

SKRIPSI

PERBANDINGAN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DINDING PIPA KASAR DAN TIDAK KASAR (LICIN)



Oleh :

AZIZ ASMAR
105 81 2497 15

A. DARMIANTI
105 81 2553 15

JURUSAN TEKNIK SIPIL PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019

SKRIPSI

PERBANDINGAN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DINDING PIPA KASAR DAN TIDAK KASAR (LICIN)

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

Disusun dan diajukan oleh :

AZIZ ASMAR
105 81 2497 15

A. DARMIANTI
105 81 2553 15

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2019

02/10/2019

1 eqq
Sub. Alurami

R/041/SIP/1940
ASM

P¹



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN 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 : **PERBANDINGAN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DINDING PIPA KASAR DAN TIDAK KASAR (LICIN)**

Nama : **AZIZ ASMAR**
A. DARMIANTI

Stambuk : **105 81 2497 15**
105 81 2553 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



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

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

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

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

atas nama Aziz Asmar dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2497 15 dan A. Darmianti
n nomor induk Mahasiswa 105 81 2553 15, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia
Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas
nmadiyah Makassar Nomor : 0007/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik
akultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 31 Agustus

Makassar, 30 Dzulhijjah 1440 H
31 Agustus 2019 M

a Ujian :

gawas Umum

ektor Universitas Muhammadiyah Makassar

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

ekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

rof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

nguji

Ketua : Dr. Ir. Hj. Fenty Daud S., MT.

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

ggota : 1. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM.

2. Ir. Mahmuddin, ST., MT., IPM.

3. Muh. Syafaat S. Kuba, ST., MT.

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

H. Riswal K, ST., MT.

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

Dekan



PERBANDINGAN GELOMBANG TRANSMISI PADA PEMECAH GELOMBANG BERPORI TERHADAP DINDING PIPA KASAR DAN TIDAK KASAR (LICIN)

Aziz Asmar¹⁾ dan A. Darmianti²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Azizasmr2015@gmail.com

²⁾ Program Studi Teknik Pengairan Universitas Muhammadiyah Makassar,
Andidarmianti@gmail.com

Abstrak

Pemecah gelombang 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 mengetahui tinggi gelombang sebelum dan setelah melewati pemecah gelombang berpori, serta mengetahui perbandingan gelombang transmisi pada pemecah gelombang berpori terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin). Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Teknik sipil Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan berbasis eksperimental dengan model skala yang digunakan 1:20. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dari tiga variasi periode, tiga variasi stoke serta dua variasi kedalaman air. Pembacaan puncak dan lembah gelombang dilakukan melalui pembacaan probe 1 dan probe 2 yang terekaman otomatis pada komputer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter-parameter yang mempengaruhi tinggi gelombang sebelum dan setelah melewati pemecah gelombang berpori, serta perbandingan gelombang transmisi pada pemecah gelombang berpori terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin) adalah periode gelombang (T), kedalaman air (d) dan kekasaran pada dinding pipa.

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

Abstract

A Porous breakwater is an offshore structure or concrete blocks designed perpendicular by shoreline which is useful to protect coastal areas from erosion and abrasion caused by wave energy. This study aims to measure the height of the waves before and after passing the porous breakwater, as well as to understand the ratio of transmission waves on the porous breakwater against the rough and non-rough pipe walls. This research was conducted at the civil engineering Hydraulics Laboratory at Hasanuddin University. The method used was experimental based with a scale model used 1:20. The resulting wave characteristic consist of three period variations, three stroke variations and two variations in water depth. Peak and valley waveform readings were carried out through probe 1 dan probe 2 readings recorded automatically on the computer. The results showed that the parameters that affected the wave height before and after passing the porous breakwater, as well as the comparison of the transmission waves in the porous breakwater against coarse and non-rough (smooth) pipe walls are wobbling priod (T), water depth (d) and reugness in the pipe wall.

Key words : incident wave height (H_i), Transmission waves (H_t), transmission coefficient (K_t)

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 **"Perbandingan Gelombang Transmisi pada Pemecah Gelombang Berpori Terhadap Dinding Pipa Kasar dan Tidak Kasar (Licin)"** 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 :

Kedua Orang Tua kami yang selalu memberi dukungan secara moral maupun material dan doa kepada kami.

Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekprodi Teknik Pengairan Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Bapak Ir. Riswal K, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Satu (1) dan Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT selaku Dosen Pembimbing Dua (2)

Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Saudara/saudari penulis se Fakultas Teknik yang telah membantu baik berupa moril maupun saran. Serta semua pihak yang telah membantu penulis. Selaku manusia biasa tentunya penulis 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

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	4
D. Batasan Masalah.....	4
E. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pantai	7
B. Bangunan pantai	8
C. Gelombang.....	10
1. Pengertian gelombang	10
2. Karakteristik gelombang	10

3. Transmisi gelombang	12
4. Klasifikasi teori gelombang	13
5. Teori redaman gelombang	15
D. Pemecah gelombang (breakwater)	15
1. Pengertian pemecah gelombang (breakwater)	15
a. Pemecah gelombang lepas pantai (datached breakwater)	18
2. Pemecah gelombang sampung pantai	20
E. Pemodelan	21
1. Hukum dasar model	23
F. Penelitian yang relepan	28
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Jenis penelitian dan sumber data	31
C. alat dan bahan	32
1. alat	32
2. bahan	34
D. Desain penelitian	34
E. Metode pengambilan data	37
F. Karakteristik gelombang	39
G. Metode analisa data	40
H. Variable penelitian	40
I. Prosedur penelitian	40

J. Flow chat prosedur percobaan penelitian.....	44
---	----

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil penelitian	45
---------------------------	----

1. Tinggi gelombang datang (H_i).....	45
2. Gelombang transmisi (H_t).....	46
3. Perhitungan panjang gelombang.....	49
4. Koefisien transmisi (K_t).....	50
5. Kecuraman gelombang (H_i/L).....	51

B. Pembahasan	51
---------------------	----

1. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m tanpa kekasaran.....	52
2. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,003 m.....	55
3. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,006 m.....	58
4. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,011 cm.....	61

C. Perbandingan hasil pengamatan antara model ϕ 0,15 m terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin).....	64
--	----

1. Perbandingan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i).....	64
2. Perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L).....	67

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	70
---------------------	----

B. Saran	71
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. gerak partikel air dalam gelombang.....	14
2. konsep pemecah gelombang umum.....	16
3. Tipe bangunan pantai.....	18
4. Pemecah gelombang lepas pantai.....	19
5. Pemecah gelombang sambung pantai.....	21
6. Tangki pembangkit gelombang.....	32
7. Unit pembangkit gelombang tipe <i>flap</i>	33
8. Model <i>breakwater</i> pipa ϕ 0,15 m dan Kekasaran 0,003 cm.....	35
9. Model <i>breakwater</i> pipa ϕ 0,15 m dan Kekasaran 0,006 cm.....	35
10. Model <i>breakwater</i> pipa ϕ 0,15 m dan Kekasaran 0,011 m.....	36
11. Sketsa model pada alat penelitian wave plum.....	36
12. Penempatan model pada kedalaman 0,28 m.....	41
13. Penempatan model diantara probe 1 dan probe 2.....	42
14. Sketsa flow chart penelitian.....	44
15. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) gengan tinggi gelombang datang H_i	53
16. hubungan tinggi gelombang datang (H_i) dengan kecuraan gelombang (H_i/L).....	54
17. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) gengan tinggi gelombang datang H_i	56

18. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)	57
19. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang H_i	59
20. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)	60
21. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang H_i	62
22. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)	63
23. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i) kedalaman (d) 0,28 m	64
24. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i) kedalaman (d) 0,36 m	65
25. Perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L) kedalaman (d) 0,28 m	67
26. Perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L) kedalaman (d) 0,36 m	68

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. batasan gelombang air dangkal, air transmisi dan air dalam	14
2. Skala model tak distori	22
3. Matrixs penelitian sebelumnya	28
4. Rancangan simulasi model	37
5. Rancangan simulasi model	38
6. Karakteristik gelombang	39
7. Data tinggi gelombang pada dinding pipa pipa kasar dan tidak kasar (licin) kedalam 0,28 m	47
8. Data tinggi gelombang pada dinding pipa pipa kasar dan tidak kasar (licin) kedalam 0,36 m	48
9. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m tanpa kekasaran	52
10. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,003 m	55
11. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,006 m	58
12. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,011 m	61
13. perbandingan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i)	64
14. perbandingan koefisien transmisi (H_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)	66

DAFTAR PERSAMAAN

Nomor	Halaman
1. Panjang gelombang	12
2. Panjang gelombang awal	12
3. Tinggi gelombang datang	12
4. transmisi gelombang	20
5. koefisien transmisi	20
6. Skala model	22
7. skala panjang sebangun kinematik	25
8. Skala percepatan sebangun kinematik	25
9. Skala debit sebangun kinematik	25
10. Skala waktu sebangun kinematik	25
11. skala panjang sebangun geometrik	26
12. Skala tinggi sebangun geometrik	26
13. Kesebangunan froude	27
14,16 perbandingan gaya inersia dengan gravitasi	28
15. Skala panjang gelombang	28
17. Skala waktu	28
18. Skala gravitasi	28

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

H	=	Tinggi Gelombang
L	=	Panjang Gelombang
L_0	=	Panjang Gelombang Awal
d	=	Kedalaman Air
H/L	=	Kemiringan Gelombang (Wave Steepness)
H/d	=	Ketinggian Relatif (Relative Height)
d/L	=	Kedalaman Relatif (Relative Depth)
A	=	Amplitudo Gelombang
$H/2$	=	Setengah Tinggi Gelombang
T	=	Periode Gelombang
F	=	Frekuensi
θ	=	Sudut
gT^2	=	Jarak Antara Dua Lembah Gelombang
C	=	Kecepatan Rambat Gelombang
L/T	=	Perbandingan Panjang Gelombang dan Periode Gelombang
K_r	=	Koefisien Refleksi
K_t	=	Koefisien Transmisi
K_d	=	Koefisien Disipasi
H_i	=	Tinggi Gelombang Datang
H_r	=	Tinggi Gelombang Refleksi
H_t	=	Tinggi Gelombang Transmisi

H_d	=	Tinggi Gelombang Disipasi
H_i/L	=	Kecuraman Gelombang
D	=	Diameter
H_{max}	=	Tinggi Gelombang Maksimum
H_{min}	=	Tinggi Gelombang Minimum
HWL	=	High Water Level
LWL	=	Low Water Level
SWL	=	Still Water Level
ρ	=	Rapat massa zat cair
g	=	Percepatan gravitasi
π	=	ϕ (3,14)
S	=	stroke



BAB 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara maritim memiliki wilayah laut seluas lebih dari 3,5 juta km², yang merupakan dua kali luas daratan (Triadmodjo, B, 1999). Pantai merupakan tepian perairan dan dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah pantai secara alami sangat dinamis dan dapat menyesuaikan dirinya sendiri terhadap lingkungan. Pengalihan daerah pantai menjadi pemukiman, industri, jalan, dan pariwisata dapat mengakibatkan terjadinya erosi pantai disamping erosi juga dapat terjadi secara alami. Pantai secara alamiah memiliki perlindungan berupa hamparan pasir yang berfungsi sebagai penghancur energi gelombang atau gundukan pasir (*sand dune*) sebagai cadangan pasir yang berfungsi sebagai tembok. Adanya hutan bakau dan terumbu karang dapat meredam energi gelombang, sehingga pantai yang berada dibelakangnya terlindungi. Sedimen tranpor yang masuk dan keluar yang seimbang menjadikan profil pantai tetap terjaga kondisinya.

Perlindungan alami mulai terancam keberadaannya disebabkan banyak faktor dengan berbagai dalih sehingga erosi tidak terelakkan lagi. Pengerukan pasir laut, pengalihan hutan *mangrove* menjadi lahan tambak

dan produksi serta penangkapan ikan yang merusak terumbu karang. Berdasarkan hal tersebut diatas perlu upaya perlindungan pantai terhadap perubahan profil pantai diantaranya mengurangi energi gelombang, pelindung pantai buatan, dan mengubah laju transpor sedimen. Struktur perlindungan pantai dan dinamika profil pantai serta garis pantai perlu dianalisis supaya diperoleh *soft solution* dalam menangani erosi pantai dan tidak menghambat transpor sedimen alami masuk (Mustaghfiri, Fatimah, E., dan Arif, A., 2014).

Untuk melindungi pantai dari erosi maka diperlukan bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang menghancurkan energy gelombang sebelum mencapai pantai. Dengan adanya *breakwater*, energy yang datang menuju pantai akan berkurang atau hilang sama sekali, perairan dibelakang bangunan menjadi tenang sehingga akan terjadi endapan di belakang yang disebut *cusate* dan transport sedimen yang terjadi pada daerah pinggir pantai akan berkurang. Selain dapat meredam gelombang, konstruksi *breakwater* yang dipasang juga dapat mempertahankan bentuk garis pantai. Bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) dibedakan menjadi dua macam yaitu, pecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bentuk dan karakteristik *breakwater* berbeda – beda begitu juga kemampuan peredam gelombang yang dihasilkan.

Pada penelitian ini akan dibahas mengenai gelombang panjang yang datang kearah pantai melewati *breakwater* tenggelam (bangunan pemecah gelombang yang permukaannya berada dibawah muka air) yang menggunakan bahan konstruksi pipa dengan dasar saluran licin yang dibuat dengan skala laboratorium. Data yang dihasilkan adalah data transmisi gelombang setelah melewati *breakwater* (wibye,f,aprizal,dan ilyas,s, 2012).

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka penulis mengangkat sebuah tugas akhir dengan judul **“Perbandingan Gelombang Transmisi Pada Pemecah Gelombang Berpori Terhadap Dinding Pipa Kasar Dan Tidak Kasar (Licin)”**

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh tinggi gelombang sebelum dan setelah melewati pemecah gelombang berpori ?
2. Bagaimana pengaruh gelombang transmisi pada pemecah gelombang berpori terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin) ?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah sebagaimana yang dirumuskan diatas maka tujuan penelitian :

1. Untuk mengetahui tinggi gelombang sebelum dan tinggi gelombang setelah melewati pemecah gelombang berpori.
2. Untuk mengetui perbandingan gelombang transmisi pada pemecah gelombang berpori terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin).

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penulisan penelitian ini yaitu :

1. Dapat dijadikan sebagai acuan dalam perencanaan struktur pemecah gelombang.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan permasalahan tersebut.

E. Batasan Masalah

Untuk menghindari pembahasan yang luas serta mempermudah dalam penyelesaian masalah sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

Batasan masalah dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian dilakukan dilaboratorium hidrolika Universitas Hasanuddin

1. Bentuk saluran adalah saluran gelombang multiguna berukuran panjang 15 m, tinggi 0,46 m dan lebar 0,30 m.
2. Air yang digunakan yaitu air tawar.
3. Dasar perairan model berupa rata dan kedap.
4. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.
5. Gelombang yang dibangkitkan dalam kondisi belum pecah.
6. Struktur model dianggap kokoh/tidak bergeser.
7. Jenis pipa yang digunakan adalah pipa paralon.
8. Diameter pipa yang digunakan adalah $\phi 5''$.
9. Kekasaran 0,003 m, 0,006 m, dan 0,011 m.
10. Tinggi gelombang sebelum dan setelah melewati breakwater.
11. Tinggi gelombang transmisi (H_t) yang dihitung adalah kekasaran dan tanpa kekasaran terhadap dinding pipa.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan ini merupakan susunan yang serasi dan teratur oleh karena itu dibuat dengan komposisi bab-bab mengenai pokok-pokok uraian sehingga mencakup pengertian tentang apa dan bagaimana, jadi sistematika penulisan diuraikan sebagai berikut:

- BAB I. Merupakan bab pendahuluaan yang menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
- BAB II. Kajian pustaka yang memuat secara sistematis tentang teori umum, landasan teori dan penelitian terdahulu yang relevan.
- BAB III metodologi penelitian yang menjelaskan waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, jenis penelitian, metode pengumpulan data, metode analisa data, metode yang diteliti, prosedur penelitian dan flowchart.
- BAB IV. Analisa Hasil dan Pembahasan yang menguraikan tentang hasil penelitian, analisis hasil dan pembahasan.
- BAB V. penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pantai

Pantai adalah bentuk geografis yang terdiri dari pasir dan merupakan daerah pesisir laut. Daerah pantai sebagai batas antara batas dan perbatasan laut. Pantai merupakan daerah yang luasnya dimulai dari daerah pesisir hingga jauh ke daratan. Tidak ada batasan yang pasti atau jelas terkait dengan wilayah jauh pantai tetapi yang jelas daerah pesisir merupakan bagian dari wilayah pantai.

Bentuk-bentuk pantai ada berbagai macam seperti hasil dari proses geologi yang membentuknya dan bentuk serta struktur geologi yang mengendalikannya. Pantai yang terbentuk dari daratan yang landai atau yang lebar, atau pantai yang bertebing terjal dan berbatu-batu, dan berteluk-teluk.

Panjang garis pantai ini menggambarkan seluruh pantai yang merupakan daerah teritorial negara. Terjadi di pantai ini karena adanya gelombang yang menghantam tepi daratan, sehingga meningkatkan pengikisan (Nugraha H, A. Indarjo, and M. Helm, 2013).

B. Bangunan Pantai

Secara umum bangunan pantai dibagi menjadi beberapa kelompok. Kelompok pertama adalah dinding pantai atau revetment yang dibangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang.

Kelompok kedua meliputi groin dan jetty. Groin adalah bangunan yang menjorok ke arah laut yang digunakan untuk menangkap/menahan gerak sedimen sepanjang pantai, sehingga transport sedimen sepanjang pantai berkurang/berhenti. Biasanya groin dibuat secara berseri, yaitu beberapa groin dibuat dengan jarak antara groin tertentu disepanjang pantai yang dilindungi. Jetty adalah bangunan tegak lurus pantai yang ditempatkan di kedua sisi muara sungai. Bangunan ini digunakan untuk menahan sedimen/pasir yang bergerak sepanjang pantai masuk dan mengendap di muara sungai.

Kelompok ketiga adalah pemecah gelombang (*breakwater*) yang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Bangunan tipe pertama banyak digunakan sebagai pelindung pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Bangunan ini dapat dibuat dalam satu rangkaian pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah dengan panjang tertentu. Bangunan tipe kedua biasanya

digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan perairan pelabuhan dari gelombang sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan bongkar-muat barang dan menaik turunkan penumpang.

Menurut bentuknya bangunan pantai dapat dibedakan menjadi bangunan sisi miring dan tegak. termasuk dalam kelompok pertama adalah bangunan dari tumpukan batu yang bagian luarnya diberi lapis pelindung yang terbuat dari batu-batu ukuran besar, blok beton, atau batu-batuan dari beton dengan bentuk khusus seperti tetrapod, quadripods, tribars, dolos dan sebagainya. Lapis pelindung ini harus mampu menahan serangan gelombang sedangkan yang termasuk tipe kedua adalah bangunan yang terbuat dari pasangan batu, kaisan beton, tumpukan buis beton, dinding turup baja atau beton dan sebagainya.

Tipe bangunan pantai yang digunakan biasanya ditentukan oleh ketersediaan material atau didekat lokasi pekerjaan, kondisi dasar laut, kedalaman air, dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Batu adalah salah satu bahan utama yang digunakan untuk membuat bangunan. Faktor penting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut dibawah pengaruh gelombang (Jansen, I.C.M.T., dan Dundu, A. K. T. , 2017).

C. Gelombang

1. Pengertian Gelombang

Gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin, gaya tarik menarik bumi – bulan – matahari, gempa di dasar laut, maupun pergerakan kapal. Angin di atas lautan memindahkan tenaganya ke permukaan perairan, menyebabkan riak – riak, alunan/bukit, dan berubah menjadi apa yang kita sebut sebagai gelombang atau ombak (Loupatty, Grace, 2013).

2. Karakteristik gelombang

Periode gelombang dikontrol oleh putaran pulley, tinggi gelombang dibangkitkan oleh posisi stroke yang mengatur gerakan plaf, semakin besar stroke maka semakin jauh dorongan plaf untuk membangkitkan gelombang. Data karakteristik gelombang ini akan memberikan informasi tentang tinggi gelombang maksimum dan tinggi gelombang minimum sebelum diletakkan model peredam gelombang. Pada kedalaman air (d) = 0,28 m dan (d) = 0,36 m, karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh pembangkit gelombang terdiri dari 3 variasi periode (T : 1,0 detik, T : 1,1 detik dan T : 1,2 detik) dengan masing-masing 3 stroke yaitu 4, 5, dan 6.

- a. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal atau kedua titik tertinggi gelombang yang berurutan (jarak antara dua puncak gelombang).

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

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:

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

- b. Tinggi gelombang datang (H_i) adalah jarak antara puncak dan lembah gelombang.

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

- c. Kecuraman gelombang (H_i/L) adalah kecuraman gelombang terhadap tinggi gelombang datang.

- d. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh lembah gelombang atau dua puncak gelombang yang berurutan melewati titik tertentu (Fadlullah, M, 2016).

3. Transmisi Gelombang

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

$$H_t = \frac{(H_{max})_t + (H_{min})_t}{2} \quad (4)$$

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.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (5)$$

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 hempasan polume air yang melimpas diatas 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 di pengaruhi oleh kecuraman gelombang (Edy,W.F., Aprizal., dan Sadad,I, 2012).

Kondo (1970) mengemukakan bahwa koefisien transmisi tergantung kepada porositas (porosity), ikatan (tortuosity), pembentuk bangunan, bilangan reynold, kecepatan maksimum orbital partikel air dipermukaan air (still water level), ukuran material dan viskositas kinematik air.

Dalam menentukan tinggi gelombang transmisi dalam penelitian ini dilakukan dengan pengukuran tinggi gelombang terukur dibelakang model pemecah gelombang (Dirgayusa, IGPN., dan Yuwono, N, 1997).

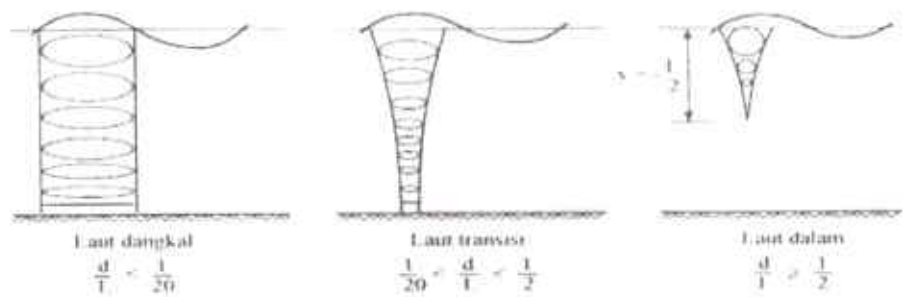
4. Klasifikasi Teori Gelombang

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	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$
Air dalam	$>0,5$	$>\pi$	≈ 1
Air transisi	$0,05 - 0,5$	$0,25 - \pi$	$\tanh(2\pi d/L)$
Air dangkal	$<0,05$	$<0,25$	$2\pi d/L$

Gelombang juga dapat dikelompokkan berdasarkan rasio antara tinggi gelombang dan panjang gelombang. Pada pengelompokan ini dikenal gelombang amplitudo kecil dan gelombang amplitudo berhingga (*Stock*, *Cnoidal*, *Solitair*). 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 1 Gerak partikel air dalam 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).

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

D. Pemecah gelombang (*Breakwater*)

1. Pengertian Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Bangunan ini memisahkan perairan dari laut bebas, sehingga perairan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Pemecah gelombang dapat

dibedakan atas tiga tipe yaitu pemecah gelombang dinding tegak, pemecah gelombang sisi miring dan pemecah gelombang campuran.

Van der Meer (1998 : 4) menyatakan konsep pemecah gelombang yang paling umum ditunjukkan sebagai berikut :

- a) pemecah gelombang tumpukan batu konvensional,
- b) pemecah gelombang tanggul;
- c) bangunan jenis karang;
- d) pemecah gelombang bawah air/ permukaan;
- e) kaisan pemecah gelombang pada pondasi batu dan;
- f) gabungan kaisan/ pemecah gelombang tumpukan batu.



Gambar 2 Konsep pemecah gelombang umum (Sumber : van der Meer (1998))

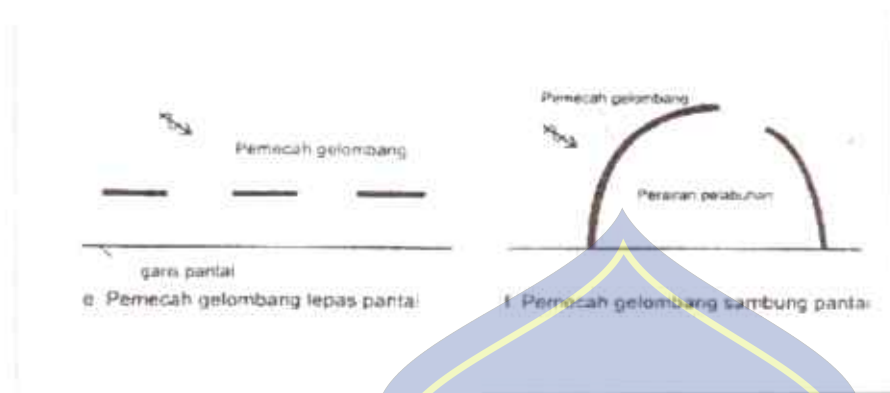
Struktur pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi pemecah gelombang sisi tegak dan sisi miring (*U.S. Army Corps of Engineers*, 2002). Pemecah gelombang sisi miring lebih banyak dibuat karena lebih fleksibel dalam pemeliharannya. Pemecah gelombang tipe ini berbentuk tanggul

trapesium dan biasa dibuat dari tumpukan batu (*rubble-mound*) berlapis-lapis. Lapisan batu paling luar terdiri dari batu-batu berukuran lebih berat daripada lapis didalamnya. Lapisan paling luar ini disebut lapisan pelindung (*armor layer*).

Salah-satu hal penting dalam perencanaan suatu pemecah gelombang adalah penentuan berat batu pelindung. Berat batu akan sangat mempengaruhi stabilitas dari suatu pemecah gelombang. Berat batu yang relatif ringan memiliki kemungkinan kurang tahan terhadap gaya gelombang yang terjadi.

Meskipun demikian berat batu bukan satu-satunya penentu stabilitas karena masih ada faktor-faktor lain. Pengertian batu dalam konteks ini dapat berarti batu alami maupun batu buatan. Batu buatan biasa dibuat dari beton baik tanpa maupun dengan tulangan. Batu buatan memiliki bentuk yang beraneka ragam yang dibuat dengan tujuan untuk memperbesar koefisien stabilitas. Dewasa ini, batu buatan lebih banyak dipilih karena beberapa keunggulan yang dimiliki (Widiyanto, 2014).

Pemecah gelombang (*breakwater*) dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai.



Gambar. 3 Tipe bangunan pantai

Bangunan tipe pertama banyak digunakan sebagai pelindung pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Perairan di belakang bangunan menjadi tenang sehingga terjadi endapan di daerah tersebut. Endapan ini dapat menghalangi transportasi sedimen sepanjang pantai. Bangunan ini dapat dibuat dalam satu rangkaian pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah dengan panjang tertentu. Bangunan tipe kedua biasanya digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang, sehingga kapal-kapal dapat merapat ke dermaga untuk melakukan bongkar-muat barang dan menaik turunkan penumpang (Triatmodjo, B, 2011).

a. Pemecah gelombang lepas pantai (*detached breakwater*)

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang terpisah dari pantai dan sejajar dengan garis pantai, seperti ditunjukkan dalam gambar 5, gelombang yang menuju pantai terhalang oleh bangunan tersebut

sehingga gelombang yang sampai pantai sudah mengecil dan berkurang energinya untuk merusak pantai. Daerah dibelakang bangunan menjadi tenang. Transport sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah disekitarnya akan di endapkan dibelakang bangunan. Bangunan pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya salient (Gambar 3.a). Apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo (Gambar 3.b). Biasanya pemecah gelombang lepas pantai terdiri dari suatu seri pemecah gelombang seperti ditunjukkan oleh (gambar 3)



Gambar 4 Pemecah gelombang lepas pantai

Pada gambar 4. dimana panjang pemecah gelombang relatif pendek terhadap jaraknya dari garis pantai dapat menyebabkan terbentuknya tonjolan daratan dari garis pantai ke arah laut (*salient*), sedangkan 3.b. menunjukkan terbentuknya tombolo oleh pemecah gelombang yang cukup panjang.

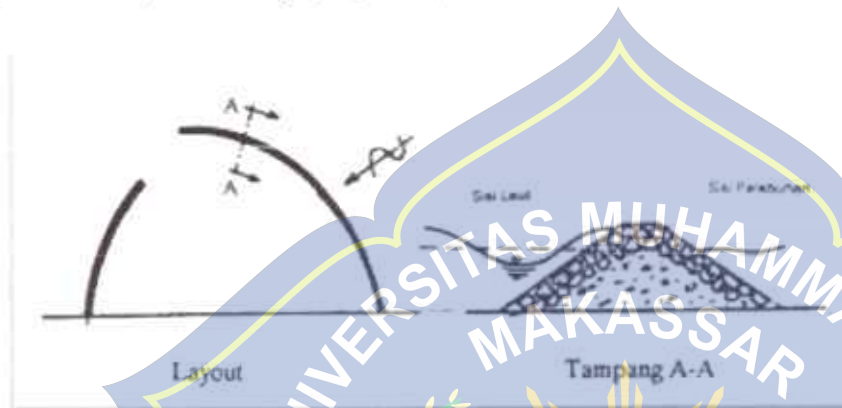
b. Pemecah Gelombang Sambung Pantai

Pemecah gelombang sambung pantai digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Salah satu persyaratan suatu pelabuhan adalah adanya perairan yang tenang terhadap gangguan gelombang sehingga kapal dapat merapat di dermaga untuk melakukan berbagai kegiatan seperti menaik-turunkan penumpang, bongkar muat barang, mengisi bahan bakar dan air bersih.

Bangunan ini memisahkan daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Gelombang besar yang datang dilaut akan di halangi oleh bangunan ini. Daerah perairanan dihubungkan dengan laut oleh mulut pelabuhan dengan lebar tertentu, dan kapal keluar/masuk pelabuhan melalui celah tersebut. Ujung pemecah gelombang (mulut pelabuhan) harus berada diluar gelombang pecah. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan bongkar muat barang dengan mudah.

Pemecah gelombang dapat dibuat dengan tumpukan batu, blok beton, beton massa, turap dan sebagainya. Dimensi pemecah gelombang tergantung pada banyak faktor diantaranya adalah ukuran dan layout perairan pelabuhan, kedalaman laut, tinggi pasang surut dan gelombang, ketenangan pelabuhan yang diharapkan (besarnya limpasan air melalui

puncak bangunan yang diijinkan), transport sedimen disekitar lokasi pelabuhan, kemampuan oleh gerak apal yang menggunakan pelabuhan.(Triatmodjo, B, 2011)



Gambar 5 pemecah gelombang sambung pantai

E. Permodelan

Pemodelan dibedakan atas empat jenis yaitu model fisik, model matematik, model analog dan model campuran. Model fisik merupakan suatu bentuk tiruan yang sebangun dan ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan bentuk prototipenya. Goda pada tahun 1992 menyebutkan ada tingkatan sebangun yaitu sebangun geometrik (bentuk), sebangun kinematik (gerak dan sebangun dinamik. (Mahdani, 2008) Model fisik dapat diklasifikasikan dalam dua tipe (Ariff, Z.A., dan Mustaghfiri, 2007) yaitu model tak distorsi (bentuk geometri sama, tatapi beda dimensi) dan model distorsi (bentuk geometri tidak sama, skala horizontal berbeda dari skala vertikal).

Jika model dan bentuk benda mempunyai bentuk yang sama, parameter geometrik dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$L_r = \frac{L_m}{L_p} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

L_r = skala model,

L_p = ukuran prototipe; dan

L_m = ukuran model.

Pada model tak distorsi faktor skala antara model dan prototipe adalah:

$$K_x = K_y = K_z = L_r \dots\dots\dots (7)$$

Tabel 2 Skala model tak distorsi

Deskripsi	Skala	Contoh
Ukuran model	L_r	1/20
Kedalaman air	H_r	1/20
Tinggi gelombang	$H_r = k_z$	1/20
Panjang gelombang	$L_r = h_r^{1/2}$	$(1/20)^{1/2}$
Periode gelombang	$T_r = h_r^{1/2}$	$(1/20)^{1/2}$
Cepat rambat gelombang	$C_r = h_r^{1/2}$	$(1/20)^{1/2}$
Lebar permukaan	$B_r = L$	1/20

Sumber : Mahdani(2008)

1. 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 (Yuwono, N, 1996).

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

Dasar dari semua pemodelan fisik adalah model dibuat agar bisa berperilaku hampir sama dengan *prototype*-nya sehingga model fisik dapat digunakan memprediksi *prototype* pada keadaan sebenarnya dibawah kondisi yang ditentukan. 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) (Teguh, B., Dwito, H. A. & Sujantoko, 2008).

a. 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 :

$$n_L = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots \dots \dots (8)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots \dots \dots (9)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^2}{n_T} \dots\dots\dots(10)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots(11)$$

b. 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 :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(11)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots(12)$$

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

c. 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 gayainersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaituperbandingan 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.

$$F_y = \frac{(pL^3)\left(\frac{v^2}{L}\right)}{pgL^3} = \frac{v^2}{gL} \quad (13)$$

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

$$n_{fy} = \frac{n_U}{n_L^{0.5}} \quad (14)$$

$$n_{fy} = \frac{F_{yp}}{F_{ym}} \quad (15)$$

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

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \quad (16)$$

Sedangkan skala waktu nT dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = n_L^{\frac{1}{2}} \quad (17)$$

$$n_g = 1 \quad (18)$$

F. Penelitian Yang Relevan

Tabel 3 Matriks Penelitian Sebelumnya

NO.	PENULIS	JUDUL	TUJUAN	METODE	HASIL PENELITIAN
1	Mustaghfiri ¹ El dina Fatimah ² , Zouhrawaty A. Ariff ³	Studi Perubahan Profil Pantai Di Sekitar Pemecah Gelombang Berpori Bawah Permukaan Air (Submerged Porous Breakwater) Tipe Lurus Dan Zigzag	untuk melihat pengaruh pemecah gelombang lepas pantai dengan variasi jenis, bentuk, dan lebar pemecah gelombang terhadap perubahan garis pantai yang timbul.	variasi jenis, bentuk, dan lebar pemecah gelombang terhadap perubahan garis pantai yang timbul.	Mengurangi energi gelombang, melindungi pantai buatan, dan mengubah laju transport sedimen.
2	Wiby Febriando Edy, Aprizal, Ilyas Sadad	Analisa Perilaku Gelombang Air Setelah Melewati Breakwater Tenggelam Yang Berbentuk Tumpukan Pipa	untuk mengetahui pengaruh peredaman gelombang oleh bangunan pemecah gelombang tipe tenggelam yang tersusun dari pipa setinggi 2,5m dan diletakan pada	pengaruh perubahan diameter pipa pada <i>breakwater</i> terhadap perilaku gelombang yang melaluinya.	mengkaji model fisik difraksi gelombang 1-D melalui breakwater tenggelam dan mensimulasikan gelombang tersebut pada uji laboratorium dengan skala model.

			kedalaman 3m hingga 3,5m dengan gelombang rencana maksimum 1m.		
3	Bambang Surendro, Nur Yuwono, Suseno Darsono	Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu	Untuk Mengetahui Parameter Yang Berpengaruh Terhadap Perubahan Nilai Gelombang Transmisi (K_t) Dan Koefisien Gelombang Refleksi (K_r);	dilakukan penelitian dalam usaha memperkecil biaya pembangunan sehingga diperoleh bangunan pemecah gelombang ambang rendah yang efektif dan efisien	Pemecah gelombang ambang rendah ganda, Koefisien gelombang transmisi, Koefisien Gelombang refleksi.

4	(Widiyanto, Wahyu, April 2014)	esmen Terhadap Berat Batu Lapis Pelindung Pemecah Gelombang Di Pelabuhan Logending, Pltu Adipala Dan Cikidang	Menganalisis berapa tinggi gelombang rencana yang dipakai oleh perencana dan menilai apakah cukup sesuai dengan kondisi pantai selatan jawa yang tergolong pantai dengan energi besar (<i>high energy</i>)	Inspeksi dan monitoring perlu dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak gelombang yang melampaui tinggi gelombang rencana sekaligus untuk menilai stabilitas pemecah gelombang dari waktu ke waktu.	Ketiga pemecah gelombang memiliki tinggi gelombang rencana yang cukup berbeda meskipun jenis batu yang dipakai sama (<i>hexapod</i>) dan berada pada pantai yang relatif serupa dan berdekatan.
5	Muh. AswarAnas	Studi pemecah gelombang blok beton berpori susun seri	Untuk mengetahui perbandingan terhadap parameter yang diperoleh	Variasi terhadap kedalaman air dan model pemecah gelombang blok beton dengan bentuk desain pori berbeda sehingga diharapkan ada peneliti lain yang mengkaji lebih lanjut.	Perbandingan parameter hasil penelitian Antara dua jenis model

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di laboratorium hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan waktu penelitian selama 3 bulan.

B. Jenis Penelitian dan Sumber Data

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental, di mana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyelidiki kontrol untuk pembanding.

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data, yaitu:

1. Data primer, yaitu data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik di laboratorium.
2. Data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada, baik yang telah dilakukan di laboratorium

maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian pemecah gelombang berpori.

C. Alat dan Bahan

1. Alat

- a. Tangki pembangkit gelombang (Wave Flume)

Dilakukan pada saluran gelombang multiguna berukuran panjang 15 m, lebar 0,30 m. Kedalaman efektif saluran 0,46 m.

- b. Unit pembangkit



Gambar 6 tangki pembangkit gelombang (*Wave Flume*)

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



Gambar 7 unit pembangkit gelombang tipe flap

- c. Probe 1 dan probe 2 untuk mengetahui tinggi gelombang sebelum di hantam breakwater dan setelah melewati breakwater
- d. Komputer, printer dan scanner digunakan untuk membantu dalam menganalisa data.
- e. Meteran gulung/mistar
- f. Gergaji untuk memotong pipa
- g. Spidol
- h. Alat tembak lem
- i. Amplas no 100 sebagai alat untuk membuat permukaan pipa jadi kasar sebelum di tempel kerikil pada dinding pipa
- j. Mistar taraf untuk mengukur ketinggian muka air
- k. Ayakan/rang saringan 18, saringan 30, dan saringan 50

l. Kamera digital digunakan untuk merekam (dalam bentuk foto) momen-momen yang penting dalam keseluruhan kegiatan penelitian khususnya tahap-tahap dalam proses penelitian.

m. Tabel data untuk mencatat data-data yang diukur, serta alat tulis.

n. Lap.

o. Kalkulator

p. Pulpen/Spidol

q. Mistar ukur

r. Kertas/buku

1. Bahan

a. Pipa dengan Ø5"

b. Agregat kekasaran 0,003 m, 0,006 m dan 0,011 m.

c. Air yang digunakan yaitu air tawar

d. LemSilicon/Fox

e. Lem korea

D. Desain Penelitian

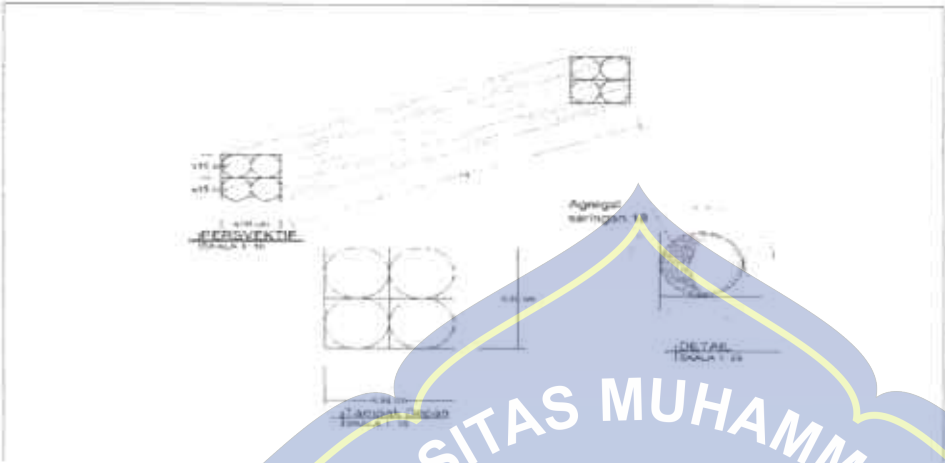
Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan desain/perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti. Desain/perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi yaitu berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, model

terbuat dari bahan pipa PVC dengan panjang (L) 176 cm, diameter pipa (D) 0,15 m, dinding pipa licin dan variasi kekasaran diameter batu (diameter 0,011 cm; diameter 0,006 m; diameter 0,003 m).



Gambar 8: Model *breakwater* pipa ϕ 0,15 m dan diameter batu 0,003 m

Gambar 9 : Model *breakwater* pipa ϕ 0,15 m dan diameter batu 0,006 m



Gambar 10 : Model breakwater pipa ϕ 0,15 m dan diameter batu 0,011 m



Gambar 11 Sketsa model pada alat penelitian wave flume

Tabel 4 Rancangan simulasi model

Model		kedalaman (d) cm	Periode (T) dtk	panjang Gelombang (L)	Tinggi gelombang (H)	
Model pipa (cm)	Kekasaran (cm)				Depan model	Belakang Model
Model ϕ 0,15	tanpa kekasaran	28	1.0, 1.1, 1.2	L1	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 0.3 cm		1.0, 1.1, 1.2	L2	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 0.6 cm		1.0, 1.1, 1.2	L3	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 1.1 cm		1.0, 1.1, 1.2	L4	H1	H2
Model ϕ 0,15	tanpa kekasaran	36	1.0, 1.1, 1.2	L1	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 0.3 cm		1.0, 1.1, 1.2	L2	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 0.6 cm		1.0, 1.1, 1.2	L3	H1	H2
	kekasaran batu ϕ 1.1 cm		1.0, 1.1, 1.2	L4	H1	H2

E. Metode Pengambilan Data

Dalam metode pengambilan data, tinggi gelombang diukur pada titik yaitu probe 1 dan probe 2 berada di depan model. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan. Dalam pengambilan data, dilakukan untuk setiap diameter bara pada kedalaman 0,28 m dan 0,36 m. Untuk setiap periode dibagi kedalam 3 stroke (stroke 4,5, dan 6). Tabel pengambilan data dapat di lihat pada tabel 5 di bawah.



Tabel 5 Rancangan Simulasi Model

Model 0,15 (m)	kedalaman (d) (m)	periode (T) (det)	strok	jarak pergerakan (L) (m)	Depan Model		Belakang Model	
					Hmuc	Hmin	Hmuc	Hmin
MD 0,15 Tanpa Kekasaran	0,28	1,0	4					
	0,28	1,0	5					
	0,28	1,0	6					
	0,28	1,1	4					
	0,28	1,1	5					
	0,28	1,1	6					
	0,28	1,2	4					
	0,28	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,003 m	0,28	1,0	4					
	0,28	1,0	5					
	0,28	1,0	6					
	0,28	1,1	4					
	0,28	1,1	5					
	0,28	1,1	6					
	0,28	1,2	4					
	0,28	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,006 m	0,28	1,0	4					
	0,28	1,0	5					
	0,28	1,0	6					
	0,28	1,1	4					
	0,28	1,1	5					
	0,28	1,1	6					
	0,28	1,2	4					
	0,28	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,011 m	0,28	1,0	4					
	0,28	1,0	5					
	0,28	1,0	6					
	0,28	1,1	4					
	0,28	1,1	5					
	0,28	1,1	6					
	0,28	1,2	4					
	0,28	1,2	5					
MD 0,15 Tanpa Kekasaran	0,36	1,0	4					
	0,36	1,0	5					
	0,36	1,0	6					
	0,36	1,1	4					
	0,36	1,1	5					
	0,36	1,1	6					
	0,36	1,2	4					
	0,36	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,003 m	0,36	1,0	4					
	0,36	1,0	5					
	0,36	1,0	6					
	0,36	1,1	4					
	0,36	1,1	5					
	0,36	1,1	6					
	0,36	1,2	4					
	0,36	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,006 m	0,36	1,0	4					
	0,36	1,0	5					
	0,36	1,0	6					
	0,36	1,1	4					
	0,36	1,1	5					
	0,36	1,1	6					
	0,36	1,2	4					
	0,36	1,2	5					
MD 0,15 Kekasaran batu 0,011 m	0,36	1,0	4					
	0,36	1,0	5					
	0,36	1,0	6					
	0,36	1,1	4					
	0,36	1,1	5					
	0,36	1,1	6					
	0,36	1,2	4					
	0,36	1,2	5					

F. Karakteristik Gelombang

Karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh wave generator terdiri dari 3 variasi periode dan 3 tinggi gelombang. Periode gelombang dikontrol oleh putaran pulley. Tinggi gelombang dikontrol oleh posisi stroke yang mengatur gerakan flap. Sedangkan kedalaman air pada flume dibagi menjadi dua jenis kedalaman yakni kedalaman 0,28 m, dan 0,36 m. Data karakteristik diperoleh sebelum diletakkan model peredam gelombang.

Tabel 6 Karakteristik gelombang

Kedalaman air (d) (cm)	Periode Gelombang (T) (detik)		Tinggi Gelombang (cm) stroke
28	Pulley 1	1,0	4
			5
			6
	Pulley 2	1,1	4
			5
			6
	Pulley 3	1,2	4
			5
			6
36	Pulley 1	1,0	4
			5
			6
	Pulley 2	1,1	4
			5
			6
	Pulley 3	1,2	4
			5
			6

G. Metode Analisis Data

Data tinggi gelombang yang dihasilkan dalam pengamatan selanjutnya akan dianalisis dengan menggunakan persamaan yang telah dibahas sebelumnya di bab 2 sesuai dengan tujuan penelitian.

H. Variabel Penelitian

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, adapun variabel yang digunakan dalam penelitian adalah :

- a. Variabel Bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain diantaranya adalah kedalaman air (d), periode (T), diameter pipa (D), variasi kekasaran.
- b. Variabel Terikat adalah Variabel yang dipengaruhi variabel lain diantaranya adalah tinggi gelombang datang (H_i), tinggi gelombang transmisi (H_t), koefisien transmisi (K_t), dan panjang gelombang (L), kecuraman gelombang (H_i/L).

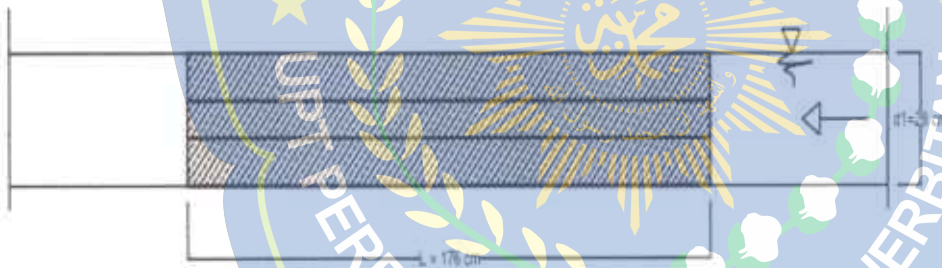
I. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian analisi refleksi dan disipasi gelombang pada pemecah gelombang berpori adalah sebagai berikut :

- a. Sebelum melaksanakan penelitian, terlebih dahulu mempelajari literatur (buku & jurnal penelitian) yang berkaitan dengan penelitian yang akan

dilaksanakan sehingga dapat diketahui parameter atau variabel penelitian.

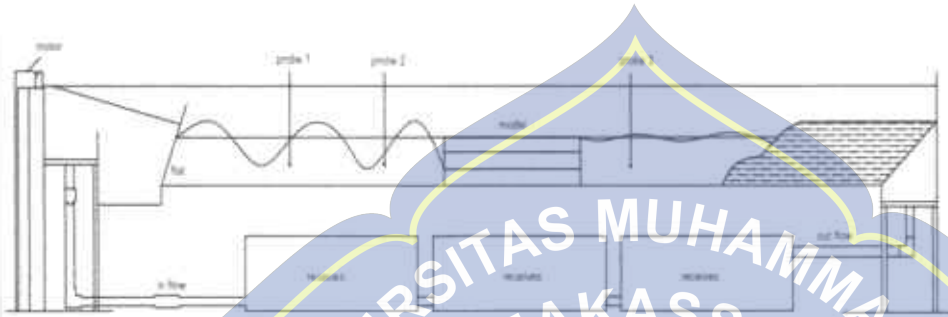
- b. Setelah mempelajari literatur tentang penelitian yang akan dilakukan, selanjutnya menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam pembuatan model.
- c. Setelah model selesai di buat, kemudian membawa model ke laboratorium hidrolika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- d. Masukkan model untuk kekasaran 1,1 cm ke dalam wave flume



Gambar 12 Penempatan model pada kedalaman 0,28 m

- e. Atur kedalaman yang direncanakan ($d_1 = 0,28 \text{ m}$) dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan atur jarak pukulan pada flap menjadi beberapa stroke yang telah ditentukan yaitu (stroke 4, 5, dan 6) serta mengatur variasi periode gelombang ($T_1 = 1,0 \text{ detik}$, $T_2 : 1,1 \text{ detik}$, $T_3 : 1,2 \text{ detik}$) dengan memutar pulley pada mesin utama.
- f. Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.

- g. Letakkan model diantara probe 1, dan probe 2.
- h. Kalibrasi masing-masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.



Gambar 13 Penempatan model di antara probe 1 dan probe 2

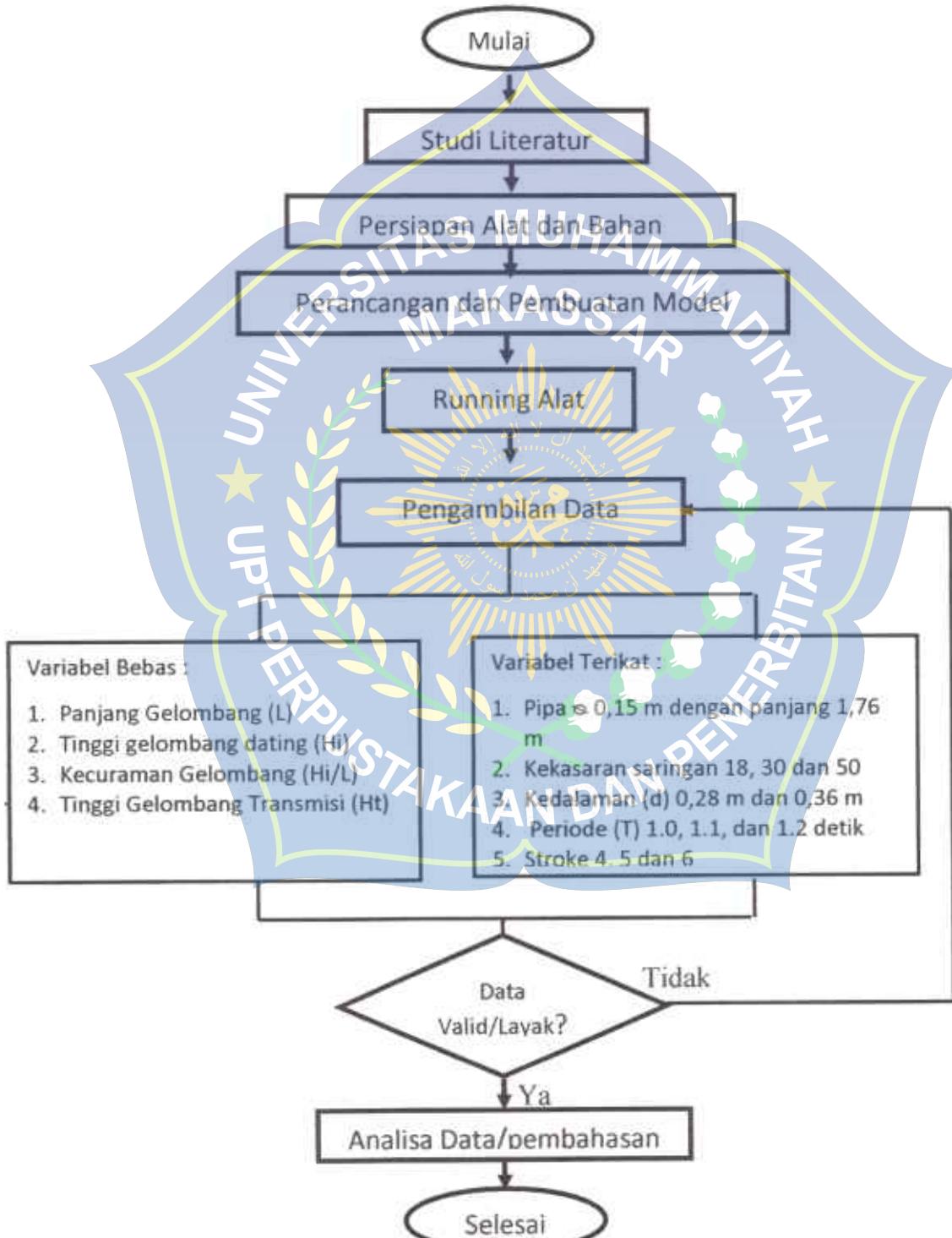
- i. Setelah semua komponen siap, running dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
- j. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing – masing probe, yang kemudian mengirim hasil rekamannya ke PC.
- k. Setelah selesai, periode kemudian diubah menjadi $T_2 = 1.1$, $T_3 = 1.2$.
- l. Prosedur (d) sampai (k) dilakukan kembali untuk diameter batu 0,006 m dan diameter batu 0,003 m .
- m. Prosedur (e) sampai (l) dilakukan kembali untuk kedalaman $d_2 = 0,36$ m.
- n. Mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk Microsoft excel yang selanjutnya akan diolah.

- o. Ketika hasil pengamatan tinggi gelombang belum sesuai maka penempatan probe diperbaiki secara manual dengan memindahkan pada titik yang dianggap bagus dan penyetelan probe diperbaiki secara manual membersihkan probe dengan menggunakan lap yang bersih.
- p. Setelah data yang dihasilkan sudah bagus, mengkonversi data yang tercatat di dalam PC dalam bentuk Microsoft excel yang selanjutnya akan diolah. Pengolahan data mengacu pada rumus-rumus yang telah dicantumkan pada bab 2 mengenai landasan teori.



J. Flow Chart Prosedur Percobaan Penelitian

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



Gambar 14. Sketsa Flow Chart Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

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

1. Tinggi Gelombang datang (H_i)

Tinggi Gelombang datang (H_i) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan H_{max} dijumlahkan dengan H_{min} kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i), dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada kedalaman 0,28 m periode 1,0 dt model pemecah gelombang berpori tanpa kekasaran adalah sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_{max} = 5,0022 \text{ cm}$$

$$H_{min} = 2,8316 \text{ cm}$$

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

$$H_i = \frac{5,0022 + 2,8316}{2}$$

$$H_i = 3,9169 \text{ cm} \neq 0,0392 \text{ m}$$

2. Gelombang Transmisi (Ht)

Gelombang yang bergerak menerus melewati suatu struktur akan ditransmisikan, sehingga terdapat sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur tersebut. Tinggi gelombang transmisi (Ht) dapat diselesaikan dengan persamaan (4). Salah satu contoh perhitungan gelombang transmisi di belakang model pada kedalaman 0,28 m periode 1,0 dt model pemecah gelombang berpori tanpa kekasaran (licin) yakni sebagai berikut :

Diketahui :

$$H_{max} = 1,0206 \text{ cm}$$

$$H_{min} = 0,2266 \text{ cm}$$

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

$$H_t = \frac{1,0206 + 0,2266}{2}$$

$$H_t = 0,62336 \text{ cm} \neq 0,0062 \text{ m}$$

Tabel 7 Data tinggi gelombang pada dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin)kedalaman 0,28 m

Model α 0,15 (m)	kedalaman (d) (m)	periode (T) (dk)	stroke	Depan Model		Tinggi Gelombang datang (H _i) (m)	Belakang Model		Tinggi Gelombang Transmisi (H _t) (m)
				H _{max}	H _{min}		H _{max}	H _{min}	
MD 0,15 Tanpa Kekasaran	0,28	1,0	4	5,0022	-2,832	0,0392	1,0206	-0,2266	0,0062
			5	4,4578	-3,651	0,0405	0,9675	-0,3858	0,0068
			6	5,0311	-3,475	0,0425	1,0365	-0,3858	0,0071
		1,1	4	2,9133	-4,142	0,0353	0,9675	-0,2106	0,0059
			5	4,0365	-3,265	0,0365	0,8773	-0,3539	0,0062
			6	5,0077	-4,048	0,0453	0,9357	-0,4229	0,0068
		1,2	4	3,5802	-3,066	0,0332	1,1904	0,0866	0,0055
			5	4,5685	-3,148	0,0336	0,8985	-0,3380	0,0062
			6	4,1769	-3,616	0,0390	0,8985	-0,4123	0,0066
MD 0,15 Kekasaran 0,3 cm	0,28	1,0	4	3,0654	-2,8667	0,0297	0,8826	-0,1045	0,0049
			5	3,5802	-3,4868	0,0353	0,6597	-0,4601	0,0056
			6	4,9492	-3,1475	0,0405	0,8402	-0,3327	0,0059
		1,1	4	3,7323	-2,6210	0,0318	0,9144	-0,0037	0,0046
			5	3,8610	-2,6210	0,0324	0,7340	-0,2902	0,0051
			6	3,5802	-3,0656	0,0332	0,4740	-0,5874	0,0053
		1,2	4	2,5400	-2,4923	0,0252	0,7340	-0,0567	0,0040
			5	2,6091	-3,2996	0,0295	0,7977	-0,0620	0,0043
			6	3,3579	-2,6561	0,0301	0,7871	-0,1523	0,0047
MD 0,15 Kekasaran 0,6 cm	0,28	1,0	4	2,4687	-2,96	0,0271	0,5642	-0,1310	0,0035
			5	2,9718	-3,861	0,0342	0,5111	-0,3168	0,0041
			6	3,9808	-3,159	0,0357	0,6385	-0,3062	0,0047
		1,1	4	3,0537	-2,469	0,0276	0,6597	0,0441	0,0031
			5	3,0186	-2,902	0,0296	0,5642	-0,2319	0,0040
			6	3,8376	-3,265	0,0355	0,7128	-0,1363	0,0042
		1,2	4	2,1645	-2,644	0,0240	0,6119	-0,0196	0,0032
			5	2,808	-2,539	0,0267	0,5695	-0,1204	0,0034
			6	2,3751	-3,077	0,0273	0,6173	-0,1841	0,0040
MD 0,15 Kekasaran 1,1 cm	0,28	1,0	4	2,0475	-3,066	0,0256	0,5589	-0,0249	0,0029
			5	2,1411	-3,756	0,0295	0,5430	-0,0674	0,0031
			6	2,3517	-3,826	0,0309	0,6756	-0,0461	0,0036
		1,1	4	2,5155	-2,247	0,0238	0,5323	0,0016	0,0027
			5	2,5506	-2,457	0,0250	0,5058	-0,0833	0,0029
			6	2,8431	-2,551	0,0270	0,5164	-0,1629	0,0034
		1,2	4	1,5327	-2,586	0,0206	0,4156	-0,0518	0,0023
			5	1,5912	-2,808	0,0220	0,5642	0,0600	0,0025
			6	1,7433	-3,323	0,0253	0,4050	-0,1841	0,0029

Sumber : Hasil pengambilan data

Tabel 7 Data tinggi gelombang pada dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin) pada kedalaman 0,36 m

Model $\approx$ 0,15 (m)	kedalaman (d) (m)	periode (T) (dk)	stroke	Depan Model		Tinggi Gelombang datang (H _i) (m)	Belakang Model		Tinggi Gelombang Transmisi (H _t) (m)
				H _{max}	H _{min}		H _{max}	H _{min}	
MD 0,15 Tanpa Kekasaran	0,36	1,0	4	4,341	-3,508	0,0392	1,7662	-2,0347	0,0190
			5	5,701	-4,336	0,0502	3,1277	-0,8652	0,0200
			6	6,840	-4,484	0,0566	1,6292	-2,4642	0,0205
		1,1	4	3,351	-3,065	0,0321	1,7754	-1,8977	0,0184
			5	4,740	-3,893	0,0432	2,1500	-1,8155	0,0198
			6	5,894	-4,440	0,0517	1,6292	-2,4642	0,0205
		1,2	4	3,898	-3,461	0,0368	1,3185	-2,3363	0,0183
			5	5,080	-3,996	0,0454	1,2089	-2,4642	0,0184
			6	5,302	-4,040	0,0467	1,9124	-2,0256	0,0197
MD 0,15 Kekasaran 0,3 cm	0,36	1,0	4	4,1491	-2,5378	0,0334	1,3268	-1,9068	0,0162
			5	4,9474	-3,6413	0,0429	1,1175	-2,4002	0,0176
			6	6,2779	-3,2865	0,0478	1,3185	-2,3363	0,0183
		1,1	4	2,7596	-3,5526	0,0316	0,9439	-2,2540	0,0160
			5	4,0900	-3,8631	0,0398	1,0353	-2,2540	0,0164
			6	4,7848	-4,5726	0,0468	1,7662	-1,7241	0,0175
		1,2	4	2,9222	-3,0796	0,0300	1,2820	-1,8885	0,0159
			5	2,5378	-4,0848	0,0331	2,1043	-1,1759	0,0164
			6	3,2178	-4,2326	0,0373	1,2363	-2,2997	0,0177
MD 0,15 Kekasaran 0,6 cm	0,36	1,0	4	2,0796	-3,405	0,0274	1,5378	-1,3769	0,0146
			5	2,937	-4,366	0,0365	1,6277	-1,8885	0,0161
			6	4,0457	-4,647	0,0435	1,6383	-1,6418	0,0164
		1,1	4	2,0796	-3,316	0,0270	1,0444	-1,8520	0,0145
			5	2,4048	-3,257	0,0283	1,4739	-1,5048	0,0149
			6	3,2918	-4,809	0,0405	1,1541	-2,0347	0,0159
		1,2	4	1,8431	-3,804	0,0282	0,8160	-1,9068	0,0136
			5	2,2718	-3,686	0,0298	1,0901	-1,7332	0,0141
			6	2,0944	-4,085	0,0309	0,9074	-1,9799	0,0144
MD 0,15 Kekasaran 1,1 cm	0,28	1,0	4	2,1978	-3,907	0,0305	1,2911	-1,4134	0,0135
			5	2,8483	-3,641	0,0324	1,4099	-1,3586	0,0138
			6	2,3161	-4,573	0,0344	1,3368	-1,4682	0,0140
		1,1	4	1,4439	-3,198	0,0232	0,9531	-1,6053	0,0128
			5	2,3405	-3,346	0,0284	1,4190	-1,0754	0,0125
			6	3,0996	-3,73	0,0341	1,2089	-1,5962	0,0140
		1,2	4	1,5918	-3,065	0,0233	1,6109	-0,6175	0,0111
			5	2,5176	-2,754	0,0264	0,9439	-1,5139	0,0123
			6	2,9396	-2,799	0,0287	1,5104	-1,1028	0,0131

Sumber : Hasil pengambilan data

3. Perhitungan Panjang Gelombang

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua cara, yaitu dengan perhitungan iterasi dari persamaan panjang gelombang yang ada di bab 2 dan menggunakan dua metode probe yang tercatat langsung di komputer dengan mempertemukan 2 titik puncak gelombang maka diketahuilah panjang gelombang. Untuk pengukuran dengan menggunakan bantuan 2 probe di laboratorium dapat diketahui dengan mengukur panjang gelombang secara langsung yang terdiri dari 1 bukit dan 1 lembah. Sedangkan untuk metode iterasi kita menggunakan data periode yang ditentukan pada saat pra-penelitian. Untuk penelitian kali ini digunakan panjang gelombang yang dihitung dengan metode iterasi dengan persamaan 1 di bab 2 dengan data tiga periode, yakni periode $T = 1,0$ dt, periode $T = 1,1$ dt dan periode $T = 1,2$ dt.

Salah satu contoh perhitungan panjang gelombang (L) pada kedalaman $0,28$ m periode $1,0$ dt model pemecah gelombang berpori tanpa kekasaran adalah sebagai berikut :

Diketahui : $d = 0,28$ m

$T = 1,0$ dt

Ditanyakan Panjang gelombang (L).....?

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

$$L_0 = 1,56 (1,0^2)$$

$$L_0 = 1,56 \text{ m}$$

$$d/L_0 = 0,28/1,56 = 0,179 \text{ m/dtk}$$

$$d/L = 0,2079 \text{ (Lihat di tabel lampiran 1, untuk nilai } d/L_0 = 0,179 \text{ m/dtk)}$$

$$\frac{d}{L} = \frac{0,28}{0,2079}$$

$$L = 1,347 \text{ m}$$

4. Koefisien Transmisi (Kt)

besarnya Koefisien transmisi (Kt) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (5). Salah satu contoh perhitungan koefisien transmisi gelombang pada kedalaman 0,28 m periode 1,0 dt model pemecah gelombang berpori tanpa kekasaran yakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_i = 0,039 \text{ m}$$

$$H_t = 0,0062 \text{ m}$$

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

$$K_t = \frac{0,0062}{0,039}$$

$$K_t = 0,1592$$

5. Kecuraman Gelombang (H_i/L)

Hasil simulasi pengambilan data tinggi gelombang yang didapatkan dari pencatatan/perekaman otomatis dari komputer, jika dikonfersi kedalam perhitungan kecuraman gelombang (H_i/L) dengan panjang gelombang sesuai kedalaman 0,28 m pada periode 1,0 dt adalah sebagai berikut :

Diketahui : $H_i = 0,0392 \text{ m}$

$L = 1,43 \text{ m}$

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

$$= \frac{0,0392}{1,43}$$

$$= 0,0290$$

B. Pembahasan

Pada penelitian ini, terdapat model dinding pipa tanpa kekasaran dan 3 variasi kekasaran yakni 0,003 m, 0,006 m dan 0,011 m pada pemecah gelombang berpori ini juga terdapat dua variasi kedalaman (d) antar model yakni kedalaman 0,28 m dan 0,36 m. pembahasan untuk hasil dari penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut :

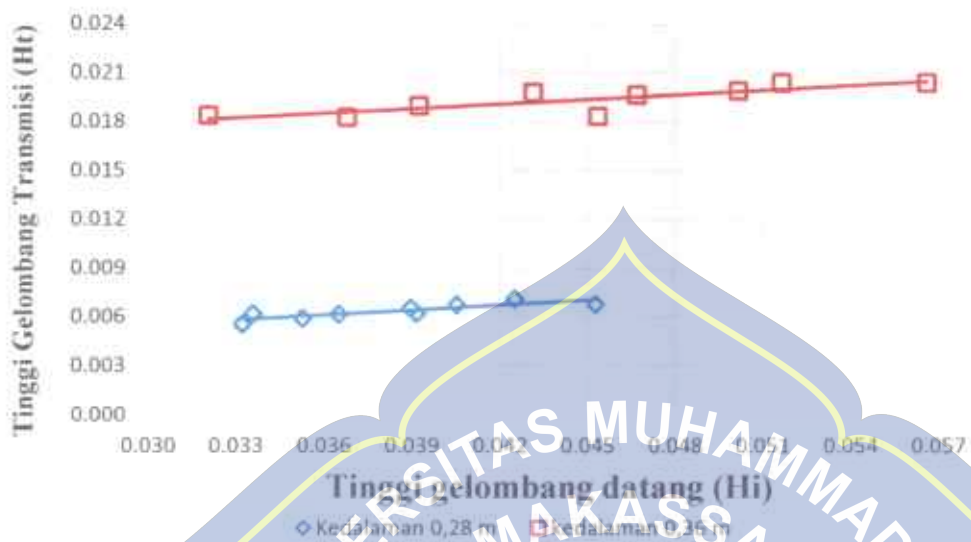
1. Hasil pengamatan pada model ϕ 0.15 m tanpa kekasaran

Tabel 9. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0.15 m tanpa kekasaran

No.	kedalaman (d)	periode (T)	stroke	pantang gelombang (L)	Depan Model		Belakang Model		Tinggi Gelombang datang (Hi)	Tinggi Gelombang Transmisi (Ht)	Koefisien Transmisi (Kt)	Kecuraman Gelombang (Hi/L)
	(m)	(detik)		(m)	Hmax	Hmin	Hmax	Hmin	(m)	(m)	-	-
1	0,28	1,0	4	1,35	5,0022	-2,8316	1,0206	-0,2266	0,0392	0,0062	0,1592	0,0290
2	0,28	1,0	5	1,35	4,4578	-3,6506	0,9675	-0,3858	0,0405	0,0068	0,1669	0,0300
3	0,28	1,0	6	1,35	5,0311	-3,4751	1,0365	-0,3858	0,0425	0,0071	0,1672	0,0315
4	0,28	1,1	4	1,47	2,9133	-4,1421	0,9675	-0,2106	0,0353	0,0059	0,1670	0,0240
5	0,28	1,1	5	1,47	4,0365	-3,2645	0,8773	-0,3329	0,0365	0,0062	0,1686	0,0248
6	0,28	1,1	6	1,47	5,0077	-4,0185	0,9357	-0,4229	0,0453	0,0068	0,1500	0,0308
7	0,28	1,2	4	1,65	3,5802	-3,0556	1,1904	-0,0856	0,0332	0,0055	0,1661	0,0201
8	0,28	1,2	5	1,65	3,5685	-3,1475	0,8985	-0,3380	0,0336	0,0062	0,1641	0,0204
9	0,28	1,2	6	1,65	3,1769	-3,6155	0,8985	-0,4123	0,0390	0,0066	0,1682	0,0236
10	0,36	1,0	4	1,43	4,3413	-3,5083	1,7662	-2,0347	0,0392	0,0190	0,4842	0,0274
11	0,36	1,0	5	1,43	5,7013	-4,3361	3,1277	-0,8652	0,0502	0,0200	0,3978	0,0351
12	0,36	1,0	6	1,43	6,8396	-4,4839	1,6292	-2,4642	0,0566	0,0205	0,3615	0,0395
13	0,36	1,1	4	1,65	3,3509	-3,0648	1,7754	-1,8977	0,0321	0,0184	0,5725	0,0194
14	0,36	1,1	5	1,65	4,7405	-3,8926	2,1500	-1,8155	0,0432	0,0198	0,4593	0,0261
15	0,36	1,1	6	1,65	5,8935	-4,4396	1,6292	-2,4642	0,0517	0,0205	0,3961	0,0312
16	0,36	1,2	4	1,88	3,8978	-3,4639	1,3185	-2,3363	0,0368	0,0183	0,4965	0,0196
17	0,36	1,2	5	1,88	5,0805	-3,9961	1,2089	-2,4642	0,0454	0,0184	0,4047	0,0242
18	0,36	1,2	6	1,88	5,2022	-4,0405	1,9124	-2,0156	0,0467	0,0197	0,4215	0,0249

a. Hubungan tinggi gelombang transmisi (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi)

Jika mengambil tinggi gelombang transmisi (Ht) sebagai variabel sumbu Y dan tinggi gelombang datang (Hi) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 15. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang transmisi (Ht) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang datang (Hi) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



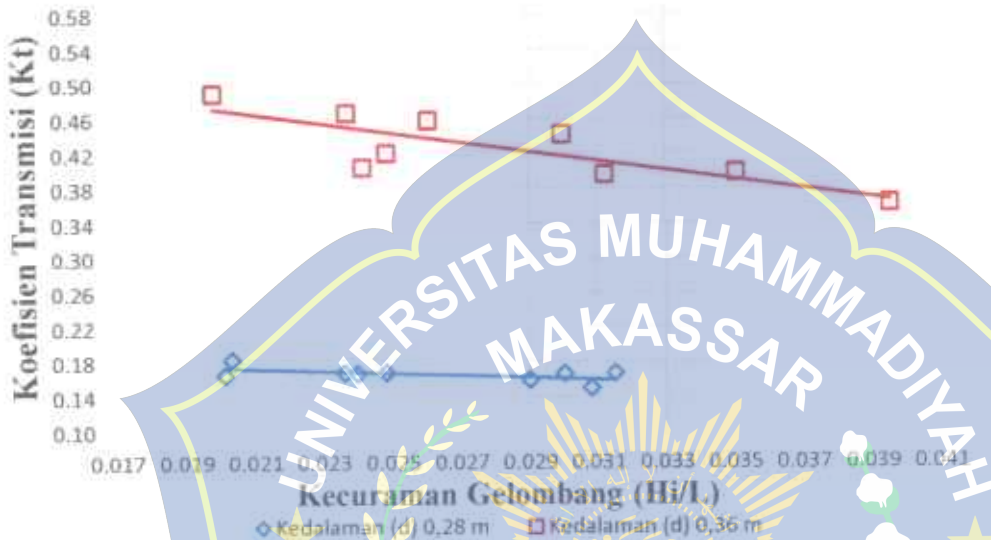
Gambar 15 Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i)

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,0055 - 0,0072 m sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,0184 - 0,0205 m.

b. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Jika mengambil koefisien transmisi (K_t) sebagai variabel sumbu Y dan kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 16 Grafik tersebut menjelaskan koefisien transmisi (K_t) terdistribusi secara

linear seiring dengan semakin rendah kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 16 Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L).

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,1500 - 0,1841 sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,3615 - 0,4593.

2. Hasil pengamatan pada model ϕ 0.15 m Kekasaran 0,003 m.

Tabel 10. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,003 m

NO.	Kedalaman	periode	stroke	panjang gelombang	Depan Model		Belakang Model		Tinggi Gelombang datang (Hi)	Tinggi Gelombang Transmisi (Ht)	Koefisien Transmisi (Kt)	Kecuraman Gelombang (Hi/L)
	(m)	(dk)			Hmax	Hmin	Hmax	Hmin	(m)	(m)	-	-
1	0.28	1.0	4	1.35	3.0654	-2.8667	0.8826	-0.1045	0.0297	0.0049	0.1664	0.0220
2	0.28	1.0	5	1.35	3.5802	-3.4868	0.6597	-0.4601	0.0353	0.0056	0.1585	0.0262
3	0.28	1.0	6	1.35	4.9492	-3.1475	0.8402	-0.3327	0.0405	0.0059	0.1449	0.0300
4	0.28	1.1	4	1.47	3.7323	-2.6210	0.9144	-0.0037	0.0318	0.0046	0.1445	0.0216
5	0.28	1.1	5	1.47	3.8610	-2.6210	0.7340	-0.2903	0.0324	0.0051	0.1580	0.0220
6	0.28	1.1	6	1.47	3.5802	-3.0656	0.7140	-0.5874	0.0332	0.0053	0.1597	0.0226
7	0.28	1.2	4	1.65	2.5406	-2.4923	0.7340	-0.0567	0.0252	0.0040	0.1571	0.0152
8	0.28	1.2	5	1.65	2.6001	-3.2996	0.7977	-0.0620	0.0295	0.0043	0.1455	0.0179
9	0.28	1.2	6	1.65	2.5379	-2.6561	0.7871	-0.1523	0.0301	0.0047	0.1562	0.0182
10	0.36	1.0	4	1.35	4.1491	-2.5378	1.3358	-1.9068	0.0334	0.0162	0.4851	0.0248
11	0.36	1.0	5	1.35	4.9474	-3.6413	1.1175	-2.4002	0.0429	0.0176	0.4096	0.0318
12	0.36	1.0	6	1.35	6.2779	-3.2865	1.3185	-2.3363	0.0478	0.0183	0.3821	0.0354
13	0.36	1.1	4	1.47	2.7596	-3.5526	0.9439	-2.2540	0.0316	0.0160	0.5066	0.0215
14	0.36	1.1	5	1.47	4.0900	-3.8631	1.0353	-2.2540	0.0398	0.0164	0.4156	0.0271
15	0.36	1.1	6	1.47	4.7848	-4.5726	1.7662	-1.7241	0.0468	0.0175	0.5730	0.0318
16	0.36	1.2	4	1.65	2.9323	-3.0796	1.282	-1.8885	0.0500	0.0159	0.5283	0.0182
17	0.36	1.2	5	1.65	2.5378	-4.0848	2.1043	-1.1759	0.0331	0.0164	0.4954	0.0201
18	0.36	1.2	6	1.65	3.2178	-4.2326	2.2363	-2.2997	0.0373	0.0177	0.4746	0.0226

a. Hubungan tinggi gelombang transmisi (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi)

Jika mengambil tinggi gelombang transmisi (Ht) sebagai variabel sumbu Y dan tinggi gelombang datang (Hi) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 18. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang transmisi (Ht) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang datang (Hi) yang ditentukan berdasarkan penelitian



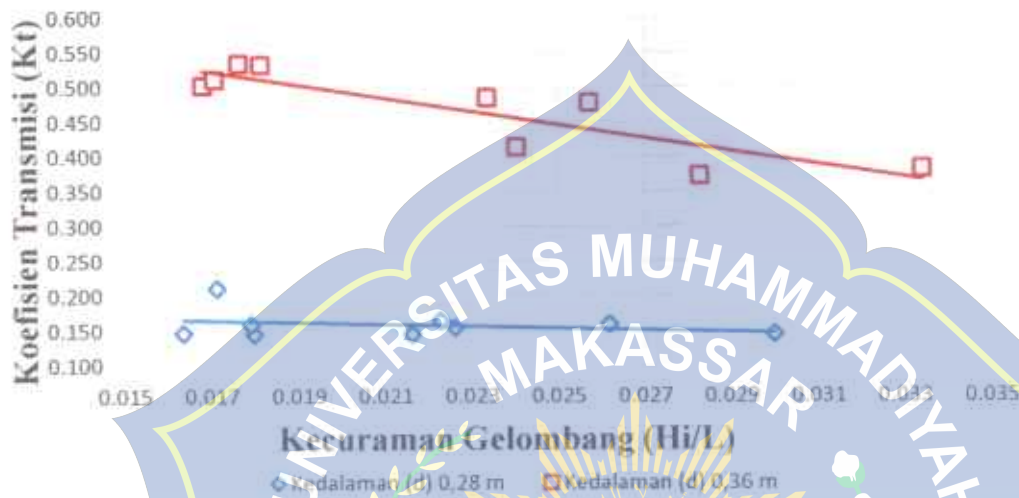
Gambar 17 Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i).

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,0040 - 0,0053 m sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,0159 - 0,0183 m.

b. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Jika mengambil koefisien transmisi (K_t) sebagai sebagai variabel sumbu Y dan kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 18 Grafik tersebut menjelaskan koefisien transmisi (K_t) terdistribusi secara

linear seiring dengan semakin rendah kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 18 Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L)

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,1445 - 0,1664 sedangkan pada kedalaman 0,36 berkisar antara 0,3730 - 0,5283 .

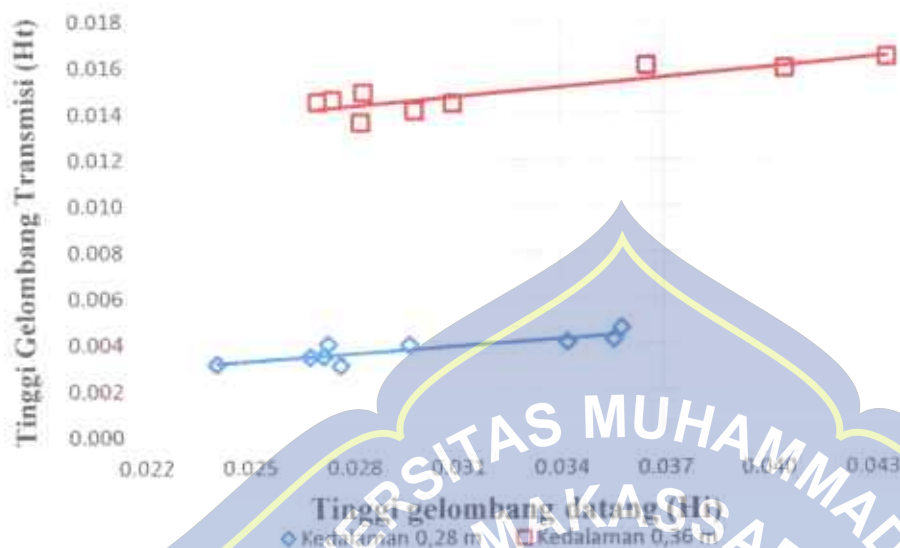
3. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,006 m

Tabel 11. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m kekasaran 0,006 m

No.	kedalaman (d)	periode (T)	stroke	panjang gelombang	Depan Model		Belakang Model		Tinggi Gelombang datang (H_i)	Tinggi Gelombang Transmisi (H_t)	Koefisien Transmisi (K_t)	Kecuraman Gelombang (H_i/L)
	(m)	(detik)		(m)	H_{max}	H_{min}	H_{max}	H_{min}	(m)	(m)	-	-
1	0,28	1,0	4	1,35	2,4687	-2,96	0,5642	-0,131	0,0271	0,0035	0,1281	0,0201
2	0,28	1,0	5	1,35	2,9718	-3,861	0,5111	-0,317	0,0342	0,0041	0,1212	0,0253
3	0,28	1,0	6	1,35	3,9898	-3,159	0,6385	-0,306	0,0357	0,0047	0,1321	0,0265
4	0,28	1,1	4	1,47	3,0537	-2,469	0,6597	0,0441	0,0276	0,0031	0,1115	0,0188
5	0,28	1,1	5	1,47	3,0186	-2,902	0,5642	-0,232	0,0296	0,0040	0,1345	0,0201
6	0,28	1,1	6	1,47	3,8376	-3,265	0,7128	-0,136	0,0355	0,0042	0,1196	0,0242
7	0,28	1,2	4	1,65	2,1645	-2,634	0,6119	-0,02	0,0240	0,0032	0,1313	0,0146
8	0,28	1,2	5	1,65	2,808	-2,539	0,5695	-0,12	0,0267	0,0034	0,1290	0,0162
9	0,28	1,2	6	1,65	2,9151	-3,077	0,6173	-0,184	0,0273	0,0040	0,1470	0,0165
10	0,36	1,0	4	1,43	2,0196	-3,4048	1,5378	-1,3769	0,0274	0,0146	0,5315	0,0192
11	0,36	1,0	5	1,43	2,9370	-4,3657	1,3277	-1,8885	0,0365	0,0161	0,4404	0,0255
12	0,36	1,0	6	1,43	4,0457	-4,6466	1,6383	-1,6418	0,0435	0,0164	0,3774	0,0304
13	0,36	1,1	4	1,65	2,0796	-3,3161	1,0444	-1,8320	0,0270	0,0145	0,5368	0,0163
14	0,36	1,1	5	1,65	2,4048	-3,2570	1,4739	-1,5048	0,0283	0,0149	0,5261	0,0171
15	0,36	1,1	6	1,65	3,2918	-4,8092	1,1541	-2,0347	0,0405	0,0159	0,3936	0,0245
16	0,36	1,2	4	1,88	1,8431	-3,8039	0,8160	-1,9068	0,0282	0,0136	0,4822	0,0150
17	0,36	1,2	5	1,88	2,2718	-3,6857	1,0901	-1,7332	0,0298	0,0141	0,4739	0,0159
18	0,36	1,2	6	1,88	2,0944	-4,0848	0,9074	-1,9799	0,0309	0,0144	0,4673	0,0164

a. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i)

Jika mengambil tinggi gelombang transmisi (H_t) sebagai variabel sumbu Y dan tinggi gelombang datang (H_i) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 19. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang transmisi (H_t) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang datang (H_i) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 19 Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i).

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,0031 - 0,0047 m sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,0136 - 0,0164 m.

b. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Jika mengambil koefisien transmisi (K_t) sebagai variabel sumbu X dan kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 20. Grafik tersebut menjelaskan koefisien transmisi (K_t) terdistribusi secara

linear seiring dengan semakin rendah kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 20 Hubungan koefisien transmisi (H_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L)

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,1115 - 0,1470 sedangkan pada kedalaman 0,36 berkisar antara 0,3774 - 0,5368 .

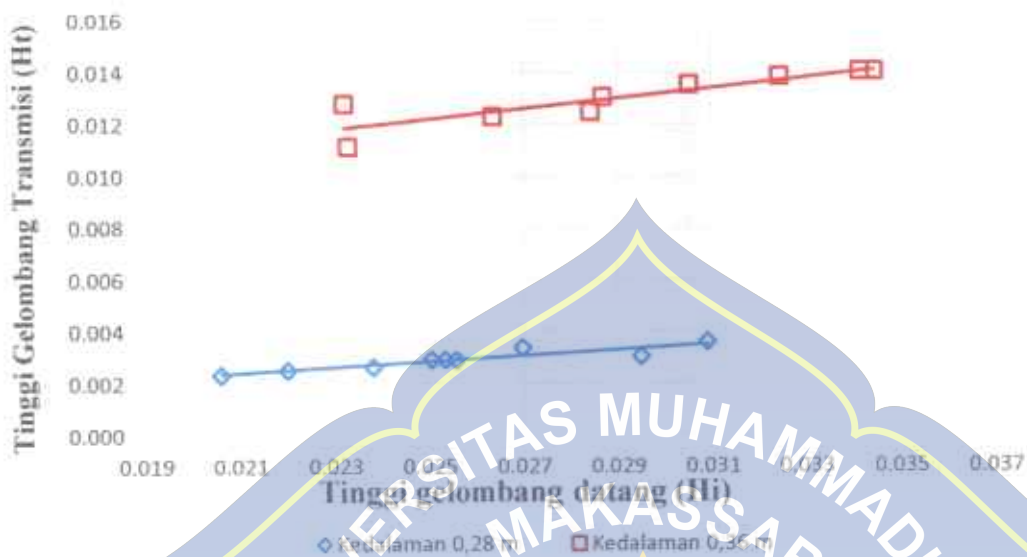
4. Hasil pengamatan pada model ϕ 0,15 m Kekasaran 1.1 cm

Tabel 12. Rekapitulasi pengamatan model ϕ 0,15 m Kekasaran 0,011 m

No.	Kedalaman	periode	stroke	panjang	Depan Model		Belakang Model		Tinggi Gelombang	Tinggi Gelombang	Koefisien	Kecuraman
	m (d)	(T)		gelomb	Hmax	Hmin	Hmax	Hmin	datang (Hi)	Transmisi (Ht)	Transmisi (Kt)	Gelombang (Hi/L)
	(m)	(det)		(m)					(m)	(m)	-	-
1	0,28	1,0	4	1,35	2,0475	-3,0656	0,5589	-0,0249	0,02557	0,00292	0,11417	0,01894
2	0,28	1,0	5	1,35	2,1411	-3,7559	0,5430	-0,0674	0,02949	0,00305	0,10349	0,02184
3	0,28	1,0	6	1,35	2,3517	-3,8261	0,6756	-0,0461	0,03089	0,00361	0,11683	0,02288
4	0,28	1,1	4	1,47	2,5155	-2,2466	0,5323	0,0016	0,02381	0,00265	0,11144	0,01620
5	0,28	1,1	5	1,47	2,5506	-2,4572	0,5058	-0,0833	0,02504	0,00295	0,11763	0,01703
6	0,28	1,1	6	1,47	2,8431	-2,5508	0,5164	-0,1629	0,02697	0,00340	0,12594	0,01835
7	0,28	1,2	4	1,65	1,5527	-2,5859	0,4136	-0,0518	0,02059	0,00234	0,11347	0,01248
8	0,28	1,2	5	1,65	1,5912	-2,8982	0,5642	0,0600	0,02200	0,00232	0,11460	0,01333
9	0,28	1,2	6	1,65	1,7433	-3,3230	0,4050	-0,1841	0,02533	0,00295	0,11627	0,01535
10	0,36	1,0	4	1,43	2,1978	-3,9074	1,2911	-1,4134	0,03053	0,01352	0,44299	0,02132
11	0,36	1,0	5	1,43	2,8483	-3,6413	1,4099	-1,3585	0,03245	0,01384	0,42660	0,02267
12	0,36	1,0	6	1,43	2,3161	-4,5726	1,3368	-1,4682	0,03444	0,01403	0,40719	0,02406
13	0,36	1,1	4	1,65	1,4439	-3,1978	0,9531	-1,6053	0,02321	0,01279	0,55116	0,01403
14	0,36	1,1	5	1,65	2,3405	-3,3457	1,4190	-1,0754	0,02843	0,01247	0,43868	0,01718
15	0,36	1,1	6	1,65	3,0096	-3,7300	1,2089	-1,5962	0,03415	0,01403	0,41072	0,02064
16	0,36	1,2	4	1,88	1,5918	-3,0648	1,6109	-0,6175	0,02328	0,01114	0,47855	0,01239
17	0,36	1,2	5	1,88	2,5176	-2,7544	0,9439	-1,5139	0,02636	0,01229	0,46621	0,01403
18	0,36	1,2	6	1,88	2,9396	-2,7987	1,5104	-1,1028	0,02869	0,01307	0,45539	0,01527

a. Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i)

Jika mengambil tinggi gelombang transmisi (H_t) sebagai variabel sumbu Y dan tinggi gelombang datang (H_i) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 21. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang transmisi (H_t) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang datang (H_i) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 21 Hubungan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i).

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,0023 - 0,0036 m sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,01114 - 0,01403 m.

b. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Jika mengambil koefisien transmisi (K_t) sebagai variabel sumbu Y dan kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 22. Grafik tersebut menjelaskan koefisien transmisi (K_t) terdistribusi secara

linear seiring dengan semakin rendah kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan penelitian.



Gambar 22 Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L)

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diperoleh hasil nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (K_t) pada kedalaman 0,28 m berkisar antara 0,1035 - 0,1259 sedangkan pada kedalaman 0,36 m berkisar antara 0,4072 - 0,5512.

C. Perbandingan antara Model $\approx 0,15$ m terhadap dinding pipa kasar dan tidak kasar (Licin)

1. perbandingan tinggi gelombang transmisi (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi)

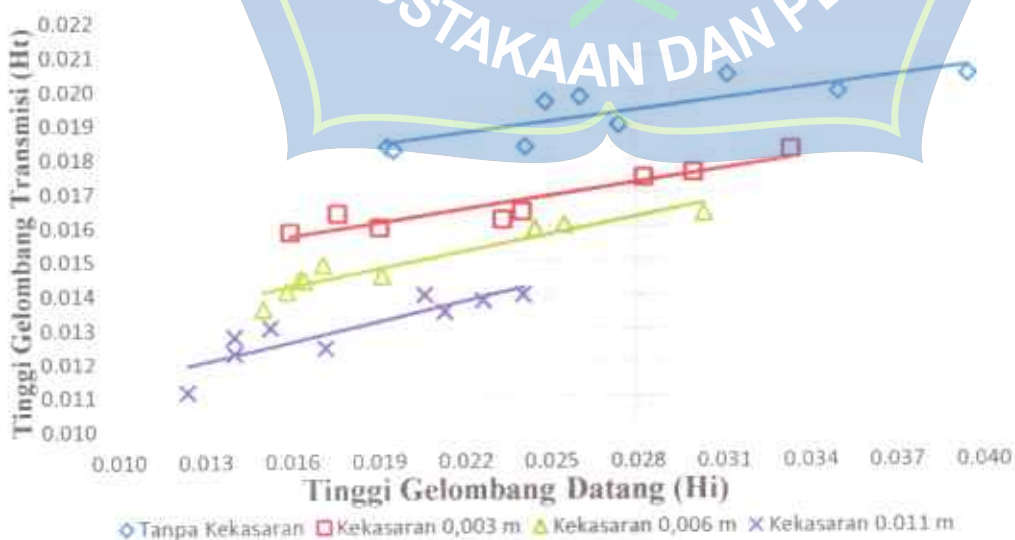
Tabel 13. perbandingan tinggi gelombang transmisi (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi)

Kedalaman (d)	Tinggi Gelombang Transmisi (Ht)				Tinggi Gelombang Datang (Hi)			
	Tanpa kekasaran	Kekasaran 0,003 m	Kekasaran 0,006 m	Kekasaran 0,011 m	Tanpa kekasaran	Kekasaran 0,003 m	Kekasaran 0,006 m	Kekasaran 0,011 m
0,28 m	0,0062	0,0049	0,0035	0,0029	0,0392	0,0297	0,02715	0,02557
	0,0068	0,0056	0,0041	0,0031	0,0405	0,0353	0,03417	0,02949
	0,0071	0,0059	0,0047	0,0036	0,0425	0,0405	0,03574	0,03089
	0,0059	0,0046	0,0031	0,0027	0,0353	0,0318	0,02761	0,02381
	0,0062	0,0051	0,0040	0,0029	0,0365	0,0324	0,02960	0,02504
	0,0068	0,0053	0,0042	0,0034	0,0453	0,0332	0,03551	0,02697
	0,0055	0,0040	0,0032	0,0023	0,0332	0,0252	0,02404	0,02059
	0,0062	0,0043	0,0034	0,0025	0,0336	0,0295	0,02674	0,02200
	0,0066	0,0047	0,0040	0,0029	0,0390	0,0301	0,02726	0,02533
0,36 m	0,0190	0,0162	0,0146	0,0135	0,0392	0,0334	0,02742	0,03053
	0,0200	0,0176	0,0161	0,0138	0,0502	0,0429	0,03651	0,03245
	0,0205	0,0183	0,0164	0,0140	0,0566	0,0478	0,04346	0,03444
	0,0184	0,0160	0,0145	0,0128	0,0321	0,0316	0,02698	0,02321
	0,0198	0,0164	0,0149	0,0125	0,0432	0,0398	0,02831	0,02843
	0,0205	0,0175	0,0159	0,0140	0,0517	0,0468	0,04050	0,03415
	0,0183	0,0159	0,0136	0,0111	0,0368	0,0300	0,02824	0,02328
	0,0184	0,0164	0,0141	0,0123	0,0454	0,0331	0,02979	0,02636
	0,0197	0,0177	0,0144	0,0131	0,0467	0,0373	0,03090	0,02869



Gambar 23 Perbandingan tinggi gelombang transmisi (Ht) dengan tinggi gelombang datang (Hi) kedalaman (d) 0,28 m.

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh perbedaan dinding pipa licin dengan kekasaran yang bervariasi sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) lebih tinggi terjadi pada pemecah gelombang berpori dibanding pipa licin berkisar 0,0055 - 0,0071 m dengan pemecah gelombang berpori mulai model kekasaran 0,003 m berkisar 0,0043 - 0,0059 m, model kekasaran 0,006 m berkisar 0,0031 - 0,0047 m, dan model Kekasaran 0,011 m berkisar 0,0023 - 0,0036 m. maka yang lebih efisien digunakan pada model kekasaran 0,011 m dengan semakin membesarnya tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i).



Gambar 24 Perbandingan tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan tinggi gelombang datang (H_i) kedalamam (d) 0,36 m.

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i). Untuk pengaruh perbedaan dinding pipa licin dengan kekasaran yang bervariasi sendiri, nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) lebih tinggi terjadi pada pemecah gelombang berpori dibanding pipa licin berkisar 0,0183 - 0,0205 m dengan pemecah gelombang berpori mulai model kekasaran 0,003 m berkisar 0,0159 - 0,0183 m, model kekasaran 0,006 m berkisar 0,0136 - 0,0164 m, dan model Kekasaran 0,011 m berkisar 0,0111 - 0,0140 m. maka yang lebih efisien digunakan pada model kekasaran 0,011 m dengan semakin membesarnya tinggi gelombang transmisi (H_t) dengan meningkatnya tinggi gelombang datang (H_i).

2. perbandingan koefisien transmisi (H_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Tabel 14. perbandingan koefisien transmisi (H_t) dengan kecuraman gelombang (H_i/L)

Kedalaman (d)	Koefisien Transmisi (K_t)				Kecuraman gelombang (H_i/L)			
	Tanpa kekasaran	Kekasaran 0,003 m	Kekasaran 0,006 m	Kekasaran 0,011 m	Tanpa kekasaran	Kekasaran 0,003 m	Kekasaran 0,006 m	Kekasaran 0,011 m
0,28 m	0,1592	0,1664	0,1281	0,1142	0,0290	0,0220	0,0201	0,01894
	0,1669	0,1585	0,1212	0,1035	0,0300	0,0262	0,0253	0,02184
	0,1672	0,1449	0,1321	0,1168	0,0315	0,0300	0,0265	0,02288
	0,1670	0,1445	0,1115	0,1114	0,0240	0,0216	0,0188	0,01620
	0,1686	0,1580	0,1345	0,1176	0,0248	0,0220	0,0201	0,01703
	0,1500	0,1597	0,1196	0,1259	0,0308	0,0226	0,0242	0,01835
	0,1661	0,1571	0,1313	0,1135	0,0201	0,0152	0,0146	0,01248
	0,1841	0,1455	0,1290	0,1146	0,0204	0,0179	0,0162	0,01333
	0,1682	0,1561	0,1470	0,1163	0,0236	0,0182	0,0165	0,01535
0,36 m	0,4842	0,4851	0,5315	0,4430	0,0274	0,0248	0,0192	0,02132
	0,3978	0,4096	0,4404	0,4266	0,0351	0,0318	0,0255	0,02267
	0,3615	0,3821	0,3774	0,4072	0,0395	0,0354	0,0304	0,02406
	0,5725	0,5066	0,5368	0,5512	0,0194	0,0215	0,0163	0,01403
	0,4593	0,4126	0,5261	0,4387	0,0261	0,0271	0,0171	0,01718
	0,3961	0,3730	0,3936	0,4107	0,0312	0,0318	0,0245	0,02064
	0,4965	0,5283	0,4822	0,4786	0,0196	0,0182	0,0150	0,01239
	0,4047	0,4953	0,4739	0,4662	0,0242	0,0201	0,0159	0,01403
	0,4215	0,4746	0,4673	0,4554	0,0249	0,0226	0,0164	0,01527



Gambar 25 Perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L) kedalaman (d) 0,28 m.

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh perbedaan jenis dinding pipa licin dengan kekasaran yang bervariasi sendiri, nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) lebih tinggi terjadi pada pemecah gelombang berpori dibanding pipa licin berkisar 0,1500 - 0,1841 dengan pemecah gelombang berpori mulai model kekasaran 0,003 m berkisar 0,1445 - 0,1664 , model kekasaran 0,006 m berkisar 0,1115 - 0,1470 , dan model kekasaran 0,011 m berkisar 0,1035 - 0,1259 . maka yang lebih efisien digunakan pada model kekasaran 0,011 m dengan rendahnya koefisien transmisi (K_t) dengan meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L).



Gambar 26 Perbandingan koefisien transmisi (K_t) dengan Kecuraman gelombang (H_i/L) kedalaman (d) 0,36 m.

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien transmisi (K_t) akan semakin rendah dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh perbedaan jenis dinding pipa licin dengan kekasaran yang bervariasi sendiri, nilai tinggi koefisien transmisi (K_t) lebih tinggi terjadi pada pemecah gelombang berpori dibanding pipa licin berkisar 0,3615 - 0,5725 dengan pemecah gelombang berpori mulai model kekasaran 0,003 m berkisar 0,3730 - 0,5283, model kekasaran 0,006 m berkisar 0,3774 - 0,5315, dan model kekasaran 0,011 m berkisar 0,4072 - 0,5512. maka yang lebih efisien digunakan pada model kekasaran 0,011 m dengan rendahnya koefisien transmisi (K_t) dengan meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L).



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan tinggi gelombang datang (H_i) dan tinggi gelombang transmisi (H_t) pada pemecah gelombang berpori dinding pipa kasar dan tidak kasar (licin) yakni :
 - a. Model tanpa kekasaran tinggi gelombang datang (H_i) berkisar 0,0332 – 0,0566 m dan tinggi gelombang transmisi (H_t) berkisar 0,0055 – 0,0205 m.
 - b. Model Kekasaran 0,003 m tinggi gelombang datang (H_i) berkisar 0,0252 – 0,0478 m dan tinggi gelombang transmisi (H_t) berkisar 0,0040 – 0,0183 m.
 - c. Model Kekasaran 0,006 m tinggi gelombang datang (H_i) berkisar 0,0240 – 0,0435 m dan tinggi gelombang transmisi (H_t) berkisar 0,0031 – 0,0164 m.
 - d. Model Kekasaran 0,011 m tinggi gelombang datang (H_i) berkisar 0,02059 – 0,03444 m dan tinggi gelombang transmisi (H_t) berkisar 0,0023 – 0,01403 m.

2. Berdasarkan perbandingan H_i vs H_t dan K_t vs H_i/L menunjukkan bahwa semakin besar kekasaran maka semakin besar pula gelombang yang diredam pada model Kekasaran 0,011 m.

B. Saran

Penelitian ini jauh dari sempurna, oleh karena itu disarankan penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa kondisi berikut :

1. Untuk model pemecah gelombang berpori dinding pipa kasar dan tidak kasar agar sebaiknya dikaji lebih lanjut
2. Karakteristik model dan penskalaan prototipe dalam penelitian ini tidak dikaji, sehingga diharapkan agar penelitian lainnya dapat melakukan penelitian lebih lanjut

DAFTAR PUSTAKA

- Anas,m. (2014). studi pemecah gelombang blok beton berpori susun seri. *m.anas*, (p. 72). makassar.
- Ariff, Z.A., dan Mustaghfiri. (2007). permodelan.
- CERC. (1984). US Army Coastal Engineering Research Center. Vol.1.
- Dirgayusa, IGP.N., dan Yuwono, N. (1997). transmisi gelombang melalui pemecah gelombang susunan pipa horizontal. *media teknik*, ISSN 0216-3012.
- Edy,W.F., Aprizal., dan Sadad,I. (2012). analisa perilaku gelombang setelah melewati breakwater tenggelam yang berbentuk tumpukan pipa. *jurnal teknik sipil*.
- Fadlullah, M. (2016). Studi refleksi gelombang pada breakwater tipe dinding berpori. *skripsi*, pp. 8-9.
- Jansen, I.C.M.T. dan Dundu, A. K. T. . (2017). Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai pada Daerah Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara. *Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi*, Vol.5 No.6.
- Loupatty, Grace. (2013). Karakteristik Energi Gelombang dan Arus Perairan di Provinsi Maluku. *Jurnal Barekeng*, Vol. 7 No. 1 Hal. 19 – 22.
- Mahdani. (2008). Studi Model Fisik Groin Berpori Tipe Gerigi yang Disusun Seri.
- Mustaghfiri.,Fatimah, E.,dan Arif, A. (2014). Tidak menghambat transpor sedimen alami masuk.
- Nugraha H, A. Indarjo, and M. Helm. (2013). Studi Kesesuaian dan Daya Dukung Kawasan untuk Rekreasi Pantai di Pantai Panjang Kota Bengkulu. *Journal of Marine Research*, vol. 2, no. 2, pp. 130-139.
- Teguh. B.,Dwito, H, A. & Sujantoko. (2008). Uji Model Fisik Floating Breakwater : Pengaruh Submergence pada Koefisien Transmisi dan Refleksi. *journal teknik sipil*, 1-13.

Triadmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta.

Triatmodjo, B. (2011). *teknik pantai*. Yogyakarta.

Widiyanto, Wahyu. (April 2014). Esesmen Terhadap Berat Batu Lapis Pelindung Pemecah Gelombang di Pelabuhan Logending, PLTU Adipala dan Cikidang. *JTS Vol. 12, No.4*, Hal 285-293.

Widiyanto. (2014). Statika Terapan.

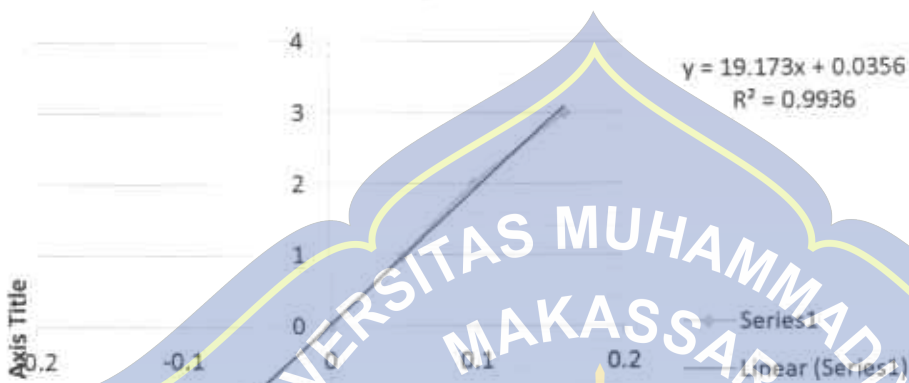
Yuwono, N. (1996). *Reran Teknik Pantai dalam Pengelolaan Daerah Pantai*. Yogyakarta: Vol.1.



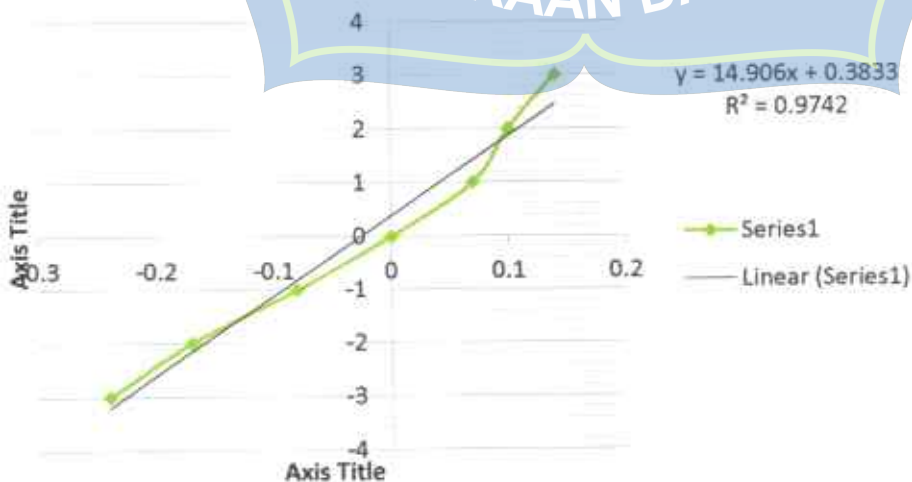
LAMPIRAN 1

Grafik penentuan probe pada kedalaman 0,28 m

Probe 1

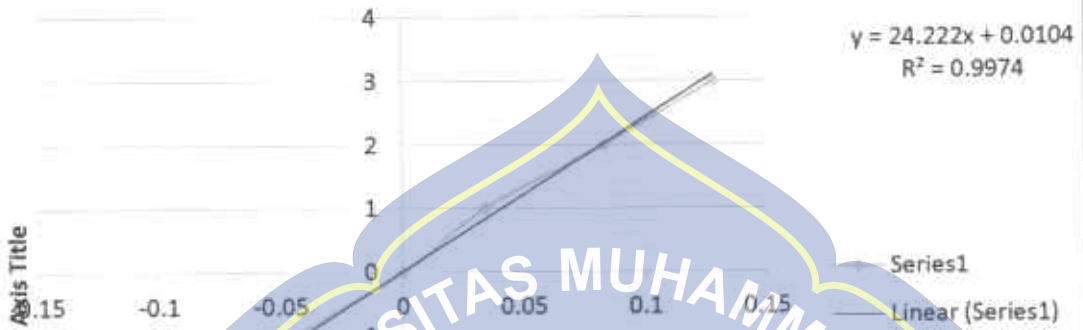


Probe 2



Grafik penentuan probe 2 pada kedalaman 0,36 m

Probe 1



Probe 2



Lampiran 2

ANALISA SARINGAN AGREGAT KASAR					
Kelompok : 1		Tanggal :			
Jurusan : Teknik Sipil		Asisten :			
Nama Saringan		Berat Tertahan	Jumlah Berat Tertahan	Jumlah Persen	
(cm)	(cm)	(gr)	(gr)	Tertahan (%)	Lewat (%)
12,7	1/2	366	366	18,702	81,298
10	3/8	338	704	38,528	61,472
5	4	252	1006	51,405	48,595
2,36	8	416	1422	72,662	27,338
1,18	16	316	1738	88,809	11,191
0,6	30	158	1896	96,883	3,117
0,3	50	23	1919	98,058	1,942
0,15	100	12	1931	98,671	1,329
0,075	200	7	1938	99,029	0,971
Wadah		19	1957	100,000	0,000
Jumlah		1957			

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2nd}{L}$	$\tanh \frac{2nd}{L}$	$\sinh \frac{2nd}{L}$	$\cosh \frac{2nd}{L}$	K_0	K_1	$\frac{4nd}{L}$	$\sinh \frac{4nd}{L}$	$\cosh \frac{4nd}{L}$	n
0.1200	0.15813	0.9936	0.7589	1.1651	1.5355	0.920	0.6512	1.9071	3.5787	3.716	0.7776
0.1210	0.15898	0.9989	0.7611	1.1735	1.5418	0.920	0.6486	1.9078	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	3.7817	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	4.422	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

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_u}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2nd}{L}$	$\tanh \frac{2nd}{L}$	$\sinh \frac{2nd}{L}$	$\cosh \frac{2nd}{L}$	K_s	K	$\frac{4nd}{L}$	$\sinh \frac{4nd}{L}$	$\cosh \frac{4nd}{L}$	n
0.1500	0.18330	1.1517	0.8183	1.4238	1.7399	0.913	0.3746	2.3034	4.9543	5.054	0.7325
0.1510	0.18414	1.1570	0.8200	1.4329	1.7473	0.913	0.3723	2.3139	5.0076	5.106	0.7310
0.1520	0.18497	1.1622	0.8218	1.4421	1.7549	0.913	0.3698	2.3244	5.0614	5.159	0.7296
0.1530	0.18580	1.1674	0.8234	1.4513	1.7625	0.913	0.3673	2.3349	5.1152	5.213	0.7282
0.1540	0.18664	1.1727	0.8251	1.4605	1.7701	0.913	0.3649	2.3454	5.1700	5.266	0.7268
0.1550	0.18747	1.1779	0.8268	1.4696	1.7778	0.913	0.3625	2.3558	5.2246	5.321	0.7254
0.1560	0.18830	1.1832	0.8284	1.4792	1.7855	0.913	0.3601	2.3663	5.2821	5.376	0.7240
0.1570	0.18914	1.1884	0.8301	1.4885	1.7933	0.913	0.3576	2.3768	5.3387	5.432	0.7226
0.1580	0.18997	1.1936	0.8317	1.4980	1.8011	0.913	0.3552	2.3873	5.3959	5.488	0.7212
0.1590	0.19081	1.1989	0.8333	1.5074	1.8089	0.913	0.3528	2.3977	5.4537	5.545	0.7199
0.1600	0.19164	1.2041	0.8349	1.5169	1.8166	0.913	0.3505	2.4082	5.5120	5.602	0.7185
0.1610	0.19247	1.2093	0.8365	1.5264	1.8248	0.913	0.3480	2.4187	5.5710	5.660	0.7171
0.1620	0.19331	1.2146	0.8380	1.5360	1.8329	0.913	0.3456	2.4292	5.6306	5.719	0.7157
0.1630	0.19414	1.2198	0.8396	1.5456	1.8409	0.913	0.3432	2.4396	5.6908	5.778	0.7143
0.1640	0.19497	1.2251	0.8411	1.5553	1.8490	0.913	0.3408	2.4501	5.7517	5.838	0.7129
0.1650	0.19581	1.2303	0.8427	1.5650	1.8572	0.913	0.3384	2.4606	5.8132	5.898	0.7115
0.1660	0.19664	1.2355	0.8442	1.5748	1.8654	0.913	0.3361	2.4711	5.8753	5.962	0.7101
0.1670	0.19748	1.2408	0.8457	1.5846	1.8737	0.913	0.3337	2.4815	5.9381	6.022	0.7087
0.1680	0.19831	1.2460	0.8472	1.5944	1.8819	0.913	0.3313	2.4920	6.0017	6.089	0.7073
0.1690	0.19914	1.2513	0.8486	1.6043	1.8904	0.913	0.3290	2.5025	6.0658	6.147	0.7059
0.1700	0.19998	1.2565	0.8501	1.6142	1.8989	0.913	0.3266	2.5130	6.1304	6.211	0.7050
0.1710	0.20081	1.2617	0.8515	1.6242	1.9074	0.913	0.3243	2.5235	6.1959	6.276	0.7036
0.1720	0.20165	1.2670	0.8530	1.6342	1.9159	0.914	0.3219	2.5340	6.2620	6.341	0.7023
0.1730	0.20248	1.2722	0.8544	1.6443	1.9245	0.914	0.3196	2.5445	6.3289	6.407	0.7010
0.1740	0.20332	1.2775	0.8558	1.6544	1.9332	0.914	0.3173	2.5549	6.3965	6.474	0.6997
0.1750	0.20415	1.2827	0.8572	1.6646	1.9419	0.914	0.3150	2.5654	6.4647	6.542	0.6984
0.1760	0.20499	1.2880	0.8586	1.6748	1.9506	0.914	0.3127	2.5759	6.5338	6.610	0.6971
0.1770	0.20582	1.2932	0.8600	1.6851	1.9594	0.914	0.3103	2.5864	6.6035	6.679	0.6958
0.1780	0.20666	1.2985	0.8613	1.6954	1.9683	0.914	0.3080	2.5969	6.6740	6.749	0.6946
0.1790	0.20749	1.3037	0.8627	1.7057	1.9772	0.914	0.3058	2.6074	6.7453	6.819	0.6933

Tabel A-1. Lanjutan

$\frac{d}{L_1}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2nd}{L}$	$\tanh \frac{2nd}{L}$	$\sinh \frac{2nd}{L}$	$\cosh \frac{2nd}{L}$	K_u	K_v	$\frac{4nd}{L}$	$\sinh \frac{4nd}{L}$	$\cosh \frac{4nd}{L}$	n
0.1800	0.20833	1.3090	0.8640	1.7161	1.9862	0.914	0.5035	2.6174	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	2.0226	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	7.1893	7.258	0.6857
0.1860	0.21335	1.3405	0.8718	1.7797	2.0414	0.915	0.4899	2.6811	7.2640	7.335	0.6845
0.1870	0.21419	1.3458	0.8731	1.7905	2.0508	0.916	0.4876	2.6916	7.3417	7.411	0.6833
0.1880	0.21503	1.3511	0.8743	1.8013	2.0602	0.916	0.4854	2.7021	7.4223	7.489	0.6820
0.1890	0.21587	1.3563	0.8755	1.8123	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	2.1481	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	2.1689	0.918	0.4612	2.8183	8.3431	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

$\frac{d}{L_0}$	$\frac{d}{L}$	$\frac{2nd}{L}$	$\tanh \frac{2nd}{L}$	$\sinh \frac{2nd}{L}$	$\cosh \frac{2nd}{L}$	K_0	K	$\frac{4nd}{L}$	$\sinh \frac{4nd}{L}$	$\cosh \frac{4nd}{L}$	n
0.2100	0.23357	1.4675	0.8991	2.0540	2.2845	0.920	0.4377	2.9351	9.3848	9.458	0.6564
0.2110	0.23441	1.4729	0.9001	2.0662	2.2955	0.921	0.4356	2.9457	9.4859	9.518	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	2.3287	0.921	0.4294	2.9777	9.7951	9.847	0.6520
0.2150	0.23781	1.4942	0.9041	2.1155	2.3401	0.922	0.4273	2.9884	9.8985	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	2.2046	2.4210	0.924	0.4131	3.0633	10.675	10.72	0.6435
0.2230	0.24462	1.5370	0.9116	2.2175	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	2.4688	0.925	0.4050	3.1062	11.146	11.19	0.6394
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	11.511	11.56	0.6363
0.2300	0.25061	1.5746	0.9178	2.3109	2.5180	0.926	0.3971	3.1493	11.636	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	0.25316	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

DOKUMENTASI

I. Pembuatan Model



Pemotongan pipa sepanjang 1,76 m



Proses penempelan batu 0,003 m pada pipa



Proses penempelan batu 0,006 m pada pipa



Proses penempelan batu 0,011 m pada pipa



Proses Penempelan kembali pipa yang telah di pasangi batu

2. Pemasangan model pada Flume



Mengatur model pada flume agar tegak lurus



Pengukuran tinggi muka air diatas model



Mengatur model agar tidak bergerak pada saat gelombang datang

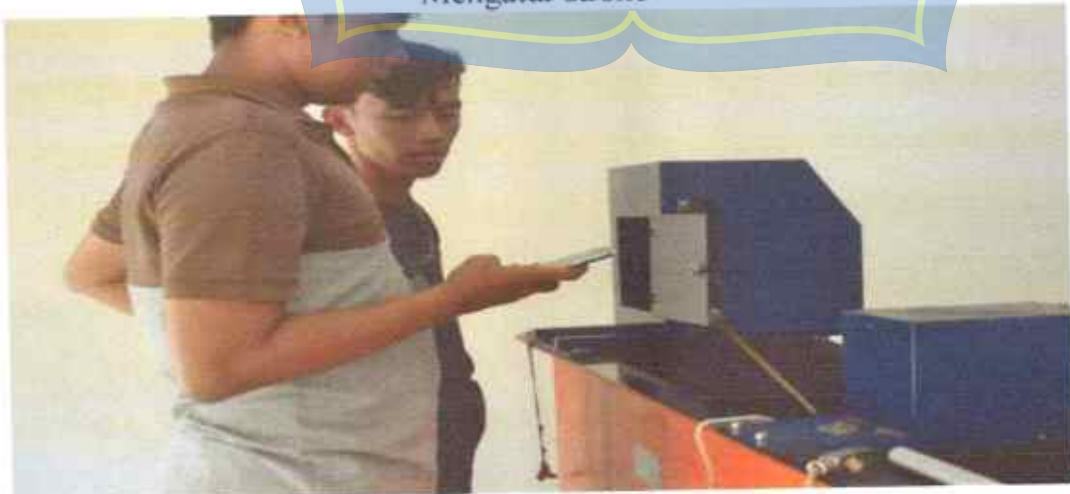
3. Pengambilan data



Pemasangan probe



Mengatur stroke



Mengatur periode



Mengatur perekaman probe



Perekaman tinggi gelombang pada komputer

