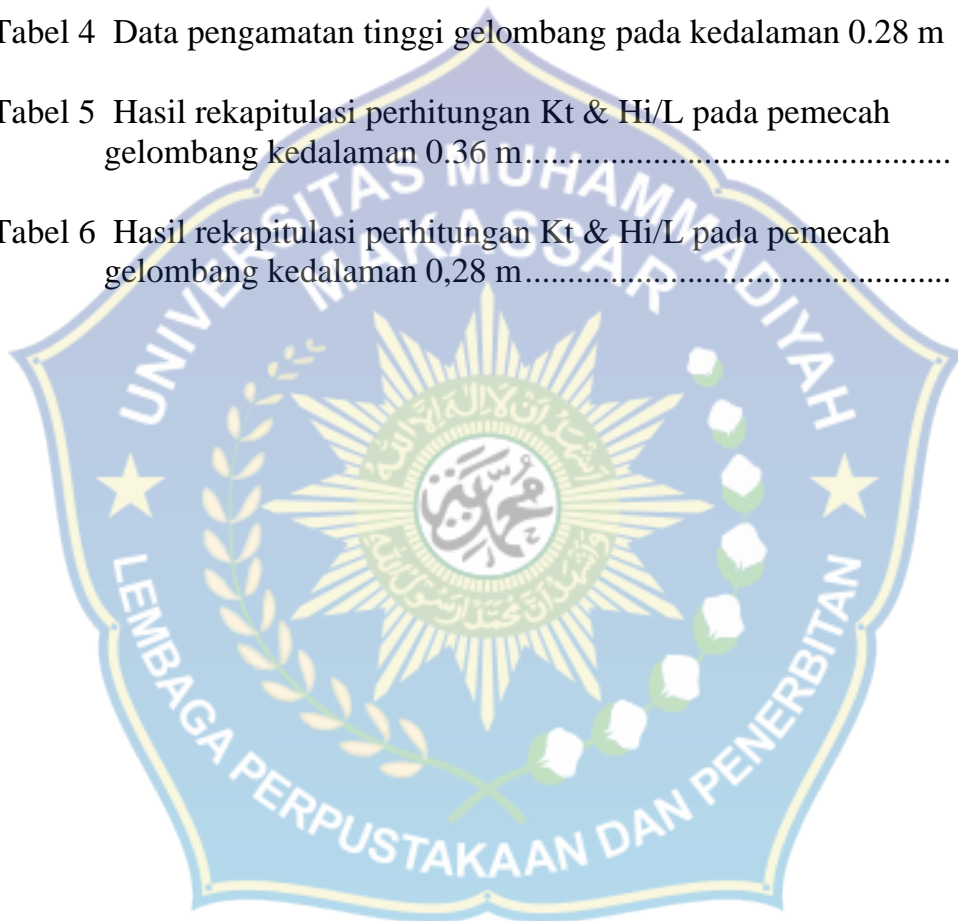
Persamaan 1 Panjang Gelombang ( $L$ ) .....	6
Persamaan 2 Panjang Gelombang Awal ( $L_0$ ) .....	6
Persamaan 3 Koefisien Transmisi ( $K_t$ ).....	12
Persamaan 4 Koefisien Refleksi ( $K_r$ ) .....	13
Persamaan 5 Profil gelombang total di depan penghalang ( $\eta$ ) .....	15
Persamaan 6 Skala Panjang ( $n_L$ ) .....	16
Persamaan 7 Skala Percepatan ( $n_a$ ) .....	16
Persamaan 8 Skala Debit ( $n_Q$ ).....	16
Persamaan 9 Skala Waktu ( $n_T$ ) .....	16
Persamaan 10 Sebangun Geometrik Skala Panjang .....	16
Persamaan 11 Sebangun Geometrik Skala Tinggi ( $n_h$ ).....	18
Persamaan 12 Kesebangunan Froude ( $F_y$ ) .....	18
Persamaan 13 Perbandingan Gaya Inersia ( $n_{f_y}$ ).....	18
Persamaan 14 Perbandingan Gaya Gravitasi ( $n_{f_y}$ ).....	18
Persamaan 15 Skala Model Tanpa Distorsi .....	19
Persamaan 16 Skala Waktu.....	19
Persamaan 17 Skala Gravitasi .....	21

## Daftar Gambar


Gambar 1	Parameter Gelombang .....	8
Gambar 2	Model Gerak partikel air dalam gelombang.....	11
Gambar 3	Profil Gelombang berdiri persial .....	15
Gambar 4	Wave flume ( tangki pembangkit gelombang ).....	27
Gambar 5	Pembangkit Gelombang tipe flap .....	28
Gambar 6	Wave Monitor dan Probe.....	29
Gambar 7	Sketsa Alat Penelitian .....	30
Gambar 8	Sketsa Penempatan Model pada Alat Penelitian.....	30
Gambar 9	Sketsa Probe 1 dan probe 2 untuk menentukan Hmax dan Hmin.....	31
Gambar 10	Model pengambilan data kedalaman 28 m pada alat.....	33
Gambar 11	Model pengambilan data kedalaman 36 m pada alat.....	34
Gambar 12	MD 15.....	35
Gambar 13	MD 10.....	35
Gambar 14	MD 7,5 .....	35
Gambar 15	Bagan Alur Penelitian (Flow Chart).....	39
Gambar 16	Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada MD 15 cm .....	50
Gambar 17	Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada MD 10 cm .....	51
Gambar 18	Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada MD 7,5 cm .....	52
Gambar 19	Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada semua model ...	53

## Daftar Tabel

Tabel 1 Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam.....	11
Tabel 2 Matrik penelitian sebelumnya .....	22
Tabel 3 Data pengamatan tinggi gelombang pada kedalaman 0.36 m	42
Tabel 4 Data pengamatan tinggi gelombang pada kedalaman 0.28 m	43
Tabel 5 Hasil rekapitulasi perhitungan $K_t$ & $H_i/L$ pada pemecah gelombang kedalaman 0.36 m.....	47
Tabel 6 Hasil rekapitulasi perhitungan $K_t$ & $H_i/L$ pada pemecah gelombang kedalaman 0,28 m.....	48



## Daftar Notasi Dan Singkatan



$H_t$	=	Tinggi gelombang transmisi
$H_r$	=	Tinggi gelombang refleksi
$H_i$	=	Tinggi gelombang datang
$H$	=	Data tinggi gelombang
$K_t$	=	Koefisien Transmisi
$L$	=	Panjang gelombang
$L_0$	=	Panjang gelombang di laut dalam
$T$	=	Periode gelombang
$d$	=	Kedalaman Air
$A$	=	Amplitudo
$C$	=	Kecepatan rambat gelombang
$C_0$	=	Kecepatan rambat gelombang laut dalam
$K$	=	Model diameter agregat kekasaran lolos saringan 40
$HWL$	=	High Water Level
$LWL$	=	Low Water Level
$H_{max}$	=	Tinggi Gelombang Maximum

$H_{min}$  = Tinggi gelombang minimum

$P$  = Rapat massa zat air

$g$  = Percepatan Gravitasi

$\pi$  = Phi (3,14)

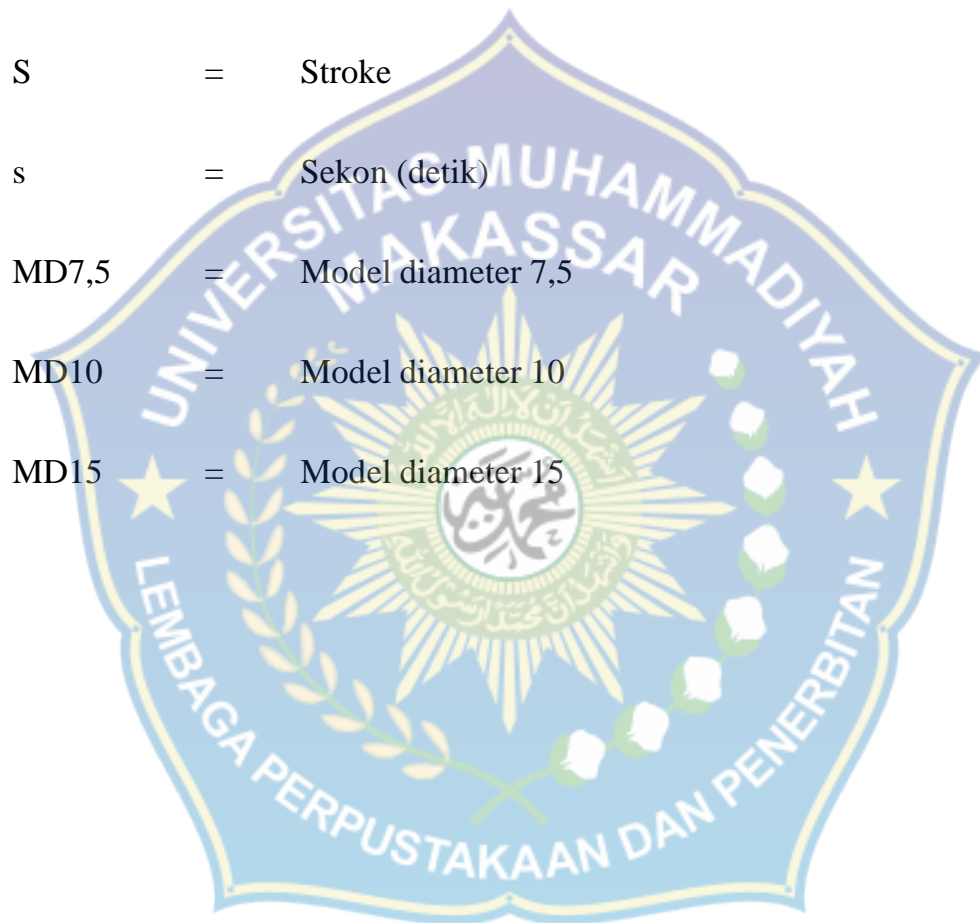
$S$  = Stroke

$s$  = Sekon (detik)

MD7,5 = Model diameter 7,5

MD10 = Model diameter 10

MD15 = Model diameter 15



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Bangunan pemecah gelombang (breakwater) dibedakan menjadi dua macam yaitu, pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bentuk dan karakteristik pemecah gelombang berbeda-beda begitu juga kemampuan peredaman gelombang yang dihasilkan. Menurut bentuknya bangunan dibedakan menjadi bangunan sisi miring dan sisi tegak dengan tipe tenggelam dan tidak tenggelam. Konstruksi pemecah gelombang tidak tenggelam atau yang puncaknya muncul di permukaan dari segi estetika terlihat tidak indah, dan membutuhkan biaya konstruksi dan pelaksanaan konstruksi yang lebih besar. Sedangkan penggunaan pemecah gelombang tenggelam dari sisi estetika sangat baik dan relatif jauh lebih murah (ekonomis). Beberapa tahun ini penelitian untuk tipe pemecah gelombang tenggelam lebih banyak dilakukan karena adanya kecenderungan peredaman gelombang oleh sekelompok batu karang yang hidup di perairan dangkal.

Dari uraian di atas, maka penulis mengangkat sebuah tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Variasi Diameter Pipa Terhadap Transmisi Pada Pemecah Gelombang Berpori”**.



## **B. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh diameter terhadap transmisi gelombang pada pemecah gelombang berpori ?
2. Bagaimana pengaruh variasi kedalaman terhadap transmisi gelombang pada pemecah gelombang berpori ?

## **C. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh perubahan diameter terhadap transmisi gelombang pada pemecah gelombang berpori.
2. Mengetahui pengaruh perubahan variasi kedalaman terhadap transmisi pada pemecah gelombang .

## **D. Manfaat Penelitian**

Bagi keilmuan bidang teknik sipil memberikan tambahan pengetahuan tentang pengaruh variasi diameter pipa dengan kekasaran tetap terhadap transmisi pada pemecah gelombang berpori.

## **E. Batasan Masalah**

Mengacu pada permasalahan yang didapatkan pada penelitian ini, maka secara detail pembahasan dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.

2. Gelombang dibangkitkan adalah gelombang dengan kondisi belum pecah.
3. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji.
4. Model yang digunakan adalah pemecah gelombang sisi tegak dengan variasi diameter lubang pori dengan kekasaran tetap antar diameter.
5. Model yang digunakan terbuat dari pipa PVC dengan panjang 176 cm
6. Struktur model dianggap kokoh/tidak mudah bergeser.
7. Dasar perairan model rata.
8. Air yang terdapat pada flume merupakan air tawar.
9. Ukuran diameter pipa yang digunakan  $2\frac{1}{2}$  inci, 3 inci dan 5 inci.
10. Kedalaman air pada flume 0,28 m dan 0,36 m .

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

Berikut ini akan diberikan uraian singkat mengenai tiap-tiap bab yang menggambarkan keseluruhan dari tulisan ini. Terdiri dari 5 (lima) bab, yaitu :

**BAB I**      Pendahuluan, yang berisikan latar belakang studi, rumusan masalah, tujuan dari penelitian, batasan masalah yang diangkat serta gambaran singkat dari tiap-tiap bab yang ada di dalam tulisan ini.

- BAB II** Tinjauan Pustaka, dalam bab ini akan diberikan uraian secara teoritis tentang pemecah gelombang ( breakwater ) dan teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.
- BAB III** Metode Penelitian, pada bab ini menguraikan tentang metode penelitian yang meliputi langkah-langkah sistematis penelitian terdiri atas lokasi dan waktu penelitian, langkah- langkah kegiatan penelitian, jenis penelitian, perolehan data, hukum dasar model, variabel yang diteliti, perancangan model, perancangan simulasi, bahan dan alat penelitian, dan simulasi model.
- BAB IV** Hasil Pembahasan, pada bab ini menjelaskan tentang hasil penelitian dan pembahasan mengenai hasil analisis data laboratorium.
- BAB V** Penutup, pada bab terakhir ini akan membahas mengenai dari keseluruhan penulisan yang berisi kesimpulan yang didapatkan dari studi yang dilakukan dan saran untuk bahan referensi pelaksanaan studi selanjutnya atau yang serupa.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Pemecah Gelombang/ Breakwater**

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 pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan kegiatan bongkar muat. Sedangkan pemecah gelombang lepas pantai merupakan bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini 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 di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transport sedimen yang menyebabkan pengendapan sedimen di daerah tersebut. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya *cusate*, sedangkan apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo.

## 2. Teori Dasar Gelombang

Gelombang permukaan merupakan salah satu bentuk penjalaran energi yang biasanya ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas lautan. Sifat gelombang yang datang menuju pantai sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan bentuk profil pantainya (*beach profile*), selain tentunya parameter dan karakter gelombang itu sendiri.

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

- a. Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang ( $gT^2$ ).

$$L = \frac{gT^2}{\pi} \operatorname{Tan} h \frac{(2\pi d)}{L_0} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (1) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang ( $L$ ). Pada persamaan (1) diperlukan panjang gelombang awal ( $L_0$ ) dengan menggunakan persamaan berikut:

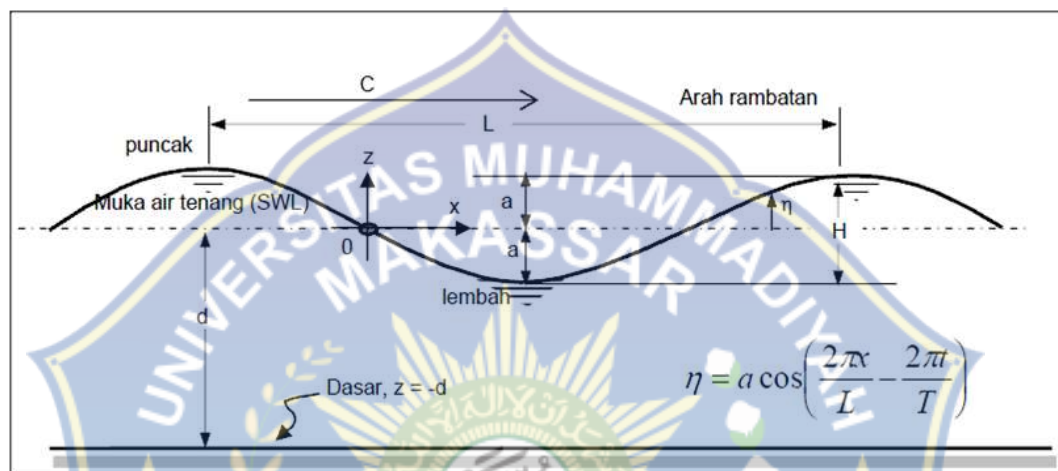
$$L_0 = 1,56T^2 \dots\dots\dots (2)$$

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

Gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut „*sea*“ sedangkan gelombang yang terbentuk diluar daerah pembangkitan disebut '*swell*'. Ketika gelombang menjalar, partikel air bergerak dalam suatu lingkaran vertikal kecil dan tetap pada posisinya selagi bentuk dan energi gelombang berjalan maju. Partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar dan membentuk puncak gelombang di puncak lingkaran dan lembah gelombang pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran

yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang.

Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada Gambar 1. berikut :



Gambar 1. Parameter Gelombang (Sumber : Mirza Fadlullah (2016))

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

- Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
- Difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung.

- c. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
- d. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
- e. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
- f. *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).

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

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

Gelombang di alam memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linearitas, tiga dimensi dan



mempunyai bentuk random. Adapun beberapa teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

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

1. Teori gelombang linear (*Airy Wave Theory, Small-Amplitude Wave Theory*)
2. Teori gelombang non-linear (*Finite-Amplitude Wave Theories*), diantaranya :
  - a. Gelombang *Stokes* orde 2, orde 3, orde 4, dan seterusnya.
  - b. Gelombang *Cnoidal*
  - c. Gelombang *Solitary*

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

### 3. **Klasifikasi Teori Gelombang**

Jika ditinjau dari kedalaman perairan dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, transisi dan air dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut

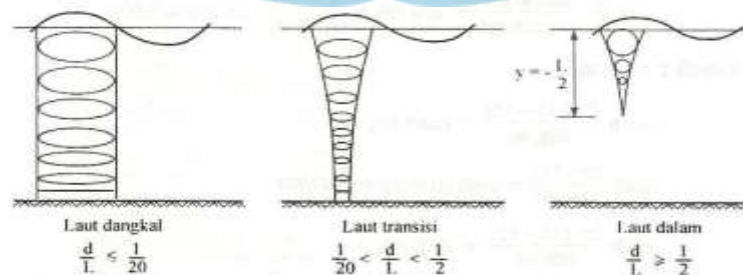
didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang ( $d/L$ ). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

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

Kategori gelombang	$d/L$	$2\pi d/L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air dalam	$> 0,5$	$> \pi$	$\approx 1$
Air transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Air dangkal	$< 0,05$	$< ,25$	$2\pi d/L$

Sumber: Muhammad Azwar Anas (2014)

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga. Gelombang amplitudo kecil dikembangkan oleh Airy sehingga dikenal dengan Teori Gelombang Airy. Teori Gelombang Airy diturunkan berdasarkan anggapan bahwa perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjangnya atau kedalamannya sangat kecil, sedangkan teori gelombang amplitudo berhingga memperhitungkan besarnya rasio antara tinggi gelombang terhadap panjang dan kedalaman airnya.



Gambar 2. Model Gerak partikel air dalam gelombang  
(sumber: B. Tratmodjo (1999))

#### 4. Transmisi Gelombang

Parameter transmisi gelombang adalah suatu koefisien transmisi yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang di belakang bangunan pantai dan tinggi gelombang datang.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

$K_t$  : koefisien transmisi gelombang,

$H_t$  : tinggi gelombang transmisi,

$H_i$  : tinggi gelombang datang

Pada bangunan kedap air (impermeable) transmisi gelombang diakibatkan oleh hampasan volume air yang melimpas di atas mercu bangunan (debit overtopping), sedangkan pada bangunan lulus air (permeable) transmisi gelombang merupakan gabungan dari konstruksi overtopping dan perembesan air melalui bangunan. Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan gelombang pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (wave steepness) (Massie, 1986).

koefisien transmisi tergantung kepada porositas (porosity), ikatan (tortuosity), pembentuk bangunan, bilangan Reynold, kecepatan maksimum orbital partikel air di permukaan air (still water

level), ukuran material dan viskositas kinematik air (Kondo dalam Silvester,1974).

Dalam menentukan tinggi gelombang transmisi dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran tinggi gelombang terukur di belakang model pemecah gelombang.

## 5. Teori Redaman Gelombang

Gelombang yang menjalar melalui suatu rintangan, sebagian dari energy gelombang akan dihancurkan melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, dan sisanya akan dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode, tinggi gelombang, dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar ) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi, dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi ( $K_r$ ) yang didefinisikan sebagai berikut

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

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 dan 0

untuk tidak ada refleksi.

Menurut Horikawa (1978) bahwa besarnya energi gelombang yang didipaskan (dihancurkan/diredam) adalah besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direflesikan ( $K_d = 1 - K_r - K_t$ ).

## 6. Gelombang Berdiri Parsial

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

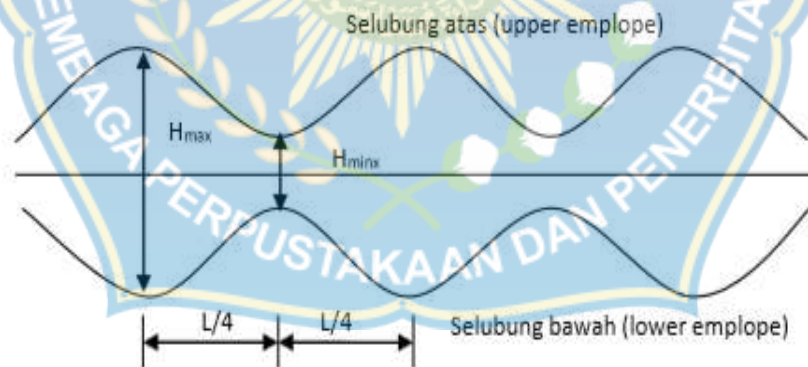
Jika suatu gelombang yang mengalami pemantulan yang tidak sempurna membentur suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang  $H_i$

akan lebih besar dari tinggi gelombang yang direfleksikan  $H_r$ . Periode gelombang datang dan yang dipantulkan adalah sama, sehingga panjang gelombangnya juga sama. Profil gelombang total di depan penghalang adalah (Dean dan Dalrymple, 1994) :

$$\eta = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx - \sigma t + \mathcal{E}) \dots \dots \dots (5)$$

Karena pemantulan yang tidak sempurna, menyebabkan tidak ada node yang sebenarnya dari profil gelombang tersebut. Profil gelombang untuk gelombang berdiri parsial ini dapat dilihat pada Gambar 2

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



Gambar 3. Profil gelombang berdiri parsial  
(sumber: Muhammad Aswar Anas (2014))

Dengan menguraikan persamaan (4) dan (5) diperoleh elevasi muka air maksimum dan minimum untuk gelombang berdiri sebagian

$$n_{tmax} = \frac{H1+H2}{2} \dots\dots\dots (6)$$

$$n_{tmin} = \frac{H1+H2}{2} \dots\dots\dots (7)$$

$$H_i = \frac{Hmax+Hmin}{2} \dots\dots\dots (8)$$

$$H_t = \frac{Hmax+Hmin}{2} \dots\dots\dots (9)$$

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

$$H_t = \frac{(Hmax)t+(Hmin)t}{2} \dots\dots\dots (10)$$

Dengan demikian untuk eksperimen di laboratorium, dilakukan pengukuran pada beberapa titik baik di depan model maupun di belakang model guna menentukan tinggi gelombang maksimum dan minimum. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (8) sampai (8) tinggi gelombang datang, reflkesi dan transmisi dapat dihitung.

## B. 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 dan sebangun dinamik.

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

Dasar dari semua pemodelan fisik adalah model dibuat agar bisa berperilaku hampir sama dengan *prototype*-nya sehingga model fisik dapat digunakan memprediksi *prototype* pada keadaan sebenarnya dibawah kondisi yang ditentukan. Meskipun terdapat kemungkinan hasil dari pemodelan fisik tidak mewakili perilaku *prototype* karena efek dari skala dan faktor laboratorium.

Akan tetapi, perlu diketahui bahwa aturan untuk melakukan pemodelan fisik adalah meminimalisir efek penyekalan dengan mengerti dan menggunakan prinsip kesamaan sebaik mungkin dan meminimalisir efek laboratorium dengan mengoperasikan model dengan cermat dan berhati-hati.

Keserupaan antara *prototype* dengan model fisik dapat diperoleh jika semua faktor yang mempengaruhi reaksi, berada pada porsi yang sesuai



antara kondisi sebenarnya dengan model. Untuk model pant, tiga kondisi umum dibawah ini harus dipenuhi untuk memperoleh kesamaan model (model similitude).

### 1. Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_T$  didefinisikan sebagai berikut :

$$n_L = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots\dots\dots (11)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots\dots\dots (12)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^2}{n_T} \dots\dots\dots (13)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (14)$$

## 2. Sebangun Geometrik

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

Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (15)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (16)$$

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

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

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

$$F_y = \frac{(pL^3)\left(\frac{v^2}{L}\right)}{pgL^3} = \frac{v^2}{gL} \dots\dots\dots (17)$$

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

$$n_{fy} = \frac{n_U}{n_L^{0.5}} \dots\dots\dots (18)$$

$$n_{fy} = \frac{F_{yp}}{F_{ym}} \dots\dots\dots (19)$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi, maka skala panjang gelombang  $nL$ , skala panjang struktur  $nB$ , skala kedalaman  $n_d$  dan skala sarat  $n_s$  adalah sama seperti berikut :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \dots\dots\dots (20)$$

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

$$n_T = n_L^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (21)$$

$$n_g = 1 \dots\dots\dots (22)$$

### C. Penelitian Yang Relevan

Tabel 2. Matriks Penelitian Sebelumnya

NO.	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	VARIABEL YANG DITELITI	VARIABEL YANG BELUM DITELITI
1.	Erni Rante Bungin <sup>1</sup> , Saleh Pallu <sup>2</sup> , M. Arsyad Thaha <sup>3</sup> , Rita Tahir Lopa <sup>4</sup> 2017	Pengaruh Rangkaian Struktur Tenggelam Tidak Simetris Terhadap Deformasi Gelombang	Untuk memami deformasi gelombang (disipasi, transmisi, refleksi dan gelombang pemecah) dengan struktur tenggelam	<i>Variabel Independen :</i> Pemasangan pemecah gelombang tenggelam tidak simetris  <i>Variabel Dependen :</i> proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi dan gelombang pecah.	
2.	Ferry Fatnanta <sup>1</sup> , Widi Agoes Pratiko <sup>2</sup> , Haryo Dwito Armono <sup>2</sup> , Wahyudi Citroswoyo <sup>2</sup> 2010	Karakteristik Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam	Untuk Memanfaatkan material yang terdapat pada setiap pantai setempat.	<i>Variabel Independen :</i> Dampak negative terhadap lingkungan  <i>Variabel Dependen :</i> Tipe pemecah gelombang yang dapat dimanfaatkan bahan setempat	

3.	Mirza Fadlullah 2016	Studi refleksi gelombang pada breakwater tipe dinding berpori	Untuk menentukan besar refleksi gelombang pada dinding tegak berpori	<p>Variabel Independen : Dasar permodelan yang ingin diketahui</p> <p>Variabel Dependen : Memberikan informasi tentang spectrum gelombang</p>	<p>Variabel Independen : Pembacaan gelombang dengan alat atau otomatis</p> <p>Variabel Dependen : Variasi model peredam gelombang</p>
4.	Muh. Aswar Anas 2014	Studi pemecah gelombang blok beton berpori susun seri	Untuk mengetahui perbandingan terhadap parameter yang diperoleh	<p><i>Variabel Independen :</i> Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> menentukan nilai koefisien refleksi, transmisi, dan disipasi blok beton berpori</p>	<p><i>Variabel Independen:</i> Perbandingan parameter hasil penelitian antara dua jenis model</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> Variasi terhadap kedalaman air dan model pemecah gelombang blok beton dengan bentuk desain pori berbeda sehingga diharapkan ada peneliti</p>

					lain yang mengkaji lebih lanjut.
5.	Anri Rusady <sup>1</sup> , Rita Tahir Lopa <sup>2</sup> , Imam Rohani <sup>3</sup> 2018	Analisa Pemecah Gelombang (breakwater) di BAMBALOKA Kabupaten Pasangkayu	Untuk daerah pesisir pantai menjadi suatu tempat yang layak, baik itu dalam sektor perekonomian ataupun sebagai objek wisata	<p><i>Variabel Independen :</i> Stabilitas bangunan pengaman pantai terhadap kuat dukung tanah</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> mengetahui aman atau tidaknya bangunan pengaman pantai yang berada di BAMBALOKA Kabupaten Pasangkayu, terhadap stabilitas kuat dukung tanah, geser dan guling dan studi ini bertujuan untuk mengetahui tipe bangunan pengaman pantai yang cocok untuk pantai BAMBALOKA.</p>	

6.	Muhammad Rico Saputra <sup>1)</sup> , Imam Suprayogi <sup>2)</sup> , Ferry Fatnanta <sup>2)</sup> 2015	Peramalan Tinggi Gelombang Transmisi Dengan Permodelan Gelombang Irreguler Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam Menggunakan Artificial Neural Network (Ann)	Untuk membangun sebuah model pemecah gelombang menggunakan program ANN	<p><i>Variabel Independen :</i> Proses Training Model ANN Berdasarkan Variasi Penggunaan Momentum Train</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> Perbandingan Tinggi Gelombang Transmisi Pengamatan dan Tinggi Gelombang Transmisi Prediksi</p>	<p><i>Variabel Independen:</i> Untuk membangun sebuah model diharapkan data yang digunakan cukup banyak, agar akurasi model semakin baik.</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> Penelitian yang sama dapat dilakukan untuk tipe gelombang reguler.</p>
7	Darius Leyn 2017	Pengaruh Lebar Konstruksi Terhadap Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Komposit Batu Dan Balok Kotak	untuk mengetahui perbandingan hasil penelitian terhadap parameter yang diperoleh antara masing-masing kedalaman.	<p><i>Variabel Independen :</i> acuan penelitian mengenai pemecah gelombang</p> <p><i>Variabel Dependen :</i> Sebagai bahan pertimbangan pengembangan teknologi pemecah</p>	<p><i>Variabel Independen :</i> Pembacaan gelombang yang tidak dilakukan pada saat gelombang mulai menyentuh pemecah gelombang</p> <p><i>Variabel Dependen :</i></p>



				gelombang	Variasi terhadap variasi nilai porositas (n) pada pemecah gelombang
--	--	--	--	-----------	---



### **BAB III**

#### **METODELOGI PENELITIAN**

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

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika kampus Teknik Gowa Jurusan Sipil Universitas Hasanuddin. Waktu penelitian direncanakan selama 1 bulan.

##### **B. Alat dan Bahan**

Secara umum, alat dan bahan yang digunakan dalam menunjang penelitian ini terdiri dari:

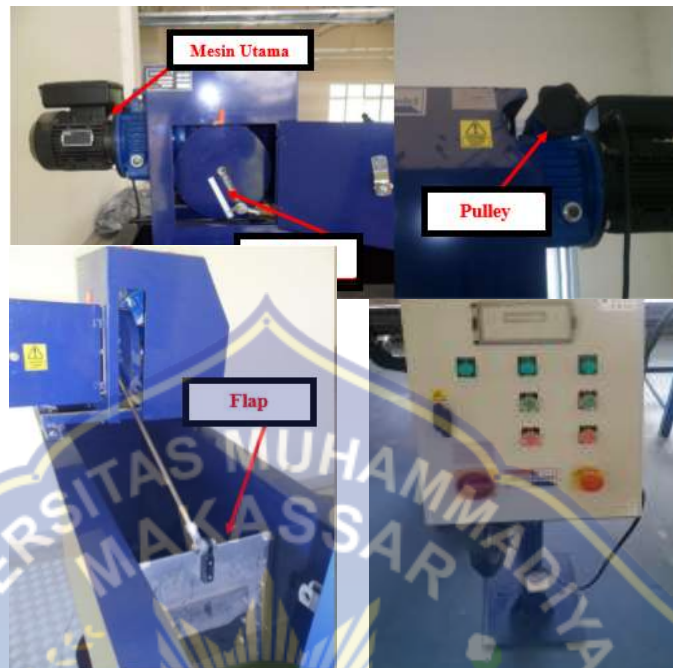
1. Alat
  - a. Tangki pembangkit gelombang

Dilakukan pada saluran gelombang multi guna berukuran panjang 15 m, 0,30 m , kedalaman efektif saluran 46 cm



Gambar 4. Wave flume ( tangki pembangkit gelombang)

b. Unit pembangkit



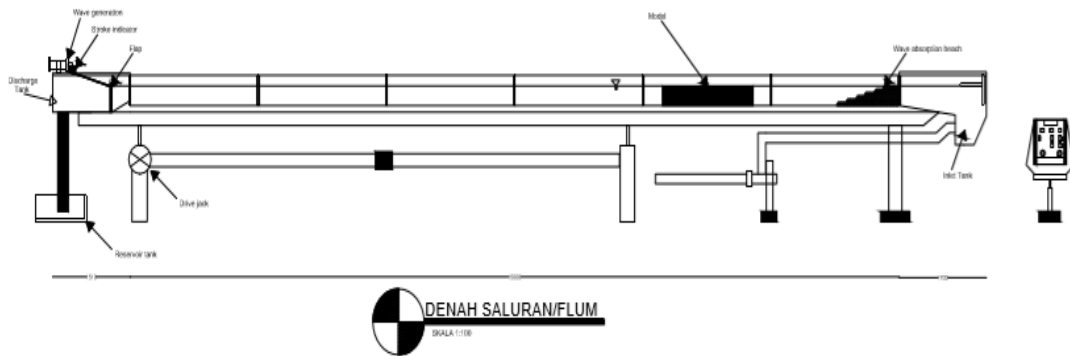
Gambar 5. Pembangkit Gelombang tipe flap

- c. gelombang
- d. Komputer/Laptop
- e. Tabel Data
- f. Gergaji untuk memotong Piopa
- g. Kalkulator
- h. Pulpen/Spidol
- i. Mistar ukur/ Mistar Taraf untuk mengukur ketinggian air.

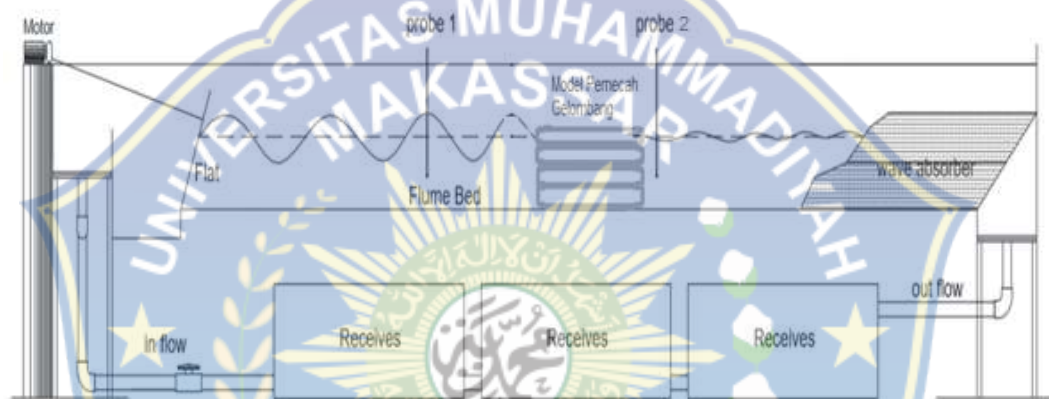


Gambar 6. Wave monitor dan probe

- j. Wave Monitor
  - k. Probe 1 dan Probe 2 untuk mengetahui tinggi gelombang sebelum dan sesudah gelombang menghantam model.
  - l. Ayakan/Rang saringan 40
  - m. Kertas/ buku
2. Bahan
- a. Pipa dengan diameter ( $d$ )  $0,15\ m$ ,  $0,10\ m$ , dan  $0,075\ m$ ,
  - b. Agregat kekasaran yang lolos saringan 40
  - c. Air yang digunakan yaitu air tawar
  - d. Sketsa gambar
  - e. Lem Silicon/Fox



Gambar 7. Sketsa alat penelitian

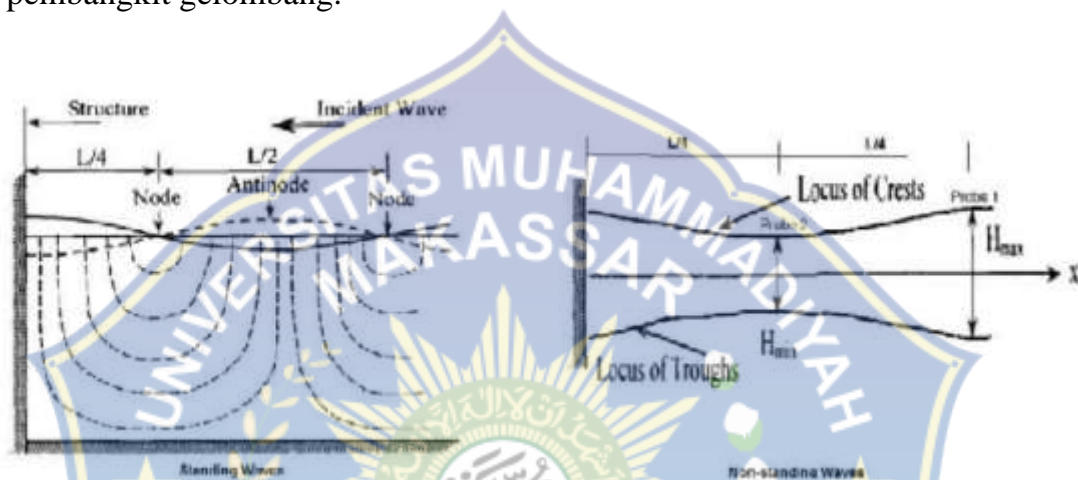


Gambar 8. Sketsa Penempatan model pada alat penelitian

(sumber: Darius Leyn (2014))

Mesin pembangkit gelombangnya (wave paddle) adalah tipe flap, yang terikat engsel di dasar dan terhubung dengan roda gaya (flying wheel) di bahagian atasnya dengan motor penggerak yang kecepatannya dapat bervariasi. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang monochromatic. Tidak ada kebocoran air yang direncanakan kebelakang wave paddle dan terdapat pipa pembuangan di bawah ruang di belakang wave paddle sehingga tidak diperlukan peredam gelombang di belakang wave paddle. Di ujung lainnya terdapat peredam gelombang yang terbuat

dari serat sintesis yang bekerja dengan sangat efektif sehingga dengan pandangan visual saja tidak ada tanda-tanda refleksi gelombang. Oleh karena itu model ditempatkan 3 m di depan peredam gelombang ini, 12 m dari pembangkit gelombang untuk mencegah terjadinya rerefleksi dari pembangkit gelombang.

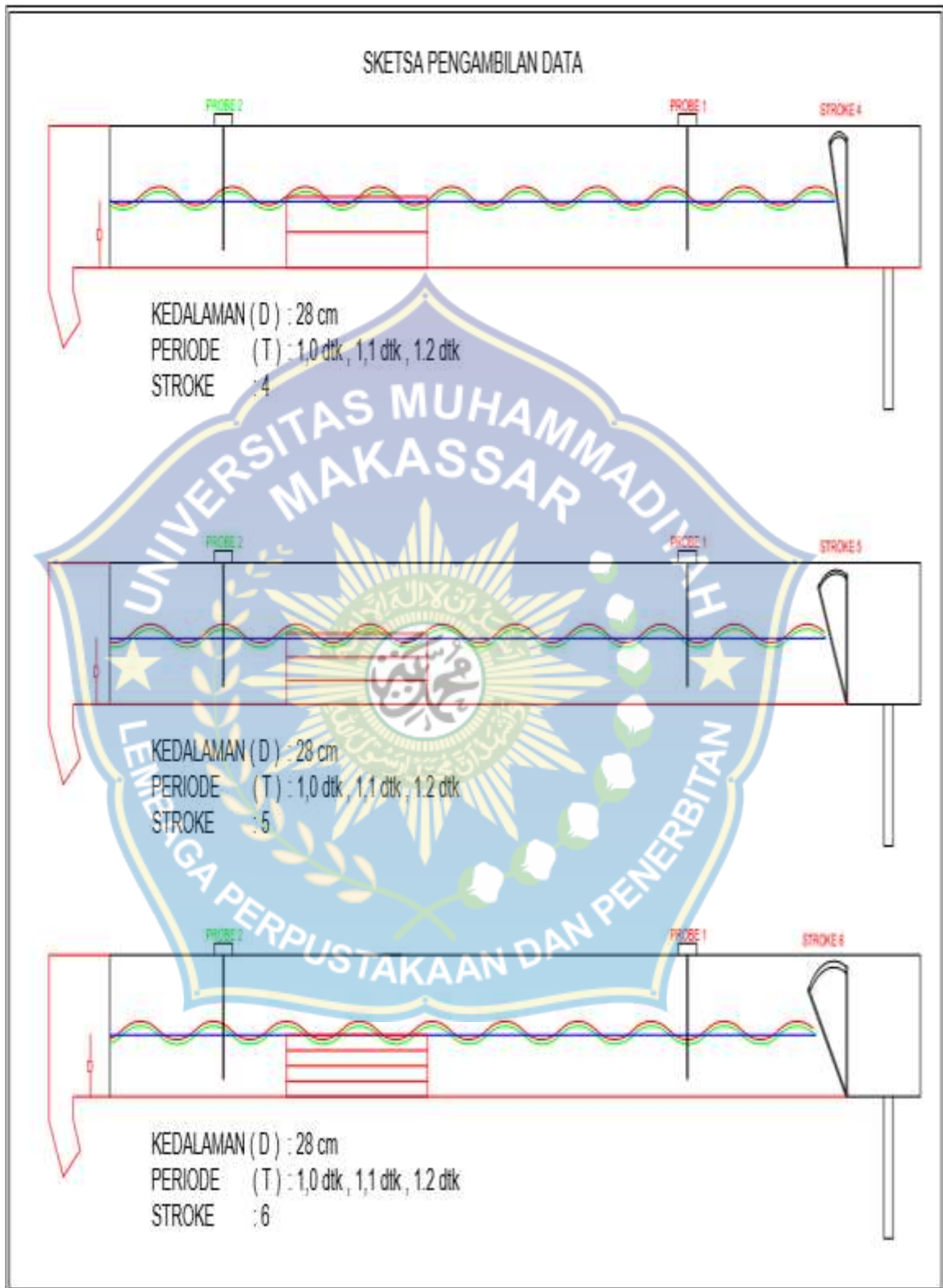


Gambar 9. Sketsa Probe 1 dan probe 2 untuk menentukan  $H_{max}$  dan  $H_{min}$   
(sumber: Darius Leyn (2014))

Tiga buah alat pengukur gelombang (wave probe) dipakai dalam eksperimen ini, dua ditempatkan di depan model (probe 1 dan probe 2) dan satu di belakang (probe 3). Yang dua di depan model berturut-turut diposisikan pada titik-titik anti node dan node dari envelope gelombang refleksi untuk mengukur  $H_{max}$  dan  $H_{min}$  yang dipakai untuk menghitung tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) seperti pada rumus  $= (H_{max} + H_{min}) / 2$ . Lokasi titik-titik node ini ada dua pendapat; pendapat yang konvensional mengatakan pada  $0,25 L$  dan  $0,5 L$  dari depan model dimana  $L$  adalah panjang gelombang, sedangkan pendapat lain

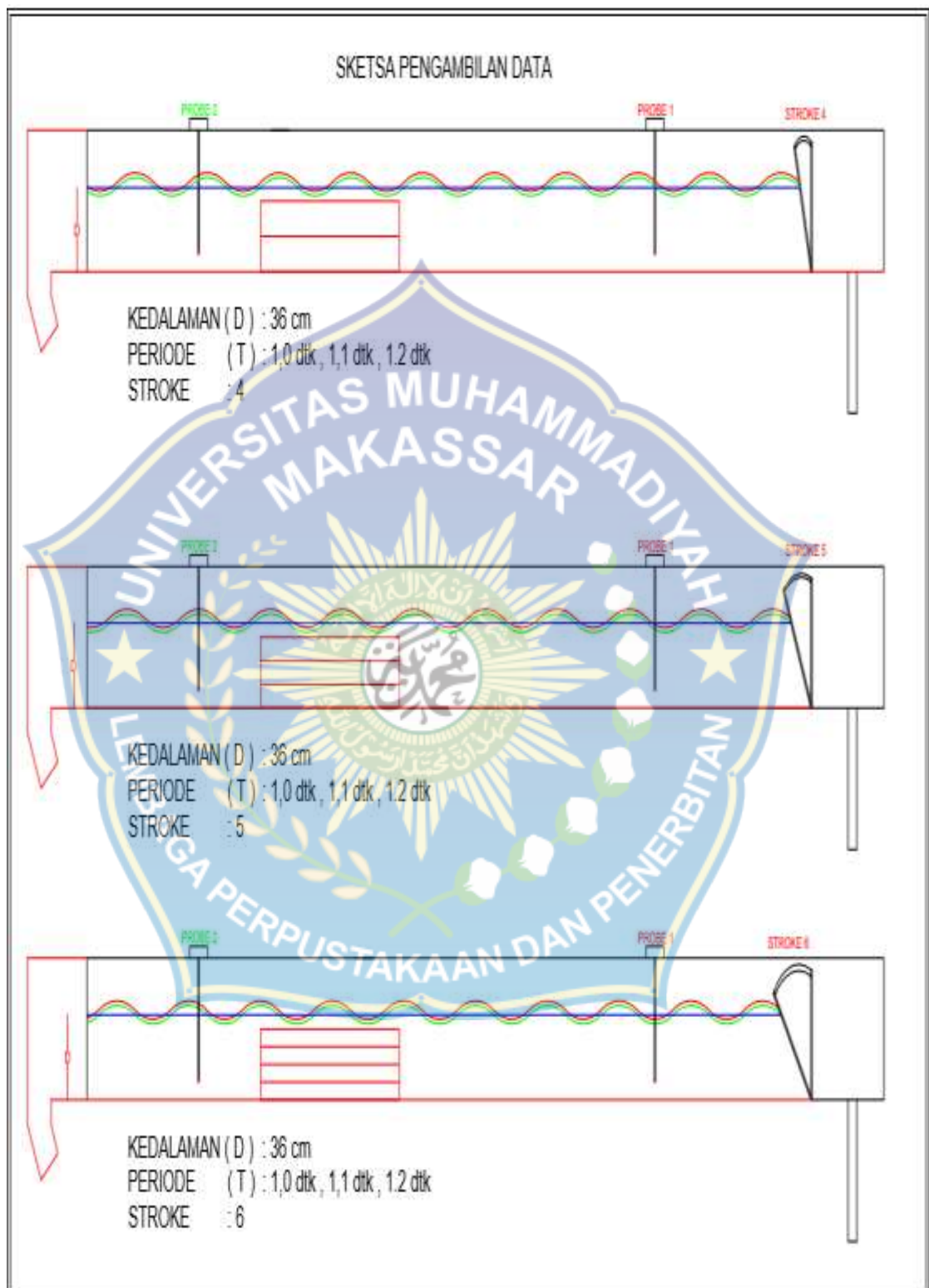
menyatakan pada 0,2 L dan 0,7 L. Menurut Godadan Suzuki kedua pendapat tersebut sangat diperhatikan dalam percobaan ini dan tampaknya posisi node dan anti node memang berubah-ubah terutama oleh periode gelombang.



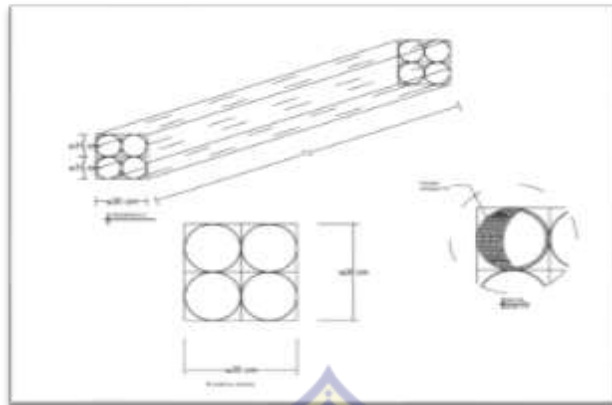


Gambar 10. Model pengambilan data kedalaman 28 cm pada alat





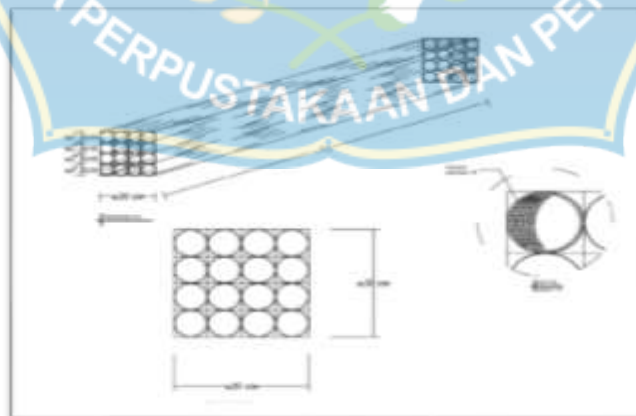
Gambar 11. Model pengambilan data kedalaman 36 cm pada alat



Gambar 12. MD15



Gambar 13. MD10



Gambar 14. MD 7,5

### **C. Rancangan Penelitian**

Penskalaan yang dilakukan pada model dilakukan dengan mengacu pada prinsip keseimbangan Froude dan penentuan skala geometri disesuaikan dengan kemampuan saluran gelombang. Penskalaan waktu akan disesuaikan dengan skala panjang yang akan dibuat. Tinggi gelombang maksimum yang dapat dibangkitkan adalah 6 cm yang setara dengan tinggi gelombang laut. Benda uji yang dibuat akan direncanakan tiga tipe sesuai dengan apa yang akan diharapkan pada tujuan penelitian.

### **D. Variabel yang diteliti**

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka variabel yang diteliti adalah tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ), periode gelombang ( $T$ ), diameter lubang pori ( $d$ ).

### **E. Prosedur / Langkah Penelitian**

#### **1. Prosedur Penelitian**

Adapun prosedur penelitian pengaruh variasi diameter pipa dengan kekasaran tetap terhadap transmisi pada pemecah gelombang berpori adalah sebagai berikut :

- 1) Atur lebar model yang direncanakan dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan atur jarak pukulan pada flat menjadi beberapa stroke yaitu (stroke 4,5 dan 6 )

serta mengatur variasi periode gelombang ( $T_1 = 1,0$  detik,  $T_2=1,1$  detik,  $T_3 = 1,2$  detik).

- 2) Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.
- 3) Kalibrasi masing–masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.
- 4) Letakkan model diantara probe 1 dan probe 2.
- 5) Setelah semua komponen siap,running dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
- 6) Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing – masing probe, yang kemudian mengirim hasil rekamannya ke PC.
- 7) Setelah selesai, periode kemudian diubah menjadi  $T_2 = 1,1$  dan  $T_3 = 1.2$ .
- 8) Prosedur ke-2 sampai ke-6 dilakukan kembali untuk variasi kedalaman  $d_1=28$  cm dan  $d_2= 36$  cm dan variasi diameter pipa  $\phi = 2\frac{1}{2}$ ”,  $\phi = 3$ ”,  $\phi = 5$ ”.

## 2. Prosedur Pengumpulan Data

Mencatat data dari hasil pengamatan/pengukuran pada uji model pengaruh variasi diameter pipa dengan kekasaran tetap terhadap transmisi

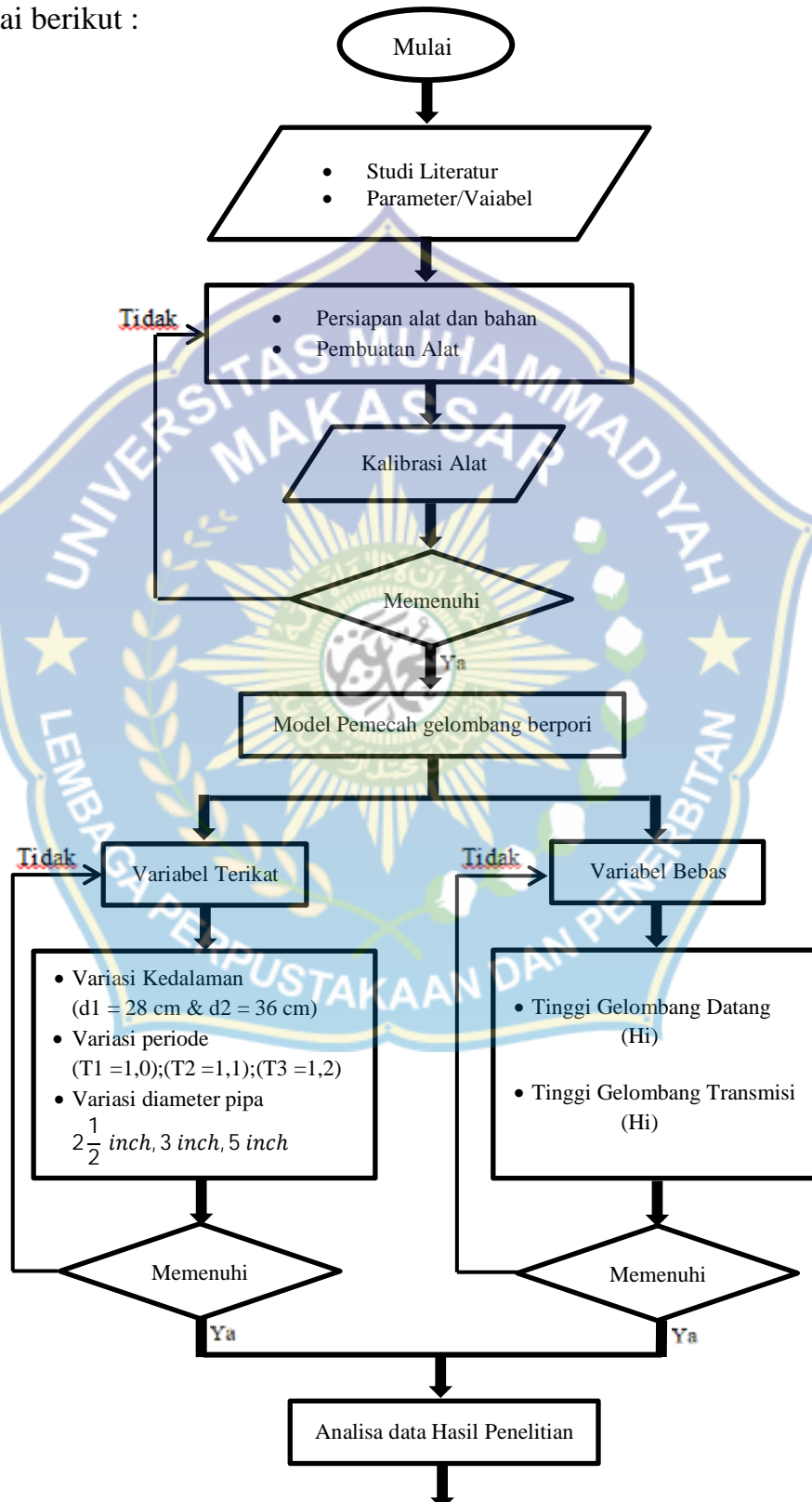
pada pemecah gelombang berpori. Pengolahan data mengacu pada rumus-rumus yang telah dicantumkan pada Bab 2 mengenai landasan teori.

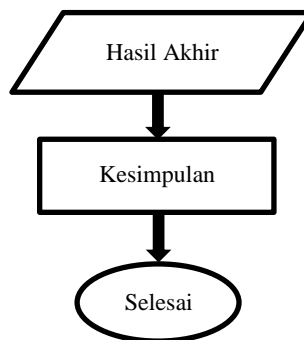
Adapun persiapan prosedur pengumpulan data yaitu :

- Penentuan Parameter Gelombang Parameter gelombang digunakan untuk menentukan input pada pengujian yang hasilnya dapat dianalisa. Parameter gelombang meliputi:
  - Tinggi gelombang (H)
  - Periode Gelombang (T)
- Kalibrasi Kalibrasi wajib dilakukan karena alat ukur yang digunakan sebagai sensor adalah wave probe, dimana sensor ini akan mengeluarkan hasil berupa besaran voltase. Yang nantinya voltase ini harus kita konversikan ke satuan tinggi berupa meter. Agar data dapat diolah dalam tabel. Contoh kalibrasi dalam penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut: - Kalibrasi pertama yaitu menggunakan alat ukur gelombang (wave probe), dengan cara mencatat zero point dari wave probe dan merekam kalibrasinya dengan menurunkan dan menaikkan wave probe sejauh 10 cm dari posisi zero point. Setelah proses pencatatan kalibrasi selesai, maka wave probe harus dikembalikan ke posisi zero point. Kalibrasi ini bertujuan untuk mencari hubungan antara perubahan elektrode yang tercelup dalam air dengan perubahan voltase yang tercatat pada recorder

## F. Flow Chart Penelitian

Secara garis besar penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alur sebagai berikut :





Gambar 15. Bagan Alur Penelitian (Flow Chart)



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Analisis Penelitian**

Analisis penelitian dari seluruh kegiatan yang dilakukan dilaboratorium Universitas Hasanuddin akan dipaparkan sebagai berikut :

##### **1. Panjang Gelombang (L)**

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua metode yang pertama dengan melakukan perhitungan langsung dan pengukuran dengan dua probe, dengan cara mempertemukan puncak gelombang di tiap probe lalu jarak dari hasil pertemuan probe tersebut merupakan panjang gelombang.

##### **2. Data Tinggi Gelombang (H)**

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan di 2 titik di depan dan 1 titik dibelakang model. Jarak antar 2 titik pengukuran di depan model ditentukan pada panjang gelombang yakni pada node dan anti node pada gelombang.

Data utama yang diamati dan dicatat selama pengujian di laboratorium adalah tinggi gelombang di depan model dan di belakang model. Dari hasil eksperimen dan pencatatan tinggi gelombang di tiap titik lokasi pengamatan diambil nilai maksimum  $H_{max}$  dan tinggi gelombang minimum  $H_{min}$ , di depan dan di belakang model. Pencatatan menggunakan



alat probe yang berupa sensor dan kemudian hasil rekamannya akan di transfer ke PC.

Berikut disajikan tabel hasil pengamatan tinggi gelombang pemecah gelombang

Tabel 3 Data pengamatan tinggi gelombang pada kedalaman 0,28 m

Model (m)	Kedalaman (d) (m)	Periode Gelombang (T) (detik)	Panjang Gelombang (L) (m)	Tinggi Gelombang (m)													
				stroke	Probe 1			Probe 2			Ht						
					H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	H <sub>i</sub>	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	H <sub>i</sub>							
MD15	0,28	1,0	1,347	4	0,0122	0,0233	0,0188	0,0088	0,0010	0,0049							
				5	0,0188	0,0288	0,0238	0,0066	0,0046	0,0056							
				6	0,0228	0,0393	0,0310	0,0097	0,0039	0,0068							
				4	0,0134	0,0297	0,0215	0,0091	0,0000	0,0046							
				5	0,0103	0,0377	0,0240	0,0090	0,0041	0,0066							
				6	0,0188	0,0402	0,0295	0,0097	0,0039	0,0068							
MD10	0,28	1,1	1,470	4	0,0134	0,0234	0,0184	0,0091	0,0000	0,0046							
				5	0,0103	0,0311	0,0207	0,0090	0,0041	0,0066							
				6	0,0188	0,0288	0,0238	0,0097	0,0039	0,0068							
				4	0,0264	0,0294	0,02790	0,0067	0,0015	0,0041							
				5	0,0344	0,0417	0,0380	0,0049	0,0040	0,0045							
				6	0,0466	0,0468	0,0467	0,0061	0,0061	0,0061							
MD10	0,28	1,2	1,651	4	0,0219	0,0322	0,0270	0,0039	0,0037	0,0038							
				5	0,0228	0,0368	0,0298	0,0045	0,0041	0,0043							
				6	0,0233	0,0409	0,0321	0,0048	0,0047	0,0048							
				4	0,0274	0,0272	0,0273	0,0043	0,0041	0,0042							
				5	0,0312	0,0332	0,0322	0,0055	0,0052	0,0053							
				6	0,0381	0,0384	0,0383	0,0067	0,0061	0,0064							
MD7,5	0,28	1,0	1,347	4	0,0298	0,0276	0,0287	0,0074	0,0023	0,0049							
				5	0,0435	0,0368	0,0402	0,0066	0,0025	0,0045							
				6	0,0542	0,0408	0,0475	0,0072	0,0031	0,0052							
				4	0,0330	0,0281	0,0305	0,0050	0,0006	0,0028							
				5	0,0393	0,0327	0,0360	0,0047	0,0015	0,0031							
				6	0,0533	0,0327	0,0430	0,0047	0,0031	0,0039							
MD7,5	0,28	1,1	1,470	4	0,0273	0,0278	0,0275	0,0059	0,0002	0,0031							
				5	0,0309	0,0282	0,0296	0,0059	0,0007	0,0033							
				6	0,0381	0,0335	0,0358	0,0067	0,0013	0,0040							

Tabel 4. Data pengamatan tinggi gelombang pada kedalaman 0.36 m

Model	Kedalaman (d)	Periode Gelombang (T)	Panjang Gelombang (L)	Tinggi Gelombang (m)							
				stroke	Probe 1			Probe 2		Ht	
(m)	(m)	(detik)	(m)		Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin		
MD15	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0303	0,0367	0,0335	0,0142	0,0108	0,0125
					5	0,0381	0,0451	0,0416	0,0177	0,0172	0,0175
					6	0,0446	0,0479	0,0462	0,0215	0,0182	0,0198
		T	1,1	1,657	4	0,0163	0,0362	0,0263	0,0109	0,0173	0,0141
					5	0,0236	0,0429	0,0333	0,0167	0,0105	0,0136
					6	0,0366	0,0457	0,0412	0,0116	0,0192	0,0154
		T	1,2	1,876	4	0,0177	0,0321	0,0249	0,0082	0,0191	0,0136
					5	0,0216	0,0369	0,0293	0,0180	0,0160	0,0170
					6	0,0283	0,0452	0,0368	0,0094	0,0225	0,0160
MD10	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0203	0,0404	0,03035	0,0095	0,0090	0,0093
					5	0,0315	0,0492	0,0403	0,0110	0,0070	0,0090
					6	0,0418	0,0525	0,0472	0,0111	0,0051	0,0081
		T	1,1	1,657	4	0,0248	0,0362	0,0305	0,0130	0,0110	0,0120
					5	0,0364	0,0402	0,0383	0,0132	0,0142	0,0137
					6	0,0504	0,0492	0,0498	0,0140	0,0130	0,0135
		T	1,2	1,876	4	0,0265	0,0344	0,0304	0,0137	0,0085	0,0111
					5	0,0343	0,0384	0,0363	0,0112	0,0159	0,0135
					6	0,0433	0,0454	0,0443	0,0118	0,0158	0,0138
MD7,5	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0298	0,0426	0,0362	0,0078	0,0066	0,0072
					5	0,0398	0,0512	0,0455	0,0065	0,0024	0,0045
					6	0,0524	0,0569	0,0546	0,0088	0,0039	0,0064
		T	1,1	1,657	4	0,0231	0,0404	0,0318	0,0078	0,0036	0,0057
					5	0,0310	0,0456	0,0383	0,0070	0,0034	0,0052
					6	0,0381	0,0472	0,0427	0,0068	0,0034	0,0051
		T	1,2	1,651	4	0,0263	0,0332	0,0298	0,0072	0,0027	0,0050
					5	0,0358	0,0399	0,0378	0,0093	0,0023	0,0058
					6	0,0453	0,0482	0,0467	0,0074	0,0078	0,0076

### 3. Tinggi Gelombang Datang ( $H_i$ )

Tinggi Gelombang datang ( $H_i$ ) yang dialami oleh pemecah gelombang berpori tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang berpori tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan  $H_{max}$  dijumlahkan dengan  $H_{min}$  kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (landasan teori) ).Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) pada kedalaman 36 cm periode 1,0 dt model pemecah gelombang Model MD15 yakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_{max} = 0,0303 \text{ m}$$

$$H_{min} = 0,0367 \text{ m}$$

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

$$H_i = \frac{0,0303 + 0,0367}{2}$$

$$H_i = 0,0335 \text{ m}$$

### 4. Gelombang Transmisi ( $H_t$ )

Gelombang yang bergerak menerus melewati suatu struktur akan ditransmisikan, sehingga terdapat sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur tersebut.

Pengukuran tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dengan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) ditentukan dengan menggunakan alat probe, dimana pencatatan menggunakan alat probe yang berupa sensor dan kemudian hasil rekamannya akan ditransfer ke PC.

Sehingga besarnya Koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan koefisien transmisi gelombang pada kedalaman 36 cm periode 1,0 dt model pemecah gelombang Model MD15 yakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_{\max} = 0.0142 \text{ m}$$

$$H_{\min} = 0.0108 \text{ m}$$

$$H_t = \frac{H_{t \max} + H_{t \min}}{2}$$

$$H_t = \frac{0,0142 + 0,0108}{2}$$

$$H_t = 0,0125 \text{ m}$$

### 5. Koefisien Transmisi (Kt)

Diketahui :  $H_i = 0.0335 \text{ m}$

$$H_t = 0.0125 \text{ m}$$

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

$$K_t = \frac{0,0125}{0.0335}$$

$$K_t = 0,3721 \text{ m}$$

### 6. Kecuraman Gelombang (Hi/L)

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

Diketahui : Tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) = 0,0335 m

Panjang gelombang (L) = 0,1433 m

$$\frac{H_i}{L} = \frac{0,0335}{0,1347}$$

$$= 0,23394 \text{ m}$$

Tabel 5. Hasil rekapitulasi perhitungan Kt & Hi/L pada pemecah gelombang kedalaman 0.36 m

Model	Kedalaman (d) (m)	Periode Gelombang (T) (detik)		Panjang Gelombang (L) (m)	Tinggi Gelombang (m)						Kt	Hi/L	
					stroke	Probe 1			Probe 2				Ht
						Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin			
MD15	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0303	0,0367	0,0335	0,0142	0,0108	0,0125	0,3721	0,0234
					5	0,0381	0,0451	0,0416	0,0177	0,0172	0,0175	0,4197	0,0290
					6	0,0446	0,0479	0,0462	0,0215	0,0182	0,0198	0,4288	0,0323
			1,1	1,657	4	0,0163	0,0362	0,0263	0,0109	0,0173	0,0141	0,5372	0,0159
					5	0,0236	0,0429	0,0333	0,0167	0,0105	0,0136	0,4088	0,0201
					6	0,0366	0,0457	0,0412	0,0116	0,0192	0,0154	0,3740	0,0248
			1,2	1,876	4	0,0177	0,0321	0,0249	0,0082	0,0191	0,0136	0,5475	0,0133
					5	0,0216	0,0369	0,0293	0,0180	0,0160	0,0170	0,5804	0,0156
					6	0,0283	0,0452	0,0368	0,0094	0,0225	0,0160	0,4350	0,0196
MD10	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0203	0,0404	0,03035	0,0095	0,0090	0,0093	0,3047	0,0212
					5	0,0315	0,0492	0,0403	0,0110	0,0070	0,0090	0,2229	0,0282
					6	0,0418	0,0525	0,0472	0,0111	0,0051	0,0081	0,1709	0,0329
			1,1	1,657	4	0,0248	0,0362	0,0305	0,0130	0,0110	0,0120	0,3929	0,0184
					5	0,0364	0,0402	0,0383	0,0132	0,0142	0,0137	0,3575	0,0231
					6	0,0504	0,0492	0,0498	0,0140	0,0130	0,0135	0,2710	0,0301
			1,2	1,876	4	0,0265	0,0344	0,0304	0,0137	0,0085	0,0111	0,3647	0,0162
					5	0,0343	0,0384	0,0363	0,0112	0,0159	0,0135	0,3721	0,0194
					6	0,0433	0,0454	0,0443	0,0118	0,0158	0,0138	0,3113	0,0236
MD7,5	0,36	T	1,0	1,433	4	0,0298	0,0426	0,0362	0,0078	0,0066	0,0072	0,1995	0,0253
					5	0,0398	0,0512	0,0455	0,0065	0,0024	0,0045	0,0984	0,0318
					6	0,0524	0,0569	0,0546	0,0088	0,0039	0,0064	0,1162	0,0381
			1,1	1,657	4	0,0231	0,0404	0,0318	0,0078	0,0036	0,0057	0,1798	0,0192
					5	0,0310	0,0456	0,0383	0,0070	0,0034	0,0052	0,1350	0,0231
					6	0,0381	0,0472	0,0427	0,0068	0,0034	0,0051	0,1189	0,0258
			1,2	1,651	4	0,0263	0,0332	0,0298	0,0072	0,0027	0,0050	0,1673	0,0180
					5	0,0358	0,0399	0,0378	0,0093	0,0023	0,0058	0,1533	0,0229
					6	0,0453	0,0482	0,0467	0,0074	0,0078	0,0076	0,1632	0,0283

Tabl 6. Hasil rekapitulasi perhitungan Kt & Hi/L pada pemecah gelombang kedalaman 0.28 m

Model	Kedalaman (d) (m)	Periode Gelombang (T) (detik)	Panjang Gelombang (L) (m)	Tinggi Gelombang (m)							Kt	Hi/L	
				stroke	Probe 1			Probe 2		Ht			
					Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin				
MD15	0,28	T	1,0	1,347	4	0,0122	0,0253	0,0188	0,0088	0,0010	0,0049	0,2630	0,0139
				1,347	5	0,0188	0,0288	0,0238	0,0066	0,0046	0,0056	0,2352	0,0177
				1,347	6	0,0228	0,0393	0,0310	0,0097	0,0039	0,0068	0,2180	0,0230
			1,1	1,470	4	0,0134	0,0297	0,0215	0,0091	0,0000	0,0046	0,2131	0,0147
				1,470	5	0,0103	0,0377	0,0240	0,0090	0,0041	0,0066	0,2728	0,0273
				1,470	6	0,0188	0,0402	0,0295	0,0097	0,0039	0,0068	0,2293	0,0201
		1,2	1,651	4	0,0134	0,0234	0,0184	0,0091	0,0000	0,0046	0,2494	0,0111	
				5	0,0103	0,0311	0,0207	0,0090	0,0041	0,0066	0,3160	0,0126	
				6	0,0188	0,0288	0,0238	0,0097	0,0039	0,0068	0,2842	0,0144	
MD10	0,28	T	1,0	1,347	4	0,0264	0,0294	0,02790	0,0067	0,0015	0,0041	0,1474	0,0207
				1,347	5	0,0344	0,0417	0,0380	0,0049	0,0040	0,0045	0,1172	0,0283
				1,347	6	0,0466	0,0468	0,0467	0,0061	0,0061	0,0061	0,1311	0,0346
			1,1	1,470	4	0,0219	0,0322	0,0270	0,0039	0,0037	0,0038	0,1392	0,0184
					5	0,0228	0,0368	0,0298	0,0045	0,0041	0,0043	0,1433	0,0203
					6	0,0233	0,0409	0,0321	0,0048	0,0047	0,0048	0,1478	0,0219
		1,2	1,651	4	0,0274	0,0272	0,0273	0,0043	0,0041	0,0042	0,1523	0,0165	
				5	0,0312	0,0332	0,0322	0,0055	0,0052	0,0053	0,1646	0,0195	
				6	0,0381	0,0384	0,0383	0,0067	0,0061	0,0064	0,1659	0,0232	
MD 7,5	0,28	T	1,0	1,347	4	0,0298	0,0276	0,0287	0,0074	0,0023	0,0049	0,1701	0,0213
				1,347	5	0,0435	0,0368	0,0402	0,0066	0,0025	0,0045	0,1130	0,0298
				1,347	6	0,0542	0,0408	0,0475	0,0072	0,0031	0,0052	0,1090	0,0352
			1,1	1,470	4	0,0330	0,0281	0,0305	0,0050	0,0006	0,0028	0,0913	0,0208
					5	0,0393	0,0327	0,0360	0,0047	0,0015	0,0031	0,0862	0,0245
					6	0,0533	0,0327	0,0430	0,0047	0,0031	0,0039	0,0907	0,0293
		1,2	1,651	4	0,0273	0,0278	0,0275	0,0059	0,0002	0,0031	0,1108	0,0167	
				5	0,0309	0,0282	0,0296	0,0059	0,0007	0,0033	0,1112	0,0167	
				6	0,0381	0,0335	0,0358	0,0067	0,0013	0,0040	0,1112	0,0217	

## B. Pembahasan

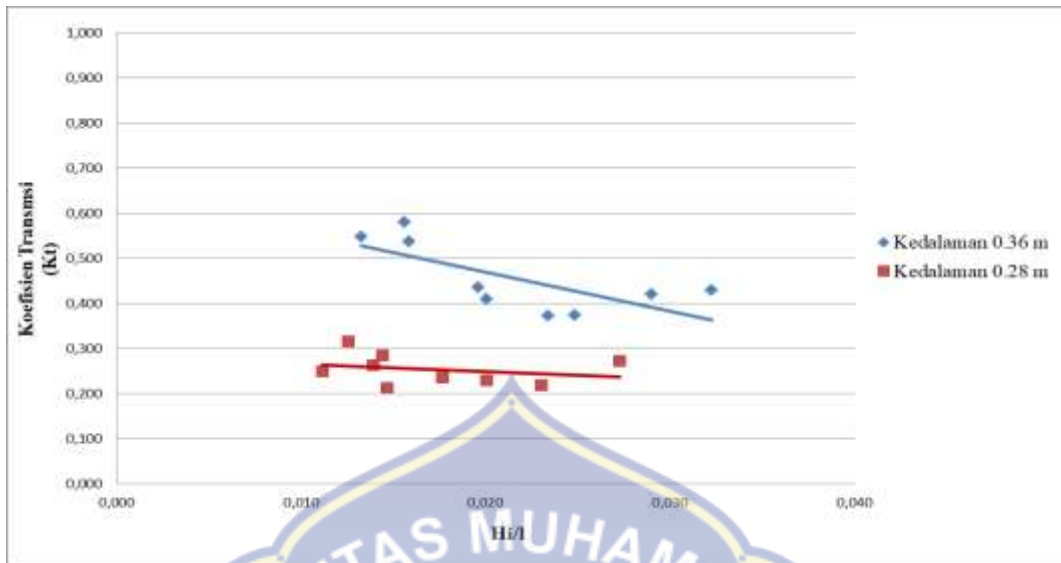
Pada penelitian ini, terdapat 3 variasi model untuk diameter lubang (D) yakni 15 cm, 10 cm, dan 7.5 cm pada pemecah gelombang berpori ini dan terdapat juga dua variasi kedalaman antar model yakni kedalaman 36 cm, dan 28 cm. Pembahasan untuk hasil dari penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Hubungan Koefisien Transmisi (Kt) terhadap Kecuraman Gelombang (Hi/L)

Untuk menyajikan hubungan besaran jarak antar lubang dengan nilai Koefisien Transmisi (Kt) digunakan parameter tak berdimensi Hi/L atau kecuraman gelombang sebagai parameter yang mempresentasikan karakteristik gelombang.

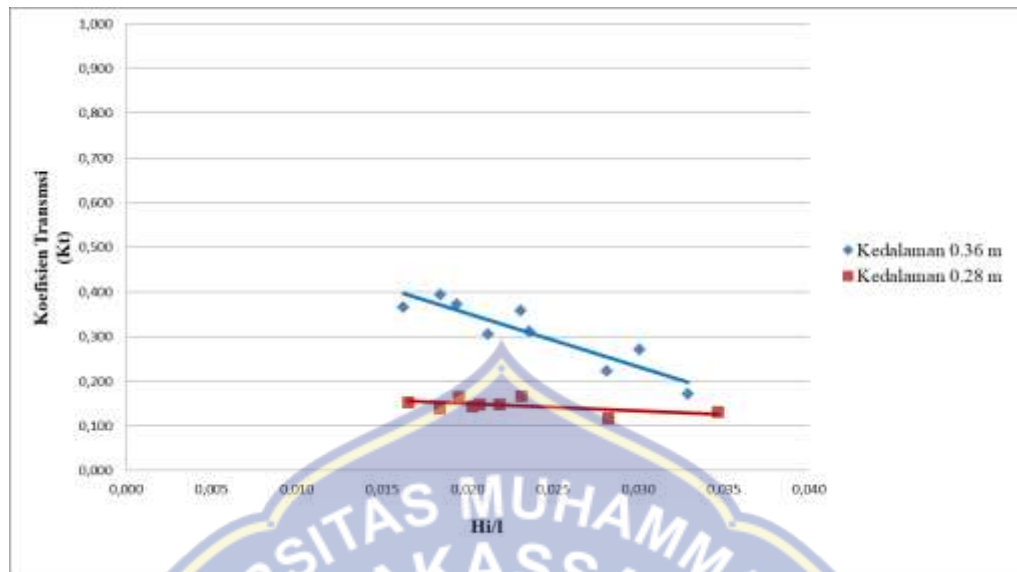
Berdasarkan hasil pengolahan data pada sub bab sebelumnya diperoleh kecuraman gelombang (Hi/L) dan Koefisien Transmisi (Kt). Jika mengambil Hi/L sebagai variabel sumbu X dan Koefisien Transmisi (Kt) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap jenis model maka akan di dapatkan grafik seperti gambar 15





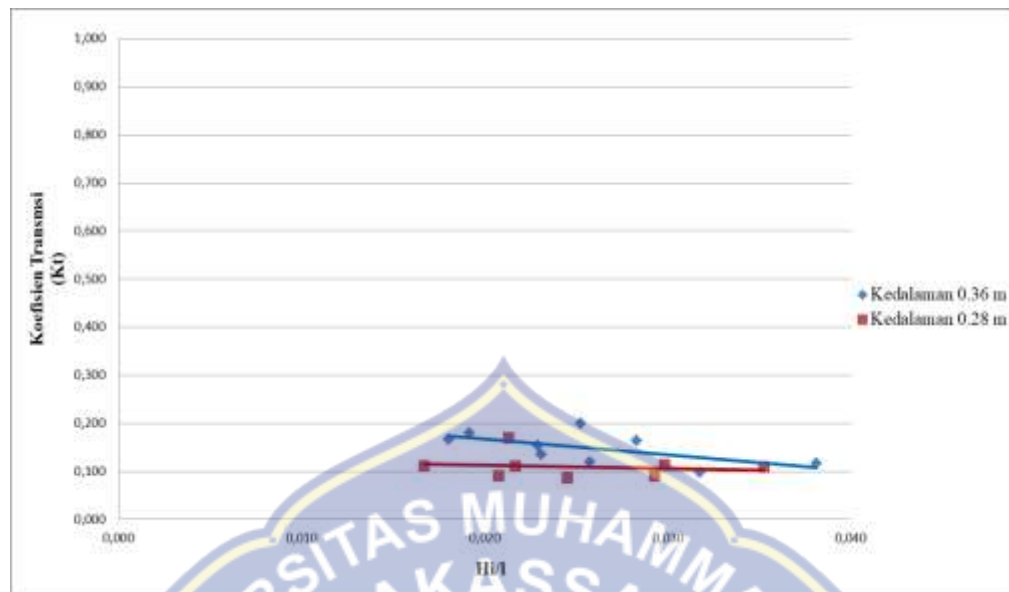
Gambar 16. Grafik Hubungan Kt dengan  $H_i/L$  pada MD 15 cm

Berdasarkan Gambar 15 dapat disimpulkan bahwa pada model diameter 15 cm nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ). Untuk pengaruh kedalaman antar model sendiri, nilai koefisien Transmisi ( $K_t$ ) akan semakin mengecil dengan semakin kecilnya diameter lubang model (s), adapun besaran nilai transmisi pada model diameter 15 cm ini yakni pada kedalaman 0.36 m berkisar 37-58 %, sedangkan pada kedalaman 0.28 m berkisar antara 21-32 %.



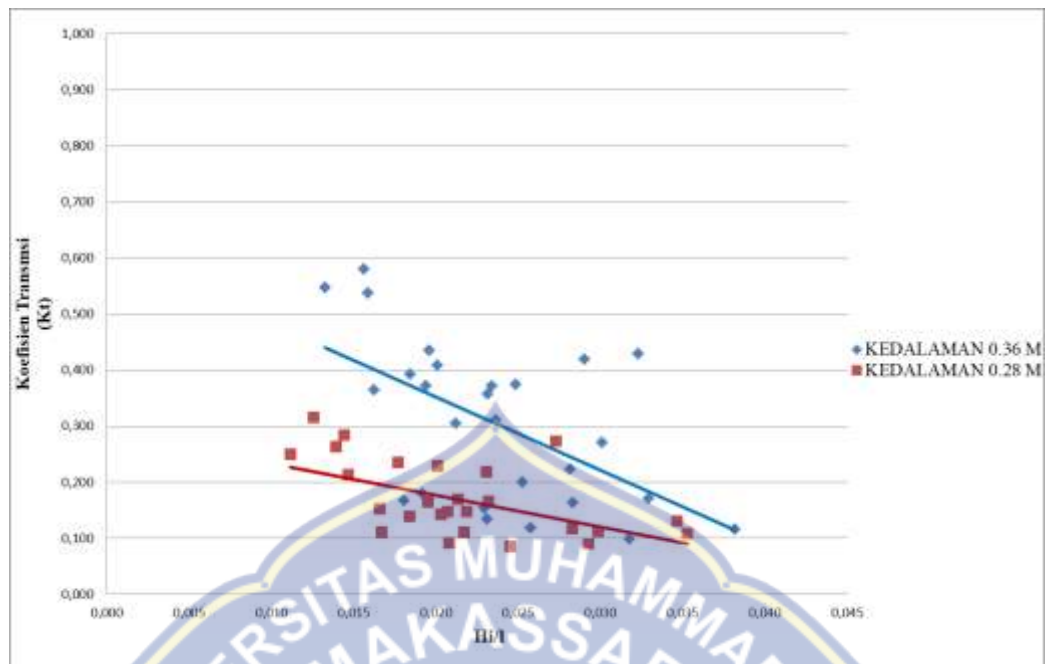
Gambar 17. Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada MD 10 cm

Pada Gambar 16 dapat disimpulkan bahwa pada model diameter 10 cm nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ). Untuk pengaruh kedalaman antar model sendiri, nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) akan mengecil dengan semakin kecilnya diameter lubang model ( $s$ ) sampai mencapai nilai kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ) kisaran 0,035. Setelah melewati nilai tersebut maka nilai  $K_t$  akan mengecil dengan semakin kecilnya diameter lubang ( $s$ ). Adapun besaran nilai transmisi pada model diameter 10 cm ini yakni pada kedalaman 0,36 m berkisar 17-39%, sedangkan pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 12-17%.



Gambar 18. Grafik Hubungan Kt dengan Hi/L pada MD 7,5 cm

Berdasarkan Gambar 17 diatas dapat disimpulkan bahwa pada diameter 7,5 cm nilai koefisien transmisi (Kt) akan semakin mengecil dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (Hi/L). Untuk pengaruh kedalaman antar model sendiri, nilai koefisien transmisi (Kt) akan mengecil dengan semakin kecilnya diameter lubang model (s) sampai mencapai nilai kecuraman gelombang (Hi/L) kisaran 0,0250. Setelah melewati nilai tersebut maka nilai Kt akan mengecil dengan semakin kecilnya diameter lubang (s). Adapun besaran nilai transmisi pada model diameter 7.5 cm ini yakni pada kedalaman 0.36 m berkisar berkisar 10-20 %, sedangkan pada kedalaman 0.28 m berkisar antara 9-17%.



Gambar 19. Grafik Hubungan Kt dengan  $H_i/L$  pada semua model

Berdasarkan Gambar 18 dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terbesar terjadi pada model dengan diameter 15 cm dengan kedalaman 0,36 m. Sedangkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terkecil terjadi pada model dengan diameter 7.5 cm dengan kedalaman 0,28 cm. Selain itu dapat ditarik kesimpulan mengenai pengaruh porositas nya terhadap perubahan nilai koefisien transmisi. Semua model menunjukkan hubungan semakin besar kecuraman gelombang maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Akan tetapi beberapa model menunjukkan perubahan yang sangat signifikan dan lainnya relatif tidak banyak mengalami perubahan pada nilai  $K_t$  nya. model dengan diameter 15 cm dengan kedalaman 0.36 m dan model dengan diameter 10 cm dengan kedalaman 0.36 m menunjukkan perubahan nilai  $K_t$  yang tinggi. Sedangkan model dengan

diameter 7,5 cm dengan kedalaman 0,28 m serta model dengan diameter 10 cm dengan kedalaman 0,28 m menunjukkan perubahan nilai  $K_t$  yang tidak terlalu signifikan.

Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh nilai porositas yang tinggi menghasilkan perubahan nilai Koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang tidak terlalu signifikan terhadap nilai  $H_i/L$ . Sedangkan nilai porositas yang rendah menghasilkan perubahan nilai Koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang sangat signifikan terhadap nilai  $H_i/L$ .



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Parameter-parameter yang mempengaruhi transmisi gelombang terdiri dari variasi diameter pipa, tinggi gelombang depan model, panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $d$ ), semakin besar diameter pipa dan semakin tinggi kedalaman air maka transmisi gelombang yang dihasilkan semakin besar dan begitu juga sebaliknya.
2. Pengaruh variasi kedalaman kedalaman terhadap terhadap transmisi gelombang pada pemecah gelombang berpori dapat mentransmisikan gelombang sebesar 25%. Nilai tersebut merupakan dari berbagai konfigurasi parameter struktur seperti variasi kedalaman pipa, tinggi gelombang depan model ( $H$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan variasi diameter pipa pada kedalaman 0,28 m menghasilkan koefisien (9-32%) lebih kecil dari kedalaman 0,36 m yang memiliki koefisien transmisi (10-28%). Oleh karena itu, bahwa kedalaman model pemecah gelombang berpori lebih efektif yaitu pada kedalaman 0,28 m (setinggi model) dikarenakan energi yang diredam atau dihilangkan lebih besar dibandingkan dengan kedalaman 0,36 m.

## B. Saran

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

- a. variasi model pemecah gelombang dengan material lapisan permukaan yang sama sehingga diharapkan ada peneliti lain yang mengkaji lebih lanjut.
- b. Diperlukan perekam tinggi gelombang yang lebih baik lagi dengan kualitas HQ (High Quality) agar data yang didapat memiliki keakuratan yang baik, karena keakuratan data sangat mempengaruhi hasil penelitian.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anas, Aswar Muh. 2014. *Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri (Skripsi)*, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Aprizal, dkk. 2012. *Analisa perilaku gelombang air setelah melewati breakwater tenggelam yang berbentuk tumpukan pipa (Jurnal)*, Universitas Bandar Lampung. Lampung.
- Allo Padang, Bara Daniel, dan Paotonan, Chairul. 2012. *transmisi gelombang melalui struktur bawah air berbahan geotextile tube sebagai pelindung pantai pasir buatan (Jurnal)*, Universitas Cendrawasih. Jayapura.
- Bungin, Erni Rante, dkk. 2017. *Pengaruh Rangkaian Struktur Tenggelam Tidak Simetris Terhadap Deformasi (Jurnal)*, Universitas Hasanuddin.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual, 4<sup>th</sup>. Ed., Volume I and Volume II, Coastal Engineering Research Center, Deeparment of The Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineering, PO. Box 631, Vickburg, Missisipi 39810.*
- Darlymple, R.A, dkk,1991. *Reflection and Transmission from porous Structures Under Oblique Wave Attack (Jurnal)*, Cambridge Universitas Press.
- Dean, R.G , dkk. 1984. *Water Wave Mechanics for Engineering and (Jurnal)*, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dirgayusa, dan Yuwono, Nur. 1997. *Transmisi pemecah gelombang melalui pemecah gelombang susunan pipa horizontal (Jurnal)*, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.



Ditjen, Pengelolaan Ruang laut, (online)<https://kkp.go.id/djprl/artikel/2798-refleksi-2017-dan-outlook-2018-membangun-dan-menjaga-ekosistem-laut-indonesia-bersama-ditjen-pengelolaan-ruang-laut>, diakses 28 maret 2019.

Fatnanta, Ferry, dkk. 2015. *peramalan tinggi gelombang transmisi dengan permodelan gelombang irreguler pada pemecah gelombang kantong pasir tipe tenggelam menggunakan artificial neural network (ann)* (Jurnal), Universitas Riau. Pekanbaru.

Fatnanta, Ferry. 2013. *Permodelan Koefisien Gelombang Transmisi Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam* (Jurnal), Universitas Riau. Pekanbaru.

Fadlullah, Mirza. 2016. *Studi Refleksi Gelombang Pada Breakwater Tipe Dinding Berpori* (Skripsi), Universitas Hasanuddin. Makassar.

Ghifari. 2018. *Studi Eksperimen Refleksi Gelombang Pada Terumbu Buatan Hexagonal Dengan Pengaruh Konfigurasi Gap Secara Horizontal*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya

Handoyo, Gentur, dkk. 2013. *Studi Run-up gelombang pada offshore breakwater di pantai slamaran pekalongan* (Jurnal), Universitas Diponegoro. Semarang.

Horikawa, K, 1978 *Coastel Engineering* (Skripsi), University of Tokyo Press, Tokyo.

Leyn Darius, 2017. *Pengaruh Lebar Konstruksi Terhadap Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Komposit Batu Dan Balok Kotak*, Universitas Hasanuddin. Makassar.

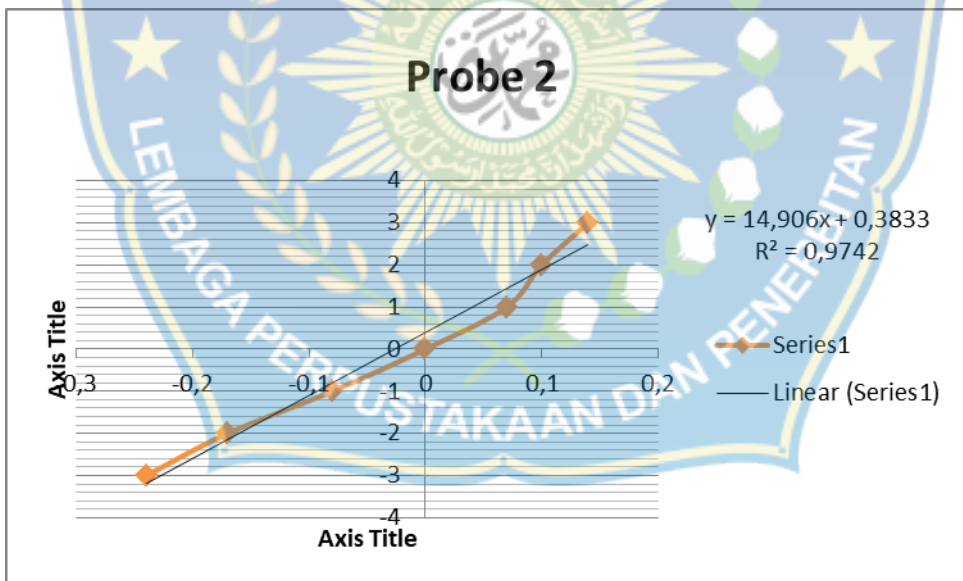
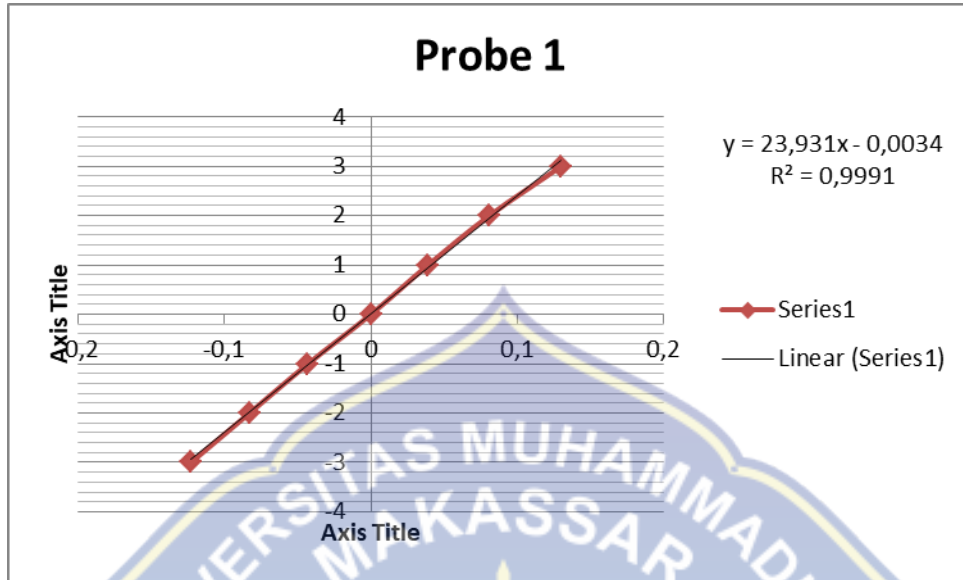
Mahmoudi, Amin, dkk. 2017. *Experimental Study On Wave Transmission and Reflection at Impermeable Submerged Breakwater*, Civil Engineering Departement.

- Massie, W.W.P.E, 1986 *Coastal Engineering (Skripsi)*, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.
- Saputra, Muhammad Rico, dkk. 2015. *Peramalan Tinggi Gelombang Transmisi Dengan Permodelan Gelombang Irreguler Pada Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam Menggunakan Artificial Neural Network (Ann)*.
- Setiawan, I Ketut Dharma. 2017. *Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait (skripsi)*, Balai Litbang Pantai. Buleleng, Bali.
- Silvester, R, 1974 *Coastal Engineering 1 and 2 (Skripsi)*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, The Netherlands.
- Sujantoko, dkk. 2013. *Pengaruh elevasi muka air laut pada koefisien transmisi dan refleksi composite breakwater (Jurnal)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Syamsuri, Andi Makbul, dkk 2019. *Pengaruh Periode dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang (Jurnal)*, Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Rusady, Andi, dkk 2019. *Analisa Pemecah Gelombang (breakwater) di Bambaloka Kabupaten Pasangkayu (Jurnal)*, Universitas Hasanuddin.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai (Buku)*. Beta Offset. Yogyakarta
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai (Buku)*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Widi, Ferry Fatnanta, dkk. 2010. *Karakteristik Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam (Jurnal)*, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

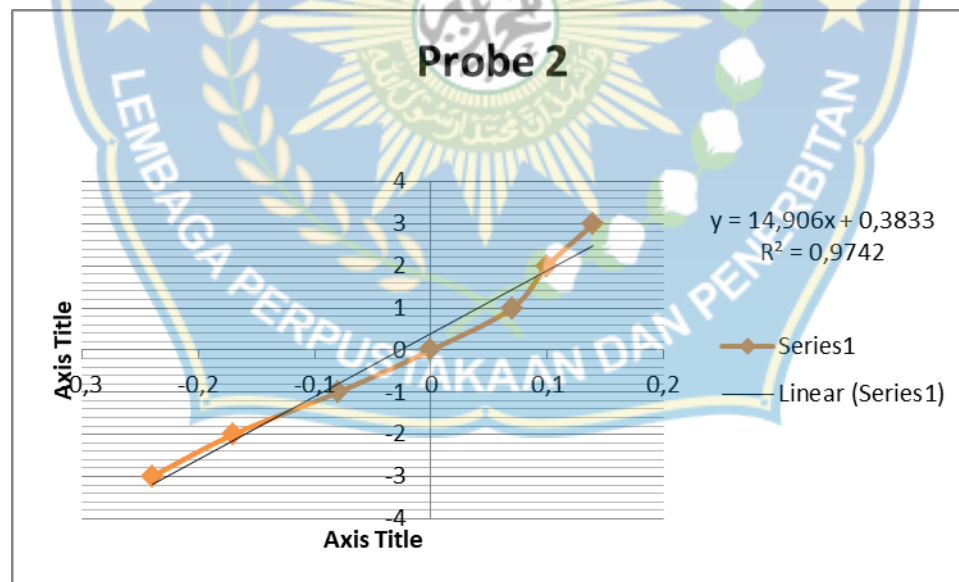
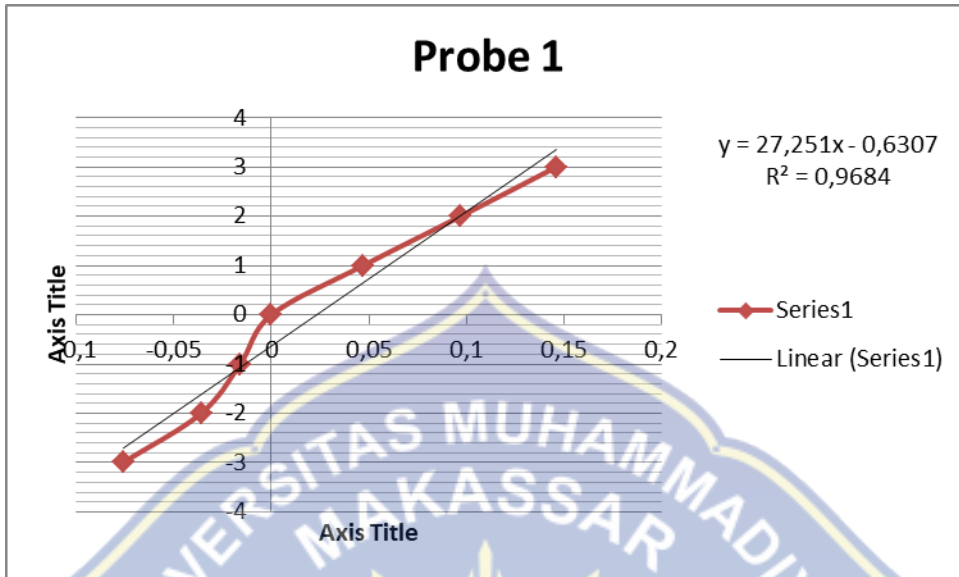


# LAMPIRAN

### Kalibrasi data kedalaman 28 cm



### Kalibrasi data kedalaman 36 cm



Tabel Kosong Pengambilan Data Kedalaman 0,28 m

Model	Kedalaman (d) (m)	Periode Gelombang (T) (detik)		Panjang Gelombang (L) (m)	Tinggi Gelombang (m)						
					stroke	Probe 1			Probe 2		Ht
						Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin	
MD15	0,28	T	1,0	1,347	4						
					5						
					6						
			1,1	1,470	4						
					5						
					6						
			1,2	1,651	4						
					5						
					6						
MD10	0,28	T	1,0	1,347	4						
					5						
					6						
			1,1	1,470	4						
					5						
					6						
			1,2	1,651	4						
					5						
					6						
MD7,5	0,28	T	1,0	1,347	4						
					5						
					6						
			1,1	1,470	4						
					5						
					6						
			1,2	1,651	4						
					5						
					6						

Tabel Kosong Pengambilan Data Kedalaman 0,36 m

Model	Kedalaman (d)	Periode Gelombang (T)	Panjang Gelombang (L)	Tinggi Gelombang (m)							
				stroke	Probe 1			Probe 2		Ht	
(m)	(m)	(detik)	(m)		Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin		
MD15	0,36	T	1,0	1,433	4						
					5						
					6						
			1,1	1,657	4						
					5						
					6						
1,2	1,876	4									
		5									
		6									
MD10	0,36	T	1,0	1,433	4						
					5						
					6						
			1,1	1,657	4						
					5						
					6						
1,2	1,876	4									
		5									
		6									
MD7,5	0,36	T	1,0	1,433	4						
					5						
					6						
			1,1	1,657	4						
					5						
					6						
1,2	1,651	4									
		5									
		6									

Rekapitulasi Tabel Hasil Perhitungan Pengambilan Data Kedalaman 28 cm

Model	Kedalaman (d) (cm)	Periode Gelombang (T) (detik)	Panjang Gelombang (L) (cm)	Tinggi Gelombang (cm)							Kt	Hi/L	
				stroke	Probe 1			Probe 2		Ht			
					Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin				
MD15	28	T	1,0	1,347	4	1,2239	2,5298	1,8768	0,8826	0,1045	0,4935	0,0413	0,0137
					5	1,8811	2,8803	2,3807	0,6597	0,4601	0,5599	0,1597	0,0173
					6	2,2755	3,9319	3,1037	0,9675	0,3858	0,6766	0,0981	0,0226
			1,1	1,470	4	1,3407	2,9680	2,1543	0,9144	0,0037	0,4591	0,0012	0,0137
					5	1,0340	3,7713	2,4026	0,8985	0,4123	0,6554	0,1093	0,0153
					6	1,8811	4,0196	2,9504	0,9675	0,3858	0,6766	0,0960	0,0188
			1,2	1,651	4	1,3407	2,3399	1,8403	0,9144	0,0037	0,4591	0,0016	0,0104
					5	1,0340	3,1140	2,0740	0,8985	0,4123	0,6554	0,1324	0,0117
					6	1,8811	2,8803	2,3807	0,9675	0,3858	0,6766	0,1339	0,0135
MD10	28	T	1,0	1,347	4	2,6406	2,9388	2,78970	0,6703	0,1523	0,4113	0,0518	0,0203
					5	3,4439	4,1656	3,8048	0,9463	0,2159	0,5811	0,0518	0,0277
					6	4,6562	4,6768	4,6665	0,9728	0,3327	0,6528	0,0711	4,6665
			1,1	1,470	4	2,1879	3,2162	2,7021	0,5960	0,1768	0,3864	0,0550	0,0172
					5	2,2755	3,6836	2,9796	0,5960	0,0335	0,3148	0,0091	0,0190
					6	2,3339	4,0926	3,2132	0,7022	0,1417	0,4219	0,0346	0,0204
			1,2	1,651	4	2,7429	2,7197	2,7313	0,5058	0,3964	0,4511	0,1457	0,0155
					5	3,1226	3,3185	3,2206	0,6650	0,0939	0,3794	0,0283	3,2206
					6	3,8091	3,8443	3,8267	0,8614	0,3964	0,6289	0,1031	0,0217
MD 7,5	28	T	1,0	1,347	4	2,9766	2,7635	2,8700	0,7446	0,2319	0,4882	0,0839	0,0209
					5	4,3495	3,6836	4,0166	0,6597	0,2478	0,4538	0,0673	0,0292
					6	5,4157	4,0780	4,7469	0,7234	0,3115	0,5174	0,0764	0,0346
			1,1	1,470	4	3,2979	2,8073	3,0526	0,4952	0,0620	0,2786	0,0221	0,0194
					5	3,9259	3,2747	3,6003	0,4687	0,1523	0,3105	0,0465	0,0229
					6	5,3281	3,2747	4,3014	0,4687	0,3115	0,3901	0,0951	0,0274
			1,2	1,651	4	2,7283	2,7781	2,7532	0,5854	0,0249	0,3052	0,0090	0,0156
					5	3,0934	2,8219	2,9577	0,5854	0,0727	0,3290	0,0257	0,0168
					6	3,8091	3,3477	3,5784	0,6703	0,1257	0,3980	0,0376	0,0203



Rekapitulasi Tabel Hasil Perhitungan Pengambilan Data Kedalaman 36 cm

Model	Kedalaman (d) (cm)	Periode Gelombang (T) (detik)	Panjang Gelombang (L) (cm)	Tinggi Gelombang (m)							Kt	Hi/L	
				stroke	Probe 1			Probe 2		Ht			
					Hmax	Hmin	Hi	Hmax	Hmin				
MD15	36	T	1,0	1,433	4	3,0290	3,6737	3,3514	1,4190	1,0754	1,2472	0,2927	0,0234
					5	3,8108	4,5053	4,1580	1,7662	1,7241	1,7452	0,3827	0,0290
					6	4,4594	4,7880	4,6237	2,1500	1,8155	1,9827	0,3792	0,0323
			1,1	1,657	4	1,6320	3,6238	2,6279	1,0901	1,7332	1,4117	0,4783	0,0159
					5	2,3638	4,2890	3,3264	1,0262	0,7556	0,8909	0,1762	0,0201
					6	3,6611	4,5718	4,1164	1,1632	1,9159	1,5396	0,4191	0,0249
			1,2	1,876	4	1,7650	3,2080	2,4865	0,8160	1,9068	1,3614	0,5944	0,0132
					5	2,1642	3,6903	2,9272	1,3185	2,3363	1,8274	0,6331	0,0156
					6	2,8295	4,5219	3,6757	0,9439	2,2540	1,5990	0,4985	0,0196
MD10	36	T	1,0	1,433	4	2,0311	4,0396	3,03535	0,8343	0,1617	0,4980	0,0400	0,0212
					5	3,1455	4,9211	4,0333	1,2180	0,3444	0,7812	0,0700	0,0282
					6	4,1767	5,2537	4,7152	0,9165	0,3809	0,6487	0,0725	0,0329
			1,1	1,657	4	2,4802	3,6238	3,0520	1,5104	1,8885	1,6995	0,5212	0,0184
					5	3,6444	4,0230	3,8337	1,3185	1,4226	1,3705	0,3536	0,0232
					6	5,0415	4,9211	4,9813	1,5561	1,6693	1,6127	0,3392	0,0094
			1,2	1,876	4	2,6465	3,4408	3,0437	1,3734	0,8469	1,1101	0,2461	0,0162
					5	3,4282	3,8400	3,6341	1,1175	1,5870	1,3523	0,4133	0,0193
					6	4,3264	4,5385	4,4325	1,1815	1,5779	1,3797	0,3477	0,0236
MD7,5	36	T	1,0	1,433	4	2,9792	4,2558	3,6175	0,7794	0,6642	0,7218	0,1561	0,0253
					5	3,9771	5,1207	4,5489	0,6515	0,2439	0,4477	0,0476	0,0318
					6	5,2411	5,6862	5,4636	0,8800	0,3901	0,6350	0,0686	0,0382
			1,1	1,657	4	2,3139	4,0396	3,1767	0,7794	0,3627	0,5711	0,0898	0,0192
					5	3,0956	4,5552	3,8254	0,6972	0,3353	0,5162	0,0736	0,0231
					6	3,8108	4,7215	4,2661	0,6789	0,3353	0,5071	0,0710	0,0258
			1,2	1,651	4	2,6299	3,3244	2,9771	0,7246	0,2713	0,4980	0,0816	0,0158
					5	3,5779	3,9897	3,7838	0,9256	0,2348	0,5802	0,0588	0,0201
					6	4,5259	4,8213	4,6736	0,7429	0,7830	0,7629	0,1624	0,0040

## DOKUMENTASI



Proses awal pengerjaan model dengan diameter berbeda-beda



Proses Pemasangan Angregat kekasaran 10, 30 dan 40.



Proses penyatuan model menajdi satu yang sebelumnya dibagi menjadi dua bagian



Proses penyatuan model menajdi satu yang sebelumnya dibagi menjadi dua bagian



Pengaturan Probe



Pemasangan Model pada Wave Flume



Pengaturan Struk pada Alat



Pencatatan Tinggi Gelombang



Pengamatan hasil rekaman pada komputer



Pengamatan ulang penginputan data pada komputer



Posisi MD 7,5



Posisi MD 10



Posisi MD 15

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_n}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.1200	0.15813	0.9936	0.7589	1.1653	1.5355	0.920	0.6512	1.9871	3.5787	3.716	0.7776
0.1210	0.15898	0.9989	0.7611	1.1735	1.5418	0.920	0.6486	1.9978	3.6184	3.754	0.7761
0.1220	0.15982	1.0042	0.7633	1.1817	1.5480	0.920	0.6460	2.0084	3.6585	3.793	0.7745
0.1230	0.16067	1.0095	0.7656	1.1899	1.5543	0.919	0.6434	2.0190	3.6990	3.832	0.7729
0.1240	0.16151	1.0148	0.7677	1.1982	1.5607	0.919	0.6408	2.0296	3.7399	3.871	0.7713
0.1250	0.16236	1.0201	0.7699	1.2065	1.5670	0.918	0.6381	2.0402	3.7812	3.911	0.7698
0.1260	0.16320	1.0254	0.7721	1.2148	1.5734	0.918	0.6355	2.0508	3.8228	3.951	0.7682
0.1270	0.16404	1.0307	0.7742	1.2231	1.5799	0.918	0.6330	2.0614	3.8649	3.992	0.7667
0.1280	0.16488	1.0360	0.7763	1.2315	1.5864	0.917	0.6304	2.0720	3.9074	4.033	0.7651
0.1290	0.16573	1.0413	0.7784	1.2399	1.5929	0.917	0.6278	2.0826	3.9502	4.075	0.7636
0.1300	0.16657	1.0466	0.7805	1.2484	1.5995	0.917	0.6252	2.0931	3.9935	4.117	0.7621
0.1310	0.16741	1.0518	0.7825	1.2568	1.6061	0.917	0.6226	2.1037	4.0372	4.159	0.7605
0.1320	0.16825	1.0571	0.7846	1.2653	1.6128	0.916	0.6201	2.1143	4.0813	4.202	0.7590
0.1330	0.16909	1.0624	0.7866	1.2738	1.6195	0.916	0.6175	2.1248	4.1259	4.245	0.7575
0.1340	0.16993	1.0677	0.7886	1.2824	1.6262	0.916	0.6149	2.1353	4.1709	4.289	0.7560
0.1350	0.17076	1.0729	0.7906	1.2910	1.6330	0.916	0.6124	2.1459	4.2163	4.333	0.7545
0.1360	0.17160	1.0782	0.7925	1.2996	1.6398	0.915	0.6098	2.1564	4.2622	4.378	0.7530
0.1370	0.17244	1.0835	0.7945	1.3082	1.6467	0.915	0.6073	2.1669	4.3085	4.423	0.7515
0.1380	0.17328	1.0887	0.7964	1.3169	1.6536	0.915	0.6048	2.1775	4.3553	4.469	0.7500
0.1390	0.17411	1.0940	0.7983	1.3256	1.6605	0.915	0.6022	2.1880	4.4025	4.515	0.7485
0.1400	0.17495	1.0992	0.8002	1.3344	1.6675	0.915	0.5997	2.1985	4.4502	4.561	0.7470
0.1410	0.17579	1.1045	0.8021	1.3432	1.6745	0.914	0.5972	2.2090	4.4984	4.608	0.7455
0.1420	0.17662	1.1098	0.8040	1.3520	1.6816	0.914	0.5947	2.2195	4.5470	4.656	0.7441
0.1430	0.17746	1.1150	0.8058	1.3608	1.6887	0.914	0.5922	2.2300	4.5962	4.704	0.7426
0.1440	0.17829	1.1203	0.8077	1.3697	1.6959	0.914	0.5897	2.2405	4.6458	4.752	0.7411
0.1450	0.17913	1.1255	0.8095	1.3786	1.7031	0.914	0.5872	2.2510	4.6960	4.801	0.7397
0.1460	0.17996	1.1307	0.8113	1.3876	1.7104	0.914	0.5847	2.2615	4.7466	4.851	0.7382
0.1470	0.18080	1.1360	0.8131	1.3966	1.7177	0.914	0.5822	2.2720	4.7977	4.901	0.7368
0.1480	0.18163	1.1412	0.8148	1.4056	1.7250	0.914	0.5797	2.2825	4.8494	4.951	0.7353
0.1490	0.18247	1.1465	0.8166	1.4147	1.7324	0.913	0.5772	2.2930	4.9016	5.003	0.7339

LAMPIRAN

**Tabel A-1. Lanjutan**

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.1500	0.18330	1.1517	0.8183	1.4238	1.7399	0.913	0.5748	2.3034	4.9543	5.054	0.7325
0.1510	0.18414	1.1570	0.8200	1.4329	1.7473	0.913	0.5723	2.3139	5.0076	5.106	0.7310
0.1520	0.18497	1.1622	0.8218	1.4421	1.7549	0.913	0.5698	2.3244	5.0614	5.159	0.7296
0.1530	0.18580	1.1674	0.8234	1.4513	1.7625	0.913	0.5674	2.3349	5.1157	5.213	0.7282
0.1540	0.18664	1.1727	0.8251	1.4605	1.7701	0.913	0.5649	2.3454	5.1706	5.266	0.7268
0.1550	0.18747	1.1779	0.8268	1.4698	1.7778	0.913	0.5625	2.3558	5.2260	5.321	0.7254
0.1560	0.18830	1.1832	0.8284	1.4792	1.7855	0.913	0.5601	2.3663	5.2821	5.376	0.7240
0.1570	0.18914	1.1884	0.8301	1.4885	1.7933	0.913	0.5576	2.3768	5.3387	5.432	0.7226
0.1580	0.18997	1.1936	0.8317	1.4980	1.8011	0.913	0.5552	2.3873	5.3959	5.488	0.7212
0.1590	0.19081	1.1989	0.8333	1.5074	1.8089	0.913	0.5528	2.3977	5.4537	5.545	0.7198
0.1600	0.19164	1.2041	0.8349	1.5169	1.8169	0.913	0.5504	2.4082	5.5120	5.602	0.7185
0.1610	0.19247	1.2093	0.8365	1.5264	1.8248	0.913	0.5480	2.4187	5.5710	5.660	0.7171
0.1620	0.19331	1.2146	0.8380	1.5360	1.8329	0.913	0.5456	2.4292	5.6306	5.719	0.7157
0.1630	0.19414	1.2198	0.8396	1.5456	1.8409	0.913	0.5432	2.4396	5.6908	5.778	0.7143
0.1640	0.19497	1.2251	0.8411	1.5553	1.8490	0.913	0.5408	2.4501	5.7517	5.838	0.7130
0.1650	0.19581	1.2303	0.8427	1.5650	1.8572	0.913	0.5384	2.4606	5.8132	5.899	0.7116
0.1660	0.19664	1.2355	0.8442	1.5748	1.8654	0.913	0.5361	2.4711	5.8753	5.960	0.7103
0.1670	0.19748	1.2408	0.8457	1.5846	1.8737	0.913	0.5337	2.4815	5.9381	6.022	0.7090
0.1680	0.19831	1.2460	0.8472	1.5944	1.8821	0.913	0.5313	2.4920	6.0015	6.084	0.7076
0.1690	0.19914	1.2513	0.8486	1.6043	1.8904	0.913	0.5290	2.5025	6.0656	6.147	0.7063
0.1700	0.19998	1.2565	0.8501	1.6142	1.8989	0.913	0.5266	2.5130	6.1304	6.211	0.7050
0.1710	0.20081	1.2617	0.8515	1.6242	1.9074	0.913	0.5243	2.5235	6.1959	6.276	0.7036
0.1720	0.20165	1.2670	0.8530	1.6342	1.9159	0.914	0.5219	2.5340	6.2620	6.341	0.7023
0.1730	0.20248	1.2722	0.8544	1.6443	1.9245	0.914	0.5196	2.5445	6.3289	6.407	0.7010
0.1740	0.20332	1.2775	0.8558	1.6544	1.9332	0.914	0.5173	2.5549	6.3965	6.474	0.6997
0.1750	0.20415	1.2827	0.8572	1.6646	1.9419	0.914	0.5150	2.5654	6.4647	6.542	0.6984
0.1760	0.20499	1.2880	0.8586	1.6748	1.9506	0.914	0.5127	2.5759	6.5338	6.610	0.6971
0.1770	0.20582	1.2932	0.8600	1.6851	1.9594	0.914	0.5103	2.5864	6.6035	6.679	0.6958
0.1780	0.20666	1.2985	0.8613	1.6954	1.9683	0.914	0.5080	2.5969	6.6740	6.749	0.6946
0.1790	0.20749	1.3037	0.8627	1.7057	1.9772	0.914	0.5058	2.6074	6.7453	6.819	0.6933



Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.1800	0.20833	1.3090	0.8640	1.7161	1.9862	0.914	0.5035	2.6179	6.8173	6.890	0.6920
0.1810	0.20917	1.3142	0.8653	1.7266	1.9953	0.915	0.5012	2.6285	6.8901	6.962	0.6907
0.1820	0.21000	1.3195	0.8667	1.7371	2.0044	0.915	0.4989	2.6390	6.9637	7.035	0.6895
0.1830	0.21084	1.3247	0.8680	1.7477	2.0135	0.915	0.4966	2.6495	7.0380	7.109	0.6882
0.1840	0.21168	1.3300	0.8693	1.7583	2.0228	0.915	0.4944	2.6600	7.1132	7.183	0.6870
0.1850	0.21251	1.3353	0.8705	1.7690	2.0320	0.915	0.4921	2.6705	7.1892	7.258	0.6857
0.1860	0.21335	1.3405	0.8718	1.7797	2.0414	0.915	0.4899	2.6811	7.2660	7.335	0.6845
0.1870	0.21419	1.3458	0.8731	1.7905	2.0508	0.916	0.4876	2.6916	7.3437	7.411	0.6833
0.1880	0.21503	1.3511	0.8743	1.8013	2.0602	0.916	0.4854	2.7021	7.4222	7.489	0.6820
0.1890	0.21587	1.3563	0.8755	1.8122	2.0698	0.916	0.4831	2.7127	7.5015	7.568	0.6808
0.1900	0.21671	1.3616	0.8768	1.8231	2.0793	0.916	0.4809	2.7232	7.5817	7.647	0.6796
0.1910	0.21755	1.3669	0.8780	1.8341	2.0890	0.916	0.4787	2.7338	7.6628	7.728	0.6784
0.1920	0.21838	1.3722	0.8792	1.8451	2.0987	0.916	0.4765	2.7443	7.7448	7.809	0.6772
0.1930	0.21922	1.3774	0.8804	1.8562	2.1085	0.917	0.4743	2.7549	7.8276	7.891	0.6760
0.1940	0.22007	1.3827	0.8816	1.8674	2.1183	0.917	0.4721	2.7654	7.9114	7.974	0.6748
0.1950	0.22091	1.3880	0.8827	1.8786	2.1282	0.917	0.4699	2.7760	7.9961	8.058	0.6736
0.1960	0.22175	1.3933	0.8839	1.8899	2.1381	0.917	0.4677	2.7866	8.0817	8.143	0.6724
0.1970	0.22259	1.3986	0.8850	1.9012	2.1482	0.917	0.4655	2.7971	8.1683	8.229	0.6712
0.1980	0.22343	1.4039	0.8862	1.9126	2.1583	0.918	0.4633	2.8077	8.2558	8.316	0.6700
0.1990	0.22427	1.4091	0.8873	1.9241	2.1684	0.918	0.4612	2.8183	8.3443	8.404	0.6689
0.2000	0.22512	1.4144	0.8884	1.9356	2.1786	0.918	0.4590	2.8289	8.4337	8.493	0.6677
0.2010	0.22596	1.4197	0.8895	1.9471	2.1889	0.918	0.4568	2.8395	8.5242	8.583	0.6666
0.2020	0.22680	1.4250	0.8906	1.9588	2.1993	0.919	0.4547	2.8501	8.6156	8.673	0.6654
0.2030	0.22765	1.4303	0.8917	1.9704	2.2097	0.919	0.4526	2.8607	8.7081	8.765	0.6643
0.2040	0.22849	1.4356	0.8928	1.9822	2.2202	0.919	0.4504	2.8713	8.8016	8.858	0.6631
0.2050	0.22933	1.4410	0.8939	1.9940	2.2307	0.919	0.4483	2.8819	8.8961	8.952	0.6620
0.2060	0.23018	1.4463	0.8950	2.0059	2.2413	0.919	0.4462	2.8925	8.9917	9.047	0.6608
0.2070	0.23103	1.4516	0.8960	2.0178	2.2520	0.920	0.4440	2.9032	9.0884	9.143	0.6597
0.2080	0.23187	1.4569	0.8970	2.0298	2.2628	0.920	0.4419	2.9138	9.1861	9.240	0.6586
0.2090	0.23272	1.4622	0.8981	2.0419	2.2736	0.920	0.4398	2.9244	9.2849	9.339	0.6575

**Tabel A-1. Lanjutan**

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tanh \frac{2\pi d}{L}$	$\sinh \frac{2\pi d}{L}$	$\cosh \frac{2\pi d}{L}$	$K_s$	$K$	$\frac{4\pi d}{L}$	$\sinh \frac{4\pi d}{L}$	$\cosh \frac{4\pi d}{L}$	$n$
0.2100	0.23357	1.4675	0.8991	2.0540	2.2845	0.920	0.4377	2.9351	9.3848	9.438	0.6564
0.2110	0.23441	1.4729	0.9001	2.0662	2.2955	0.921	0.4356	2.9457	9.4859	9.538	0.6553
0.2120	0.23526	1.4782	0.9011	2.0785	2.3065	0.921	0.4336	2.9564	9.5881	9.640	0.6542
0.2130	0.23611	1.4835	0.9021	2.0908	2.3176	0.921	0.4315	2.9670	9.6914	9.743	0.6531
0.2140	0.23696	1.4889	0.9031	2.1032	2.3288	0.921	0.4294	2.9777	9.7959	9.847	0.6520
0.2150	0.23781	1.4942	0.9041	2.1156	2.3401	0.922	0.4273	2.9884	9.9015	9.952	0.6509
0.2160	0.23866	1.4995	0.9051	2.1282	2.3514	0.922	0.4253	2.9991	10.008	10.06	0.6498
0.2170	0.23951	1.5049	0.9060	2.1408	2.3628	0.922	0.4232	3.0097	10.116	10.17	0.6488
0.2180	0.24036	1.5102	0.9070	2.1534	2.3743	0.923	0.4212	3.0204	10.226	10.27	0.6477
0.2190	0.24121	1.5156	0.9079	2.1662	2.3858	0.923	0.4191	3.0311	10.336	10.38	0.6466
0.2200	0.24206	1.5209	0.9089	2.1790	2.3975	0.923	0.4171	3.0418	10.448	10.50	0.6456
0.2210	0.24291	1.5263	0.9098	2.1918	2.4092	0.923	0.4151	3.0526	10.561	10.61	0.6445
0.2220	0.24377	1.5316	0.9107	2.2048	2.4210	0.924	0.4131	3.0633	10.675	10.72	0.6435
0.2230	0.24462	1.5370	0.9116	2.2178	2.4328	0.924	0.4110	3.0740	10.791	10.84	0.6424
0.2240	0.24547	1.5424	0.9125	2.2309	2.4448	0.924	0.4090	3.0847	10.908	10.95	0.6414
0.2250	0.24633	1.5477	0.9134	2.2440	2.4568	0.925	0.4070	3.0955	11.026	11.07	0.6404
0.2260	0.24718	1.5531	0.9143	2.2573	2.4689	0.925	0.4050	3.1062	11.146	11.19	0.6393
0.2270	0.24804	1.5585	0.9152	2.2706	2.4810	0.925	0.4031	3.1170	11.267	11.31	0.6383
0.2280	0.24890	1.5639	0.9160	2.2840	2.4933	0.925	0.4011	3.1277	11.389	11.43	0.6373
0.2290	0.24975	1.5692	0.9169	2.2974	2.5056	0.926	0.3991	3.1385	11.513	11.56	0.6363
0.2300	0.25061	1.5746	0.9178	2.3109	2.5180	0.926	0.3971	3.1493	11.638	11.68	0.6353
0.2310	0.25147	1.5800	0.9186	2.3245	2.5305	0.926	0.3952	3.1600	11.765	11.81	0.6343
0.2320	0.25233	1.5854	0.9194	2.3382	2.5431	0.927	0.3932	3.1708	11.893	11.93	0.6333
0.2330	0.25319	1.5908	0.9203	2.3520	2.5557	0.927	0.3913	3.1816	12.022	12.06	0.6323
0.2340	0.25405	1.5962	0.9211	2.3658	2.5685	0.927	0.3893	3.1924	12.153	12.19	0.6313
0.2350	0.25491	1.6016	0.9219	2.3797	2.5813	0.928	0.3874	3.2032	12.286	12.33	0.6304
0.2360	0.25577	1.6070	0.9227	2.3937	2.5942	0.928	0.3855	3.2140	12.420	12.46	0.6294
0.2370	0.25663	1.6124	0.9235	2.4078	2.6072	0.928	0.3836	3.2249	12.555	12.60	0.6284
0.2380	0.25749	1.6179	0.9243	2.4220	2.6203	0.928	0.3816	3.2357	12.692	12.73	0.6275
0.2390	0.25835	1.6233	0.9251	2.4362	2.6334	0.929	0.3797	3.2465	12.831	12.87	0.6265