

SKRIPSI

**STUDI MODEL PADA PEMECAH GELOMBANG BERONGGA
LINGKARAN TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI**



HUSWATUL HASANAH SALEH
1058 111 002 16

SUKMAWATI SYAM
1058 111 0029 16

09/02/2021

1 exp
Smb. Alumni

R/0001/SIP/21 CP
SAL
S¹

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR
2020**



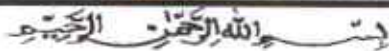
FAKULTAS TEKNIK

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>



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 : **STUDI MODEL PADA PEMECAH GELOMBANG BERONGGA BENTUK LINGKARAN TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI**

Nama : HUSWATUL HASANAH SALEH
SUKMAWATI SYAM

Stambuk : 105 81 11002 16
105 81 11029 16

Makassar, 27 Rabi'ul Akhir 1442 H
12 Desember 2020 M

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II

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

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan



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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Huswatul Hasanah Saleh** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11002 16 dan **Sukmawati Syam** dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 11029 16, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0011/SK-Y/22201/091004/2020, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 12 Desember 2020.

Makassar, 27 Rabi'ul Akhir 1442 H
12 Desember 2020 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

- a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar
Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag
- b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT.

2. Penguji :

- a. Ketua : Dr. Eng. Ir. H. Farouk Maricar, MT
- b. Sekretaris : Kasmawati, ST., MT

3. Anggota: 1. Dr. Hj. Arsyuni Ali Mustari, ST., MT

2. Dr. Ir. Muli Yunus Ali, ST., MT., IPM

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

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPMAndi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

Dekan

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

NBM : 855 500

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 **“Studi Model Pada Pemecah Gelombang Berongga Bentuk Lingkaran Terhadap Gelombang Refleksi”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar. Salam dan shalawat senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW sebagai suri tauladan untuk seluruh umat manusia.

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

1. Bapak Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Ketua Prodi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Muh. Amir Zainuddin, ST., MT., IPM selaku Sekretaris Prodi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing 1 dalam penyusunan laporan skripsi.
5. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing 2 dalam penyusunan laporan skripsi.
6. Bapak dan Ibu Dosen serta para staf administrasi pada Prodi Teknik Sipil Pengairan Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Pak Ahmad Yani selaku Laboran di Laboratorium Hidraulika Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Saudara/saudari kami di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Pengairan.
9. Terkhusus penulis persembahkan sujud dan rasa terima kasih kepada kedua orang tua atas kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun materil.

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

"Billahi Fii Sabilil Haq Fastabiqul Khaerat".

Makassar,

2020

Tim Penulis

STUDI MODEL PADA PEMECAH GELOMBANG BERONGGA BENTUK LINGKARAN TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI

Huswatul hasanah saheh¹⁾, Sukmawati syam²⁾, Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM³⁾, Dr. Ir. Nenny T Karim, ST., MT³⁾.

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

²⁾Dosen Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Jl.Sultan Alassuddin No.259, Makassar 90221, Indonesia

e-mail: hasanahhuswatul@gmail.com, sukmawati1216@gmail.com

ABSTRAK

Pemecah gelombang (*breakwater*) adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang atau laut dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai dan untuk menenangkan gelombang di pelabuhan sehingga kapal dapat merapat di pelabuhan dengan lebih mudah dan cepat. penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter yang berpengaruh dan membandingkan seberapa besar parameter yang berpengaruh. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium dengan merancang model pemecah gelombang dengan membuat rongga dengan lingkaran. Variabel yang diteliti meliputi tinggi gelombang refleksi (H_r), koefisien refleksi (K_r), periode gelombang (T), tinggi gelombang (H_i). Variabel ketinggian air (d) dibuat dengan variasi 19,5 cm, 23 cm, dan 27 cm. (disesuaikan dengan tinggi model = h), bentuk rongga (B) dengan ukuran tertentu. Dengan struktur tersebut perambatan gelombang melalui bangunan pemecah gelombang berongga lingkaran akan menghasilkan nilai koefisien refleksi yang relatif kecil sebagai akibat hambatan dan turbulensi. Dengan demikian, pemecah gelombang diharapkan mampu lebih efektif dalam mereduksi gelombang yang datang.

Kata Kunci : Pemecah gelombang (*breakwater*), koefisien refleksi.

STUDY OF A MODEL OF A CIRCULAR HOLLOW BREAKWATER ON WAVE REFLECTION

Huswatul hasanah¹⁾, Sukmawati syam¹⁾, Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM²⁾, Dr. Ir.Nenny T Karim, ST., MT³⁾.

¹⁾Students of the Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, Universitas

²⁾Muhammadiyah MakassarLecturer at the Department of Water Engineering, Faculty of Engineering, University of Muhammadiyah Makassar

ABSTRACT

The breakwater is infrastructure, which is built to solve the waves/ waves of sea water by absorbing some of the wave energy. Wave breaker is used To control the abrasion that erodes the coast and to calm the waves at the port so that ships can dock at the port more easily and quickly this study aims to analyze the parameters that affect and compare how much the influencing parameters are, make a ladder with a circle The variables studied include the wave height of reflection (H_r), reflection coefficient (K_r), the CT wave period), wave height (H). The water height variable (d) was made with a variation of 19.5 cm, 23 cm, and 27 cm (adjusted for model height = h), the shape of the cavity (B) with a certain size. With this structure, the propagation of waves through the circular hollow breakwater will produce a reflection coefficient value relatively small as a result of resistance and turbulence. Thus the breakwater is expected to be capable more effective in reducing incoming waves

Keywords: breakwater, reflection coefficient.

Keywords: breakwater, reflection coefficient.



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR PERSAMAAN	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian	2
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	3
F. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pemecah Gelombang/ Breakwater	6
B. Karakteristik Gelombang	8
C. Deformasi Gelombang	12
D. Klarifikasi Terori Gelombang	13

E. Gelombang Refleksi	15
F. Teori Energi Gelombang	16
G. Hukum Dasar Gelombang	17
1. Sebangun Geometrik	18
2. Sebangun Kinematik	19
3. Sebangun Dinamik	21
 BAB III METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	22
B. Jenis Penelitian Dan Sumber Data	22
C. Alat dan Bah	22
D. Variabel Penelitian	25
E. Pelaksana Studi Model	25
F. Pelaksana Simulasi	27
G. Bagan Alir (<i>Flow Chart</i>)	30
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	31
1. Panjang Gelombang	31
2. Tinggi Gelombang Datang (H_i)	33
3. Gelombang Refleksi	36
4. Kecuraman Gelombang	38
5. Koefisien Refleksi	38

B. Pembahasan	40
1. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi Priode (T)	40
2. Hubungan Kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap Gelombang Refleksi (H_r) pada kedalam d1 untuk variasi priod (T)	42
3. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi Kedalaman (d) .	45
4. Perbandingan H_i/L terhadap K_r untuk variasi Kedalaman (d) .	47

BAB V Kesimpulan Dan Saran

6. Kesimpulan	49
7. Saran	49

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DOKUMENTASI



Daftar Persamaan

Persamaan 1 Panjang gelombang (L).....	10
Persamaan 2 Panjang gelombang awal (L_0)	10
Persamaan 3 Gelombang datang (H_i)	16
Persamaan 4 Gelombang refleksi (H_r).....	16
Persamaan 5 Koefisien Refleksi (K_r).....	16
Persamaan 6 Skala Panjang (n_L).....	18
Persamaan 7 Sebangun Geometrik Skala Tinggi (n_h).....	18
Persamaan 8 Sebangun Geometrik Skala Tinggi (n_h).....	19
Persamaan 9 Skala Percepatan (n_a).....	19
Persamaan 10 Skala Debit (n_Q).....	19
Persamaan 11 Skala Waktu (n_T).....	19
Persamaan 12 Kesebangunan Froude (F_y).....	20
Persamaan 13 Perbandingan Gaya Gravitasi (n_{fy}).....	20
Persamaan 14 Perbandingan Gaya Inersia (n_{fy}).....	20
Persamaan 15 Skala panjang gelombang (n_r).....	20
Persamaan 16 Skala Waktu (n_t).....	20
Persamaan 17 Skala Gravitasi (n_g).....	20

Daftar Gambar

Gambar 1	Karakteristik Gelombang	10
Gambar 2	Model Gerak partikel air dalam gelombang	14
Gambar 4	tangki pembangkit gelombang (<i>Wave Flume</i>)	25
Gambar 5	unit pembangkit gelombang tipe <i>flap</i>	26
Gambar 6	Komputer dan Wave monitor	26
Gambar 7	Model struktur pemecah gelombang sisi miring berongga dengan bentuk rongga lingkaran	27
Gambar 8	Saluran pembangkit gelombang (<i>Wave flume</i>)	29
Gambar 9	Posisi Model pemecah gelombang pada flume	30
Gambar 10	Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 27 cm	30
Gambar 11	Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 23 cm	31
Gambar 12	Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 18 cm	31
Gambar 13	Prosedur penelitian (Flow Chart)	32
Gambar 14	Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman	42
Gambar 15	Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman	43
Gambar 16	Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman	44
Gambar 17	Hubungan H_i/L terhadap H_r pada kedalaman d1 untuk variasi Priode	45
Gambar 18	Hubungan H_i/L terhadap H_r pada kedalaman d1 untuk variasi Priode	46

Gambar 19	Hubungan H_i/L terhadap H_r pada kedalaman d_l untuk variasi Priode	47
Gambar 20	Hubungan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman	48
Gambar 21	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi kedalaman	51



Daftar Tabel

Tabel 1 Tabel Keuntungan dan kerugian tipe pemecah gelombang.....	7
Tabel 2 Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam....	13
Tabel 3 Koefisien Refleksi	17
Tabel 4 Variasi parameter model.....	28
Tabel 5 Tabel perencanaan simulasi model	29
Tabel 6 Data perhitungan panjang gelombang	34
Tabel 7 Data tinggi gelombang kedalaman 27 cm setiap periode 1,5 dtk, 1,3 dtk dan 1,2 dtk pada pemecah gelombang.....	36
Tabel 8 Data gelombang refleksi pada setiap kedalaman dan setiap periode	38
Tabel 9 Data Kecelakaan gelombang (H/L) dan Koefisien Refleksi (K_r) pada setiap kedalaman dan setiap periode (T).....	40

Daftar Notasi Dan Singkatan

L	=	Tinggi gelombang
L_0	=	Tinggi gelombang awal
H_r	=	Tinggi gelombang refleksi
H_i	=	Tinggi gelombang datang
H	=	Data tinggi gelombang
H_r/L	=	Kecurangan Gelombang
K_r	=	Koefisien Refleksi
T	=	Periode gelombang
d	=	Kedalaman Air
A	=	Amplitudo
C	=	Kecepatan rambat gelombang
C_0	=	Kecepatan rambat gelombang laut dalam
HWL	=	High Water Level
LWL	=	Low Water Level
H_{max}	=	Tinggi Gelombang Maximum
H_{min}	=	Tinggi gelombang mainimum

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pemecah gelombang atau dalam bahasa Inggris breakwater adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang air laut dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai dan untuk menenangkan gelombang di pelabuhan sehingga kapal dapat merapat di pelabuhan dengan lebih mudah dan cepat. (Sudirman, M.H, dkk. 2017). Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri dari pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran (Triadmodjo, B, 2010).

Pemecah gelombang sisi miring biasanya dibuat dari tumpukan batu alam yang dilindungi oleh lapis pelindung berupa batu besar atau beton dengan bentuk tertentu. Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di pantai perairan Indonesia kebanyakan dari tanah lunak. Selain itu batu alam sebagai bahan utama juga banyak tersedia (Wigati, R. dkk. 2018).

Dalam penelitian tentang pengaruh kedalaman air terhadap transmisi dan refleksi gelombang pada pemecah gelombang komposit batu dan balok kotak (Sudirman, M.H, dkk. 2017). Dimana penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan bahan pertimbangan pengembangan teknologi pemecah gelombang dan sebagai acuan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai pemecah gelombang yang efisien dan ekonomis. perencanaan pemecah gelombang (Breakwater) sisi miring

di pelabuhan merak dengan menggunakan batu pecah dan tetrapod (Restu Wigati, 2018) dimana penelitian ini bertujuan untuk merencanakan tata letak dan merancang pemecah gelombang sebagai alternatif untuk melindungi pelabuhan merak. Disipasi energi gelombang yang merambat melalui struktur bawah air (Paotonan C,dkk.2011) bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh parameter gelombang dan struktur terhadap peredaman gelombang yang merambat melalui struktur bawah air.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, maka penulis mengangkat tugas akhir dengan judul **"Studi Model Pada Pemecah Gelombang Berongga Bentuk Lingkaran Terhadap Gelombang Refleksi"**

B. Rumusan Masalah

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dapat dijabarkan dalam rumusan masalah sebagai berikut

1. Menganalisis parameter yang berpengaruh terhadap gelombang refleksi pada model pemecah gelombang berongga lingkaran?
2. Seberapa besar pengaruh parameter terhadap gelombang refleksi pada model pemecah gelombang berongga bentuk lingkaran?

C. Tujuan Penelitian

Terkait dengan masalah yang telah dirumuskan sebelumnya, maka tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis parameter yang berpengaruh terhadap gelombang refleksi pada model pemecah gelombang berongga bentuk lingkaran.

2. Untuk menganalisis pengaruh parameter terhadap gelombang refleksi pada model pemecah gelombang berongga bentuk lingkaran.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan yang meminimalisir energi gelombang dengan membuat kemiringan pori/lubang pada pemecah gelombang yang bermanfaat bagi pengembangan tipe pemecah gelombang yang ramah terhadap lingkungan, manfaat dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Dapat dijadikan sebagai bahan acuan dan informasi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan struktur peredam gelombang berpori.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan inovasi struktur bangunan pemecah gelombang yang variatif, efektif yang berkaitan dengan refleksi gelombang.
3. Salah satu kegiatan yang membutuhkan hasil dalam kajian ini adalah penggunaan bahan/material yang lebih sedikit untuk perlindungan areal pantai, selain itu rongga yang terdapat pada pemecah gelombang sebagai media biota-biota laut untuk berkembang biak.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat berjalan efektif dan mencapai sasaran maka penelitian dibatasi pada :

1. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*reguler wave*) yang belum pecah,
2. Gelombang yang datang tegak lurus terhadap model,

3. Gaya gelombang terhadap stabilitas alat peredam energi tidak dikaji,
4. Fluida yang digunakan adalah air tawar dengan tidak memperhitungkan salinitas dan pengaruh mineral air,
5. Model pemecah gelombang yang digunakan berbentuk sisi miring dengan rongga lingkaran,
6. Kedalaman air yang digunakan 3 variasi.

F. Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN, Dalam bab ini, berisi tentang latar belakang masalah penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang diamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian bagi pengembangan tipe pemecah gelombang, ruang lingkup sebagai batasan dalam penulisan, serta sistematika dan organisasi tentang pengenalan isi per bab dalam disertasi.

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

BAB III METODOLOGI PENELITIAN, Dalam bab ini, dijelaskan metode yang digunakan dalam penelitian ini, dimana tempat penelitian akan dilaksanakan

di Laboratorium Hidrodinamika Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan membuat model pemecah gelombang sisi miring berpori, variabel yang akan diteliti baik variabel terikat maupun variabel bebas, pelaksanaan studi model dengan berbagai parameter, pelaksanaan simulasi dengan menggunakan saluran pembangkit gelombang (*Wave Flume*).

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Bab ini berisi analisis data yang terlibat dalam penelitian tentang Pengaruh model pemecah gelombang sisi miring dengan rogga lingkaran.

BAB V PENUTUP, Berisi kesimpulan dan saran terhadap permasalahan dan tujuan penelitian yang telah di bahas pada bab sebelumnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pemecah Gelombang/ Breakwater

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Pemecah gelombang sambung pantai merupakan bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan kegiatan bongkar muat. Sedangkan pemecah gelombang lepas pantai merupakan bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang.

Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transpor sedimen yang menyebabkan pengendapan sedimen di daerah tersebut. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya cusplate, sedangkan apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo.

Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran

(Triadmodjo, B, 2010). Keuntungan dan kerugian ketiga tipe tersebut disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Keuntungan dan kerugian tipe pemecah gelombang

Tipe	Keuntungan	Kerugian
Pemecah Gelombang Sisi Miring	1. Elevasi puncak bangunan rendah 2. Gelombang refleksi kecil 3. Kerusakan berangsur-angsur 4. Perbaikan mudah 5. Murah	1. Dibutuhkan jumlah material besar 2. Pelaksanaan pekerjaan lama 3. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar 4. Lebar dasar besar
Pemecah Gelombang Sisi Tegak	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil 3. Luas perairan pelabuhan lebih besar 4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga 5. Biaya perawatan kecil	1. Mahal 2. Elevasi puncak bangunan tinggi 3. Tekanan gelombang besar 4. Kesulitan saat perbaikan 5. Diperlukan peralatan berat 6. Erosi pada kaki pondasi

Pemecah Gelombang Campuran	1. Pelaksanaan pekerjaan cepat	1. Mahal
	2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil	2. Diperlukan peralatan berat
	3. Luas perairan pelabuhan besar	

Sumber: Perencanaan Pelabuhan (Triatmodjo,B, 2010)

B. Karakteristik Gelombang

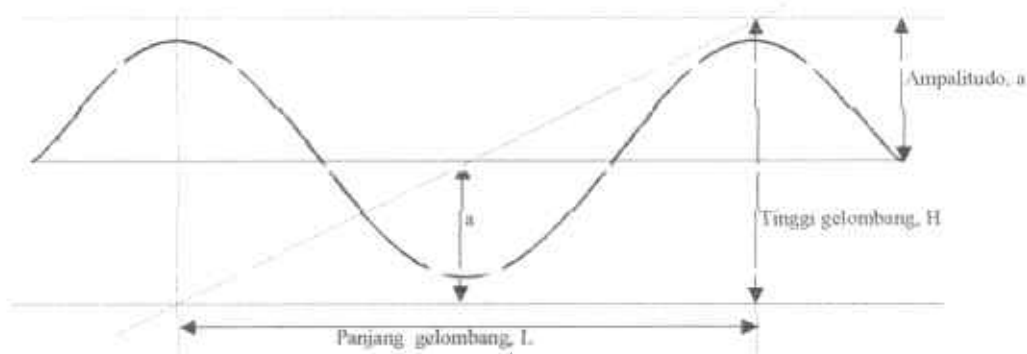
Gelombang permukaan merupakan salah satu bentuk penyaluran energi yang biasanya ditimbulkan oleh angin yang berhembus di atas lautan. Sifat gelombang yang datang menuju pantai sangat dipengaruhi oleh kedalaman air dan bentuk profil pantainya (*beach profile*), selain tentunya parameter dan karakter gelombang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

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air di mana gelombang tersebut menjalar. Parameter-parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas. Adapun pengertian dari beberapa parameter, (Triatmodjo,B, 2010):

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

- b. dua lembah gelombang. Tinggi gelombang datang (H_i) adalah jarak antara puncak dan lembah gelombang.
- c. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
- d. Kecepatan rambat gelombang (*celerity*) (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan C , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang.
- e. Kecuraman gelombang (*wave steepness*) = Perbandingan antara tinggi gelombang dengan panjang gelombang (H/L). Tinggi gelombang adalah perbedaan tinggi gelombang secara vertical, yaitu antara puncak gelombang dan lembahnya. Sedangkan panjang gelombang adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berdekatan.
- f. Ketinggian relatif (*relative height*) = Perbandingan antara tinggi gelombang dengan kedalaman (H/d)
- g. Kedalaman relatif (*relative depth*) = Perbandingan antara kedalaman dengan panjang gelombang (d/L)
- h. Amplitudo (a) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ($H/2$).

Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada gambar 1. *Sumber. (Triatmodjo,B, 2010)*



Gambar 1. Karakteristik Gelombang

Ditunjukkan sebagai berikut

$$L = \frac{gT^2}{\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right) \quad (1)$$

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:

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

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

terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang.

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

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

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

C. Deformasi Gelombang

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

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

b. Difraksi gelombang akan terjadi apabila gelombang yang datang terhalang oleh suatu penghalang yang dapat berupa bangunan pemecah gelombang maupun pulau-pulau kecil yang ada disekitarnya. Akibatnya dari terhalang gelombang

c. datang akan membelok di sekitar ujung rintangan/penghalang dan masuk ke daerah terlindung yang adadi belakangnya. Dalam hal ini, akan terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus ke daerah terlindung. Fenomena difraksi gelombang sangat penting diperhatikan dalam Perencanaan Pelabuhan dan Bangunan Pemecah Gelombang.

d. Refleksi gelombang merupakan pemantulan suatu gelombang yang terjadi apabila gelombang yang datang membentur atau menggantung suatu tembok atau penghalang seperti bangunan pemecah gelombang. Fenomena refleksi dapat ditemukan di kolam pelabuhan. Pemantulan gelombang dapat ditentukan oleh koefisien refleksi yang berbeda-beda untuk berbagai macam dan tipe bangunan.

D. Klasifikasi teori gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman perairan di mana 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 berikut.

Tabel 2. 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	$< 0,05$	$< ,25$	$2\pi d/L$

Sumber: Anas, m. (2014).

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. (Triatmodjo, B, 2010).



Gambar 2. Model Gerak partikel air dalam gelombang

a) Gelombang berdiri progresif

Apabila gelombang merambat dan dipengaruhi oleh gaya luar, maka amplitudo gelombang dapat berubah. Apabila amplitudo gelombang berubah terhadap ruang dan waktu disebut gelombang progresif atau gelombang berjalan. Sedangkan jika berubah terhadap waktu disebut gelombang berdiri atau *standing wave/clapotis* (Dean dan Dalrymple, 1992).

b) Gelombang berdiri parsial

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

E. Gelombang Refleksi

Gelombang datang yang mengenai/membentur satu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bagian pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan, maka bangunan-bangunan yang ada di pelabuhan/pantai harus dapat menyerap/menghancurkan energi gelombang. Susunan pancangan struktur tersebut berfungsi untuk merefleksikan gelombang. Alat ini dapat berfungsi dengan baik jika pancangan struktur dibuat serapat mungkin. Kekurangan dari jenis ini adalah diperlukan pekerjaan pemancangan yang banyak.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i). Berdasarkan tinggi gelombang maksimum H_{max} dan tinggi gelombang minimum H_{min} yang diukur pada berapa titik di depan dan di belakang model diperoleh (Dean dan Danrymple, 1993) :

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

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

F. Teori Energi Gelombang

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

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \frac{E_r}{E_i} \quad (5)$$

Dengan : K_r : koefisien refleksi gelombang,

H_r : tinggi gelombang refleksi,

H_i : tinggi gelombang datang

Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model, koefisien refleksi berbagai tipe bergunangan diberikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Koefisien Refleksi

Tipe Bangunan Peredam Energi	K_r
Dinding vertikal dengan puncak diatas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,5
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

Sumber: Buku teknik pantai hal.91(Triatmodjo,B, 2008)

Di mana energi refleksi $E_r = \frac{1}{8} \rho g H r^2$ dan energi gelombang datang adalah $E_t = \frac{1}{8} \rho g H t^2$ dengan ρ adalah rapat massa zat cair dan g adalah percepatan gravitasi. Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total hingga 0 untuk tidak ada refleksi.

G. 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 di definisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model. Sebangun geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan di mana 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 horizontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (6)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (7)$$

Dengan :

n_L = skala panjang

n_h = skala tinggi

L_p = ukuran panjang prototipe

L_m = ukuran panjang model

n_p = ukuran tinggi pada prototipe

h_m = ukuran tinggi pada model

1. Sebangun kinematika

Sebangun kinematika 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

arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horizontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi n_u , skala percepatan n_a , dan skala waktu n_T didefinisikan sebagai berikut :

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

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

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \quad (10)$$

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

2. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematika, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

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

Untuk penelitian refleksi terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froude. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(U^2 / L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL} \quad (12)$$

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

$$n_F = \frac{n_I}{n_L} \quad (13)$$

$$n_F = \frac{F_m}{F_p} = 1 \quad (14)$$

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

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s = 1 \quad (15)$$

Sedangkan skala waktu n_t dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_t = n_L^{1/2} \quad (16)$$

$$n_g = 1 \quad (17)$$

3. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

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

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froud. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

H. Penelitian yang terkait

Penelitian-penelitian terdahulu yang terkait dalam penelitian kami yaitu :

1. Pengaruh kedalaman air terhadap transmisi dan refleksi gelombang pada pemecah gelombang komposit batu dan balok kotak dengan metode

penelitian Pemodelan fisik secara Eksperimental, yakni observasi dibawah kondisi buatan (artificial condition), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh si peneliti dengan menggunakan skala model.

2. Pengaruh periode dan kedalaman air terhadap kecuraman gelombang pada flume persiapan percobaan peredaman gelombang dengan metode penelitian yaitu eksperimental laboratorium dengan menggunakan flume gelombang dengan karakteristik gelombang yang dibangkitkan terdiri dari 3 variasi periode
3. Studi perubahan profil pantai di sekitar pemecah gelombang berpori bawah permukaan air (submerged porous breakwater) tipe lurus dan zigzag dengan metode penelitian yaitu metode model fisik pemecah gelombang skala tak distorsi 1:20 dengan kemiringan pantai yang dimodelkan adalah 1:20.
4. Disipasi energi gelombang yang merambat melalui struktur bawah air dengan metode penelitian yaitu penelitian eksperimental yang dilakukan dalam saluran gelombang (wave flume) yang dilengkapi dengan alat pembangkit gelombang dan alat ukur gelombang.
5. Pengaruh elevasi muka air laut pada koefisien transmisi dan refleksi composite breakwater dengan metode penelitian yaitu pengujian fisik di laboratorium dengan melakukan variasi-variasi periode gelombang, tinggi gelombang dan elevasi muka air laut dengan spektrum gelombang jonswap

6. Pemodelan respon struktur pemecah gelombang tipe terapung dengan peredam tambahan (heave plate) dengan metode penelitian yaitu secara eksperimental yang di lakukan pada model gelombang regular dimana gelombang dicatat menggunakan alat wave gauge sedangkan pencatatan respon gerak struktur menggunakan alat accelerometer.



datangnya gelombang, lebar, tinggi dan panjang model pemecah gelombang diatur berdasarkan kebutuhan (menyesuaikan *flume*).

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian adalah :

Model pemecah gelombang sisi miring berlubang dan berongga, terbuat dari bahan Kayu dengan ukuran lebar (B) = 30 cm (disesuaikan dengan lebar flume), panjang model (P) = 60 cm (disesuaikan dengan panjang gelombang) dan tinggi model (h) = 15 cm (disesuaikan dengan tinggi flume).

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah :

1. Saluran gelombang yang dilengkapi alat pembangkit gelombang dan peredaman gelombang yang terbuat dari flume baja dengan panjang 15 m, lebar 0,3 m dan tinggi efektif 0,8 m.

Gambar 4. tangki pembangkit gelombang (*Wave Flume*)

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



Gambar 5. unit pembangkit gelombang tipe flap

3. Komputer yang dilengkapi aplikasi pembaca gelombang untuk pengambilan data.



Gambar 6. Komputer dan Wave star ukur digunakan untuk mengukur kedalaman air,

4. Meteran untuk mengukur tinggi gelombang,
5. *Stopwacth* untuk mengukur periode gelombang,
6. Kamera untuk dokumentasi,
7. Tabel dan Alat Tulis,

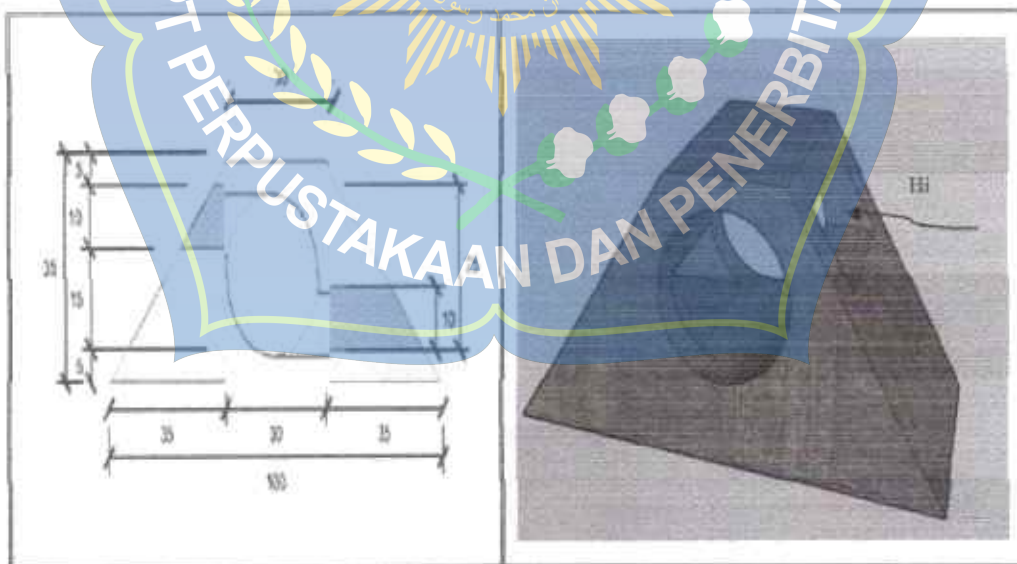
D. Variabel Penelitian

Variabel terikat yang diteliti adalah periode gelombang (T), Panjang gelombang (L), kedalaman air (d), sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang datang (H_i), kecuraman gelombang (H_i/L), dan koefisien gelombang refleksi (K_r)

E. Pelaksanaan Studi Model

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

1. Model terbuat dari bahan kayu yang dibuat rongga berbentuk bulat serta dengan ukuran tertentu.
2. Lebar model (B) = 30 cm dan tinggi model (h) = 15 cm, panjang model = 60 cm disesuaikan dengan *wave flume* yang tersedia.



Gambar 7. Model struktur pemecah gelombang sisi miring berongga, dengan bentuk rongga lingkaran

3. Parameter model yang diteliti adalah bentuk rongga lingkaran dengan ukuran tertentu. Variasi parameter model diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel 5. Variasi parameter model

NO	Jenis Variasi	Jumlah Variasi	Bentuk
1.	Bentuk rongga	1 variasi	Lingkaran
2.	Kemiringan	1 variasi	55°

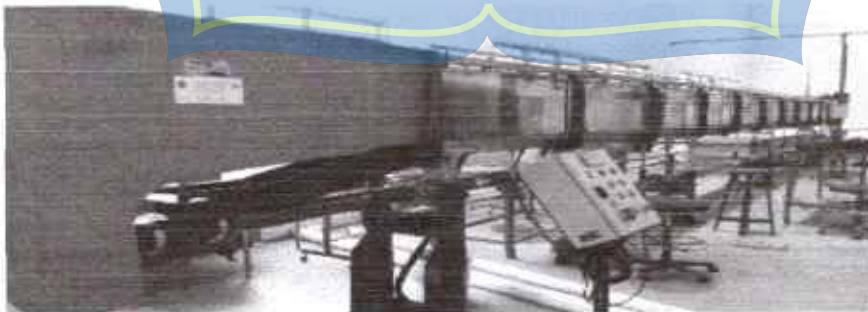
4. Parameter gelombang yang diteliti adalah Bentuk rongga, kemiringan serta kedalaman air ($d = 27 \text{ cm}$, 23 cm dan $19,5 \text{ cm}$). Variasi parameter gelombang diperlihatkan pada tabel 6.
5. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh data tinggi gelombang Atas (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) sehingga akan diperoleh tinggi gelombang datang (H_i). Data yang diukur dicatat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 6. Table Rancangan Simulasi Model

Bentuk Rongga	Kedalaman Sudut (α)	Kedalaman d (cm)	T (dik)	stake	Probe 1			Probe 2			Probe 3		
					P.A	P.B	H (cm)	P.A	P.B	H (cm)	P.A	P.B	H (cm)
Lingkaran	55°	27	1.5	4									
				5									
				6									
			1.3	4									
				5									
				6									
			1.2	4									
				5									
				6									
		23	1.5	4									
				5									
				6									
			1.3	4									
				5									
				6									
			1.5	4									
				5									
				6									
			1.3	4									
				5									
				6									
			1.2	4									
				5									
				6									

F. Pelaksanaan Simulasi

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

**Gambar 8.** Saluran pembangkit gelombang (*Wave flume*)

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

1. Mula-mula model (M-1) diletakkan di jarak $\pm 7,5$ m dari pembangkit gelombang dimana ukuran *flume* yang digunakan sepanjang 15 m dan diatur sedemikian rupa sehingga tidak erubah dan bergoyang pada saat dilakukan runing.

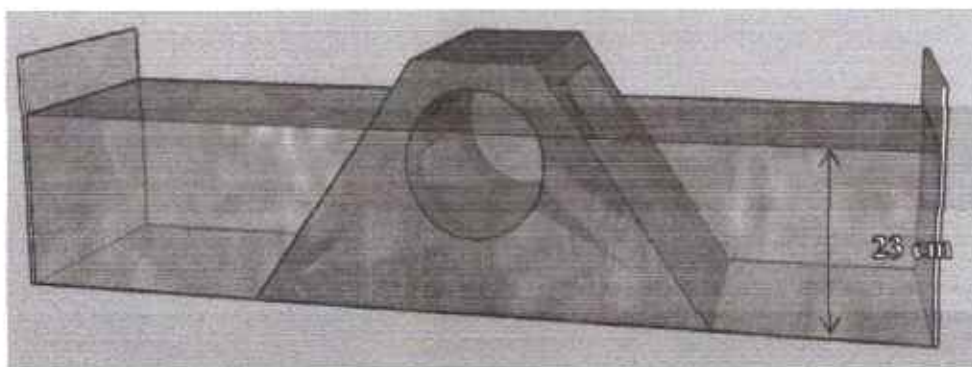


Gambar 9. Posisi Model pemecah gelombang pada flume

2. Atur tinggi muka air diam ($d = 27$ cm, 23 cm dan $19,5$ cm) yang direncanakan dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan serta mengatur variasi tinggi gelombang ($H1$) dan variasi periode gelombang (T).



Gambar 10. Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 27 cm.



Gambar 11. Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 23 cm.

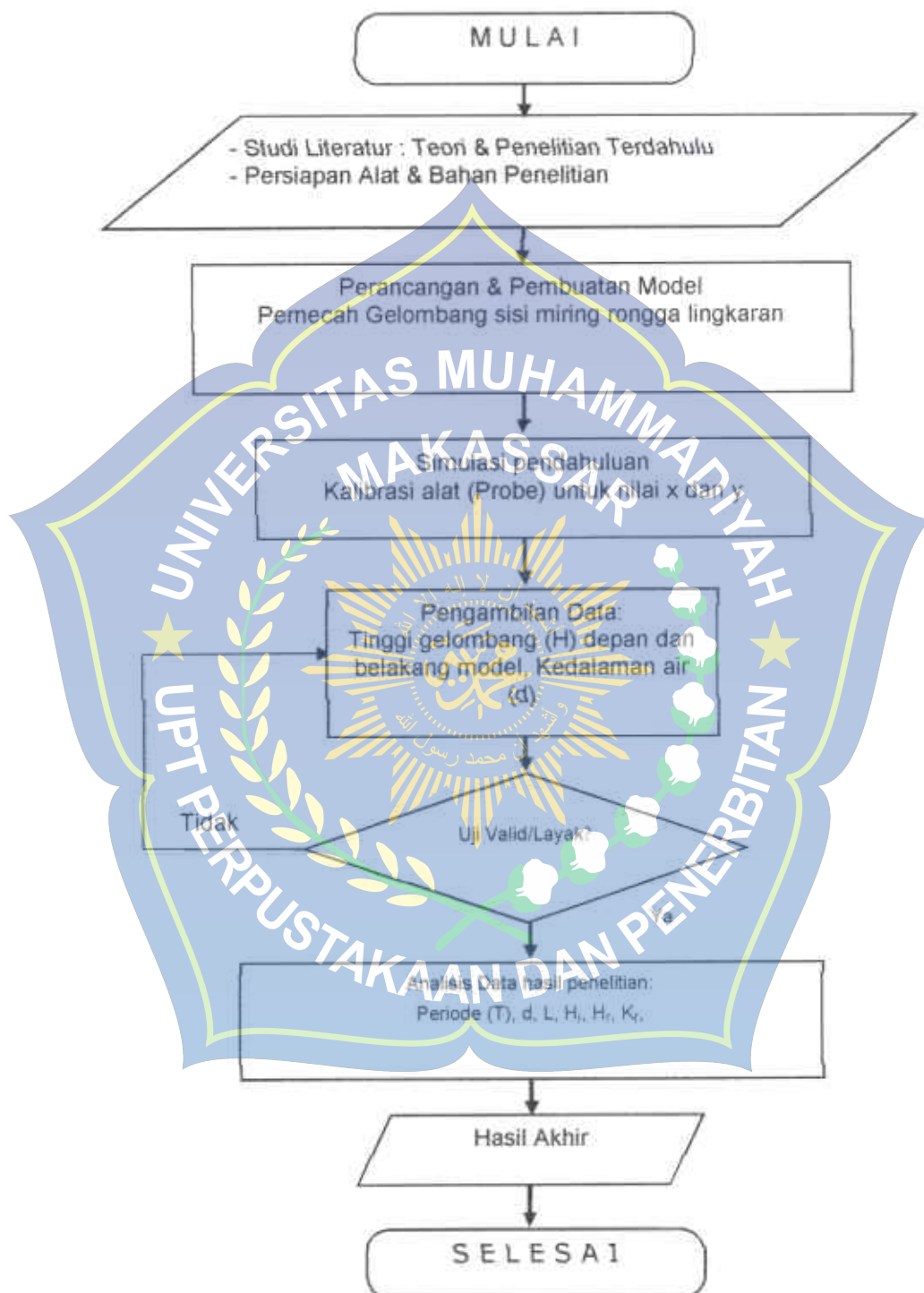


Gambar 12. Posisi model pemecah gelombang pada flume kedalaman 19,5 cm

3. Setelah semua komponen siap, running dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
4. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diukur secara otomatis dimana probe 1 dan 2 di depan model dan probe 3 di belakang model.
5. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan setelah gelombang dibangkitkan yaitu pada saat gelombang dalam kondisi stabil. Kemudian hasil pembacaan akan muncul di monitir komputer.

G. Flow chart Prosedur Percobaan Penelitian

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



Gambar 13. Bagan Alir (Flow Chart)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari seluruh kegiatan eksperimen yang telah dilakukan di laboratorium Hidrolika departemen teknik sipil Universitas Hasanuddin akan dipaparkan sebagai berikut :

1. Panjang Gelombang (L)

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua cara, yaitu dengan pengukuran secara langsung dan melalui metode iterasi dari persamaan panjang gelombang yang ada. Untuk pengukuran langsung di laboratorium dapat diketahui dengan mengukur panjang gelombang secara langsung yang terdiri dari 2 bukit dan 1 lembah menggunakan alat ukur meteran ataupun dengan menggunakan Aplikasi. 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 dalam bab 2.

Diketahui : $d = 0,27 \text{ cm}$

$$T = 1,2 \text{ di}$$

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

Untuk perhitungan panjang gelombang dapat di lihat dalam rumus sebagai berikut:

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

$L_0 = 2,246 \text{ m}$

$d/L_0 = 27/2,246 = 0,1202 \text{ m/dtk}$

$d/L = 0,1583$ (tabel lampiran 1, untuk nilai $d/L_0 = 0,1202 \text{ m/dtk}$)

$\frac{d}{d/L} = \frac{0,27}{0,1583}$

$L = 1,706 \text{ m} \neq 170,6 \text{ cm}$

Terkait dengan perhitungan panjang gelombang pada kedalaman 27 cm,23 cm dan 19,5 cm dengan Priode dan masing-masing struk dapat di lihat pada pada tabel sebagai berikut

Tabel 7. Data perhitungan panjang gelombang.

No	Bentuk Rongga	Kemiringan Sudut (α)	Kedalaman (d)	Priode (T)	Panjang Gelombang (L)
			cm	dtk	cm
1					
2				1,2	170,6
3					
4				1,3	188,7
5			27		
6				1,5	224,3
7					
8				1,2	175,2
9					
10				1,3	177,3
11					
12				1,5	227,0
13					
14	Lingkaran	54°	23	1,3	177,3
15					
16				1,5	227,0
17					
18				1,2	138,6
19					
20			19,5	1,3	195,3
21					
22				1,5	263,6
23					
24					
25					
26					
27					

Sumber : Hasil pengambilan data

2. Data Tinggi Gelombang

Dari hasil eksperimen dan pencatatan tinggi gelombang di tiap titik lokasi pengamatan diambil nilai maksimum H_{max} dan tinggi gelombang minimum H_{min} , di depan dan di belakang model. Pencatatan menggunakan alat ukur berupa mistar dengan skala pembacaan hingga ketelitian mm. Berikut disajikan tabel hasil pengamatan tinggi gelombang pemecah gelombang berongga lingkaran pada kedalaman 27 cm, 23 cm, dan 19,5 cm untuk setiap periode 1,5 dtk, 1,3 dtk dan 1,2 dtk.

Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada kedalaman 27 cm periode 1,2 di model pemecah gelombang berongga lingkaran adalah sebagai berikut

Diketahui :

$$H_{max} = 3,080 \text{ cm}$$

$$H_{min} = 2,609 \text{ cm}$$

Dimana

$$H_{max} = \text{Pembacaan Atas (Probe 2)} - \text{Pembacaan Bawah (Probe 2)}$$

$$H_{min} = \text{Pembacaan Atas (Probe 1)} - \text{Pembacaan Bawah (Probe 1)}$$

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

$$H_i = \frac{3,080 + 2,609}{2}$$

$$H_i = 2,845 \text{ cm}$$

Untuk perhitunga tinggi gelombang datang dapat di lihat dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 8. Data tinggi gelombang kedalaman 27 cm setiap periode 1,5 dtk, 1,3 dtk dan 1,2 dtk pada pemecah gelombang:

No	Bentuk Rongga	Ketinggian Salut (a)	Kedalaman (d)	Periode (T)	Panjang Gelombang (L)	stroke	Probe 1			Probe 2			Probe 3			H
							PA	PB	H Min (PA-PB)	PA	PB	H Max (PA+PB)	H Max	H Min	(Hmax-Hmin)/2	
			cm	dk	cm		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
1				1,2	170,6	4	1,723	-0,086	2,609	2,3240	-0,7558	3,080	1,234	-0,052	2,885	
2						5	1,808	-0,949	2,827	2,4750	-1,6400	4,083	1,454	-1,242	3,463	
3						6	1,986	-1,005	3,045	2,5756	-1,9866	4,322	1,655	-2,475	4,197	
4				1,3	188,7	4	1,646	-0,860	2,512	2,2135	-1,7577	3,971	1,324	-1,546	3,241	
5						5	1,757	-0,990	2,747	2,3360	-1,8750	4,211	1,444	-1,785	3,479	
6						6	1,868	-1,250	3,118	2,4340	-2,0970	4,531	1,613	-2,211	3,925	
7				1,5	224,3	4	1,536	-0,676	2,212	2,1130	-1,8860	3,999	1,254	-0,689	3,118	
8						5	1,646	-0,977	2,623	2,2064	-1,8800	4,205	1,957	-1,242	3,414	
9						6	1,756	-0,807	2,563	2,2740	-2,0102	4,343	2,313	-2,452	3,544	
10				1,3	175,2	4	1,825	-0,998	2,823	2,2570	-1,9569	4,213	1,465	-0,256	2,996	
11						5	1,955	-0,830	2,785	2,3560	-2,0400	4,400	1,302	-2,420	4,557	
12						6	2,024	-0,422	2,442	2,6660	-1,4834	4,149	2,976	-0,975	3,347	
13				1,3	177,3	4	1,927	-0,766	2,693	2,2734	-1,9464	4,220	0,926	-0,975	3,317	
14	Lingkaran	14	27			5	2,083	-0,835	2,908	2,3440	-2,0180	4,362	1,754	-1,087	3,525	
15						6	2,324	-1,000	3,324	2,6460	-2,1110	4,777	1,857	-2,229	4,584	
16				1,5	227,0	4	1,537	-0,977	2,514	1,8950	-1,9750	1,930	203	-1,235	3,222	
17						5	1,645	-1,020	2,666	2,1370	-2,0138	4,147	1,525	-1,575	3,407	
18						6	2,753	-2,220	4,974	2,5630	-2,8366	5,392	1,876	-0,298	5,281	
19				1,2	138,6	4	1,645	-0,224	1,870	2,4356	-0,7106	2,766	0,052	-0,800	2,333	
20						5	1,756	-1,508	3,264	2,5560	-0,9780	3,534	0,964	-2,435	3,899	
21						6	1,738	-1,783	3,541	2,6475	-1,1523	3,800	1,634	-3,586	3,670	
22				1,3	195,3	4	1,505	-0,909	2,414	2,3256	-0,2430	2,569	0,024	-1,757	2,695	
23						5	1,846	-0,845	2,691	2,4460	-0,5364	2,982	1,236	-2,640	2,740	
24						6	1,787	-1,754	3,541	2,5360	-1,0232	3,559	1,973	-3,645	3,528	
25				1,5	203,6	4	1,222	-0,300	1,532	1,5204	-0,6776	2,198	0,643	-1,576	2,351	
26						5	1,723	-0,381	1,904	2,6450	-0,7446	3,390	1,780	-2,540	3,647	
27						6	1,500	-0,645	2,145	2,7570	-0,5630	3,624	2,754	-2,607	3,685	

Sumber : Hasil pengambilan data

3. Gelombang Refleksi

Tinggi Gelombang datang (Hi) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (Hmax) dan tinggi gelombang minimum (Hmin) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan Hmax dijumlahkan dengan Hmin kemudian hasil

penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i) dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (3).

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, fenomena gelombang ini disebut gelombang refleksi. Tinggi gelombang refleksi (H_r) dapat diselesaikan dengan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan gelombang refleksi di depan model pada kedalaman 27 cm periode 1,2 dt model pemecah gelombang berongga lingkaran yakni sebagai berikut :

$$H_{\max} = 3,080 \text{ cm}$$

$$H_{\min} = 2,609 \text{ cm}$$

Dimana,

$$H_{\max} = \text{Pembacaan Atas (Probe 2)} - \text{Pembacaan Bawah (Probe 2)}$$

$$H_{\min} = \text{Pembacaan Atas (Probe 1)} - \text{Pembacaan Bawah (Probe 1)}$$

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

$$H_r = \frac{3,080 - 2,609}{2}$$

$$H_r = 0,235 \text{ cm}$$

Dimana data perhitungan gelombang refleksi dapat di lihat dalam table sebagai berikut:

Tabel 9. Data gelombang refleksi pada setiap kedalaman dan setiap periode

No	Bentuk Bangun	Ketinggian Bangun (m)	Kedalaman (d)	Periode (T)	Panjang Gelombang (L)	stake	Pulse 1			Pulse 2			Pulse 3			H _i	H _r
							Pa	PB	H Min (Pa, PB, L)	Pa	PB	H Max (Pa, PB, L)	H Max PB-Max	H Min PB-Min			
			cm	dk	cm		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	
1	Lingkar	90°	27	1.2	170.6	4	1.713	-0.886	2.670	2.1340	-0.7559	3.085	1.234	-0.052	2.86	0.19	
5						1.669	-0.900	2.877	2.4350	-1.3480	4.001	1.654	1.240	3.40	0.23		
6						1.360	-1.045	3.045	3.3356	-1.0060	4.532	1.655	-2.431	4.13	0.31		
3				1.3	186.7	4	1.546	-0.906	2.572	2.3735	-1.7571	3.971	1.324	-1.346	3.81	0.73	
5						1.377	-0.930	2.347	2.1360	-1.8750	4.211	1.364	-1.789	3.69	0.72		
6						1.369	-1.250	3.139	2.4240	-2.0770	4.531	1.313	-2.211	3.00	0.70		
7				1.3	234.7	4	1.536	-0.876	2.332	2.1130	-1.8860	3.999	1.264	-0.600	3.35	0.59	
5						1.640	-0.975	2.623	2.2104	-1.9800	4.205	1.057	-1.342	3.44	0.75		
6						1.750	-0.949	2.745	2.3240	-1.8781	4.341	1.317	-1.452	3.54	0.70		
10				1.2	179.2	4	1.632	-0.958	2.822	2.2192	-0.9508	3.170	1.645	0.251	3.36	0.74	
5						1.975	-2.130	2.131	2.351	-0.985	3.232	2.420	-0.513	3.25	0.72		
6						1.524	-0.922	2.446	2.5689	-1.4954	4.148	2.076	-0.071	3.40	1.00		
13				1.3	177.2	4	1.302	-0.746	2.677	2.0134	-0.9464	3.901	0.926	-0.975	3.07	0.63	
5						2.013	-0.879	2.888	2.4460	-2.0180	4.162	1.354	-1.087	3.25	0.67		
6						1.434	-0.871	2.831	2.6670	-1.1710	4.177	1.307	-2.231	4.54	0.73		
16				1.3	177.0	4	1.577	-0.879	2.474	2.1440	-1.0980	3.644	1.261	-1.225	3.20	0.73	
5						1.643	-1.021	2.666	2.1730	-1.0770	4.147	1.525	-2.575	3.47	0.74		
6						2.793	-2.121	2.750	2.7500	-2.121	5.595	2.62	0.228	3.33	0.85		
18				1.3	178.6	4	1.345	-0.745	2.204	2.0130	-0.739	3.741	0.932	0.000	3.33	0.40	
5						1.716	-0.938	2.204	2.0130	-0.739	3.741	0.932	0.000	3.33	0.40		
6						1.758	-1.740	2.542	2.6470	-0.9020	3.834	1.654	-1.546	3.07	0.10		
22				1.3	174.3	4	1.343	-0.649	1.962	2.3260	-0.2490	2.540	1.074	-1.217	2.82	0.13	
5						1.346	-0.919	2.431	2.4460	-0.5164	3.902	1.386	-1.643	2.31	0.13		
6						1.207	-0.734	1.971	2.5180	-1.0232	3.559	1.271	-1.640	3.75	0.04		
25				1.3	263.6	4	1.312	-0.922	1.572	1.8334	-0.7778	3.211	1.071	-1.376	2.01	0.06	
5						1.023	-0.941	1.904	2.5400	-0.7436	3.311	1.701	-2.547	1.67	0.14		
6						1.900	-0.685	2.140	2.1570	-0.6070	3.094	2.754	-0.617	0.86	0.14		

Sumber : Hasil pengambilan data

4. 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 : $H_i = 2,845 \text{ cm}$

$L = 170,6 \text{ cm}$

$$\frac{H_i}{L} = \frac{2,845}{170,6}$$

$H_i/L = 0,017 \text{ cm}$

5. Koefisien Refleksi

Sehingga besarnya Koefisien Refleksi (K_r) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (3). Salah satu contoh perhitungan koefisien refleksi gelombang pada kedalaman 27 cm periode 1,5 di model pemecah gelombang sisi miring yakni sebagai berikut :

Diketahui : $H_i = 2,845$ cm

$H_r = 0,235$ cm

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

$$K_r = \frac{0,235}{2,845}$$

$$K_r = 0,083$$

Untuk pertungan kecuraman gelombang dan Koefisien refleksi dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut:



Tabel 10. Data Kecuraman gelombang (Hi/L) dan Koefisien Refleksi (Kr) pada setiap kedalaman dan setiap periode (T)

No	Bentuk Rongga	Kemiringan Sudut (α)	Kedalaman (d)	Periode (T)	Panjang Gelombang (L)	Probe 1			Probe 2			Probe 3			H _i	H _i /L	H _r	K _r			
						PA		PB	H Min (PA+PB)	PA		PB	H Max (PA+PB)	H Min					H Max	H Min	H Max
						cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm					cm	cm	cm
1				1.2	170.6	1.723	-0.886	2.609	2.3240	-0.7558	1.060	1.214	1.454	-1.242	3.460	0.017	0.235	0.063			
2						1.868	0.969	2.837	2.4350	-1.6400	4.083	1.454	1.454	-1.242	3.460	0.020	0.623	0.180			
3						1.900	1.065	2.965	2.3850	-1.5866	4.522	1.655	1.655	-2.435	4.183	0.025	0.339	0.083			
4						1.846	-0.866	2.932	2.3850	-1.2577	3.971	1.324	1.324	-1.546	3.381	0.037	0.730	0.225			
5			27	1.3	185.9	1.937	0.950	2.747	2.3360	-2.2930	4.211	1.344	1.344	-1.785	3.409	0.038	0.732	0.230			
6						1.608	-1.256	1.106	2.4240	-0.6000	4.521	2.033	2.033	-2.211	3.808	0.020	0.702	0.164			
7						1.536	-0.676	2.212	2.1130	-1.8300	3.999	1.254	1.254	-0.909	3.365	0.014	0.894	0.200			
8				1.5	224.3	1.646	-0.977	2.623	2.3164	-1.9068	4.205	1.937	1.937	-1.242	3.414	0.015	0.791	0.232			
9						1.756	-0.983	2.745	2.3240	-2.0192	4.343	2.313	2.313	-2.452	3.544	0.016	0.799	0.225			
10						1.835	-0.938	2.893	2.3230	-1.9568	3.170	1.465	1.465	-0.266	2.296	0.017	0.134	0.058			
11						1.939	-0.139	2.161	2.3560	-0.8460	2.202	2.420	2.420	-0.533	2.676	0.015	0.526	0.196			
12						2.024	-0.433	2.466	2.3649	-1.4834	4.048	2.976	2.976	-0.979	3.287	0.019	0.801	0.247			
13						1.925	-0.318	2.269	2.0144	-2.0144	4.040	0.326	0.326	-0.973	3.307	0.019	0.633	0.180			
14	Langkaran	54	23	1.3	172.9	2.013	-0.833	2.885	2.1440	-0.8393	4.162	1.754	1.754	-1.067	3.325	0.020	0.637	0.180			
15						2.324	-1.396	4.311	2.6400	-1.4000	3.217	1.837	1.837	-2.231	4.564	0.026	0.233	0.051			
16						1.537	0.977	2.514	1.5567	-0.9240	3.520	1.283	1.283	-0.933	3.222	0.014	0.708	0.220			
17						1.645	-1.001	2.669	1.3339	-1.1188	4.167	1.535	1.535	-2.573	3.407	0.015	0.740	0.217			
18						227.0	1.751	-2.321	4.974	2.7563	-0.8393	3.362	1.836	1.836	-0.298	5.280	0.023	0.304	0.058		
19				1.5	180.0	1.645	-0.234	1.859	2.4356	-0.3166	3.466	0.952	0.952	-0.969	2.323	0.017	0.443	0.191			
20						1.796	-1.118	3.264	2.3640	-0.9000	3.244	0.664	0.664	-2.435	3.399	0.025	0.135	0.040			
21						1.748	-1.183	1.541	2.6475	-1.1523	3.800	1.554	1.554	-3.566	3.679	0.026	0.130	0.036			
22						1.949	-0.416	1.982	2.3236	-0.2439	2.669	0.124	0.124	-1.357	2.265	0.012	0.303	0.134			
23			18.5	1.3	195.3	1.646	-0.683	2.511	2.4467	-0.5168	2.982	1.246	1.246	-2.643	2.787	0.014	0.236	0.086			
24						1.757	-1.754	3.511	2.5360	-1.0232	3.559	1.978	1.978	-3.645	3.535	0.018	0.004	0.007			
25						1.433	-0.306	1.532	2.5324	-0.9534	3.410	1.643	1.643	-1.576	2.371	0.009	0.839	0.354			
26				1.5	203.0	1.323	-0.981	1.904	2.6450	-0.6456	3.391	1.787	1.787	-2.547	2.647	0.010	0.743	0.281			
27						1.300	-0.943	2.143	2.7570	-0.8870	3.624	2.754	2.754	-2.637	2.883	0.011	0.740	0.236			

Sumber : Hasil pengambilan data

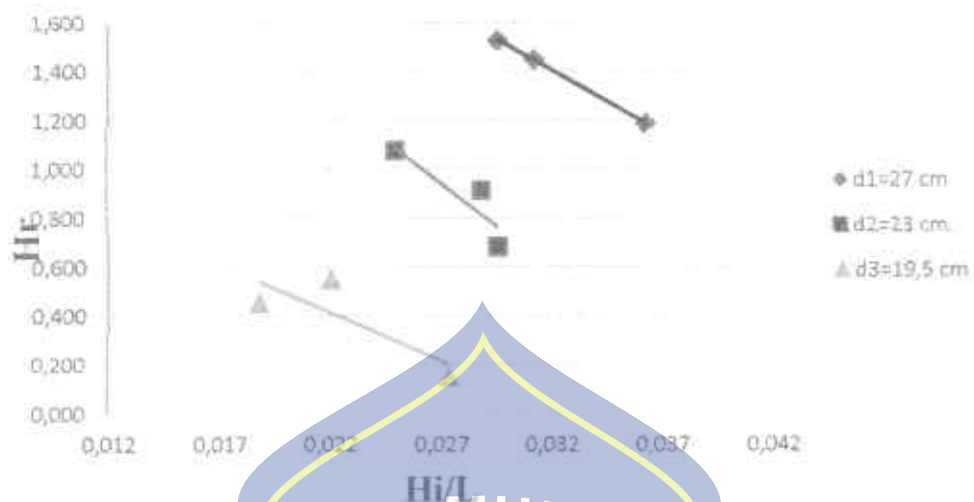
B. Pembahasan

Pada penelitian ini, terdapat 3 jenis variasi yakni pada kedalaman air, periode gelombang, dan St . Pada variasi kedalaman air digunakan kedalaman 27 cm, 23 cm, dan 19,5 cm. Untuk variasi periode gelombang digunakan periode 1,2 dt, 1,3 dtk dan 1,5 dt. Pembahasan dari hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi Priode (T)

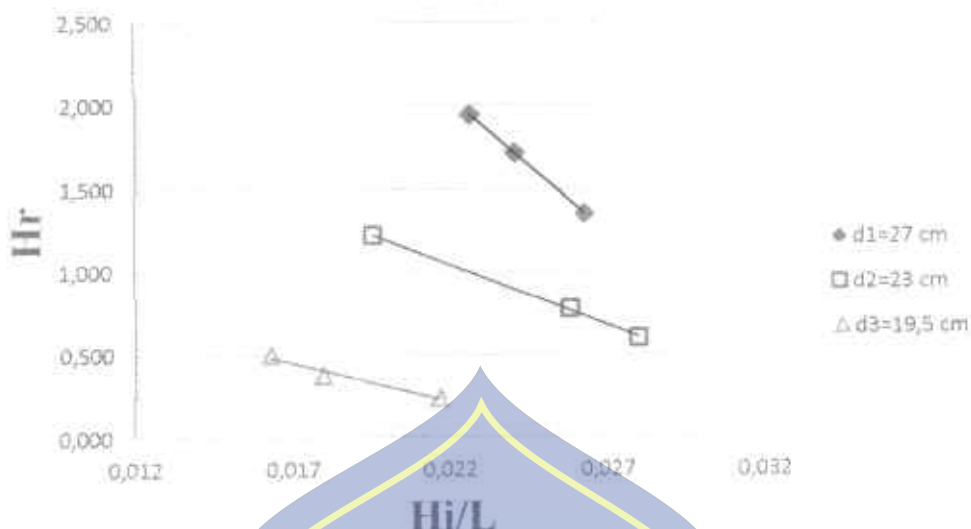
Jika mengambil tinggi gelombang refleksi (H_r) sebagai variabel sumbu Y dan Kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik di bawah ini. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang refleksi (H_r) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang refleksi (H_r) maka Kecuraman gelombang (H_i/L) semakin kecil yang ditentukan berdasarkan penelitian.

Berdasarkan gambar 14 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada Priode 1,2 dimana kedalaman 27 cm berkisar antara 1,189 – 1,529 cm, pada kedalaman 23 cm berkisar antara 0,683 – 1,074 cm dan untuk kedalaman 19,5 cm berkisaran antara 0,154 – 0,555 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut:



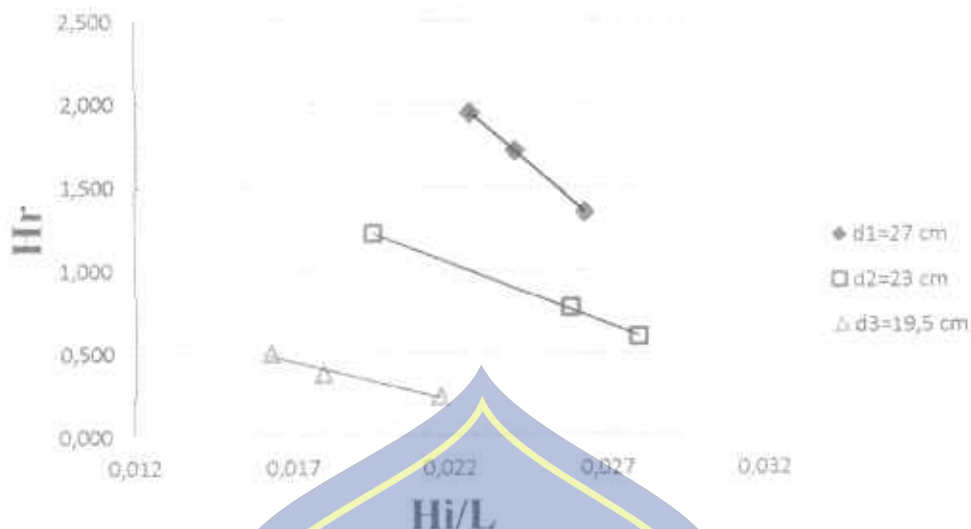
Gambar 14. Perbandingan H_r/L terhadap H/L untuk variasi kedalaman (d) pada T1

Berdasarkan gambar 15 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin menurunnya kecuraman gelombang (H/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada Priode 1,2 yakni untuk setiap kedalaman dimana kedalaman 27 cm berkisar antara 1,352 – 1,948 cm, pada kedalaman 23 cm berkisar antara 0,601 – 1,222 cm dan untuk kedalaman 19,5 cm berkisar antara 0,244 – 0,503 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut:



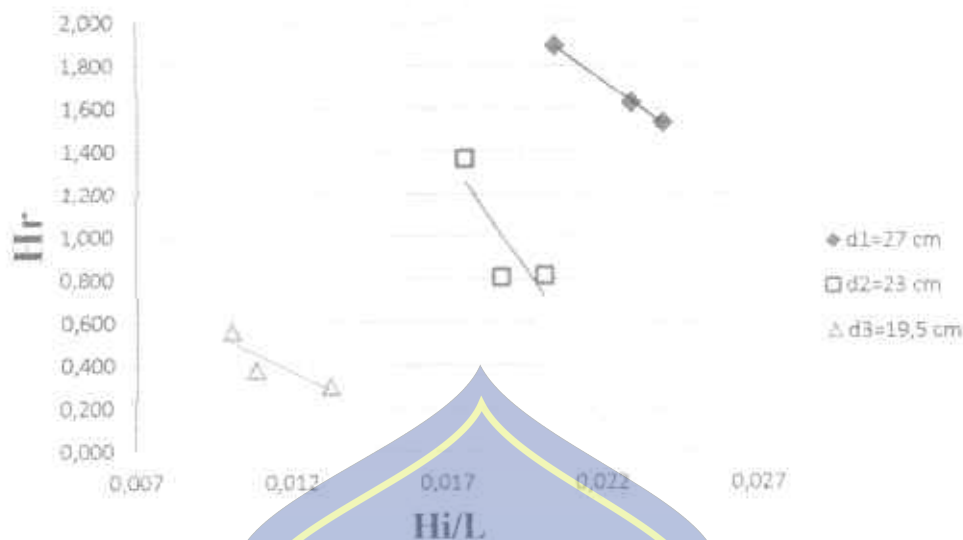
Gambar 15. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman (d) pada T2

Berdasarkan gambar 16 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada Priode 1,5 yakni untuk setiap kedalaman dimana kedalaman 27 cm berkisar antara 1,536 – 1,859 cm, pada kedalaman 23 cm berkisar antara 0,819 – 1,368 cm dan untuk kedalaman 19,5 cm berkisar antara 0,304 – 0,562 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar 15. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman (d) pada T2

Berdasarkan gambar 16 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada Priode 1,5 yakni untuk setiap kedalaman dimana kedalaman 27 cm berkisar antara 1,536 – 1,859 cm, pada kedalaman 23 cm berkisar antara 0,819 – 1,368 cm dan untuk kedalaman 19,5 cm berkisar antara 0,304 – 0,562 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar 16. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman (d) pada T_3

2. Hubungan Kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap Gelombang Refleksi (H_r) pada kedalaman d_1 untuk variasi priode (T).

Jika mengambil tinggi gelombang refleksi (H_r) sebagai variabel sumbu Y dan Kecuraman gelombang (H_i/L) sebagai variabel sumbu X untuk tiap nilai priode maka akan didapatkan grafik seperti gambar di bawah ini. Grafik tersebut menjelaskan tinggi gelombang refleksi (H_r) terdistribusi secara linear seiring dengan semakin tinggi gelombang refleksi (H_r) maka Kecuraman gelombang (H_i/L) semakin rendah yang ditentukan berdasarkan penelitian.

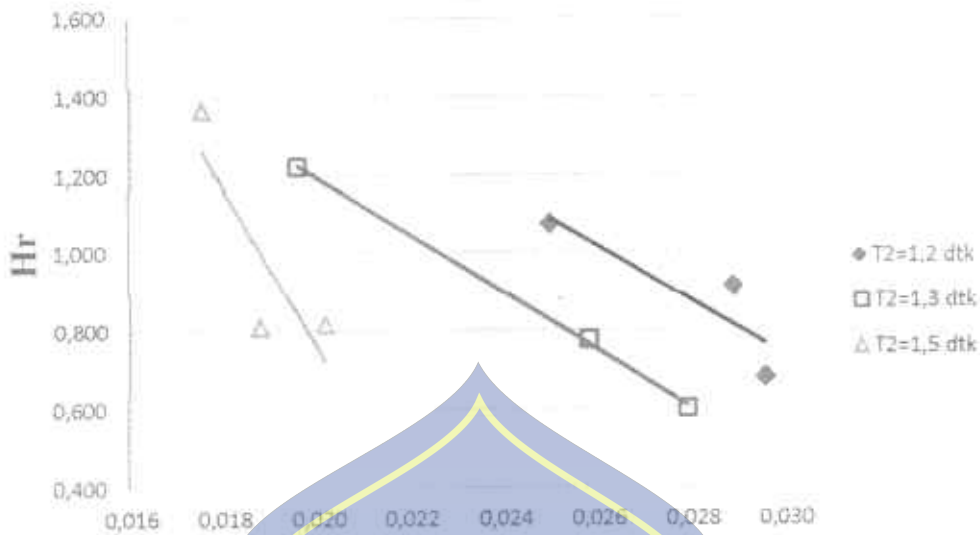
Berdasarkan gambar 17 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada kedalaman 27 cm untuk setiap priode (T) dimana priode 1,2 dtk berkisar antara 1,189 – 1,529 cm, pada priode

1,3 dkt berkisar antara 1,352 – 1,948 dtk dan untuk priode 1,5 berkisaran antara 1,536 – 1,895 cm dalam grafik dapat di lihat sebgai berikut:



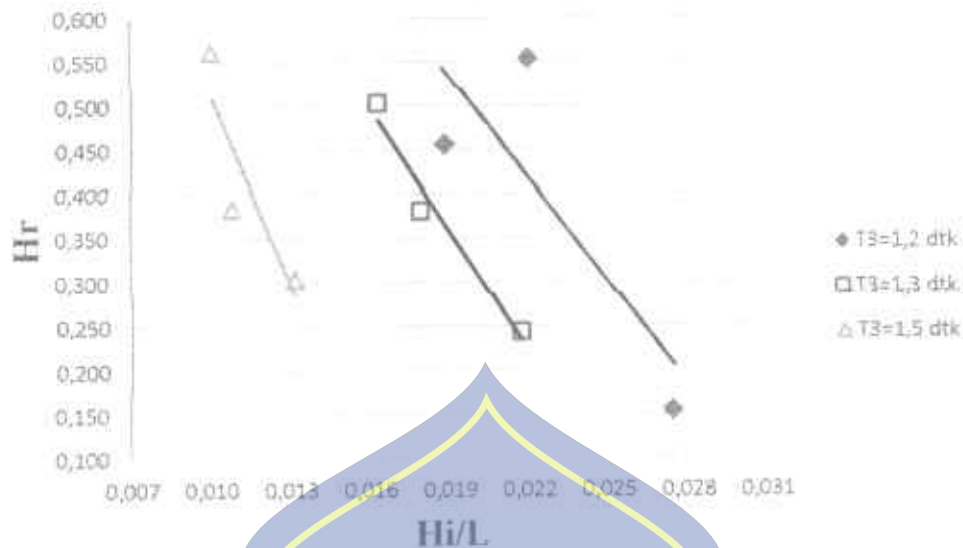
Gambar 17. Hubungan H_i/L terhadap H_r pada kedalaman d_1 untuk variasi Priode

Berdasarkan gambar 18 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada kedalaman 23 cm untuk setiap priode (T) dimana priode 1,2 dtk berkisar antara 0,683 – 1,704 cm, pada priode 1,3 dkt berkisar antara 0,601 – 1,222 cm dan untuk priode 1,5 berkisaran antara 0,811 – 1,368 cm dalam grafik dapat di lihat sebgai berikut:



Gambar 18. Hubungan H_r/L terhadap H_r pada kedalaman d_1 untuk variasi Priode

Berdasarkan gambar 19 maka dapat diperoleh hasil bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin kecil kecuraman gelombang (H/L). Untuk pengaruh kedalaman airnya sendiri pada grafik nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada kedalaman 19.5 cm untuk setiap priode (T) dimana priode 1,2 dtk berkisar antara 0,154 – 0,555 cm, pada priode 1,3 dtk berkisar antara 0,244 – 0,503 cm dan untuk priode 1,5 berkisaran antara 0,304 – 0,562 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut:



Gambar 19. Hubungan H_i/L terhadap H_r pada kedalaman d1 untuk variasi Priode

3. Perbandingan H_i/L terhadap H_r untuk variasi Kedalaman (d)

Variabel yang digunakan dalam penentuan grafik hubungan ini yakni tinggi gelombang refleksi (H_r) dan H_i/L atau kecuraman gelombang sebagai parameter yang merepresentasikan karakteristik gelombang. Digunakan pula priode sebagai parameter kedalaman air. Berdasarkan hasil pengolahan data pada subbab sebelumnya diperoleh kecuraman gelombang (H_i/L) dan tinggi gelombang refleksi (H_r) pada setiap priode (T). Jika mengambil H_i/L sebagai variabel sumbu X dan tinggi gelombang refleksi (H_r) sebagai variabel sumbu Y sebagai perbandingan untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 20. Grafik tersebut menjelaskan perbedaan perbandingan tinggi gelombang refleksi (H_r) dengan semakin kecil nilai kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan hasil penelitian.

Dari gambar 20 dapat disimpulkan bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh perbedaan jenis kedalaman pemecah gelombangnya sendiri, nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada kedalaman 27 cm lebih meningkat di bandingkan dengan kedalaman 23 cm dan 19,5 cm adapun besaran nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) pada grafik ini yakni pada kedalaman 27 cm berkisar 1,189 – 1,948 cm, sedangkan pada kedalaman 23 cm nilai tinggi gelombang refleksinya berkisar 0,601 – 1,368 cm dan pada kedalaman 19,5 cm nilai tinggi gelombang refleksi berkisar 0,154 – 0,562 cm dalam grafik dapat dilihat sebagai berikut.



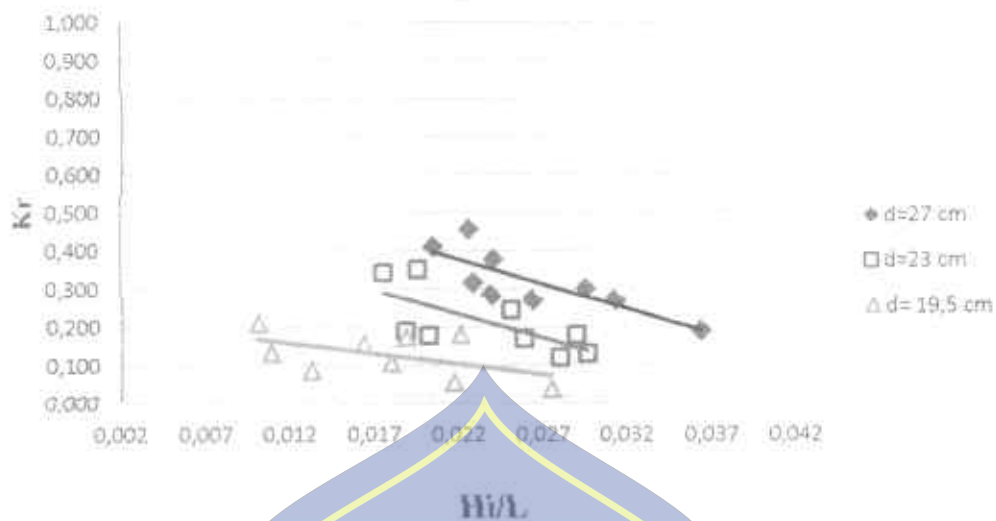
Gambar 20. Hubungan H_i/L terhadap H_r untuk variasi kedalaman (d)

4. Perbandingan H_i/L terhadap K_r untuk variasi Kedalaman (d)

Variabel yang digunakan dalam penentuan grafik hubungan ini yakni koefisien refleksi (K_r) dan H_i/L atau kecuraman gelombang sebagai parameter

yang merepresentasikan karakteristik gelombang. Digunakan pula periode sebagai parameter kedalaman air. Jika mengambil H_i/L sebagai variabel sumbu X dan koefisien refleksi (K_r) sebagai variabel sumbu Y sebagai perbandingan untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 21. Grafik tersebut menjelaskan perbedaan perbandingan koefisien refleksi (K_r) dengan semakin menurunnya nilai kecuraman gelombang (H_i/L) yang ditentukan berdasarkan hasil penelitian.

Dari gambar 21 dapat disimpulkan bahwa nilai koefisien refleksi (K_r) akan semakin membesar dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L). Untuk pengaruh perbedaan jenis pemecah gelombangnya sendiri, nilai koefisien refleksi (K_r) lebih tinggi terjadi pada kecuraman gelombang (H_i/L), nilai koefisien refleksi (K_r) pada kedalaman 27 cm lebih meningkat di bandingkan dengan kedalaman 23 cm dan 19,5 cm adapun besaran nilai koefisien refleksi (K_r) pada grafik ini yakni pada kedalaman 27 cm berkisar 0,192 – 0,457 cm, sedangkan pada kedalaman 23 cm nilai tinggi gelombang refleksinya berkisar 0,121 – 0,352 cm dan pada kedalaman 19,5 cm nilai tinggi gelombang refleksi berkisar 0,041 – 0,213 cm dalam grafik dapat di lihat sebagai berikut :



Gambar 21. Hubungan Hi/L terhadap K_r untuk variasi kedalaman (d)



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah kami lakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Parameter yang mempengaruhi gelombang refleksi (H_r), pada model pemecah gelombang berongga lingkaran adalah tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), Panjang gelombang (L), kedalaman air (d) dimana gelombang datang mampu merefleksi gelombang depan model dan mereduksi gelombang di belakang model.
2. Berdasarkan perbandingan H_r vs H_i/L dan K_r vs H_i/L menunjukkan bahwa nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) dan koefisien refleksi (K_r) akan semakin besar seiring dengan semakin meningkatnya kecuraman gelombang (H_i/L).

B. Saran

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

1. Variasi terhadap Stroke, priode dan kedalaman air yang berbeda sehingga diharapkan ada penelitian lain yang mengkaji lebih lanjut.
2. Pembacaan gelombang sebaiknya dilakukan saat gelombang mulai menyentuk pembacaan gelombang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, Aswar Muh. 2011. *Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri (Skripsi)*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*, 4th. Ed., Volume I and Volume II, Coastal Engineering Research Center, Department of The Army, Waterways Experiment Station, Corps of Engineering, PO. Box 631, Vicksburg, Mississippi 39810.
- Chaerul, Paotonan, dan Nur, Yuwono. 2011. *Disipasi energi Gelombang Yang Merambat Melalui Struktur Bawah Air (Jurnal)*, Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Dean, R.G. and Dalrymple, R.A. 1984. *Water Waves Mechanics for Engineering and (Jurnal)*, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Dalrymple, R.A., Losada A, Martin A.P. 1991. *Reflection and Transmission from porous Structures Under Oblique Wave Attack (Jurnal)*, Cambridge University Press.
- Dirgayusa, dan Nur, Yuwono. 1997. *Transmisi pemecah gelombang melalui pemecah gelombang susunan pipa horizontal (Jurnal)*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ditjen, Pengelolaan Ruang laut, (online) <https://kkp.go.id/djprl/artikel/2798-refleksi-2017-dan-outlook-2018-membangun-dan-menjaga-ekosistem-laut-indonesia-bersama-ditjen-pengelolaan-ruang-laut>, diakses 28 maret 2019.
- Fatnanta, Ferry, Suprayogi, Imam 2015. *peramalan tinggi gelombang transmisi dengan permodelan gelombang irregular pada pemecah gelombang kantong pasir tipe tenggelam menggunakan artificial neural network (ann) (Jurnal)*, Universitas Riau. Pekanbaru.

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

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

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

Handoyo, Gentur, Zainuri Muhammad, Ariani Widya finna. 2013. *Studi Run-up gelombang pada offshore breakwater di pantai slamanan pekalongan (Jurnal)*, Universitas Diponegoro. Semarang

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

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

Mustaghfiri, Fatimah Eldina, A. Arif Zouhrawaty. 2014. *Studi Perubahan Profil Pantai Di Sekitar Pemecah Gelombang Berpori Bawah Permukaan Air (Submerged Porous Breakwater) Tipe Lurus Dan Zigzag (Jurnal)*, Universitas Syiah Kuala.

Mahmoudi, Amin, Hakimzadeh Habib, Ketabdari Javad Mohammad, Cartwright Nick, Vaghefi Mohammad. 2017. *Experimental Study On Wave Transmission and Reflection at Impermeable Submerged Breakwater*, Civil Engineering Departement.

Massie, W.W.P.E, 1986 *Coastal Engineering (Skripsi)*, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

Putra, Pradana Okvan Arya, Armono Dwito Haryo. 2013. *Pengaruh Elevasi Muka Air Laut pada Koefisien Transmisi dan Refleksi Composite Breakwater (Jurnal)*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Rusady, Andi, Lopa Tahir Rita. 2019. *Analisa Pemecah Gelombang (breakwater) di Bambaloka Kabupaten Pasangkayu (Jurnal)*, Universitas Hasanuddin.

Sudirman, M.H, Rabung. F. Pongmanda. 2017. *Pengaruh Kedalaman Air Terhadap Transmisi Dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Komposit Batu Dan Balok Kotak (Jurnal)*. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Sujantoko, Putra Pradana Okvan Arya, Armono Dwito Haryo 2013. *Pengaruh elevasi muka air laut pada koefisien transmisi dan refleksi composite breakwater (Jurnal)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Syamsuri, Andi Makbul, Suriamihardja Dadang, Thaha Arsyad Rachman, 2019. *Pengaruh Periode dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang (Jurnal)*, Universitas Muhammadiyah Sukarta.

Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai (Buku)*. Beta Offset. Yogyakarta.

Triatmodjo, Bambang. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai (Buku)*. Beta Offset. Yogyakarta.

Wigati, Restu, Priyambodho Adhi Bambang, Sasmita Irfandi Shandi. 2018. *Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) Sisi Miring Di Pelabuhan Merak Dengan Menggunakan Batu Pecah Dan Tetrapod (Jurnal)*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Widi, Ferry Fatnanta, Hidayah Rachmat, Suntoyo. 2010. *Karakteristik Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam (Jurnal)*, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.