

**DISERTASI**

**DEFORMASI GELOMBANG PADA PEMECAH  
GELOMBANG SISI MIRING BERONGGA**

*(Wave Deformation on Sloping Hollow Breakwater)*

**ASEP HUDDIANKUWERA  
D013171004**



**PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

DEFORMASI GELOMBANG PADA PEMECAH  
GELOMBANGSISI MIRING BERONGGA

WAVE DEFORMATION ON SLOPING HOLLOW BREAKWATER

Disusun dan Diajukan oleh

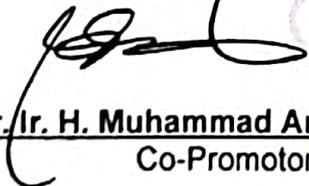
**ASEP HUDDIANKUWERA**  
**NIM. D013171004**

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Disertasi  
Pada tanggal 21 Desember 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

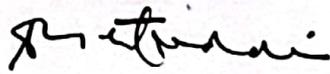
Menyetujui  
Komisi Penasehat



Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT  
Promotor



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT  
Co-Promotor



Dr. Ir. H. Syarifuddin Dewa, M.Si  
Co-Promotor

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin



Prof. Dr. Eng. Ir. M. Isran Ramli, ST. MT. IPM

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil



Dr. Eng. Ir. Hj. Rita Irmawaty, ST. MT

## PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Asep Huddiankuwera

Nomor Induk : D013171004

Program Studi : S-3 Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa disertasi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti dan dapat dibuktikan bahwa sebagian atau seluruh isi disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Desember 2022

Yang Menyatakan



Asep Huddiankuwera

## PRAKATA

Alhamdulillah kami panjatkan ke hadirat Allah Subhana Wata'allah, berkat rahmat dan karunianya sehingga disertasi ini yakni "*Deformasi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Sisi Miring Berongga*" dapat terselesaikan. Dalam melaksanakan penelitian ini upaya dan perjuangan keras kami lakukan dalam menyelesaikannya.

Kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi dan amat mendalam kepada bapak Dr. Taufiqur Rachman, ST., MT. selaku Ketua Komisi Penasihat (Promotor), Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT dan Dr. Ir. H. Syarifuddin Dewa, M.Si selaku Co-Promotor atas bimbingan, arahan dan petunjuknya sehingga penelitian dan penyusunan disertasi ini dapat kami laksanakan dengan baik. Kepada bapak kami mengucapkan terima kasih dan penghormatan yang setinggi-tingginya atas bimbingan yang begitu tulus dan ikhlas.

Ucapan dan penghargaan yang sama kami sampaikan kepada bapak Prof. Suntoyo, ST., M.Eng., Ph.D, selaku penguji Eksternal, bapak Prof. Dr. Ir.\_H. M. Saleh Pallu, M. Eng., Almarhum Prof. Dr. Dadang A. Suriamiharja, M.Eng., Dr. Eng. Ir. Farouk Maricar, MT., dan bapak Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT, masing-masing selaku anggota tim penguji atas masukan dan sarannya untuk perbaikan naskah disertasi ini.

Selanjutnya ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Hasanuddin dan jajarannya, Direktur Program Pascasarjana Unhas dan jajarannya, Dekan Fakultas Teknik Unhas dan jajarannya, Ketua Departemen Sipil Unhas dan jajarannya, Ketua Program Studi S3 Teknik Sipil Unhas dan seluruh staf yang telah membantu penulis selama proses perkuliahan, penelitian dan penyelesaian administrasi akademik.

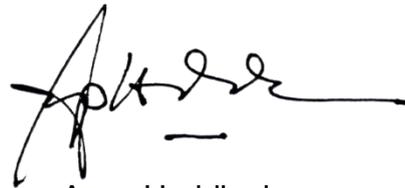
Kepada teman-teman mahasiswa S3 angkatan 2017 khususnya di konsentrasi Kearifan yang saya tidak dapat sebutkan namanya satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyelesaian disertasi ini serta saudara Ahmad Yani yang membantu proses penelitian di laboratorium.

Terima kasih juga disampaikan kepada Rektor Universitas Yapis Papua dan jajarannya, segenap rekan sejawat dosen di Program Studi Teknik Sipil Universitas Yapis Papua yang telah mendukung penulis selama proses perkuliahan

Kedua orang tua penulis, Ayahanda Soyo Ruslan dan Almarhumah Ibunda Djuwarijah dengan segala doa, kasih sayang dan usaha yang tulus dan tidak pernah lelah demi keberhasilan anak-anaknya. Istri tercinta Heny Dwi Sedarmayanti atas segala kasih sayang dan doa serta dorongan moril yang tidak henti-hentinya. Anakda Airan Muammar Daffatiar, Putri Safira Nur andini, Fiqih Diouf Ghifarry dan Deazrad Muhammad Arrayan atas bantuan doanya.

Ucapan terimakasih yang setinggi tingginya atas segala keikhlasan, pikiran dan tenaganya yang tidak ternilai. Hanya dengan doa semoga Allah Rabbul Alamin dapat membalasnya.

Makassar, Desember 2022

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Asep Huddiankuwera', with a horizontal line extending to the right.

Asep Huddiankuwera

## ABSTRAK

Asep Huddiankuwera. Deformasi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Sisi Miring Berongga (Dibimbing oleh Taufiqur Rachman, Muhammad Arsyad Thaha dan Syarifuddin Dewa)

Desain pemecah gelombang modern adalah membuat pemecah gelombang lebih ramah lingkungan, struktur berongga meningkatkan kualitas air, memungkinkan air mengalir masuk dan keluar dari struktur, air tidak menjadi stagnan, fungsi lain dari rongga adalah dapat dijadikan tempat berkembangbiaknya biota laut seperti halnya fungsi terumbu karang. Penelitian ini bertujuan mendapatkan hubungan parameter gelombang dan parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga dengan besaran gelombang refleksi, gelombang transmisi dan gelombang disipasi. Penelitian ini merupakan eksperimen di laboratorium. Eksperimen dilakukan pada sebuah model pemecah gelombang sisi miring berongga dengan parameter model berupa rongga. Parameter rongga dibuat dalam 3 variasi, rasio antara volume rongga dan volume lubang ( $V_r/V_l$ ) sebesar 2.0; 2.5 dan 3.1 serta rasio volume rongga dan volume tubuh pemecah gelombang ( $V_r/V_s$ ) adalah 0.11; 0.14 dan 0.17. Parameter gelombang meliputi tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) 1.1, 1.3, dan 1.5 detik serta kedalaman air ( $d$ ) 0.25, 0.30, 0.35 dan 0.40m. Parameter tak berdimensi lainnya yang diteliti adalah kecuraman gelombang (*wave steepness*,  $H/L$ ), kedalaman relatif ( $d/L$ ) dan parameter *relative submergence* ( $d/h$ ) sebagai variasi pada kondisi *submerged breakwater* dan *emerged breakwater*. Pemecah gelombang sisi miring berongga berkerja sama baiknya pada kondisi *submerged breakwater* maupun pada kondisi *emerged breakwater*. Hubungan parameter terhadap  $K_r$  dan  $K_t$  merupakan fungsi non linier eksponensial dengan persamaan yang didapat pada kondisi *submerged*  $K_{t(S)} = 0.6183 e^{-19.863H/L + 3.483d/L + 0.778V_r/V_l - 19.331V_r/V_s}$  dengan nilai  $R^2 = 0.86$ ,  $K_{r(S)} = 0.083 e^{21.237H/L - 3.623d/L - 1.639V_r/V_l + 35.444V_r/V_s}$  dengan nilai  $R^2 = 0.81$ , kondisi *emerged*  $K_{t(E)} = 0.549 e^{-22.635H/L + 5.322d/L + 0.663V_r/V_l - 18.096V_r/V_s}$  dengan nilai  $R^2 = 0.91$ ,  $K_{r(E)} = 0.104 e^{20.910H/L - 4.508d/L - 1.455V_r/V_l + 31.783V_r/V_s}$  dengan nilai  $R^2 = 0.85$ . Volume rongga yang lebih besar meredam energi gelombang lebih baik dibanding yang lebih kecil.

Kata kunci : Deformasi gelombang, pemecah gelombang berongga

## ABSTRACT

Asep Huddiankuwera. *Wave Deformation on Sloping Hollow Breakwater*  
(Supervised by : Taufiqur Rachman, Muhammad Arsyad Thaha dan Syarifuddin Dewa)

Modern breakwater designs is to make breakwaters more environmentally friendly, hollow structures improve water quality, allow water to flow in and out of structures, and water does not become stagnant, another function of cavities is that they can be used as breeding grounds for marine life as well as coral reefs. This study aims to determine the relationship between the wave parameters and the structural parameters of the hollow sloping breakwater with the magnitude of the reflection wave, transmission wave, and dissipation wave. This research is experimental in the laboratory. Experiments were carried out on a model of a sloping hollow breakwater with the model parameter in the form of a cavity. The cavity parameters were made in 3 variations, the ratio between the cavity volume and the hole volume ( $V_r/V_l$ ) was 2.0; 2.5, and 3.1 and the ratio of the cavity volume and body volume of the breakwater ( $V_r/V_s$ ) is 0.11; 0.14 and 0.17. Wave parameters include wave height (H), wave period (T) 1.1, 1.3, and 1.5 seconds and water depth (d) 0.25, 0.30, 0.35, and 0.40 m. Other dimensionless parameters studied were wave steepness ( $H/L$ ), relative depth ( $d/L$ ), and relative submergence ( $d/h$ ) parameters as variations in the submerged breakwater and emerged breakwater conditions. Sloping hollow breakwaters work equally well in submerged breakwater conditions as well as in emerged breakwater conditions. The relation of parameters to  $C_r$  and  $C_t$  is a non-linear function exponential with the equation obtained at the submerged condition  $C_{t(S)} = 0.6183 e^{-19.863H/L + 3.483d/L + 0.778V_r/V_l - 19.331V_r/V_s}$  with a value of  $R^2 = 0.86$ ,  $C_{r(S)} = 0.083 e^{21.237H/L - 3.623d/L - 1.639V_r/V_l + 35.444V_r/V_s}$  with a value of  $R^2 = 0.81$ , emerged condition  $C_{t(E)} = 0.549 e^{-22.635H/L + 5.322d/L + 0.663V_r/V_l - 18.096V_r/V_s}$  with a value of  $R^2 = 0.91$ ,  $C_{r(E)} = 0.104 e^{20.910H/L - 4.508d/L - 1.455V_r/V_l + 31.783V_r/V_s}$  with a value of  $R^2 = 0.85$ . The volume of the larger cavity dampens the wave energy better than the one smaller.

Keywords: Wave deformation, Hollow Breakwater

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI</b> .....	iii
<b>PRAKATA</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	xxi
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	7
C. Tujuan Penelitian .....	8
D. Manfaat Penelitian .....	9
E. Batasan Masalah .....	9
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Teori Gelombang .....	10
1. Gelombang amplitudo kecil .....	10
2. Kecepatan rambat dan panjang gelombang .....	14

3. Klasifikasi gelombang .....	15
4. Perpindahan ( <i>displacement</i> ) partikel zat cair .....	16
B. Deformasi Gelombang .....	17
1. Refraksi gelombang .....	17
2. Difraksi gelombang .....	17
3. Refleksi gelombang .....	18
C. Refleksi, Transmisi dan Disipasi Gelombang Melalui Berbagai Media .....	23
D. Parameter Bangunan Peredam Energi .....	27
E. Hukum Dasar Model .....	30
F. Referensi Hasil Penelitian Yang Relevan .....	34
G. Hipotesis .....	40
H. Kerangka Pikir Penelitian .....	41

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	43
B. Teknik Pengumpulan Data .....	43
C. Variabel penelitian .....	46
D. Rancangan Simulasi .....	48
E. Studi Model .....	48
F. Proses Penelitian Laboratorium .....	49
1. Simulasi pendahuluan .....	49
a. Kalibrasi <i>wave probe</i> .....	51

b. Pengambilan data tanpa model .....	52
c. Fluktuasi muka air .....	56
d. Tinggi gelombang .....	58
2. Perancangan model pemecah gelombang sisi miring berongga .....	60
3. Simulasi lengkap .....	61
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
A. Analisis Dimensi .....	65
B. Analisis Data .....	68
1. Output wave probe .....	69
2. Fluktuasi muka air .....	69
3. Tinggi gelombang .....	70
C. Hasil Penelitian .....	71
1. Pengaruh kedalaman air (d) .....	72
2. Pengaruh tinggi gelombang (h) .....	73
3. Parameter gelombang sebagai fungsi transmisi, refleksi dan disipasi <i>submerged breakwater</i> .....	75
a. Fungsi <i>wave steepness</i> (H/L) .....	77
b. Fungsi <i>relative depth</i> (d/L) .....	82
4. Parameter gelombang sebagai fungsi transmisi, refleksi dan disipasi pada <i>emerged breakwater</i> .....	86
a. Fungsi <i>wave steepness</i> (H/L) .....	87
b. Fungsi <i>relative depth</i> (d/L) .....	92

5. Parameter gelombang dan struktur sebagai fungsi transmisi, refleksi dan disipasi pada <i>submerged breakwater</i> .....	97
a. Parameter volume rongga relatif ( $V_r/V_l$ ) .....	97
b. Parameter volume struktur relatif ( $V_r/V_s$ ) .....	101
6. Parameter gelombang dan struktur sebagai fungsi transmisi, refleksi dan disipasi pada <i>emerged breakwater</i> .....	106
a. Parameter volume rongga relatif ( $V_r/V_l$ ) .....	106
b. Parameter volume stuktur relatif ( $V_r/V_s$ ) .....	111
7. Transmisi, refleksi dan disipasi berdasarkan fungsi rongga (R) .....	115
a. Fungsi <i>Wave steepness</i> ( $H/L$ ) .....	115
b. Fungsi <i>Relative depth</i> ( $d/L$ ) .....	118
8. Perumusan hubungan parameter gelombang dan pemecah gelombang sisi miring berongga .....	122
a. Hubungan parameter pada <i>submerged breakwater</i> .....	123
b. Hubungan parameter pada <i>emerged breakwater</i> .....	123
9. Perbandingan hasil eksperimen dan analisis .....	125
a. Validasi pada <i>submerged breakwater</i> .....	126

b. Validasi pada <i>emerged breakwater</i> .....	127
10. Perbandingan hasil penelitian lain .....	128
11. Kebaruan ( <i>Novelty</i> ) .....	131
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>131</b>
A. Kesimpulan .....	132
B. Saran .....	133

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam...	15
2. Koefisien Refleksi .....	22
3. Variasi parameter model .....	46
4. Variasi parameter gelombang .....	47
5. Rancangan simulasi .....	48
6. Skala model .....	48
7. Panjang gelombang (L) berdasarkan kedalaman air dan periode gelombang .....	53
8. Data rekam wave probe (volts) pada kedalaman air 25 cm dan periode 1,1 detik .....	55
9. Data fluktuasi muka air (cm) pada kedalaman air 25 cm dan periode gelombang 1,1 detik .....	57
10. Rata-rata tinggi gelombang pada simulasi pendahuluan .....	58
11. Variabel yang berpengaruh dalam penelitian .....	66
12. Data konduktivitas (volt) hasil rekaman wave probe pada kedalaman (d) 25 cm dan periode (T) 1.1 detik .....	68
13. Data fluktuasi muka air pada kedalaman air 25 cm dengan periode 1,1 detik .....	69
14. Data tinggi gelombang pada untuk kedalaman (d) 25 cm dengan periode (T) 1,1 detik .....	71

15. Hasil perhitungan .....	72
16. Hasil perhitungan untuk pemecah gelombang kondisi tenggelam ( <i>submerged breakwater</i> ) .....	76
17. Hasil perhitungan untuk pemecah gelombang kondisi tidak tenggelam ( <i>emerged breakwater</i> ) .....	87
18. Selisih nilai $K_t$ , $K_r$ dan $K_d$ hasil eksperimen dan analisis pada <i>submerged breakwater</i> .....	126
19. Selisih nilai $K_t$ , $K_r$ dan $K_d$ hasil eksperimen dan analisis pada <i>emerged breakwater</i> .....	127
20. Karakteristik studi eksperimental yang digunakan sebagai perbandingan hasil penelitian .....	130

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sket penyederhanaan gelombang sinusoidal (SPM, 1984).	11
2. Gerak orbit partikel zat cair di alut dangkal, transisi dan dalam (SPM, 1984) .....	16
3. Gelombang berdiri sempurna ( <i>Standing wave</i> ) .....	18
4. Gelombang berdiri tidak sempurna ( <i>Partial standing wave</i> )..	19
5. Muka air gelombang tegak (SPM, 1984) .....	20
6. <i>Definition sketch of wave run-up model (Elbisy,2015) .....</i>	25
7. <i>Schematic diagram for wave trapping when the wall is on the sloping bed (S. Koley, A. Sarkar, T. Sahoo, 2015).....</i>	26
8. Sket model pemecah gelombang sisi miring berongga .....	27
9. Kerangka pikir penelitian .....	41
10 Saluran pembangkit gelombang ( <i>Wave flume</i> ) .....	44
11. Komputer kontrol .....	45
12. <i>Wave monitor</i> .....	45
13. <i>Wave probe</i> .....	45
14. Sket tiga model dan perspektip pemecah gelombang sisi miring berongga .....	47
15. Sket model dengan variasi kedalaman .....	47
16. Bagan alir penelitian .....	50
17. Hasil kalibrasi <i>wave probe</i> 1 pada kedalaman air 25 cm ....	51

18.	Hasil kalibrasi <i>wave probe</i> 2 pada kedalaman air 25 cm ....	52
19.	Hasil kalibrasi <i>wave probe</i> 3 pada kedalaman air 25 cm ....	53
20.	Daerah penerapan teori gelombang .....	54
21.	Input frekuensi dan jumlah data pada aplikasi <i>wave view</i> ...	55
22.	Waktu perekaman 60 <i>mSec per sample</i> (0,06 detik/ sampel)	55
23.	Hasil rekam pada kedalaman air 25 cm dan periode 1,1 detik dengan jarak <i>wave probe</i> 1 gelombang (1L) .....	56
24.	Hasil rekam pada kedalaman air 25 cm dan periode 1,1 detik dengan jarak <i>wave probe</i> 0,5 gelombang (0,5 L) .....	56
25.	Grafik fluktuasi muka air (cm) pada kedalaman air 25 cm dan priode gelombang 1,1 detik dengan durasi 60 detik ....	57
26.	Validasi data tinggi gelombang .....	59
27.	Sket model 1 dengan diameter rongga 16 cm .....	60
28.	Sket model 2 dengan diameter rongga 18 cm .....	60
29.	Sket model 3 dengan diameter rongga 20 cm .....	61
30.	Sket model pada wave flume tampak samping .....	64
31.	Konfigurasi model pemecah gelombang sisi miring berongga .....	66
32.	Fluktuasi muka air untuk kedalaman air 25 cm dengan periode 1,1 detik pada <i>wave probe</i> 1, 2 dan 3 .....	70
33.	Pengaruh kedalaman air (d) terhadap koefisien transmisi (Kt) berdasarkan 3 periode gelombang (T) .....	73

34.	Pengaruh tinggi gelombang ( $h$ ) terhadap koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan 4 kedalaman air ( $d$ ) .....	74
35.	Koefisien transmisi ( $K_t$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	77
36.	Koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H/L$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> pada <i>submerged breakwater</i> .....	79
37.	Koefisien disipasi ( $K_d$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> pada <i>submerged breakwater</i> .....	80
38.	Perbandingan hubungan <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $d/h=1.0-1.3$ pada <i>submerged breakwater</i>	81
39.	Koefisien transmisi ( $K_t$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	83
40.	Koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	84
41.	Koefisien disipasi ( $K_d$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	85
42.	Perbandingan hubungan <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $V_r/V_l=2.0-3.1$ pada <i>submerged breakwater</i> ...	86

43.	Koefisien transmisi ( $K_t$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H/L$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> pada <i>emerged breakwater</i> .....	88
44.	Koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H/L$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> pada <i>emerged breakwater</i> .....	89
45.	Koefisien disipasi ( $K_d$ ) sebagai fungsi dari <i>wave steepness</i> ( $H/L$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> pada <i>emerged breakwater</i> .....	90
46.	Perbandingan hubungan $H/L$ terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $d/h = 0.8$ dan $1.0$ pada <i>emerged breakwater</i> .....	91
47.	Koefisien transmisi ( $K_t$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	93
48.	Koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	94
49.	Koefisien disipasi ( $K_d$ ) sebagai fungsi dari <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	95
50.	Perbandingan hubungan <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $V_r/V_l=2.0-3.1$ pada <i>emerged breakwater</i> ...	96
51.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	98

52.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	99
53.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	100
54.	Perbandingan fungsi volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien refleksi, transmisi dan disipasi pada <i>submerged breakwater</i> .....	101
55.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	102
56.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	103
57.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) berdasarkan tiga <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>submerged breakwater</i> .....	105
58.	Perbandingan fungsi volume struktur ( $V_r/V_s$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $d/h=1.0$ ; $1.3$ pada <i>submerged breakwater</i> ....	105
59.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	107

60.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	108
61.	Fungsi rasio volume rongga ( $V_r/V_l$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) dengan dua variasi <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	109
62.	Perbandingan parameter volume rongga ( $V_r/V_l$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $d/h=0.8$ ; $1.0$ pada <i>emerged breakwater</i> ....	110
63.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	111
64.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	112
65.	Fungsi rasio volume struktur ( $V_r/V_s$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) berdasarkan dua <i>relative submergence</i> ( $d/h$ ) pada <i>emerged breakwater</i> .....	113
66.	Perbandingan parameter volume struktur ( $V_r/V_s$ ) terhadap $K_r$ , $K_t$ , $K_d$ dengan $dh=0.8$ ; $1.0$ pada <i>emerged breakwater</i> ...	114
67.	Fungsi <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	116
68.	Fungsi <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	117

69.	Fungsi <i>wave steepness</i> ( $H_i/L$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	118
70.	Fungsi <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) dari koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	119
71.	Fungsi <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) dari koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	119
72.	Fungsi <i>relative depth</i> ( $d/L$ ) dari koefisien disipasi ( $K_d$ ) dengan tiga variasi volume rongga .....	120
73.	Perbandingan nilai $K_t$ terhadap hasil penelitian lain .....	129
74.	Perbandingan nilai $K_r$ terhadap hasil penelitian lain .....	129

## DAFTAR NOTASI

$L$	=	Panjang gelombang
$T$	=	Periode gelombang
$C$	=	Kecepatan rambat gelombang
$d$	=	Kedalaman air
$h$	=	Tinggi struktur (model)
$g$	=	Percepatan gravitasi bumi
$\mu$	=	Kekentalan dinamik zat cair
$\rho$	=	Kerapatan massa zat cair
$H$	=	Tinggi gelombang
$H_{max}$	=	Tinggi gelombang maximum
$H_{min}$	=	Tinggi gelombang minimum
$H_i$	=	Tinggi gelombang datang
$H_r$	=	Tinggi gelombang refleksi
$H_t$	=	Tinggi gelombang transmisi
$K_r$	=	Koefisien refleksi gelombang
$K_t$	=	Koefisien transmisi gelombang
$K_d$	=	Koefisien kehilangan energy ( <i>lose</i> ) gelombang
$V_r$	=	Volume rongga breakwater
$V_l$	=	Volume lubang breakwater
$V_s$	=	Volume total tubuh breakwater
$H_i/L$	=	Kecuraman gelombang ( <i>wave steepness</i> )
$d/L$	=	Kedalaman relatif ( <i>relative depth</i> )

$d/h$  = Rasio kedalaman air dan tinggi struktur (*relative submergence*)

$V_r/V_l$  = Rasio volume rongga terhadap volume lubang ( $R_r$ )

$V_r/V_s$  = Rasio volume rongga terhadap volume tubuh/struktur ( $R_s$ )

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Perubahan iklim global merupakan isu yang saat ini menjadi perhatian bagi banyak kalangan, terutama setelah diselenggarakannya Konferensi Tingkat Tinggi Bumi di Rio de Janeiro, Brazil pada tahun 1992. Izrael, Yu.A. 1990, *Potential Impacts of Climate Change, Report from Working Group II to IPCC*. Kenaikan muka air laut setinggi satu meter akan menyebabkan masalah besar pada masyarakat yang tinggal di daerah pesisir. Abrasi pantai dan mundurnya garis pantai sampai beberapa kilometer menyebabkan banyak masyarakat kehilangan tempat tinggal dan sumber daya. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kerentanan manusia terhadap berbagai indikator perubahan iklim, yaitu kenaikan muka air laut, siklon tropis, banjir, kekeringan, dan problem kesehatan yang diakibatkan perubahan iklim.

University of Hawaii Sea Level Center mencatat kenaikan permukaan air laut di dunia per Januari 2018 setinggi 3,9 cm atau meningkat 1,7 kali lipat dibandingkan tahun 1970. Kenaikan tertinggi selama hampir lima dekade terakhir yakni pada Juli 2017 setinggi 4,45 cm. Sementara itu, *NOAA Global Climate Map* dari citra satelit menunjukkan rata-rata peningkatan permukaan air laut yakni 3.1 mm per tahun. Kenaikan ini terjadi karena melelehnya es dari glasier dan lempengan es

lainnya karena suhu udara yang memanas, (*University of Hawaii Sea Level Center, 2018*)

Permukaan air laut ternyata naik 60% lebih cepat dari prediksi yang pernah dikeluarkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), menurut sebuah studi terbaru yang dirilis di *Environmental Research Letters*. Menurut penelitian bertajuk *Comparing Climate Projection to Observations Up to 2011* ini, permukaan air laut dunia mulai naik sekitar 3.2 milimeter setiap tahun. Angka ini berbeda perkiraan yang dirilis oleh IPCC sebelumnya, yaitu sekitar 2 milimeter setiap tahun. Perubahan iklim rupanya terus membuat permukaan air meningkat akibat melelehnya gletser dan bongkahan es di berbagai wilayah, serta meningkatnya suhu air.

Indonesia telah diakui dunia sebagai negara kepulauan secara internasional (UNCLOS 1982) yang kemudian diratifikasi oleh Indonesia dengan Undang-Undang No.17 Tahun 1985. Berdasarkan UNCLOS 1982, total luas wilayah laut Indonesia seluas 5,9 juta km<sup>2</sup>, terdiri atas 3,2 juta km<sup>2</sup> perairan teritorial dan 2,7 km<sup>2</sup> perairan Zona Ekonomi Eksklusif, luas tersebut belum termasuk landas kontinen. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia.

Sebagai negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang nomor 2 (dua) di dunia dengan panjang 99.093 km, 40 persen diantaranya rusak karena abrasi. Bencana alam yang mengancam pesisir dan pulau-pulau kecil, disebabkan adanya gelombang besar, pasang laut luar biasa,

erosi pantai, sedimentasi pantai, tsunami, angin badai, gempa bumi dan banjir. Hal lainnya yang tidak kalah penting ialah keacuhan sikap masyarakat dalam menjaga ekosistem. Bencana pesisir didefinisikan sebagai peristiwa alam atau perbuatan orang yang menimbulkan perubahan fisik dan atau hayati pesisir yang mengakibatkan korban jiwa, harta dan juga kerusakan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Fenomena dan kejadian alam ini perlu tangani serius sehingga tidak menimbulkan abrasi yang lebih parah. Untuk mencegah terjadinya abrasi yang lebih buruk lagi telah dilakukan pengamanan pantai, berupa pemecah gelombang, revetment, pembentukan tembok laut dan juga membentuk groin (*Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2018*).

Berkaitan dengan penanganan bencana pesisir pemerintah telah menerbitkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 64 Tahun 2010 tentang Mitigasi Bencana Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil. Mitigasi Bencana adalah upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik secara struktur atau fisik melalui pembangunan fisik alami dan/atau buatan maupun nonstruktur atau nonfisik melalui peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana di wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Bencana yang dimaksud disini diantaranya adalah kenaikan paras muka air laut serta erosi pantai, adapun kegiatan yang berkaitan dengan kegiatan struktur fisik untuk mitigasi terhadap jenis bencana gelombang diantaranya adalah penggunaan bangunan peredam

gelombang atau pemecah gelombang yang berfungsi untuk meredam gaya gelombang sebelum mencapai pantai.

Pemecah gelombang atau *breakwater* adalah bangunan struktur pantai yang digunakan untuk mengantisipasi dan mengendalikan abrasi. Bangunan ini mempunyai fungsi sebagai alternatif untuk menjaga garis pantai dari gempuran ombak atau dengan mereduksi energi gelombang. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan struktur peredam gelombang, sehingga struktur peredam gelombang mengalami perkembangan yang signifikan, salah satu struktur peredam gelombang adalah pemecah gelombang berpori. Pemecah gelombang berpori untuk pertama kalinya diusulkan oleh Jarlan pada tahun 1961 dan kemudian banyak dikembangkan oleh peneliti-peneliti lain, diantaranya Quin (1972) mencoba mengurangi gaya gelombang yang mengenai bagian depan pemecah gelombang.

Penelitian yang sama oleh Ruey-Syan Shih (2012), menggunakan struktur blok beton berpori menghasilkan bahwa panjang pipa dan diameter pipa, mempengaruhi koefisien refleksi. Koefisien refleksi meningkat dimana pipa yang lebih panjang lebih efisien dalam mengurangi koefisien refleksi. Pipa yang lebih pendek mereduksi gelombang pendek dengan baik, namun tidak mampu untuk bertahan pada gelombang yang lebih panjang.

Koraim (2013), menghasilkan bahwa koefisien transmisi ( $K_t$ ) menurun dengan kenaikan panjang gelombang dan tinggi gelombang,

Koefisien refleksi ( $K_r$ ) meningkat dengan kenaikan panjang gelombang dan tinggi gelombang untuk posisi permukaan, peningkatan terjadi sampai nilai panjang gelombang tertentu kemudian berkurang untuk kasus yang terendam. Sebagai tambahan, koefisien refleksi ( $K_r$ ) meningkat dengan meningkatnya lebar breakwater, panjang gelombang, dan tinggi gelombang. Koefisien disipasi ( $K_d$ ) meningkat dengan kenaikan panjang gelombang, tinggi gelombang, diameter pipa dan lebar breakwater.

Koraim, dkk (2014), menyatakan bahwa pemecah gelombang terendam di depan garis pantai berpori menurunkan kecepatan pada tembok laut dan refleksi gelombang dengan variasi lebar seawall, porositas seawall, kedalaman air relatif dan kecuraman gelombang.

Tamrin, dkk (2014), menghasilkan bahwa jika jumlah blok baris lebih tinggi maka slot berpori akan lebih panjang, akan meningkatkan koefisien refleksi dan menurunkan koefisien transmisi, ini menunjukkan bahwa panjang pada slot blok beton akan lebih lama maka akan meningkatkan disipasi di blok beton, sehingga fungsi pemecah gelombang akan lebih baik dan jika diameter slot berpori lebih lebar maka kemampuan disipasi balok beton akan menurun, dan pantulan di depan pemecah gelombang akan lebih kecil, namun gelombang transmisi akan lebih besar, jika blok betonnya diameter slot semakin kecil maka tingkat disipasi breakwater akan meningkat sehingga gelombang transmisi dan gelombang refleksi akan lebih besar.

Tamrin (2015), menghasilkan bahwa lubang, panjang slot, porositas permukaan blok beton, jumlah blok baris memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap nilai koefisien transmisi dan refleksi.

Binumol, dkk (2015), menghasilkan *runup* gelombang meningkat dengan meningkatnya kecuraman gelombang tetapi berkurang dengan meningkatnya parameter kedalaman. Persentase pengurangan *runup* relatif bervariasi dari 32% hingga 76%, 33% hingga 76% dan 34% hingga 77%. *Rundown* gelombang berkurang dengan meningkatnya kecuraman gelombang tetapi meningkat dengan bertambahnya parameter kedalaman. Efek peningkatan kedalaman air lebih dominan dalam mengurangi *runup* gelombang atau meningkatkan *rundown* gelombang.

Koley, dkk (2015) bahwa porositas lapisan luar permeabel membantu untuk menghilangkan sebagian besar energi gelombang, yang pada gilirannya mengurangi dampak kekuatan gelombang pada bagian dalam struktur terendam. Peningkatan koefisien gesekan bahan berlubang lebih efektif dibandingkan dengan peningkatan pada ketebalan lapisan luar permeabel untuk disipasi gelombang energi oleh struktur yang terendam. Bahwa refleksi gelombang, gaya gelombang yang bekerja pada permukaan luar lapisan berlubang, meningkat sebagai akibat kemiringan dasar menyebabkan terjadi disipasi energi gelombang oleh lapisan luar yang berlubang, koefisien transmisi tidak mengikuti pola spesifik untuk semua nilai parameter gelombang.

Pemecah gelombang berpori atau berlubang memiliki model bervariasi yang diharapkan selain meminimalisir refleksi gelombang juga mampu mereduksi gelombang transmisi, karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan mereduksi terhadap energi gelombang datang.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian diatas maka peneliti tertarik untuk meneliti struktur pemecah gelombang berlubang dan berongga yang diharapkan dapat menambah hambatan dikarenakan adanya gesekan dan turbulensi didalam rongga sehingga akan lebih efektif dalam mereduksi gelombang yang datang.

## **B. Rumusan Masalah**

Masalah yang dibahas dalam penelitian ini dapat dijabarkan dan dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh parameter gelombang dan struktur pemecah gelombang sisi miring berongga terhadap deformasi gelombang dalam bentuk gelombang refleksi, gelombang transmisi dan gelombang disipasi pada posisi pemecah gelombang dalam kondisi tenggelam (*submerged*) dan kondisi tidak tenggelam (*emerged*).
2. Bagaimana merumuskan hubungan parameter gelombang, parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga dan kedalaman relatif terhadap gelombang refleksi, gelombang transmisi dan gelombang disipasi.

### **C. Tujuan Penelitian**

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

1. Menganalisis pengaruh parameter gelombang dan parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga terhadap gelombang refleksi gelombang transmisi dan gelombang disipasi yang terjadi pada posisi pemecah gelombang dalam kondisi tenggelam (*submerged*) dan kondisi tidak tenggelam (*emerged*).
2. Mendapatkan rumus hubungan parameter gelombang, parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga dan kedalaman relatif dengan besaran gelombang refleksi, gelombang transmisi dan gelombang disipasi.

### **D. Manfaat Penelitian**

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 berongga.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan inovasi struktur bangunan pemecah gelombang yang variatif, efektif yang berkaitan dengan deformasi gelombang.
3. Salah satu kegiatan yang membutuhkan hasil dalam kajian ini adalah penggunaan bahan atau material yang lebih sedikit dan ramah

lingkungan untuk perlindungan areal pantai karena pemecah gelombang berongga dapat digunakan 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 (*regular 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.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Teori Gelombang**

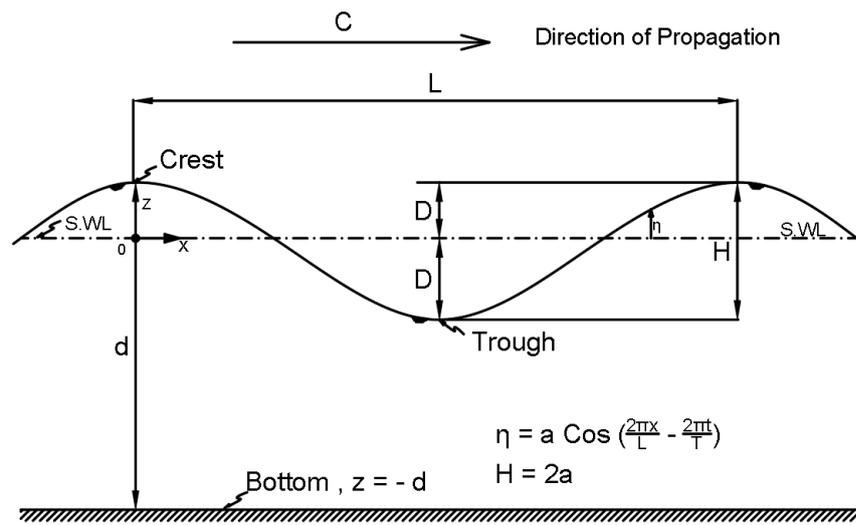
Gelombang di alam memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Beberapa teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

Teori yang menjelaskan fenomena gelombang yang terjadi di alam, diantaranya teori gelombang linier (*Airy Wave Theory, Small-Amplitude Wave Theory*), teori gelombang non linier (*Finite-Amplitude Wave Theories*), diantaranya gelombang stokes orde 2, orde 3, orde 4 dan seterusnya; gelombang cnoidal serta gelombang solitary, masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang Airy merupakan gelombang amplitudo kecil, sedang teori yang lain adalah gelombang amplitudo terbatas (*finite amplitudo waves*).

#### **1. Gelombang amplitudo kecil**

Kondisi yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang pada gelombang amplitudo kecil dengan menganggap bahwa zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan sehingga rapat massa adalah konstan, tegangan permukaan diabaikan, gaya coriolis (akibat perputaran bumi) diabaikan, tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan, zat cair adalah ideal sehingga berlaku aliran tak rotasi, dasar laut

adalah horisontal (tetap) dan impermeabel sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol, amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air, gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.



**Gambar 1.** Sket penyederhanaan gelombang sinusoidal (SPM,1984)

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter-parameter yang lain seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas. Adapun pengertian dari beberapa parameter diatas, Bambang Triatmodjo (1999) :

- a. Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.
- b. Periode gelombang ( $T$ ) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.

- c. Kecepatan rambat gelombang (*celerity*) ( $C$ ) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang ( $L/T$ ). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan  $C$ . partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang.
- d. Amplitudo ( $a$ ) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ( $H/2$ ).

Teori gelombang amplitudo kecil diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di permukaan air didapat dengan melinierkan persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap. Komponen-komponen vertikal dan horisontal dari kecepatan partikel air ditentukan pada titik  $(x,z)$  dalam cairan sebagai  $u = \partial\phi/\partial x$  dan  $w = \partial\phi/\partial z$ . Persamaan dinamis Bernoulli, persamaan Laplace, dan potensial kecepatan bersama dengan syarat-syarat batas yang tepat memberi informasi yang cukup untuk menurunkan rumus-rumus gelombang amplitudo kecil.

Persamaan Laplace :

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

Kondisi batas di dasar laut adalah kecepatan vertikal nol :

$$w = \partial\phi/\partial z = 0 \quad \text{di } z = -d \quad (2)$$

Kondisi batas pada permukaan laut diperoleh dari persamaan Bernoulli

Untuk aliran tak mantap :

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2} (u^2 + w^2) + gz + \frac{p}{\rho} = 0 \quad (3)$$

dengan  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $p$  adalah tekanan setempat, dan  $\rho$  adalah rapat massa zat cair.

Apabila persamaan 3 dilinierkan dengan mengabaikan  $u^2$  dan  $w^2$  dan permukaan  $z = \eta$  dengan mengambil tekanan di permukaan adalah nol (hanya tekanan atmosfer), persamaan Bernoulli menjadi:

$$\eta = - \frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{z = \eta} \quad (4)$$

Dengan asumsi bahwa tinggi gelombang adalah kecil dibandingkan kedalaman, maka kondisi batas di  $z = 0$  kira-kira sama dengan di  $z = \eta$ , dengan asumsi tersebut maka kondisi batas pada permukaan adalah:

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

Dengan nilai dari persamaan (2) dan (3), persamaan differensial (1) diselesaikan untuk mendapatkan nilai potensial kecepatan ( $\Phi$ ) sebagai berikut :

$$\Phi = \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+z)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (6)$$

dengan  $\Phi$  adalah potensial kecepatan,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $\sigma$  adalah frekuensi gelombang =  $2\pi/T$ ,  $k$  adalah angka gelombang =  $2\pi/L$ ,  $d$  adalah kedalaman laut,  $z$  adalah jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam,  $x$  adalah jarak horizontal,  $t$  adalah waktu, dan  $a$  adalah amplitudo. Berdasarkan nilai potensial kecepatan ( $\Phi$ ) yang

diperoleh, sifat-sifat gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan rambat gelombang, kecepatan partikel dan lain-lain dapat dihitung.

## 2. Kecepatan rambat dan panjang gelombang

Kecepatan rambat gelombang dapat diperoleh dengan membagi panjang gelombang dengan periode gelombang.

$$C = \frac{L}{T} \quad (7)$$

Dengan memasukkan kondisi-kondisi batas pada permukaan air ke dalam persamaan (6) akan diperoleh kecepatan rambat gelombang:

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \quad (8)$$

Persamaan (7) dan (8) dapat menjadi :

$$C = \frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (9)$$

Dengan memasukkan nilai  $k = 2\pi/L$  dan  $C = L/T$  kedalam persamaan (9) akan diperoleh panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (10)$$

Menggunakan persamaan (10), apabila kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan metode iterasi akan didapat panjang gelombang ( $L$ ), untuk nilai kondisi laut dalam dimana nilai  $kd$  besar maka fungsi  $\tanh 2\pi d/L$  akan bernilai 1 sehingga persamaan (10) menjadi :

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (11)$$

dengan  $L_0$  adalah panjang gelombang di laut dalam,  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $9.81 \text{ m/d}^2$ ) dan  $T$  adalah periode gelombang maka persamaan (11) menjadi :

$$L_0 = 1,56 T^2 \quad (12)$$

Selain metode iterasi terdapat cara lain untuk menghitung panjang gelombang ( $L$ ) yaitu dengan menggunakan tabel yang tersedia dalam buku panduan *Shore Protection Manual (SPM) 1984*, dimana *SPM 1984* memberikan pasangan nilai rasio  $d/L$  untuk setiap nilai rasio  $d/L_0$  yang diketahui. Apabila nilai  $L_0$  dapat diketahui sebagai panjang gelombang di laut dalam maka panjang gelombang ( $L$ ) bisa didapat untuk kedalaman laut ( $d$ ) yang diketahui dengan menggunakan tabel dari *SPM 1984*.

### 3. Klasifikasi gelombang

Ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang air dalam, transisi dan air dangkal. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman air dan panjang gelombang ( $d/L$ ). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut :

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

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

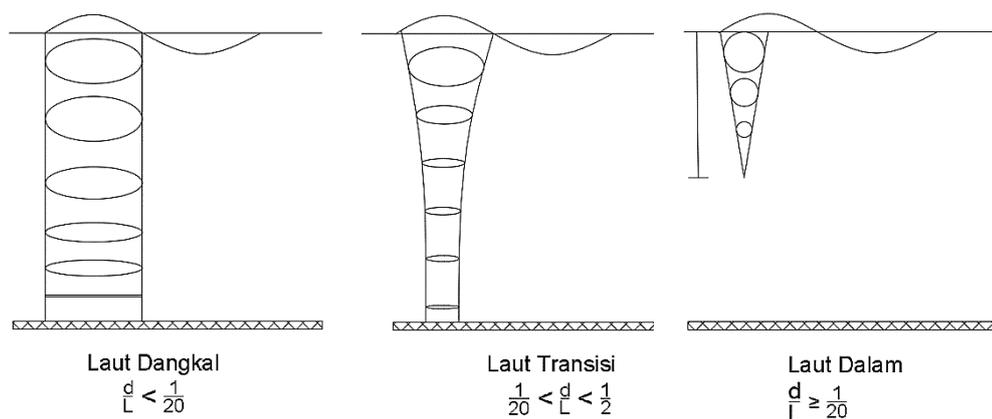
Sumber : *Triatmodjo, 1999*

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*). 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 gelombang dan kedalaman airnya.

#### 4. Perpindahan (*displacement*) partikel zat cair

Parameter penting lainnya dari gelombang amplitudo kecil adalah perpindahan partikel air di dalam gelombang. Lintasan partikel air berputar mengelilingi kedudukan reratanya. Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti yang terlihat pada gambar 2. Orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran pada seluruh kedalaman di laut dalam, sementara di laut transisi dan laut dangkal lintasan partikel berbentuk ellips dimana semakin besar kedalaman bentuk ellips semakin pipih dan di dasar gerak partikel adalah horisontal.



**Gambar 2.** Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, laut transisi dan laut dalam (SPM, 1984)

## **B. 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.

Pembahasan deformasi gelombang pada penelitian ini hanya pada bagian refleksi gelombang serta gelombang yang terjadi setelah melewati melewati penghalang dalam hal ini pemecah gelombang (*breakwater*) yang disebut sebagai gelombang transmisi.

### **1. Refraksi gelombang**

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.

### **2. Difraksi gelombang**

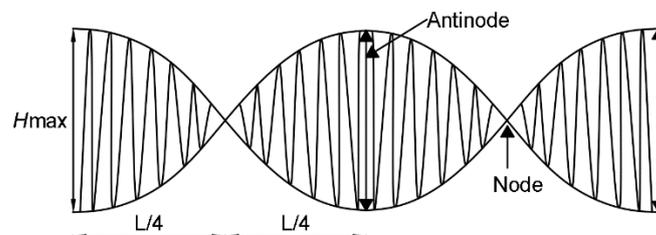
Terjadi apabila gelombang yang datang terhalang oleh suatu penghalang yang dapat berupa bangunan pemecah gelombang maupun pulau-pulau kecil yang ada disekitarnya. Akibatnya dari terhalang gelombang datang akan membelok di sekitar ujung rintangan atau penghalang dan masuk ke daerah terlindung yang ada di belakangnya.

### 3. Refleksi gelombang

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

#### 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 progressif atau gelombang berjalan. Sedangkan jika berubah terhadap waktu disebut gelombang berdiri atau *standing wave/clapotis* (Dean dan Dalrymple, 1992). Gelombang datang saat membentur penghalang berupa dinding tegak dan kedap, maka besarnya tinggi gelombang refleksi sama dengan tinggi gelombang datang. Gelombang refleksi yang terjadi adalah gelombang pantul sempurna (*standing wave*), dimana terdapat node dan anti-node gelombang.

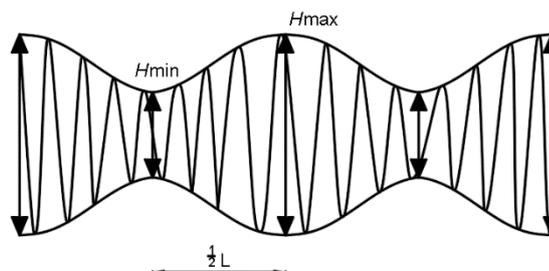


**Gambar 3.** Gelombang berdiri sempurna (*Standing Wave*)

### b. Gelombang berdiri parsial

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

Kondisi pantulan gelombang yang tidak sempurna atau sebagian, menghasilkan gelombang tegak sebagian (*partially standing wave*), dimana dua gelombang dengan amplitudo berbeda dengan frekuensi yang sama menjalar pada dua arah yang berlawanan sehingga terjadi superposisi gelombang yang menyebabkan terjadinya *standing wave* atau klapotis.



**Gambar 4.** Gelombang berdiri tidak sempurna (*Partial standing wave*)

Menurut teori gelombang amplitudo kecil, fluktuasi muka air gelombang datang adalah :

$$\eta_i = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad (14)$$

Untuk gelombang refleksi :

$$\eta_r = \frac{H_r}{2} \cos(kx + \sigma t) \quad (15)$$

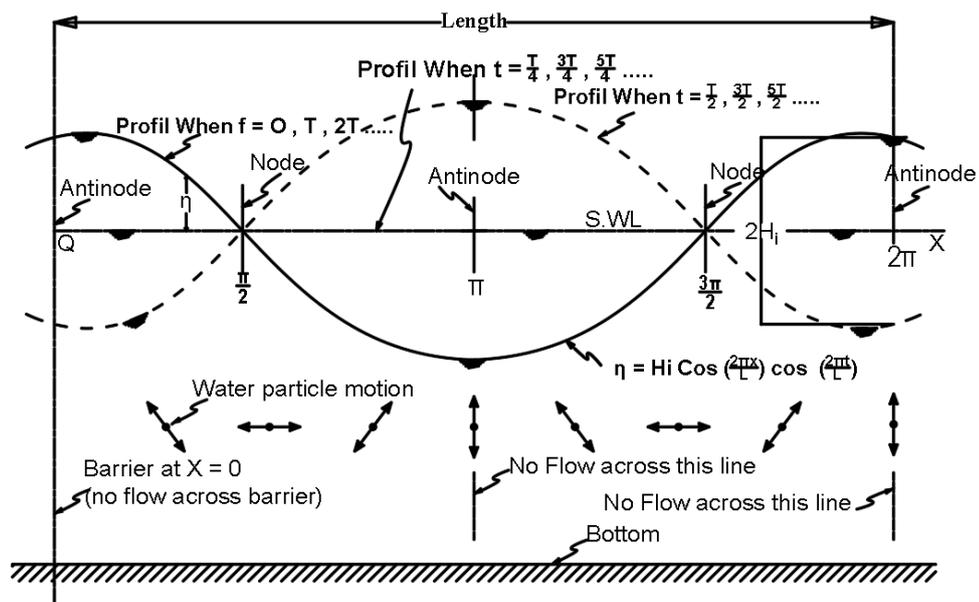
Muka air di depan bangunan merupakan jumlah dari  $\eta_i$  dan  $\eta_r$  :

$$\eta = \eta_i + \eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx + \sigma t); \text{ dapat ditulis :}$$

$$\eta = \frac{H_i}{2} (\cos kx \cos \sigma t + \sin kx \sin \sigma t) + \frac{H_r}{2} (\cos kx \cos \sigma t + \sin kx \sin \sigma t)$$

$$\eta = \left(\frac{H_i + H_r}{2}\right) \cos kx \cos \sigma t + \frac{H_i - H_r}{2} \sin kx \sin \sigma t \quad (16)$$

Dengan demikian  $(H_i + H_r)/2$  lebih besar dari  $(H_i - H_r)/2$  maka puncak dan lembah yang terdapat pada  $\pi/2, 3\pi/2$  lebih kecil dibandingkan puncak dan lembah yang terdapat pada  $0, \pi, 2\pi$ .



**Gambar 5.** Muka air gelombang tegak (SPM, 1984)

Simulasi gelombang reguler dalam saluran perlu diketahui tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang pantul atau refleksi ( $H_r$ ), gelombang yang mengenai struktur (benda uji) akan dipantulkan ke arah gelombang datang sehingga terbentuk *partially standing wave*, pengukur gelombang akan merekam perubahan muka air dalam saluran gelombang dan merekam *partially standing wave* yang terjadi.

Mengacu pada gambar 5 maka nilai  $H_{max}$  dan  $H_{min}$  dapat diukur dari hasil rekaman dengan uraian sebagai berikut :

$$H_{max} = H_i + H_r \quad (17)$$

$$H_{min} = H_i - H_r \quad (18)$$

Kedua persamaan simultan (17) dan (18) dapat diselesaikan sehingga tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) adalah :

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (19)$$

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{min}}{2} \quad (20)$$

Refleksi gelombang terjadi apabila gelombang datang yang menjalar membentur suatu rintangan dan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi ( $K_r$ ) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \quad (21)$$

Dimana energi refleksi  $E_r = \frac{1}{8} \rho g H r^2$  dan energi gelombang datang adalah  $E_i = \frac{1}{8} \rho g H i^2$  dengan  $\rho$  adalah rapat massa zat cair dan  $g$  adalah percepatan gravitasi. Nilai  $K_r$  berkisar dari 1,0 untuk refleksi total hingga 0 untuk tidak ada refleksi. Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model, suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan dapat menyerap energi gelombang lebih banyak dibanding dengan bangunan yang tegak dan masif, koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel 2.

**Tabel 2.** Koefisien Refleksi

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

Sumber : *Triatmodjo, 1999.*

### **Gelombang transmisi**

Gelombang yang diteruskan akibat adanya hambatan seperti gelombang yang melewati konstruksi pemecah gelombang disebut gelombang transmisi. Pada simulasi gelombang reguler dalam saluran, tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) diperoleh dengan menjumlahkan tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan gelombang minimum ( $H_{min}$ ).

$$H_t = \frac{H_{max} + H_{min}}{2} \quad (22)$$

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left( \frac{E_t}{E_i} \right)^{0.5} \quad (23)$$

Tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) pada persamaan (19) digunakan untuk mendapatkan koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang dinyatakan sebagai perbandingan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) atau akar energi gelombang transmisi ( $E_t$ ) dengan energi gelombang datang ( $E_i$ ).

### **C. Refleksi, Transmisi dan Disipasi Gelombang Melalui Berbagai Media**

Gelombang yang mengenai suatu rintangan, sebagian energinya akan dihancurkan (absorpsi/disipasi) melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, sisanya akan dipantulkan dan ditransmisikan. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode dan tinggi gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar, lurus air atau tidak) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984).

Gelombang yang diteruskan atau ditransmisikan melalui suatu struktur permeabel dipengaruhi oleh parameter-parameter seperti kondisi gelombang, lebar struktur, ukuran struktur, porositas dan perbedaan porositas vertical material, tinggi struktur dan kedalaman air. Gelombang dengan kecuraman yang kecil, seperti gelombang pasang surut,

kemungkinan akan ditransmisikan secara keseluruhan melalui struktur atau koefisien transmisi mendekati 1, sedangkan gelombang angin akan diredam secara efektif (CERC,1984).

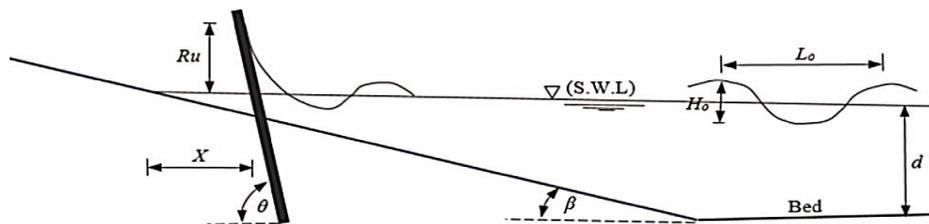
Besarnya energi gelombang yang diredam/diabsorpsi (disipasi) adalah energi gelombang datang dikurangi energi yang direfleksikan dan ditransmisikan (Horikawa,1978 dalam Dirgayusa, 1995).

Untuk gelombang yang menjalar dalam kondisi gesekan, amplitudo gelombang akan berkurang secara eksponensial. Dengan demikian, meningkatnya koefisien gesek Darcy-Weisbach ( $f$ ) akan mengurangi besarnya amplitudo gelombang (Dean dan Dalrymple, 1992).

Penelitian transmisi gelombang di bawah kondisi gesekan telah banyak dilakukan. Nizam (1987) melaporkan bahwa transmisi gelombang melalui puncak bangunan pemecah ombak bawah air dipengaruhi oleh lebar puncak bangunan, kedalaman air diatas puncak dan koefisien gesek material puncak. Dirgayusa (1997) meneliti transmisi gelombang melalui pemecah gelombang susunan pipa horizontal dan menunjukkan bahwa semakin panjang dan semakin kecil diameter pipa akan semakin memperkecil transmisi gelombang. Walukow (2000) menunjukkan dalam hasil penelitiannya bahwa transmisi gelombang akan diperkecil dengan semakin panjangnya rangkaian plat horizontal sebagai pemecah gelombang apung.

Elbisy (2015), membuat model pemecah gelombang menggunakan pelat baja halus setebal 6,00 mm. Pelat baja dibuat kaku untuk

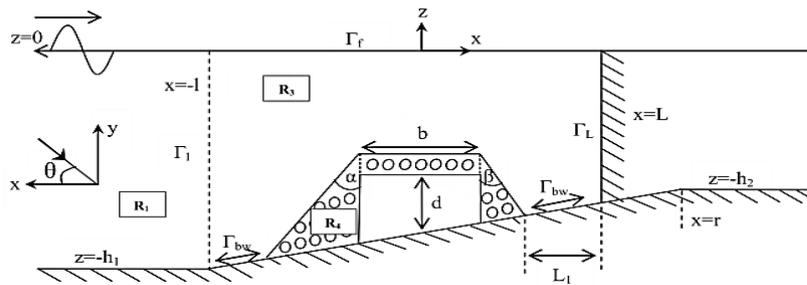
menghilangkan kemungkinan getaran. Untuk perforasi digunakan 6 (enam) lempeng dengan perforasi 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Percobaan dilakukan dengan kemiringan dasar 1/10, dan 1/20 dan dengan sudut kemiringan struktur 45°, 60°, 75°, dan 90°.



**Gambar 6.** *Definition sketch of wave run-up model (Elbisy,2015)*

Hasil pengujian dengan jelas menunjukkan bahwa perbedaan kecenderungan struktur pantai dari 60° hingga 90° memiliki pengaruh yang sangat kecil pada peningkatan gelombang relatif dibandingkan dengan pengaruh perbedaan kecenderungan dari 45° hingga 60°. Temuan ini tampaknya logis karena refleksi antara dinding pantai 45° dan struktur pantai 60° jauh lebih besar daripada perbedaan refleksi antara 60°, 75°, dan 90° kecenderungan struktur pantai. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa persentase perforasi struktur pantai memiliki efek yang nyata pada peningkatan gelombang relatif. Seperti yang diharapkan, gelombang relatif run-up ditemukan terus menurun dengan meningkatnya persentase perforasi struktur pantai. Alasan untuk tren ini dapat dijelaskan bahwa ketika persentase perforasi maksimum, transmisi energi gelombang melalui pori-pori struktur pantai maksimal, sehingga kenaikan gelombang berkurang.

Koley, dkk (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan parameter fisik adalah:  $T = 8$  s ( $T$  adalah periode waktu dari gelombang datang),  $\theta = 15^\circ$ ,  $h_1 = 10$  m dan  $\alpha = 30^\circ$  dan  $\beta = 30^\circ$ .



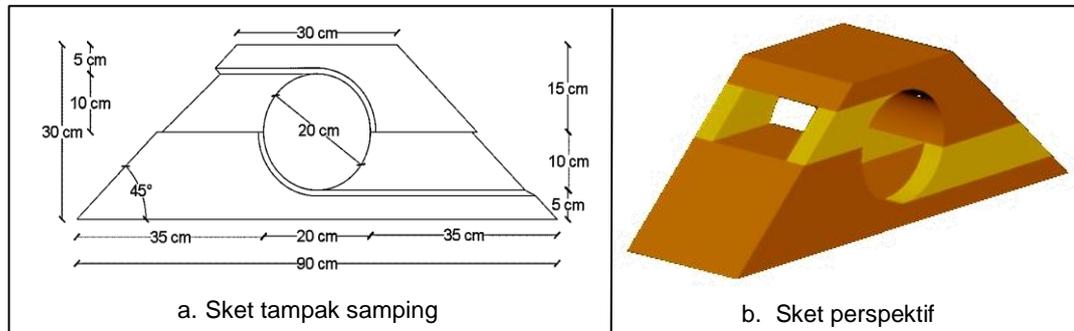
**Gambar 7.** Schematic diagram for wave trapping when the wall is on the sloping bed (S. Koley, A. Sarkar, T. Sahoo, 2015)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa porositas lapisan luar permeabel membantu untuk menghilangkan sebagian besar energi gelombang, yang pada gilirannya mengurangi dampak gaya gelombang pada bagian dalam dari struktur yang terendam. Selain itu, Peningkatan koefisien gesekan dari bahan berlubang lebih efektif dibandingkan dengan peningkatan ketebalan lapisan luar permeabel untuk disipasi energi gelombang oleh struktur terendam.

Pada penelitian ini, diajukan sebuah model pemecah gelombang sisi miring berongga dengan parameter model berupa rongga. Parameter rongga dibuat dalam 3 (tiga) variasi, sedangkan lubang 1 (satu) variasi dibuat lurus atau  $180^\circ$ , model yang dibuat dengan lebar 30 cm dan tinggi 30 cm serta panjang 90 cm. Sisi miring pada pemecah gelombang dibuat  $45^\circ$ .

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah rongga pada pemecah gelombang sisi miring dapat membantu untuk mengurangi energi

gelombang karena adanya gesekan dan turbulensi di dalam rongga yang pada gilirannya akan mengurangi dampak energi gelombang.



**Gambar 8.** Sket model pemecah gelombang sisi miring berongga

#### D. Parameter Bangunan Peredam Energi

Menurut Ahmed dan Schlenkhoff, 2014 bahwa besarnya energi gelombang yang didipasikan atau diredam ( $K_d$ ) ditunjukkan seperti persamaan 25.

$$K_d = \sqrt{1 - K_t^2 - K_r^2} \quad (25)$$

Untuk gelombang yang menjalar dalam kondisi gesekan, tinggi gelombang akan mengalami pengurangan secara eksponensial. Tinggi gelombang akan berkurang dengan adanya gesekan menyebabkan menurunkan kecepatan rambat gelombang (*Dean dan Dalrymple, 1992*).

Gelombang air tidak mentransfer atau memindahkan massa tetapi mentransfer atau memindahkan energi. Laju transfer energi disebut fluks energi  $P$ . Untuk teori gelombang linier fluks energi adalah laju kerja yang dilakukan oleh fluida pada suatu sisi dari suatu potongan vertikal, terhadap fluida di sisi yang lain. Energi yang ditransfer (*energi flux*) adalah energi

gelombang persatuan waktu yang terkandung atau tersebar dalam arah perambatan gelombang. Energi yang ditransfer rata-rata dalam satu gelombang *Dean dan Dalrymple (1992)* dalam *Paotonan C (2006)* adalah:

$$\bar{P} = E \cdot n \cdot C \quad (25)$$

dengan :

$P$  = transfer energi gelombang rata-rata

$C$  = cepat rambat gelombang

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

Nilai  $n$  tergantung pada kedalaman dan panjang gelombang, nilai  $n$  untuk laut dangkal sama dengan 1, sedangkan untuk laut dalam sama dengan  $\frac{1}{2}$  (Radianta, 2002).

Dengan asumsi bahwa nilai  $n.C$  dari Persamaan (25) adalah konstan sebab tidak ada perubahan kedalaman, maka *flux* energi hanya merupakan fungsi dari energi gelombang. Dengan asumsi ini, maka persamaan (25) dapat dibentuk kembali seperti berikut :

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

*Horikawa, 1978*, memberikan rumusan tentang hukum kekekalan energi gelombang yang melalui suatu pemecah gelombang seperti diperlihatkan berikut :

$$\bar{P}_i = \bar{P}_r + \bar{P}_t + \bar{P}_a \quad (27)$$

Dengan  $\bar{P}_i$ ,  $\bar{P}_r$ ,  $\bar{P}_t$  adalah transfer energi gelombang rata-rata (*energi flux*) yang datang, refleksi dan transmisi persatuan lebar gelombang

persatuan waktu, serta  $\overline{P_a}$  adalah kehilangan energi gelombang rata-rata per satuan lebar gelombang persatuan waktu. Gelombang yang datang membentur sebuah penghalang terapung, sebagian energinya akan direfleksikan, sebagian akan ditransmisikan melalui struktur dan sebagian lagi akan dihancurkan atau diserap oleh struktur yang dinyatakan dengan kehilangan energi (Sorenson, 1978).

Dengan mensubstitusikan Persamaan (26) ke Persamaan (27), diperoleh Persamaan berikut (Paotonan.C, 2006) :

$$\frac{\rho g H_i^2 L}{8} = \frac{\rho g H_r^2 L}{8} + \frac{\rho g H_t^2 L}{8} P_a \quad (28)$$

Jika suku sebelah kanan dan kiri Persamaan diatas dibagi dengan  $\frac{\rho g H_i^2 L}{8}$ , maka diperoleh Persamaan berikut (Paotonan. C, 2006) :

$$\frac{H_r^2}{H_i^2} + \frac{H_t^2}{H_i^2} + P_a = 1 \quad (29)$$

Apabila perbandingan antara tinggi gelombang refleksi dengan tinggi gelombang datang disebut dengan koefisien refleksi dan diberi simbol  $K_r$ , serta perbandingan antara tinggi gelombang transmisi dengan tinggi gelombang datang disebut koefisien transmisi dan diberi simbol  $K_t$ . Sedangkan koefisien kehilangan energi diberi simbol  $K_d$ , maka Persamaan (29) dapat ditulis :

$$K_r^2 + K_t^2 + K_d^2 = 1 \quad (30)$$

dengan  $K_r$  adalah koefisien refleksi gelombang,  $K_t$  adalah koefisien transmisi gelombang dan  $K_d$  adalah koefisien kehilangan energi gelombang (disipasi).

## E. 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 (*Nur Yuwono, 1996*).

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

### 1. 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 :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (31)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (32)$$

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$n_h$  = skala tinggi

$L_p$  = ukuran panjang prototipe

$L_m$  = ukuran panjang model

$h_p$  = ukuran tinggi pada prototipe

$h_m$  = ukuran tinggi pada model

## 2. Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan 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 :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (33)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad (34)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \quad (35)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (36)$$

### 3. Sebangun Dinamik

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

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

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang 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*.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(U^2 / L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL} \quad (37)$$

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

$$n_{F_r} = \frac{n_U}{n_{L^{0.5}}} \quad (38)$$

$$n_{F_r} = \frac{F_{r_p}}{F_{r_m}} = 1 \quad (39)$$

Pada 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 :

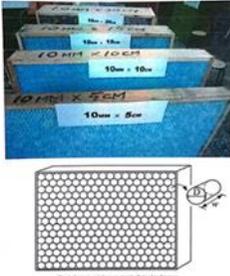
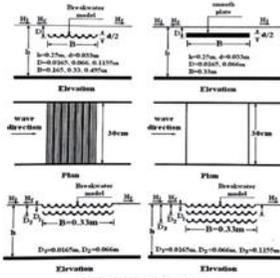
$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \quad (40)$$

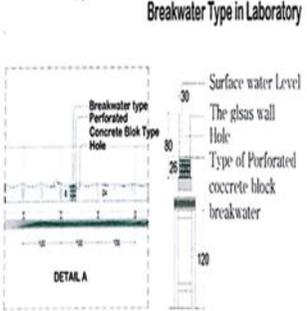
Sedangkan skala waktu  $n_T$  dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

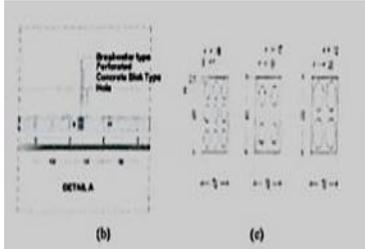
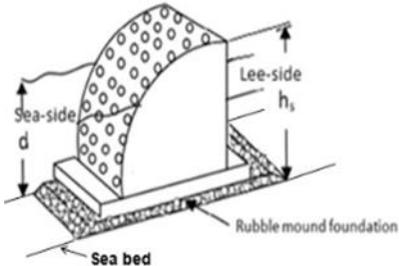
$$n_T = n_L^{1/2} \quad (41)$$

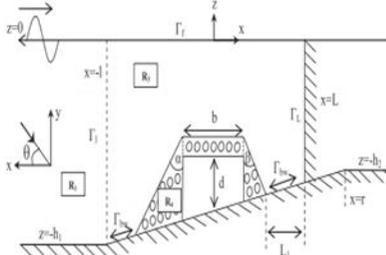
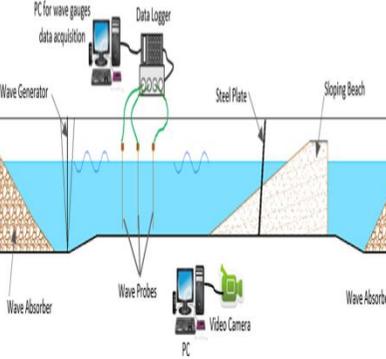
$$n_g = 1 \quad (42)$$

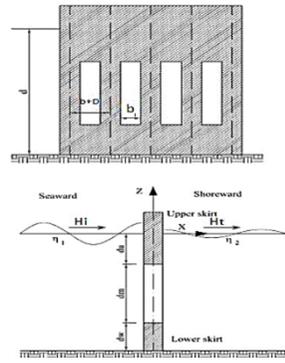
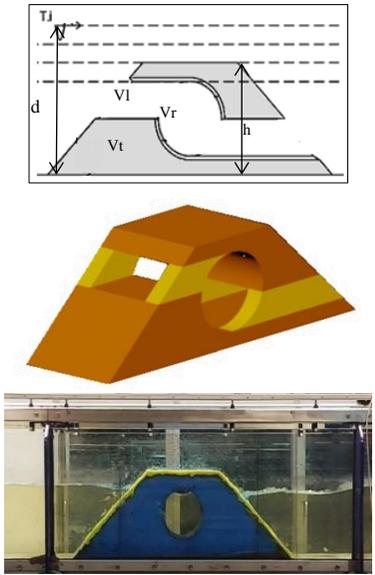
F. REFERENSI HASIL PENELITIAN YANG RELEVAN

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
1.	Ruey-Syan Shih. 2012	<i>Experimental study on the performance characteristics of porous perpendicular pipe breakwaters</i>	Panjang pipa (L) dengan diameter (D) pipa yang sama, mempengaruhi koefisien refleksi. Koefisien refleksi meningkat dengan $H_i / gT^2$ , oleh karena itu pipa yang lebih panjang lebih efisien dalam mengurangi koefisien refleksi. Pipa yang lebih pendek mereduksi gelombang pendek dengan baik, namun tidak mampu untuk bertahan pada gelombang yang lebih panjang	Diameter pipa (D), Panjang pipa (w), Porositas, transmisi gelombang, disipasi energi. Pipa berpori yang berbeda terbuat dari berbagai pipa PVC; Pipa tembus pandang, porositas dan permeabilitas pipa pemecah gelombang hampir sama.	
2	A.S. Koraim. 2013	<i>Hydrodynamic efficiency of suspended horizontal rows of half pipes used as a new type breakwater</i>	Koefisien transmisi ( $k_t$ ) menurun dengan kenaikan $h/L$ , $H_i/L$ , $B/L$ dan $B/d$ , dan penurunan $D/h$ . Koefisien refleksi ( $k_r$ ) meningkat dengan kenaikan $h/L$ dan $B/L$ untuk posisi permukaan, sementara itu meningkat sampai nilai $h/L$ dan $B/L$ tertentu kemudian berkurang untuk kasus yang terendam. Sebagai tambahan, koefisien refleksi ( $k_r$ ) meningkat dengan meningkatnya $B/d$ dan $H/L$ , dan dengan penurunan $D/h$ . Koefisien disipasi ( $k_d$ ) meningkat dengan kenaikan $h/L$ , $H/L$ , $B/L$ dan $B/d$ , dan meningkat dengan penurunan $D/h$ .	Panjang gelombang dan tinggi gelombang (L dan H), diameter pipa (d), draft dan lebar breakwater (D dan B) dan jumlah baris (n). Pemecah gelombang, susunan pipa setengah, transmisi gelombang, refleksi, disipasi energi.	

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
3	A.S. Koraim, E.M. Heikal, A.A. Abo Zaid. 2014	<i>Hydrodynamic characteristics of porous seawall protected by submerged breakwater</i>	Pemecah gelombang terendam di depan garis pantai berpori menurunkan kecepatan pada tembok laut dan koefisien refleksi gelombang sekitar 20-60% dan masing-masing kurang dari 70% . Hal ini menyebabkan penurunan tingkat puncak seawall, kekuatan gelombang hidrodinamik yang diberikan pada dinding dan gelombang di atas fenomena topping pada puncak seawall.	Kedalaman air relatif ( $h/L$ ), kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ), lebar seawall relatif ( $b/h$ ) dan porositas seawall ( $n$ ), Submerged breakwater, gelombang run-up, refleksi, transmisi, disipasi energi.	
4	Tamrin, Saleh Pallu, Herman Parung, Arsyad Thaha. 2014	<i>Experimental study of perforated concrete block breakwater</i>	Jika jumlah blok baris lebih tinggi maka slot pori-pori (B) akan lebih panjang, ini akan meningkatkan koefisien refleksi dan menurunkan koefisien transmisi, ini menunjukkan bahwa panjang pada slot blok beton akan lebih lama maka akan meningkatkan Disipasi di blok beton, sehingga fungsi pemecah gelombang akan lebih baik dan Jika diameter slot pori-pori ( $D/H_i$ ) lebih lebar maka kemampuan disipasi balok beton akan menurun, dan pantulan di depan pemecah gelombang akan lebih kecil, namun gelombang transmisi akan lebih besar, jika blok betonnya Diameter slot ( $D/H_i$ ) semakin kecil maka tingkat disipasi breakwater akan meningkat sehingga gelombang transmisi dan gelombang refleksi akan lebih besar.	Tinggi gelombang ( $H$ ), Kedalaman ( $d$ ), Lebar model ( $B$ ), porositas ( $\zeta$ ), Irribaren ( $I_r$ ), kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ), Panjang ( $L$ ), Waktu ( $T$ ), pemodelan fisik 2D, Blok beton berlubang, ekonomis dan pemecah gelombang ramah lingkungan.	

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
5	Tamrin. 2015	<i>Studi effect of surface porosity for weight perforated concrete block breakwater</i>	Pengaruh diameter lubang dan porositas permukaan blok beton memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap nilai $K_t$ dan $K_r$ dimana semakin kecil diameter blok beton berpori akan terjadi transmisi gelombang yang lebih kecil, besarnya transmisi adalah fungsi logaritmik. dari perbandingan antara tinggi gelombang pada ukuran porositas permukaan.	Diameter lubang ( $d$ ), Tinggi gelombang ( $H_i$ ), Koefisien Transmisi ( $K_t$ ), Perforasi Blok Beton, porositas permukaan, parameter berdimensi.	
6	Binumol.S, Subba Rao, Arkal Vittal Hegde. 2015	<i>Runup and Rundown characteristics of an emerged seaside perforated quarter circle breakwater</i>	Runup gelombang tanpa dimensi ( $R_u/H_i$ ) meningkat dengan meningkatnya kecuraman gelombang tetapi berkurang dengan meningkatnya parameter kedalaman. Persentase pengurangan runup relatif ( $R_u/H_i$ ) bervariasi dari 32% hingga 76%, 33% hingga 76% dan 34% hingga 77%. Rundown gelombang tanpa dimensi ( $R_d/H_i$ ) berkurang dengan meningkatnya kecuraman gelombang dan berkurang dengan peningkatan $h_s/d$ tetapi meningkat dengan bertambahnya parameter kedalaman. Efek peningkatan kedalaman air lebih dominan dalam mengurangi runup gelombang atau meningkatkan rundown gelombang.	model breakwater kuartal lingkaran dari tiga caisson berbeda jari-jari ( $R$ ) 0,550 m, 0,575 m dan 0,600 m. Dimensi pelat dasar beton adalah 0,72 m x 0,65m x 0,05m, 0,72m x 0,675 m x 0,05 m dan 0,72 m x 0,70 m x 0,05 m untuk 0,550 m, 0,575 m dan 0,600 m jari-jari pemecah gelombang Untuk pantai, model berlubang secara seragam dengan diameter 0,016 m	

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
7	S. Koley, A. Sarkar, T. Sahoo. 2015	<i>Interaction of gravity wave with bottom-standing submerged structures having perforated outer-layer placed on a sloping bed</i>	Porositas lapisan luar permeabel membantu untuk menghilangkan sebagian besar energi gelombang, yang pada gilirannya mengurangi dampak kekuatan gelombang pada bagian dalam struktur terendam. Peningkatan koefisien gesekan bahan berlubang lebih efektif dibandingkan dengan peningkatan di ketebalan lapisan luar permeabel untuk disipasi gelombang energi oleh struktur yang terendam. Bahwa refleksi gelombang, gaya gelombang yang bekerja pada permukaan luar lapisan berlubang meningkat sebagai akibat kemiringan dasar menyebabkan terjadi disipasi energi gelombang oleh lapisan luar yang berlubang, koefisien transmisi tidak mengikuti pola spesifik untuk semua nilai parameter gelombang.	Model Sollitt dan Cross digunakan untuk menganalisis gerakan gelombang dalam lapisan struktur berlubang. Model matematika dari masalah fisik dilakukan untuk mencari solusi yang sesuai dengan kombinasi metode ekspansi fungsi eigen dan metode elemen hingga. karakteristik gelombang pada hampasan gelombang gravitasi permukaan dianalisis berdasarkan koefisien refleksi dan koefisien transmisi serta hidrodinamik	
8	Moussa S. Elbisy. 2015	<i>Estimation of regular wave run-up on slopes of perforated coastal structures constructed on sloping beaches</i>	Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan kecenderungan struktur pantai dari 60° hingga 90° memiliki pengaruh yang sangat kecil pada peningkatan gelombang relatif dibandingkan dengan pengaruh perbedaan kecenderungan dari 45° hingga 60°. Temuan ini tampaknya logis karena refleksi antara dinding pantai 45° dan struktur pantai 60° jauh lebih besar daripada perbedaan refleksi antara 60°, 75°, dan 90° kecenderungan struktur pantai. Persentase perforasi struktur pantai memiliki efek yang nyata pada peningkatan gelombang relatif. Gelombang relatif run-up ditemukan terus menurun dengan meningkatnya persentase perforasi struktur pantai. Alasan untuk tren ini dapat dijelaskan bahwa ketika persentase perforasi maksimum, transmisi energi gelombang melalui pori-pori struktur pantai maksimal, sehingga kenaikan gelombang berkurang.	Eksperimen dilakukan menggunakan berbagai parameter hidrolik dan struktural. Jarak struktur pantai relatif, kedalaman relatif, tinggi gelombang relatif, kemiringan pantai, kecenderungan struktur pantai, dan parameter kesamaan permukaan ditemukan berkorelasi positif dengan gelombang run-up relatif. Kecuraman gelombang dan persentase berpori struktur pantai ditemukan berkorelasi negatif dengan gelombang run-up relatif.	

No	Nama/Tahun	Judul	Hasil	Parameter Riset	Struktur Model
9.	Ahmed (2011)	<i>Wave Interaction with Vertical Slotted Walls as Permeable Breakwater</i>	<p>Nilai koefisien transmisi (<math>K_t</math>) menurun dengan meningkatnya kedalaman relatif (<math>h/L</math>) dan meningkatnya kecuraman gelombang (<math>H/L</math>). Sedangkan nilai koefisien refleksi (<math>K_r</math>) berlaku hubungan sebaliknya. Nilai koefisien disipasi energi (<math>K_d</math>) meningkat dengan meningkatnya nilai kedalaman relatif (<math>h/L</math>), meningkatnya kecuraman gelombang (<math>H/L</math>). Kedalaman yang semakin menurun bagian permeabilitas dinding dapat digunakan untuk meminimalkan energi transmisi gelombang. Disarankan untuk menggunakan dinding berlubang vertikal sebagai pemecah gelombang untuk perlindungan terhadap gelombang</p>	<p>Variabel penelitian adalah Kedalaman air (<math>d</math>) 30 cm, Panjang lubang (<math>b</math>) 2.5 cm, Tinggi dinding atas (<math>d_u</math>) 0.4d; 0.3d; 0.2d; 0.1d cm, Tinggi lubang (<math>d_m</math>) 0.2d; 0.4d; 0.6d; 0.8d cm, Tinggi dinding bawah (<math>d_w</math>) 0.4d; 0.3d; 0.2d; 0.1d cm, Periode gelombang 1.0 detik. Parameter penting berdasarkan analisis non dimensional adalah kedalaman relatif (<math>h/L</math>), kecuraman gelombang (<math>H/L</math>).</p>	
10.	Huddiankuwera A, T. Rachman, M. A. Thaha, S. Dewa. 2022	<i>Wave Deformation on Sloping Hollow Breakwater</i>	<p>Nilai koefisien refleksi (<math>K_r</math>) pemecah gelombang sisi miring berongga meningkat jika terjadi peningkatan pada seluruh parameter yang diuji (<math>H_i/L</math>, <math>d/L</math>, <math>V_r/V_l</math>, <math>V_r/V_s</math>), pengaruh sebaliknya pada Nilai koefisien transmisi (<math>K_t</math>) dan Koefisien disipasi (<math>K_d</math>). Pada <i>submerged breakwater</i> nilai <math>K_r</math> meningkat sebesar 18%, nilai <math>K_t</math> dan <math>K_d</math> turun sebesar 20% dan 5%, sedangkan pada <i>emerged breakwater</i> nilai <math>K_r</math> meningkat sebesar 13% dan nilai <math>K_t</math> dan <math>K_d</math> turun sebesar 15% dan 3%. Untuk kedua tipe pemecah gelombang (<i>emerged</i> dan <i>submerged</i>), terhadap gelombang refleksi dan gelombang transmisi, parameter kecuraman gelombang (<i>wave steepness</i>, <math>H/L</math>) lebih dominan pengaruhnya dibanding parameter kedalaman relatif (<i>relative depth</i>, <math>d/L</math>) dan parameter kedalaman air dan tinggi struktur (<i>relative submergence</i>, <math>d/h</math>).</p>	<p>Pemecah gelombang sisi miring berongga dengan parameter model berupa rongga. Rongga dibuat dalam 3 variasi, rasio antara volume rongga dan volume lubang (<math>V_r/V_l</math>) 2.0; 2.5 dan 3.1 serta rasio volume rongga dan volume tubuh/struktur pemecah gelombang (<math>V_r/V_s</math>) 9.0; 7.1 dan 5.7. Parameter gelombang, tinggi gelombang (<math>H</math>), periode gelombang (<math>T</math>) 1.1, 1.3, dan 1.5 detik serta kedalaman air (<math>d</math>) 25, 30, 35 dan 40 cm. Variasi kedalaman air terbagi dalam dua bagian yaitu pemecah gelombang tipe tenggelam (<i>submerged</i>) untuk kedalaman air 30, 35 dan 40 cm serta pemecah gelombang tipe tidak tenggelam (<i>emerged</i>) untuk kedalaman air 25 dan 30cm.</p>	

Penelitian tentang pemecah gelombang sisi miring berongga selama ini belum pernah dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu, terutama pengaruh rongga terhadap nilai koefisien gelombang transmisi ( $K_t$ ), koefisien gelombang refleksi ( $K_r$ ), dan koefisien disipasi energi gelombang ( $K_d$ ). Berdasarkan kajian teori dan literatur atas penelitian pemecah gelombang berlubang dan tipe sejenisnya diperoleh hasil bahwa variabel yang berpengaruh terhadap nilai koefisien gelombang transmisi ( $K_t$ ), koefisien gelombang refleksi ( $K_r$ ) dan koefisien disipasi energi gelombang ( $K_d$ ) dari pemecah gelombang berlubang adalah kedalaman air ( $d$ ), tinggi lubang ( $h$ ), tinggi ketenggelaman pelat/draft ( $h$ ), porositas daerah lubang ( $\varepsilon$ ), koefisien lubang ( $f$ ), panjang lubang ( $B$ ), tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ).

Pada penelitian pemecah gelombang sisi miring berongga ini, diajukan beberapa variabel yang berpengaruh terhadap koefisien gelombang transmisi ( $K_t$ ), koefisien gelombang refleksi ( $K_r$ ) dan koefisien disipasi energi gelombang ( $K_d$ ) yaitu periode gelombang ( $T$ ), tinggi gelombang ( $H_i$ ), kedalaman air ( $d$ ), tinggi model ( $h$ ), Panjang atau tinggi rongga ( $B$ ), tinggi lubang ( $h_L$ ), volume lubang ( $V_L$ ) dimana gelombang masuk pada pemecah gelombang yang berongga, volume rongga ( $V_r$ ) yang berada didalam pemecah gelombang, serta volume struktur ( $V_s$ ) merupakan volume tubuh breakwater, terdapat juga luas lubang ( $A_i$ ) merupakan proyeksi pada kondisi tegak, luas penampang depan ( $A$ ) merupakan proyeksi pada kondisi tegak.

Perbandingan dengan hasil penelitian lain dilakukan terhadap penelitian terdahulu yang memiliki kesamaan/kemiripan parameter gelombang dan parameter geometri struktur dengan pemecah gelombang sisi miring berongga. Hasil penelitian ini akan dibandingkan dengan hasil penelitian A.S. Koraim (2013), A.S. Koraim, E.M. Heikal, A.A. Abo Zaid (2014), S. Koley, A. Sarkar, T. Sahoo (2015) karena penelitian tersebut menggunakan parameter dan model struktur yang relatif sama dengan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu model struktur berongga.

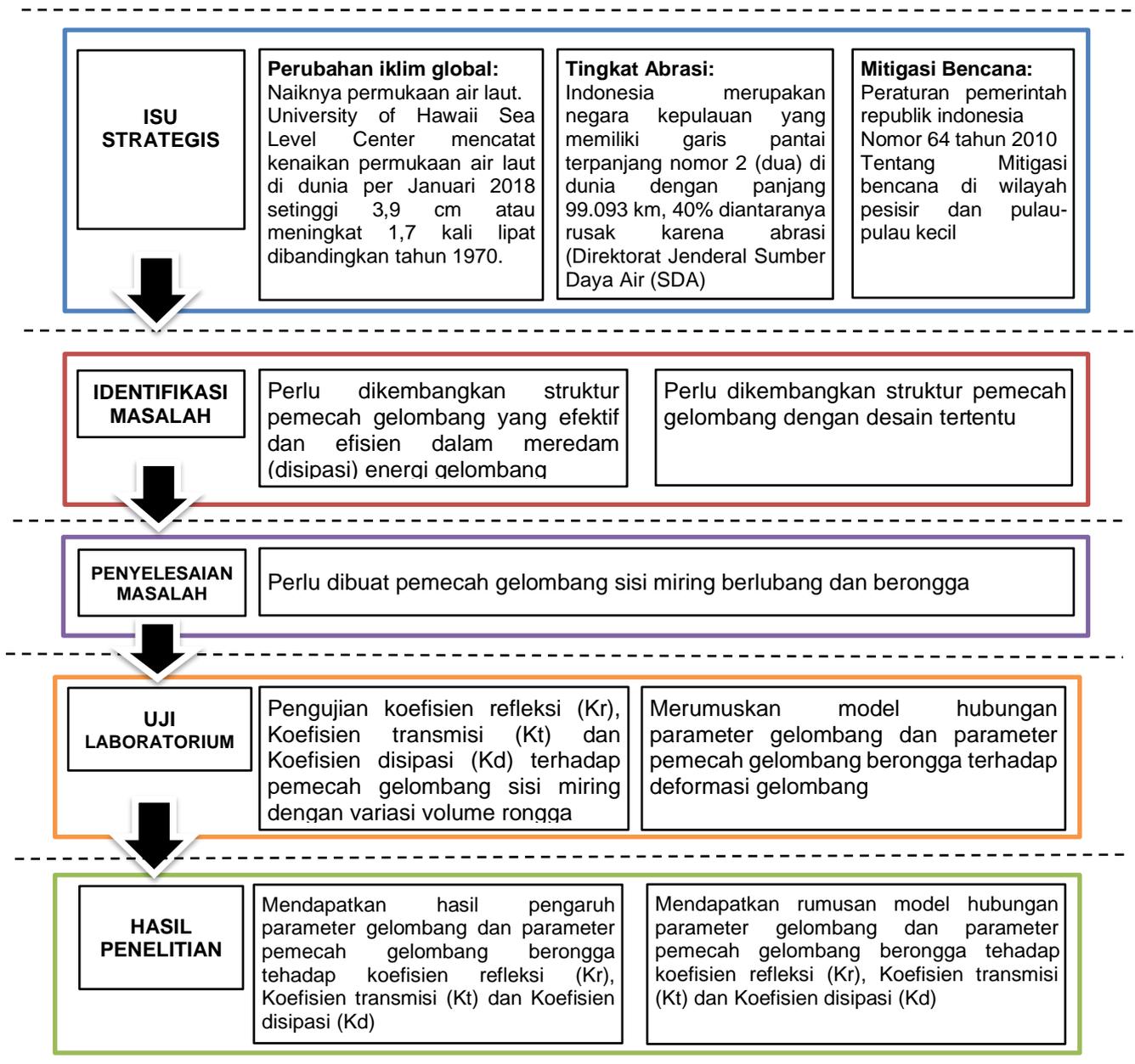
### **G. Hipotesis**

Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai, maka dapat dikemukakan hipotesis sebagai berikut :

1. Pengaruh parameter gelombang dan parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga baik pada posisi pemecah gelombang dalam kondisi tenggelam (*submerged*) dan kondisi tidak tenggelam (*emerged*), nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) diperkirakan akan menurun dengan semakin besarnya volume rongga, sedangkan koefisien refleksi ( $K_r$ ) dan koefisien disipasi ( $K_d$ ) akan berlaku pengaruh yang sebaliknya.
2. Hubungan parameter gelombang, parameter struktur pemecah gelombang sisi miring berongga dan kedalaman relatif dengan besaran gelombang refleksi, gelombang transmisi dan gelombang disipasi diperkirakan akan berbentuk fungsi non linier.

## H. Kerangka Pikir Penelitian

Pelaksanaan penelitian dengan model pemecah gelombang sisi miring berongga memiliki kerangka pikir penelitian sebagai berikut :



Gambar 9. Kerangka pikir penelitian

Isu yang saat ini menjadi perhatian bagi banyak kalangan adalah perubahan iklim global. Kenaikan muka air laut setinggi satu meter akan menyebabkan masalah besar pada masyarakat yang tinggal di daerah pesisir. Abrasi pantai dan mundurnya garis pantai sampai beberapa kilometer menyebabkan banyak masyarakat kehilangan tempat tinggal dan sumber daya.

Untuk mencegah terjadinya abrasi yang lebih buruk lagi telah dilakukan pengamanan pantai berupa pemecah gelombang. Penggunaan bangunan peredam gelombang atau pemecah gelombang berfungsi untuk meredam gaya gelombang sebelum mencapai pantai.

Struktur pemecah gelombang mengalami perkembangan yang signifikan, salah satu struktur peredam gelombang adalah pemecah gelombang berpori. Untuk mendapatkan struktur pemecah gelombang yang lebih efektif dalam meredam energi gelombang, diajukan pemecah gelombang sisi miring berongga, untuk itu perlu dilakukan penelitian dengan pengujian laboratorium terhadap koefisien refleksi ( $K_r$ ), Koefisien transmisi ( $K_t$ ) dan Koefisien disipasi ( $K_d$ ).

Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah rongga pada pemecah gelombang sisi miring dapat membantu untuk mengurangi energi gelombang karena adanya gesekan dan turbulensi di dalam rongga yang pada gilirannya akan mengurangi dampak energi gelombang.