

**PENGARUH SCREEN LAYER BREAKWATER TERHADAP  
TINGGI RUN UP GELOMBANG PADA REVETMENT**

***THE INFLUENCE OF SCREEN LAYER BREAKWATER  
ON WAVE RUN UP IN REVETMENT***

**BUDIMAN  
P2301211403**



**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

**PENGARUH *SCREEN LAYER BREAKWATER* TERHADAP  
TINGGI RUN UP GELOMBANG PADA *REVETMENT***

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

**BUDIMAN**

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

## TESIS

### PENGARUH SCREEN LAYER BREAKWATER TERHADAP TINGGI RUN UP GELOMBANG PADA REVETMENT

Disusun dan diajukan oleh

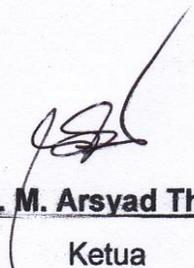
**BUDIMAN**

Nomor Pokok P2301211403

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 30 Mei 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasihat,

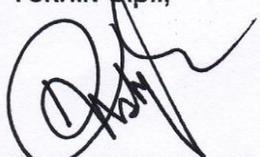
  
Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT

Ketua

  
Dr. Chairul Paotonan, ST., MT

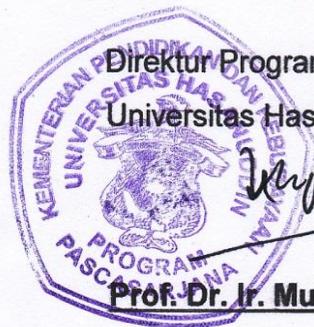
Anggota

Ketua Program Studi  
Teknik Sipil,

  
Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,

  
Prof. Dr. Ir. Mursalim



## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Budiman

Nomor mahasiswa : P2301211403

Program studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat di buktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 30 Mei 2013

Yang menyatakan

Budiman

## PRAKATA

Assalamu Alaikum Waramatullahi Wabarakatu, segala puji bagi Allah SWT, karena dengan rahmat dan kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tesis dengan judul "**Pengaruh *Screen Layer Breakwater* Terhadap Tinggi Runup Gelombang Pada *Revetment***". Berbagai kendala dan permasalahan yang menyertai selama penyusunan tesis ini, namun dengan bantuan berbagai pihak sehingga dapat selesai.

Penulis menyadari bahwa penulisan tesis ini tidak akan selesai tanpa adanya berbagai bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT sebagai ketua komisi penasehat dan Dr. Chairul Paotonan, ST.,MT sebagai anggota komisi yang telah meluangkan waktunya dalam memotivasi dan membimbing penulis mulai persiapan penulisan, penelitian sampai dengan penyelesaian tesis ini.
2. Dr. Ir. H. Farouk, MT; Dr. Ir. H. Halidin Arfan MSc; Dr. Eng. A. Arwin Amiruddin, ST.,MT selaku tim penguji yang telah memberikan masukan dalam perbaikan penulisan tesis ini.
3. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
4. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MS.M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.

5. Para dosen dan staff yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
6. Orang tua tercinta Ayahanda Alm. Sodding dan Ibunda Alm. Nadira serta keluarga tercinta yang terus bersabar memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
7. Istri tercinta dan keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
8. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Keairan 2011 (Pak Daniel, Pak Panal, Erwin, Ugi, Pak Harun, Imam, Pak Arham, Bu Titin dan Fadly) serta Pascasarjana Teknik Sipil angkatan 2011 pada umumnya.
9. Ir. H. Juswan selaku Ketua Laboratorium Teknik Kelautan, Pak Sampara dan Adik-adik SKM-FT-UH yang telah membantu penulis dan semua pihak yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini, semoga Allah SWT membalasnya dengan amalan yang setimpal.

Akhir kata penulis mengharapkan tesis ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang pengamanan pantai.

Makassar, Mei 2013

Budiman

## ABSTRAK

**BUDIMAN.** *Pengaruh Screen Layer Breakwater terhadap Tinggi Run Up Gelombang pada Revetment* (dibimbing oleh M. Arsyad Thaha dan Chairul Paotonan).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter yang berpengaruh terhadap pengurangan tinggi *run up* pada *revetment* dan mendapatkan hubungan bilangan tak berdimensi antara gelombang datang dan *run up* gelombang pada *revetment*.

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan uji fisik yang dilakukan di saluran gelombang 2-D pada Laboratorium Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin dengan membuat beberapa konfigurasi model *screen layer breakwater* yang terbuat dari kain tekstil dengan kerapatan, jumlah lapis dan jarak model yang berbeda. Skala model digunakan adalah 1 : 10, dengan tiga variasi model (M1SL, M2SL, dan M3SL) dan variasi panjang gelombang serta tinggi gelombang dengan simulasi pada beberapa kedalaman, yaitu 20 Cm, 15 Cm, dan 10 Cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh adalah periode gelombang (T), tinggi gelombang datang (H), kedalaman air (d), kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis (N), dan jarak *screen* ( $X_m$ ), *run up* yang terjadi cenderung menurun dengan semakin besar nilai kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen* bertambah. Secara umum hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan adanya *screen layer* tersebut dapat mengurangi tinggi runup pada struktur revetmen dengan kemiringan  $\tan \theta$   $30^\circ$  sebesar 33% dan menghasilkan persamaan nonregresi yang menunjukkan hubungan parameter tak berdimensi antara  $\psi$  dengan *run up* ( $Ru/H$ ), diperoleh  $Ru/H = a \cdot \psi^b$ , dimana  $\psi = (Irr \cdot \zeta \cdot N \cdot \frac{X_m \cdot d}{L^2})$ ; a dan b masing-masing 2,9935 dan 0,1293.

**kata kunci** : *run up, screen layer breakwater, revetment*



## ABSTRACT

**BUDIMAN.** *The Influence of Screen Layer Breakwater on Wave Run up in Revetment.* (Supervised by M. Arsyad Thaha and Chairul Paotonan).

The aims of the study are to obtain influential parameter, to reduce the height of run up in the revetmet and get a non dimensional parameter of the relationship between the wave height and the wave run up on the revetment.

The research is an experimental research with 2D physical model simulation, conducted in the laboratory of Marine Engineering Faculty, Hasanuddin University with some configurations of screen layer breakwater configuration models made from textile fabric with density and number of layer of different models. The model scale was 1:10 with three variations for models ((M1SL, M2SL, and M3SL) with variations of wave length and wave height, on some level of depth: 20, 15, and 10 cm.

The results of the research indicated that the parameters found in this study are wave period (T), wave height (H), water depth (d), screen density ( $\zeta$ ), the number of layers (N) and the distance of the screen (Xm). The run up tend to decrease as the screen density value has smaller number of layers (N) and the distance of the screen (Xm). In general, the study indicated that the stake of the screen layer can reduce the height of the run up in the revetment structure . The slope  $\tan \theta 30^0$  was 33% and produces non regression equation that shows the relationship between the dimensionless parameter  $\psi$  with run up ( $Ru/H$ ), obtained  $Ru/H = a\psi^b$ , where  $\psi = (Irr. \zeta. N. \frac{Xm.d}{L^2})$ ; a and b respectively 2.9935 and 0.1293.

Keywords: run up, screen layer break water, revetment.



## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xviii
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Batasan Masalah	4

F. Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Teori Gelombang Linier	7
1. Parameter gelombang	7
2. Perambatan gelombang	10
B. Klasifikasi Gelombang	11
C. Deformasi Gelombang	12
1. Refraksi dan Pendangkalan ( <i>Wave Shaoling</i> )	12
2. Refleksi Gelombang	13
D. Gelombang Pecah	14
E. Run up dan Run down	16
F. Hukum Dasar Model	18
1. Sebangun geometrik	18
2. Sebangun Kinematik	19
3. Sebangun dinamik	20
G. Penelitian Sebelumnya	22
H. Metode Analisa Dimensi	27
I. Hipotesa	28
J. Kerangka Pikir	30
III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Metode dan Jenis Penelitian	31
C. Sumber Data	33
D. Deskripsi Alat Laboratorium	34
E. Alat dan Bahan	37

F. Variabel yang Diteliti	38
G. Perancangan Model	38
H. Simulasi Model	42
I. Prosedur Pengambilan Data	45
J. Diagram Proses Penelitian Laboratorium	46
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	47
1. Data tinggi gelombang	47
2. Panjang gelombang	47
3. Tinggi $R_u$ dan $R_d$	48
B. Analisa Dimensi	49
C. Pembahasan	52
1. Pengaruh $H_i/L$ terhadap $K_r$ terhadap jumlah lapis model ( $X_m$ )	52
2. Pengaruh $H_i/L$ terhadap $K_r$ untuk simulasi kerapatan model ( $\zeta$ )	57
3. Pengaruh $H_i/L$ terhadap $K_r$ untuk simulasi kerapatan $\zeta$ , jumlah lapis screen ( $N$ ) dan jarak screen ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman	58
4. Pengaruh NDP ( <i>Non Dimensional Parameter</i> ) $Irr.(\zeta)$ terhadap Run Up dan Run Down	59
5. Pengaruh NDP ( <i>Non Dimensional Parameter</i> ) $Irr.N.(X_m/L)$ terhadap Run Up dan Run Down	64
6. Pengaruh NDP ( <i>Non Dimensional Parameter</i> ) $(Irr.\zeta.N.\frac{X_m.d}{L^2})$ terhadap Run Up dan Run Down	67

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 72

B. Saran 73

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1	Klasifikasi gelombang (Shore Protection Manual Volume I, 1984)	11
2	Koefisien refleksi gelombang	13
3	Nama dan karakteristik model	42
4	Rancangan simulasi model	44
5	Penentuan nilai $\alpha, \beta$ dan $\tau$	49
6	Penentuan bilangan tak berdimensi	50
7	Nilai $K_r$ untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model ( $X_m$ ) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 20 cm	55
8	Nilai $K_r$ untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model ( $X_m$ ) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 15 cm	55
9	Nilai $K_r$ untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model ( $X_m$ ) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 10 cm	56
10	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 20 cm	61
11	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 15 cm	62
12	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 10 cm	62
13	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 20 cm	63
14	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 15 cm	63

15	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) <i>screen layer</i> dikedalaman 10 cm	64
----	--	----

## DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Sketsa definisi gelombang linier ((Shore Protection Manual Volume I, 1984)	9
2	Profil permukaan dan gerak orbit partike air pada penjalaran gelombang (Triatmodjo, 2003)	10
3	Grafik penentuan kedalaman pada gelombang	15
4	Definisi run-up dan run-down	16
5	Grafik Hubungan antara Ru/H dan bilangan Iribaren, Gelombang <i>Run Up</i> pada sisi miring dengan berbagai tipe	17
6	Grafik hubungan $Irr. \zeta \cdot \frac{L_m \cdot d}{L^2}$ terhadap nilai Ru/H Hendra, 2011	23
7	Grafik hubungan irribaren number dan nilai Ru/H Alfansuri, 2010	24
8	Grafik hubungan irribaren number dan nilai Ru/H Janaka, 2008	25
9	Grafik hubungan irribaren number dan nilai Ru/H Shankar dan Jayaratne, 2002	26
10	Grafik hubungan irribaren number dan nilai Ru/H Ahrens dan Heimbaugh, 1988	26
11	Sketsa parameter pada model penelitian	28
12	Kerangka Pikir Penelitian	30
13	Saluran Gelombang ( <i>Wave Flume</i> ) Laboratorium Hidrodinamika Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin	34
14	Alat pembangkit gelombang ( <i>wave generator</i> )	35
15	Simpangan gerakan <i>wave making flap</i> berdasarkan posisi <i>stroke</i>	36

16	Model <i>screen layer breakwater</i>	39
17	Pengukuran 9 titik di depan model	43
18	Pengukuran <i>runup</i> dan <i>rundown</i> pada revetmen	43
19	Diagram proses penelitian	46
20	Daerah penerapan teori gelombang fungsi $H/d$ dan $d/L$ (Triatmojo, 1999)	48
21	Hubungan $H_i/L$ dengan $K_r$ pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 20 cm	53
22	Hubungan $H_i/L$ dengan $K_r$ pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 15 cm	53
23	Hubungan $H_i/L$ dengan $K_r$ pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 10 cm	54
24	Hubungan $H_i/L$ dengan $K_r$ pada setiap nilai kerapatan ( $\zeta$ ) pada kedalaman 20, 15 dan 10 cm	57
25	Hubungan $H_i/L$ dengan $K_r$ pada setiap nilai kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis screen ( $N$ ) dan jarak screen ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman	58
26	Hubungan $Irr.\zeta$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai MSL ( $L_1, L_2, L_3$ ) pada kedalaman 20 cm	59
27	Hubungan $Irr.\zeta$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai MSL ( $L_1, L_2, L_3$ ) pada kedalaman 15 cm	59
28	Hubungan $Irr.\zeta$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai MSL ( $L_1, L_2, L_3$ ) pada kedalaman 10 cm	59
29	Hubungan $Irr.N. (X_m/L)$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 20 cm	65
30	Hubungan $Irr.N. (X_m/L)$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 15 cm	65
31	Hubungan $Irr.N. (X_m/L)$ dengan $R_u/H$ dan $R_d/H$ untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 10 cm	66

32	Grafik hubungan $\psi$ terhadap nilai $Ru/H$	67
33	Grafik hubungan $Irr. \zeta \cdot \frac{Lm.d}{L^2}$ terhadap nilai $Ru/H$ Hendra, 2011	76
34	Grafik hubungan nilai $Ru/H$ estimate dan nilai $Ru/H$ eksperimen	70
43	Grafik hubungan <i>irribaren number</i> dan nilai $Ru/H$ Alfansuri, 2010	71

## DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
$c$	Cepat Rambat Gelombang
$d$	Kedalaman Air
$D$	diameter
$f$	frekuensi gelombang
$Fr$	Angka <i>Froude</i> , akar perbandingan antara gaya inersia dan gaya gesek
$g$	Percepatan Gravitasi : 9,81 m/det <sup>2</sup>
$H$	Tinggi Gelombang
$H_i$	Tinggi Gelombang Datang
$H_{max}$	Tinggi Gelombang Maksimum
$H_{min}$	Tinggi Gelombang Minimum
$Irr$	Bilangan Irribaren
$K_r$	Koefisien Refleksi Gelombang
$K_t$	Koefisien Transmisi Gelombang
$L$	Panjang Gelombang
$L_o$	Panjang Gelombang di Air Dalam
$H_m$	Ukuran Panjang di Model
$n_a$	Skala Percepatan
$n_v$	Skala kecepatan
NDP	<i>Non Dimensional Parameter</i> (parameter tak berdimensi)
$n_L$	Skala Panjang

$n_t$	Skala Waktu
$n_v$	Skala Kecepatan
$\rho$	Rho, Rapat Massa
$SWL$	Muka air rata
$T$	Perioda Gelombang
$t_m$	Waktu di Model
$t_p$	Waktu di Prototip
$v$	Kecepatan aliran
$v_m$	Kecepatan di Model
$v_p$	Kecepatan di Prototip
$\theta$	sudut kemiringan sisi miring revetmen
$\zeta$	Kerapatan <i>screen layer</i>

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang**

Struktur perlindungan pantai (*revetment*) merupakan struktur bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke darat (Triatmodjo, 1999).

Kelemahan dari struktur *revetment* adalah potensi terjadinya erosi pada kaki bangunan oleh gelombang yang cukup besar. *Run Up* gelombang merupakan salah satu faktor utama penyebab kerusakan pada kaki bangunan, sehingga mengganggu stabilitas bangunan. Oleh karena itu, pada bagian kaki bangunan perlu dibuatkan suatu pelindung kaki yang efektif. Pelindung kaki yang efektif merupakan bagian penting dari desain bangunan pantai dan berfungsi untuk mereduksi kenaikan air (*Run Up*) yang dapat merusak bangunan tersebut.

Kegagalan suatu bangunan pelindung pantai dapat ditinjau dari berbagai aspek diantaranya aspek perencanaan, aspek konstruksi dan aspek lingkungan. Ditinjau dari aspek perencanaan memerlukan biaya yang sangat tinggi (tidak ekonomis) sedangkan dari aspek lingkungan yaitu adanya tinggi *Run Up* yang cukup besar sehingga air yang melimpas di belakang struktur/bangunan akan terinfiltrasi melalui permukaan tanah dan mengalir kembali ke laut. Apabila perbedaan elevasi muka air di

belakang dan di depan bangunan cukup besar dapat menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang dapat menarik butiran tanah di belakang dan pada fondasi bangunan (*piping*). Keadaan ini dapat mengakibatkan rusak/runtuhnya bangunan (CERC, 1984).

Agar kerusakan pada struktur *revetment* pantai dapat diminimalis, maka diperlukan adanya penanganan dengan membuat pelindung kaki *Screen layer* di depan *revetment* yang bertujuan untuk mereduksi energi gelombang agar terjadi pengurangan tinggi *Run Up* sehingga dimensi atau elevasi puncak bangunan dapat diperkecil pula.

*Run Up* gelombang terjadi pada saat gelombang datang bergerak menuju ke pantai dan membentur bangunan sebagian energi gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke arah lereng bangunan. Setelah mencapai elevasi maksimum, akan terjadi aliran balik yang disebut *Run Down* akibat gaya gravitasi. *Run Down* akan terus berlangsung sampai datang *Run Up* dari gelombang berikutnya (Triatmodjo, 1999).

Ada beberapa variabel penting yang harus diperhatikan terhadap *Run Up* diantaranya bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan, percepatan gravitasi, dan karakteristik gelombang.

Dari uraian di atas, maka akan dibahas penelitian tentang Pengaruh *Screen Layer Breakwater* Terhadap Tinggi *Run Up* Pada *Revetment* sebagai salah satu alternatif pelindung kaki. Untuk

mengetahui efektifitas kinerja *screen layer* tersebut dilakukan pendekatan dengan melakukan uji model fisik di laboratorium dengan saluran *flume* gelombang 2-D.

## B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah di atas, dalam tulisan ini akan dilakukan uji model fisik struktur *screen layer breakwater* dengan rumusan masalah yang akan dikaji adalah :

1. Bagaimana pengaruh parameter model *screen layer* terhadap *Run Up* gelombang.
2. Bagaimana reduksi tinggi *Run Up* gelombang pada *revetment* dengan adanya *screen layer breakwater*.
3. Bagaimana bentuk hubungan non dimensional dari eksperimen ini.

## C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan parameter yang berpengaruh terhadap tinggi *Run Up* gelombang.
2. Untuk mendapatkan reduksi tinggi *Run Up* pada *revetment* akibat limpasan gelombang.
3. Untuk mendapatkan hubungan bilangan tak berdimensi antara gelombang datang dan tinggi *Run Up* gelombang pada *revetment*.

#### D. Manfaat Penelitian

Diharapkan dengan selesainya penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan referensi dalam perencanaan pelindung kaki yang efektif dan efisien dalam perlindungan struktur pantai dengan bahan yang mudah didapatkan sehingga dapat dilaksanakan sendiri oleh masyarakat dalam mengatasi dan mengamankan struktur *revetment* dari kerusakan.

#### E. Batasan Masalah

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

1. Pengujian dilakukan pada *flume* gelombang dua dimensi.
2. Gelombang yang datang tegak lurus terhadap model.
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*regular wave*)
4. Tinggi kedalaman air bervariasi yaitu 20 cm, 15 cm dan 10 cm.
5. Gaya gelombang terhadap stabilitas model *screen layer breakwater* tidak dikaji.
6. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
7. Model *revetmen* yang digunakan adalah *impermeable revetment* dengan kemiringan 30° bermaterial plat baja.

## **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan tesis ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

### **1. Bab I Pendahuluan**

Dalam bagian ini diuraikan mengenai hal-hal yang melatarbelakangi penelitian ini, dilanjutkan dengan uraian rumusan masalah, tujuan penelitian, kegunaan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

### **2. Bab II Tinjauan Pustaka**

Pada bagian ini diuraikan secara sistematis tentang teori, pemikiran dan hasil penelitian terdahulu yang ada hubungannya dengan penelitian ini. Bagian ini akan memberikan kerangka dasar yang komprehensif mengenai konsep, prinsip atau teori yang akan digunakan untuk pemecahan masalah.

### **3. Bab III Metode Penelitian**

Pada Bagian ini menjelaskan waktu dan lokasi penelitian, bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian serta metode analisisnya.

### **4. Bab IV Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Pada bagian ini menjelaskan hasil-hasil yang diperoleh dari proses penelitian dan hasil pembahasannya. Penyajian hasil penelitian memuat deskripsi sistematis tentang data yang diperoleh. Bagian pembahasan adalah mengolah data hasil penelitian dengan tujuan untuk mencapai tujuan penelitian.

## **5. Bab V Kesimpulan dan Saran**

Pada bagian ini dikemukakan kesimpulan dari seluruh rangkaian proses penelitian dan saran-saran terkait dengan kekurangan yang didapati dalam penelitian ini, dengan harapan nantinya dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Teori gelombang Linier

Gelombang merupakan salah satu fenomena proses fisik yang terjadi di pantai. Gelombang pada perairan dapat didefinisikan sebagai perubahan elevasi perairan secara harmonik yang ditimbulkan oleh beberapa gaya angin, gaya gempa di laut, kapal yang bergerak, dan lain-lain (Triatmodjo, 1999). Di antara beberapa bentuk gelombang tersebut, yang paling dominan adalah gelombang angin (gelombang yang dibangkitkan oleh gaya angin). Gelombang merupakan faktor penting di dalam perencanaan revetmen. Gelombang mempunyai energi, maka semua bangunan revetmen harus dapat memikul gaya gelombang tersebut.

Teori gelombang linier didasarkan pada anggapan air laut adalah sebagai fluida ideal, sehingga aliran yang terjadi bersifat irrotasional. Persamaan yang diselesaikan pada teori gelombang adalah persamaan Laplace dan persamaan Bernoulli tak permanen yang telah dilinierkan dalam dua dimensi  $(x,z)$ .

##### 1. Parameter Gelombang

Berdasarkan teori Airy, maka teori gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (*sinusoidal progressive wave*), gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmodjo, 1999) berdasarkan :

- a) Tinggi gelombang ( $H$ ), yaitu jarak antara puncak dan lembah dalam satu periode gelombang.
- b) Panjang gelombang ( $L$ ), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan

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

Dengan menggunakan persamaan (1), jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dapat diselesaikan dengan metode iterasi untuk menentukan panjang gelombang ( $L$ ). Apabila kedalaman relatif  $d/L$  adalah lebih besar dari 0,5; nilai  $\tanh(2\pi d/L) = 1,0$  dan percepatan gravitasi diketahui sehingga persamaan (1) menjadi :

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

Parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya seperti :

- 1) Kemiringan gelombang (*wave steepness*) =  $H/L$
- 2) Ketinggian relatif (*relative height*) =  $H/d$
- 3) Kedalaman relatif (*relative depth*) =  $d/L$

Parameter penting lainnya seperti :

- 1) Amplitudo gelombang ( $A$ ), biasanya nilainya adalah setengah tinggi gelombang  $\left(\frac{H}{2}\right)$ .

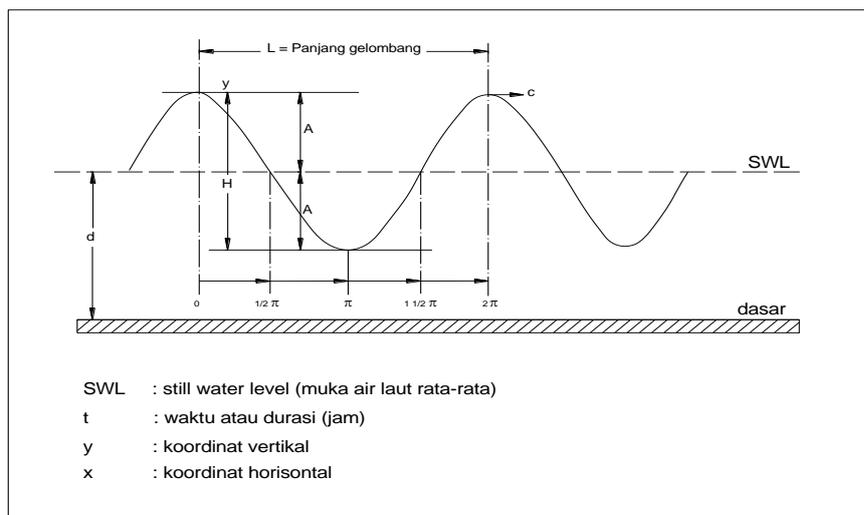
- 2) Periode gelombang ( $T$ ), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*).
- 3) Frekuensi ( $f$ ), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per titik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode,  $f = \frac{1}{T}$ . Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut ( $\theta = 2\pi$ ) seperti yang dijelaskan pada gambar dibawah ini :

Sehingga frekuensi sudut gelombang ( $\sigma$ ) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \sigma = 2\pi \cdot f \dots\dots\dots (3)$$

Cepat rambat gelombang ( $c$ ), dimana :

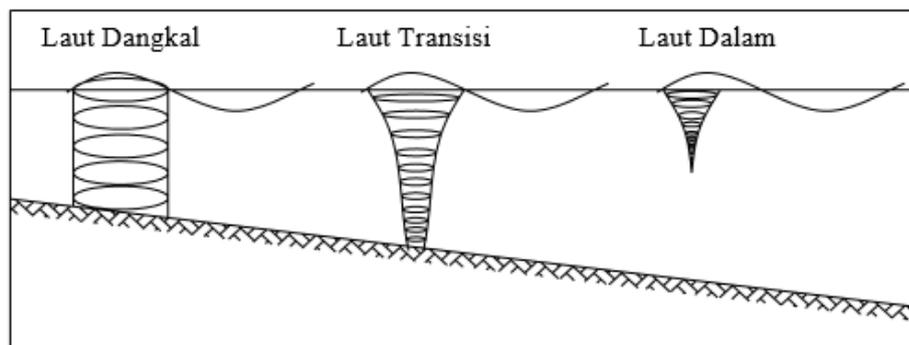
$$c = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 1. Sketsa definisi gelombang linier (*Shore Protection Manual Volume I, 1984*)

## 2. Perambatan Gelombang

Ketika gelombang menjalar, partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar membentuk puncak gelombang pada puncak lingkarannya dan lembah pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil. Saat gelombang mendekati pantai, bagian bawah gelombang akan mulai bergesekan dengan dasar laut yang menyebabkan pecahnya gelombang dan terjadi putaran pada dasar laut yang dapat membawa material dari dasar pantai serta menyebabkan perubahan profil pantai.



Gambar 2. Profil permukaan dan gerak orbit partike air pada penjalaran gelombang (Triatmodjo, 2003)

Dalam perambatannya gelombang menjalar dari laut dalam ke perairan dangkal/pantai dimana bangunan pantai (*breakwater*) tersebut akan dibangun, gelombang tersebut mengalami perubahan kecepatan, tinggi dan mungkin arahnya. Parameter gelombang yang dianggap tidak mengalami perubahan sepanjang perambatannya adalah periode.

Penyebab utama perubahan karakteristik gelombang tersebut adalah kedalaman dan variasi kedalaman perairan dangkal.

Perubahan parameter itu karena adanya pendangkalan (*shoaling*), pembelokan (*refraksi*) dan pemecahan gelombang (*breaking*). Jika dalam penjarannya gelombang menemui suatu halangan struktur atau karang, maka gelombang akan mengalami hamburan (*difraksi*). 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.

## **B. Klasifikasi Gelombang**

Berdasarkan nilai-nilai pendekatan, persamaan untuk laut dalam, laut dangkal dan laut antara (transisi), maka perbandingan antara kedalaman air ( $d$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ) atau  $d/L$ , gelombang dapat diklasifikasikan menjadi 3 macam seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi gelombang

Klasifikasi	$\frac{d}{L}$	$\frac{2\pi d}{L}$	$\tan h\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$
Perairan dalam	$>1/2$	$>\pi$	$\approx 1$
Perairan transisi	$1/25 - 1/2$	$<1/4 - \pi$	$\tan h\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$
Perairan dangkal	$<1/25$	$<1/4$	$\approx \frac{2\pi d}{L}$

Sumber : (*Shore Protection Manual* Volume I, 1984)

Perbandingan antara kedalaman  $d$  dan panjang gelombang  $L$ , perbandingan  $d/L$  ini disebut kedalaman relatif (*relative depth*). Bila kedalaman relatifnya dibawah  $1/25$ , maka kedalaman adalah kecil dibandingkan dengan panjang gelombang. Gelombang ini disebut gelombang laut dangkal (*shallow water waves*) atau gelombang panjang (*long waves*). Bila perbandingannya lebih besar  $1/2$ , maka disebut gelombang laut dalam (*deep water waves*) atau gelombang pendek (*short waves*). Untuk harga perbandingan antara  $1/25 < d/L < 1/2$  disebut gelombang transisi (*intermediate depth waves*).

### C. Deformasi Gelombang

#### 1. Refraksi dan Pendangkalan Gelombang (*wave shoaling*)

Refraksi dan wave shoaling dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah

gelombang serta distribusi energi gelombang disepanjang pantai (Triatmodjo, 1999). Tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi gelombang dan pendangkalan (*wave shaoling*) diberikan rumus :

$$H = K_s \times K_r \times H_o \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

H : tinggi gelombang akibat pengaruh refraksi

$K_s$  : koefisien pendangkalan (*Shaoling*)

$K_r$  : koefisien refraksi

$H_o$  : tinggi gelombang laut dalam (m)

## 2. Refleksi Gelombang

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, sehingga menyebabkan ketidaktenangan pada perairan. Besarnya kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang dan ( $H_i$ ).

$$Kr = \frac{H_r}{H_i} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam Tabel 2

Tabel 2. Koefisien Refleksi Gelombang

Tipe Bangunan	Kr
Dinding vertikal diatas puncak air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam air	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

Sumber : (Triatmodjo, 1999, hal. 91)

Menurut teori gelombang amplitudo kecil fluktuasi gelombang datang adalah :

$$\eta = \eta_i + \eta_r = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + x \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \dots\dots\dots (7)$$

Apabila refleksi sempurna  $X=1$ , maka ;

$$H = H_i \cos kx \cos \sigma t \dots\dots\dots (8)$$

#### D. Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Gelombang yang mencapai batas kemiringan akan mulai pecah dan sebagian energinya akan terdissipasi. Berdasarkan pertimbangan teoritis Michell (1893) menemukan batas kemiringan tersebut.

$$\frac{H_o}{L_o} = \frac{1}{7} = 0,142 \dots\dots\dots (9)$$

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relatif  $d/L$  dan kemiringan dasar laut ( $m$ ). Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman gelombang pecah ( $d_b$ ). Tinggi gelombang pecah diberi notasi ( $H_b$ ). Munk (1949, dalam CERC, 1984) memberikan persamaan untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah.

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3,3 \left( \frac{H'_0}{L_0} \right)^{1/3}} \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,28 \dots\dots\dots (11)$$

Parameter  $\frac{H_b}{H'_0}$  disebut indek tinggi gelombang pecah.

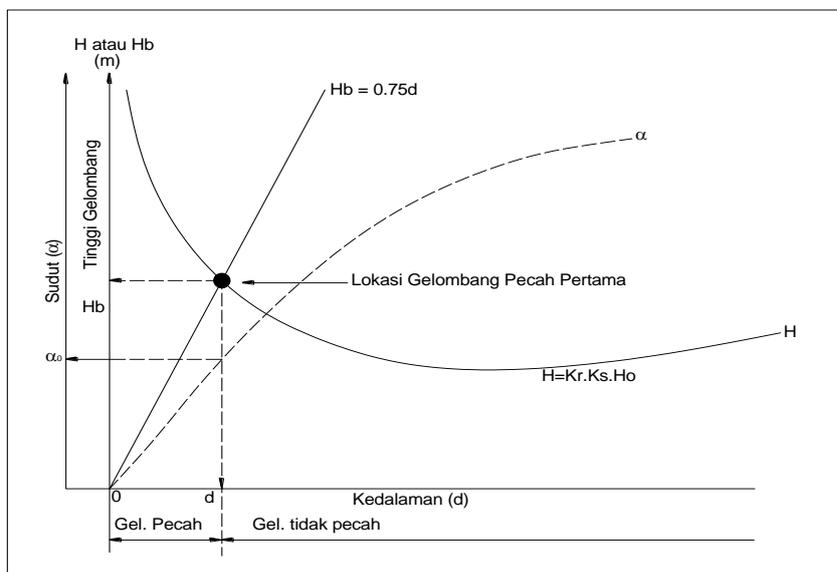
CERC, 1984 memberikan grafik seperti Gambar 6 yang menunjukkan hubungan antara kedalaman dan ketinggian gelombang pecah untuk berbagai kemiringan dasar laut. Grafik yang diberikan dapat ditulis dalam persamaan berikut :

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - \left( \frac{aH_b}{g \cdot T^2} \right)} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana  $a$  dan  $b$  merupakan fungsi kemiringan pantai ( $m$ ) dengan persamaan :

$$a = 43,75(1 - e^{-19m}) \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad \dots\dots\dots (14)$$

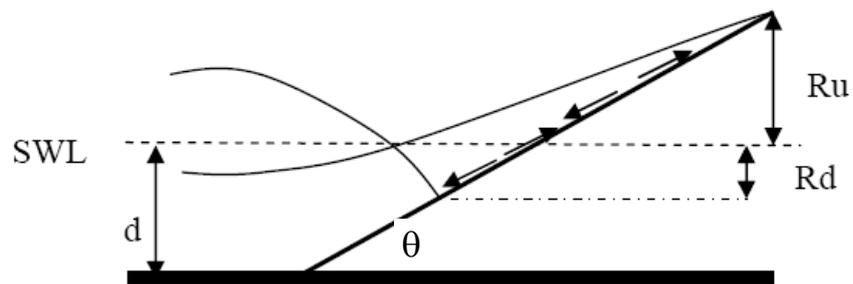


Gambar 3. Grafik penentuan kedalaman pada gelombang

### E. Runup dan Rundown

*Run Up* gelombang terjadi pada saat gelombang datang bergerak menuju ke pantai dan membentur kemiringan garis pantai atau bangunan pelindung pantai maka sebagian energi gelombang akan diubah menjadi gerakan air yang meluncur ke arah lereng bangunan. Setelah mencapai elevasi maksimum, akan terjadi aliran balik yang disebut *Run Down* akibat

gaya gravitasi. *Run Down* akan terus berlangsung sampai datang *Run Up* dari gelombang berikutnya atau *Run Down* mencapai lembah dari gelombang berikutnya. Tinggi elevasi *Run Up* dan *Run Down* diukur secara vertikal dari muka air rerata seperti Gambar 4.



Gambar 4. Definisi *Run Up* dan *Run Down*

Berbagai penelitian tentang *Run Up* gelombang telah dilakukan di laboratorium, dari hasil penelitian tersebut berupa grafik-grafik yang digunakan untuk menentukan tinggi *Run Up*. Gambar 5 adalah hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan Iribaren untuk menentukan besar *Run Up* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai tipe material, sebagai fungsi bilangan Iribaren untuk berbagai jenis lapis lindung yang mempunyai bentuk berikut :

$$I_r = \frac{\tan \theta}{\left(\frac{H}{L_0}\right)^{0.5}} \dots\dots\dots (23)$$

dengan :

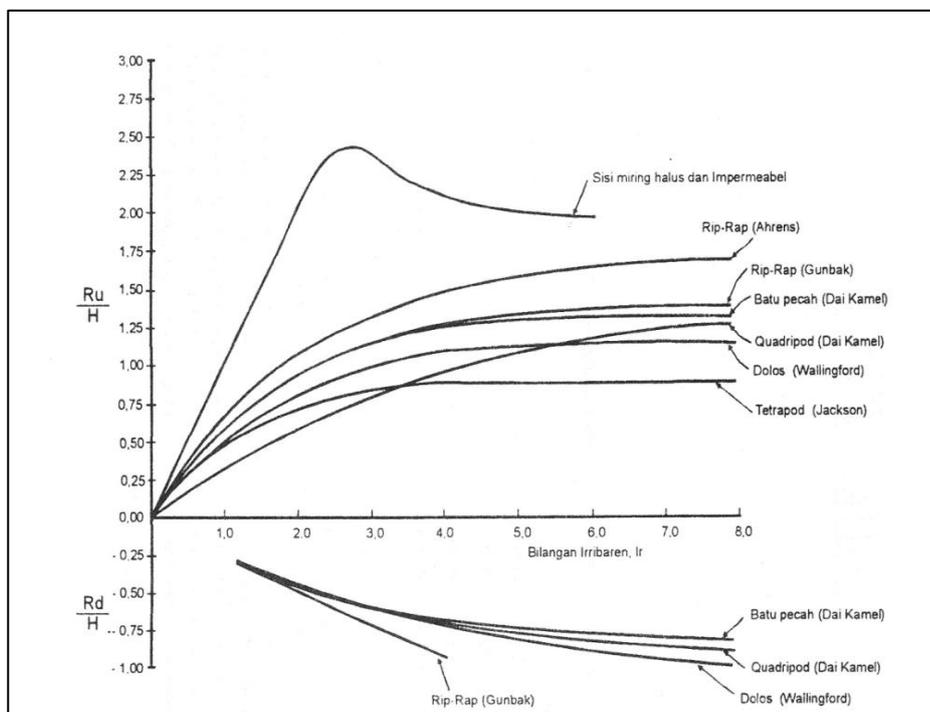
$I_r$  = Bilangan Iribaren

$\theta$  = Sudut kemiringan sisi bangunan pemecah gelombang

$H$  = tinggi gelombang di lokasi bangunan

$L_0$  = panjang gelombang di laut dalam

Grafik tersebut juga dapat digunakan untuk menghitung ( $R_d$ ) yaitu turunnya permukaan air karena gelombang pada sisi bangunan pemecah gelombang.



Gambar 5. Grafik Hubungan antara  $R_u/H$  dan bilangan Iribaren, Gelombang *Run Up* pada sisi miring dengan berbagai tipe

Kurva pada gambar 8 tersebut mempunyai bentuk tak berdimensi untuk *Run Up* relatif  $R_u/H$  atau  $R_d/H$  sebagai fungsi dari bilangan Iribaren, dimana  $R_u$  dan  $R_d$  adalah *Run Up* dan *Run Down* yang dihitung dari muka air laut rerata.

## F. Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik 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 :

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

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

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$n_h$  = skala tinggi

$L_p$  = ukuran panjang prototipe

$L_m$  = ukuran panjang model

$h_p$  = ukuran tinggi pada prototipe

$h_m$  = ukuran tinggi pada model

## 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  $n_v$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_T$  didefinisikan sebagai berikut :

$$n_v = \frac{v_p}{v_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad \text{untuk kecepatan} \quad \dots\dots\dots (17)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \quad \text{untuk percepatan} \quad \dots\dots\dots (18)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^2}{n_T} \quad \text{untuk debit aliran} \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad \text{untuk waktu} \quad \dots\dots\dots (20)$$

### 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 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*.

$$Fr = \frac{(\rho L^3) \left(\frac{v^2}{L}\right)}{\rho g L^3} = \frac{v^2}{gL} \quad \dots\dots\dots (21)$$

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

$$n_{Fr} = \frac{n_v}{n_{L^{0.5}}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$n_{Fr} = \frac{Fr_p}{Fr_m} = 1 \quad \dots\dots\dots (23)$$

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 :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \dots\dots\dots (24)$$

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

$$n_T = n_L^{1/2} \text{ atau } n_T = \sqrt{n_L} \dots\dots\dots (25)$$

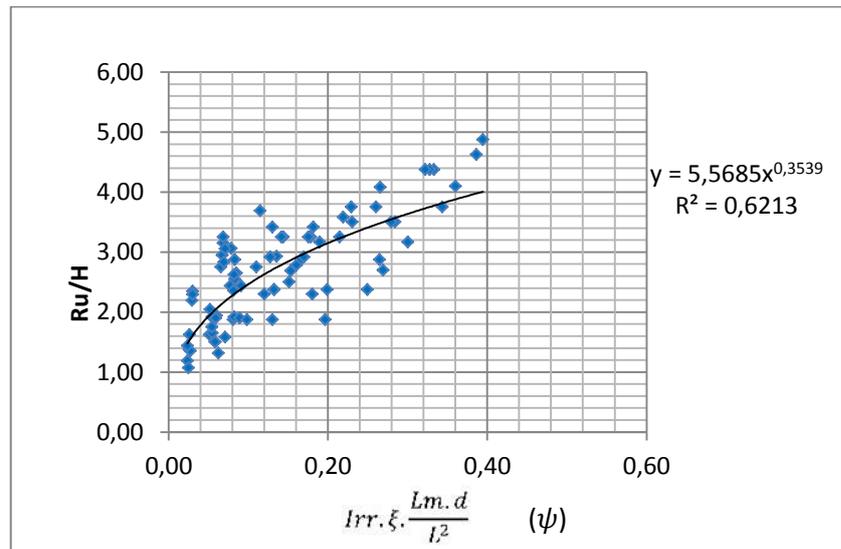
Semua gaya-gaya tersebut diatas merupakan fungsi variabel tetap.

Variabel yang mempengaruhi gaya-gaya tersebut di klasifikasikan dalam tiga tipe ;

- a. *Linear dimensions* didefinikan sebagai kondisi batas geometrik seperti panjang ( $L$ ), lebar ( $B$ ), tinggi ( $H$ ), dan kedalaman air ( $d$ ).
- b. *Fluida Properties* disebut sebagai kerapatan fluida ( $\rho$ ), viskositas ( $\mu$ ), tegangan permukaan ( $\lambda$ ), dan elastisitas ( $E$ ).
- c. *Kinematic and dynamic characteristics of flow* disebut sebagai kecepatan aliran ( $v$ ), intensitas tekanan ( $p$ ), percepatan gravitasi ( $g$ ).

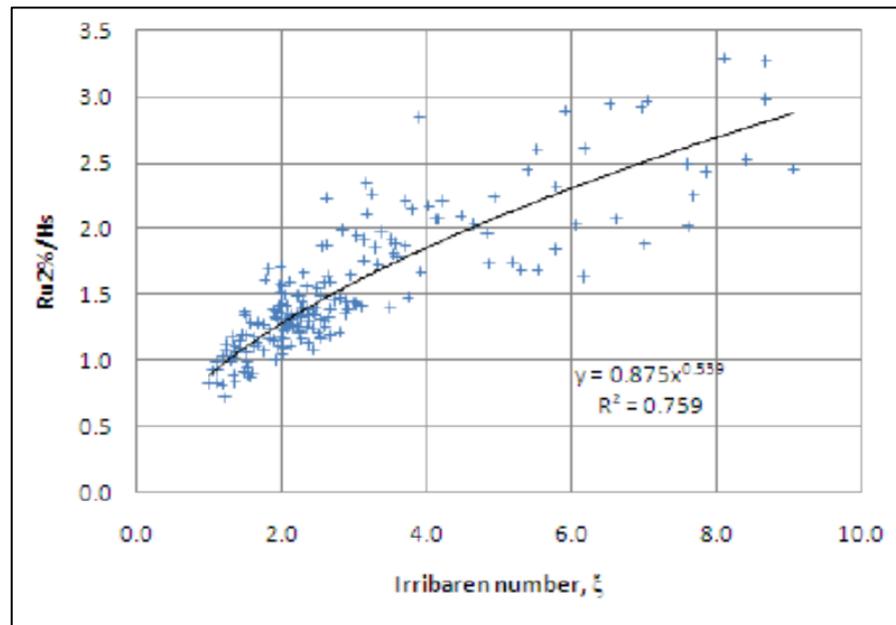
### G. Penelitian Sebelumnya

Hendra, (2011) meneliti model pelindung kaki tipe pancang skala laboratorium 2-D, menjelaskan bahwa parameter yang berpengaruh terhadap tinggi *Run Up* gelombang terdiri dari panjang struktur ( $L_m$ ), kerapatan pancang ( $\zeta$ ), tinggi gelombang depan struktur ( $H$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $d$ ). Dari hasil pengujian menghasilkan persamaan regresi yang bukan regresi linier yang merupakan hubungan bilangan tak berdimensi dan efektif dapat mengurangi tinggi *Run Up* sebesar 26% (hasil rata-rata dari berbagai konfigurasi parameter struktur dan parameter gelombang) seperti pada Gambar 6.



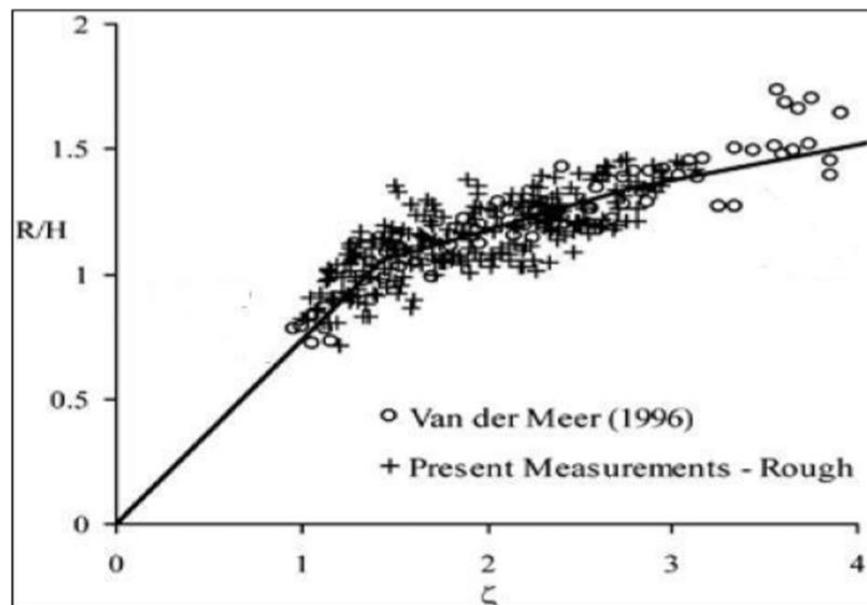
Gambar 6. Grafik hubungan  $Irr. \xi. \frac{Lm.d}{L^2}$  terhadap nilai  $Ru/H$   
Hendra, 2011

Alfansuri, (2010) meneliti perbandingan formula *Run Up* gelombang dan *overtopping* untuk gelombang *Irregular* pada struktur dasar kasar dan menjelaskan bahwa nilai *Run Up* gelombang merupakan fungsi dari *irribaren number*. Hasil penelitian dari Alfansuri memperlihatkan suatu persamaan regresi baru yang merupakan hubungan bilangan tak berdimensi berupa persamaan regresi *non linier* seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai  $Ru/H$   
Alfansuri, 2010

Janaka, (2008) melakukan eksperimen *Run Up* gelombang di *wave flume Fluids Laboratory of the University of Peradeniya* dengan dimensi flume (40m x 2m x 2.13m), rang berat batu (stone) adalah 1.80 kg – 2.0 kg dan nilai kerapatannya 0.1-1.2 *slope* 23.3°. Hasil pengujian yang diperoleh diperbandingkan dengan data *Run Up* milik Van Der Meer yang merupakan hubungan bilangan tak berdimensi dan memperlihatkan kurva linier seperti pada Gambar 8.

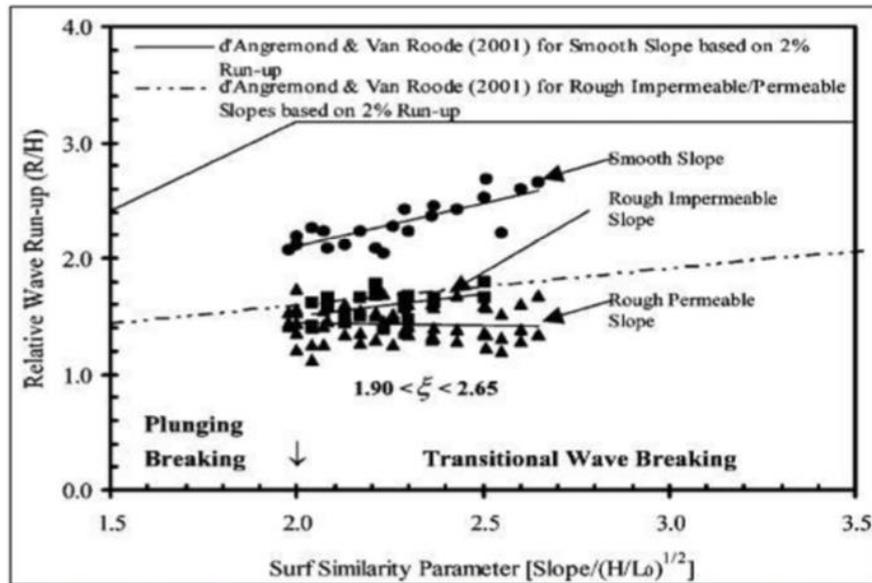


Gambar 8. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai  $Ru/H$   
Janaka, 2008

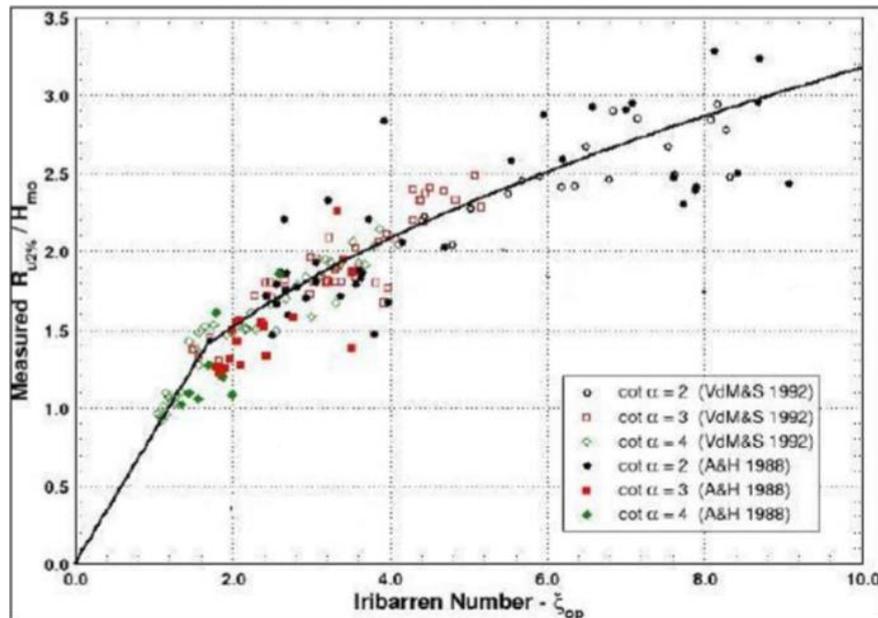
Shankar dan Jayaratne, (2002) melakukan eksperimen *Run Up* gelombang di laboratorium *wave flume Hydraulic Engineering Laboratory of the National, University of Singapore* dengan dimensi flume (39m x 0.9m x 0.9m) dan *water deep* 0.4 meter dengan menggunakan model *breakwater (armor)*. Dari hasil eksperimen mendapatkan hubungan bilangan tak berdimensi dan memperlihatkan kurva seperti pada Gambar 9.

Ahrens dan Heimbaugh, (1988) telah melakukan penelitian terhadap run-up gelombang untuk gelombang *irregular* dan menjelaskan bahwa nilai *Run Up* gelombang merupakan fungsi *irribaren number*. Percobaan dilakukannya di laboratorium wave flume A&M University, Texas. Dengan dimensi flume (32m x 0.9m x 1.2m). Dari hasil penelitian mendapatkan

hubungan bilangan tak berdimensi dan memperlihatkan kurva linier seperti pada Gambar 10.



Gambar 9. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai  $Ru/H$  Shankar dan Jayaratne, 2002



Gambar 10. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai  $Ru/H$  Ahrens dan Heimbaugh, 1988

## H. Metode Analisis Dimensi

Bilangan tak berdimensi digunakan untuk menyatakan hubungan antar parameter serta dipakai untuk menggambarkan hasil-hasil penelitian. Untuk menentukan bilangan tak berdimensi dapat dilakukan dengan analisis dimensi. Beberapa cara/metode yang umum digunakan untuk analisis dimensi yaitu Metode *Basic Echelon*, Metode *Buckingham*, Metode *Rayleigh*, Metode *Stepwise* dan Metode *Langhaar*. Untuk penelitian ini digunakan metode *Langhaar* karena variabel yang berpengaruh relatif sedikit serta metode ini tersusun sistemik.

Metode *Langhaar* menjelaskan fenomena model hidraulik dengan  $n$  parameter  $P_i$  dengan  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ . Jika parameter tersusun oleh  $m$  elemen pokok, maka produk bilangan tak berdimensi dapat diturunkan sejumlah  $(n-m)$ . Untuk keperluan teknik hidraulik biasanya ada 3 elemen pokok yaitu Massa ( $M$ ), Panjang ( $L$ ) dan Waktu ( $T$ ).

Bilangan tak berdimensi dapat dinyatakan :

$$\pi_j = P_1^{k_1} P_2^{k_2} P_3^{k_3} \dots \dots \dots P_n^{k_n} \dots \dots \dots (26)$$

Dimana  $\pi_j$  = produk bilangan tak berdimensi dengan  $j = 1, 2, 3, \dots, n$  jika  $P_i$  mempunyai dimensi  $M^{\alpha_i} L^{\beta_i} T^{\gamma_i}$ , maka dapat ditulis :

$$\pi_j = (M^{\alpha_1} L^{\beta_1} T^{\gamma_1})^{k_1} \cdot (M^{\alpha_2} L^{\beta_2} T^{\gamma_2})^{k_2} \dots \dots \dots (M^{\alpha_n} L^{\beta_n} T^{\gamma_n})^{k_n}$$

atau

$$\pi_j = (M^{\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots \dots \dots \alpha_n k_n}) \cdot (L^{\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \dots \dots \dots \beta_n k_n}) \cdot (T^{\gamma_1 k_1 + \gamma_2 k_2 + \dots \dots \dots \gamma_n k_n}) \dots (27)$$

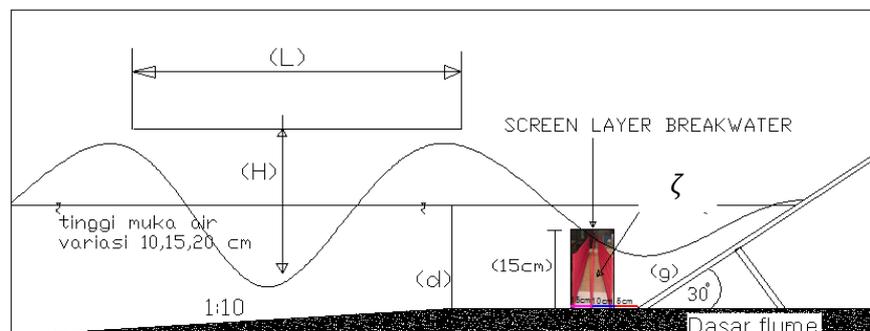
$\pi_j$  merupakan bilangan tak berdimensi jika :

$$\begin{aligned}
 \alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots + \alpha_n k_n &= 0 \\
 \beta_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots + \beta_n k_n &= 0 \\
 \tau_1 k_1 + \tau_2 k_2 + \dots + \tau_n k_n &= 0 \quad \dots \dots \dots (28)
 \end{aligned}$$

## I. Hipotesis

Perambatan gelombang melalui *screen layer breakwater* yang terpasang pada dasar perairan, akan merefleksikan dan mengurangi energi gelombang pengaruh dari kerapatan dan jumlah lapis *screen layer* sehingga energi gelombang yang ditransmisikan menjadi lebih kecil, maka *runup* gelombang pada revetmen juga menjadi kecil.

Berdasarkan landasan teori dan tinjauan pustaka, parameter yang berpengaruh pada pengurangan energi gelombang dan *Run Up* gelombang adalah kedalaman air ( $d$ ) periode ( $T$ ), tinggi gelombang ( $H$ ), panjang gelombang ( $L$ ), kerapatan *screen layer* ( $\zeta$ ), jumlah lapis *screen layer* ( $N$ ), jarak *screen layer* ( $Xm$ ), kemiringan ( $\theta$ ) dan gravitasi ( $g$ ) seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Sketsa parameter pada model penelitian

Hipotesis diatas dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut :

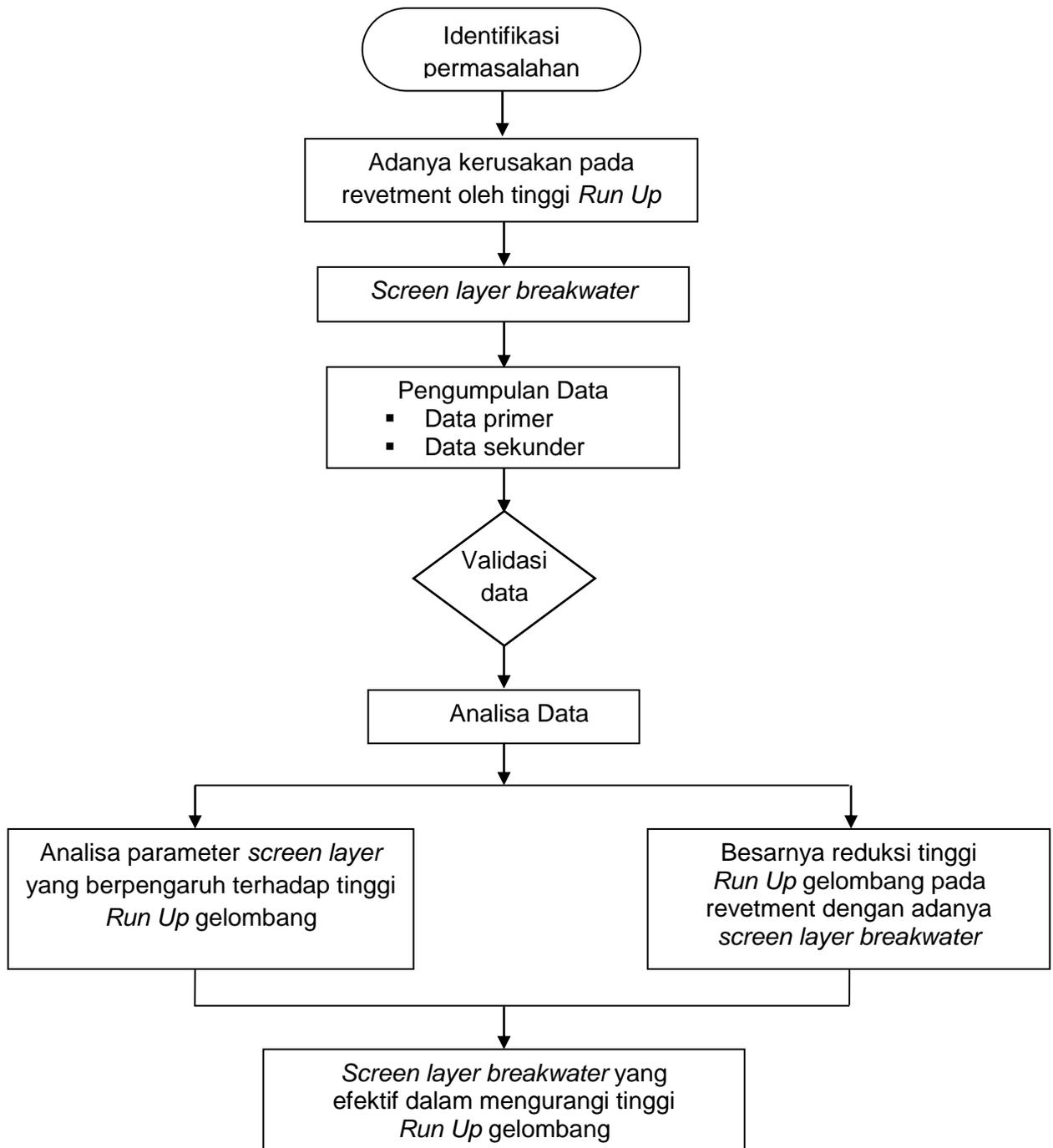
$$Ru = f ( H, T, d, L, \zeta, N, X_m, \theta, g ) \quad \dots\dots\dots (29)$$

dimana :

- Ru : *Run Up* gelombang
- H : tinggi gelombang datang
- $\theta$  : sudut kemiringan revetment
- ( $\zeta$ ) : kerapatan *screen layer*
- L : panjang gelombang laut
- N : jumlah lapis *screen layer*
- $X_m$  : jarak model *screen layer*
- d : kedalaman air
- g : gravitasi

## J. Kerangka Pikir Penelitian

Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 12. Kerangka Pikir Penelitian

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

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

Penelitian dilakukan dengan pemodelan fisik di laboratorium Hidrodinamika Teknik Kelautan, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar dengan waktu penelitian 2 bulan dengan rincian kegiatan (persiapan model, kalibrasi alat, simulasi dan pengamatan data).

#### **B. Metode dan Jenis Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif dengan pendekatan kuantitatif artinya penelitian yang dilakukan adalah menekankan analisisnya pada data-data numerik (angka), yang bertujuan untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai suatu keadaan berdasarkan data yang diperoleh dengan cara menyajikan, mengumpulkan dan menganalisis data tersebut sehingga menjadi informasi baru yang dapat digunakan untuk menganalisa mengenai masalah yang sedang diteliti.

Definisi dari metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan analisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang lebih luas.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental yang dapat diartikan sebagai sebuah studi yang objektif, sistematis, dan

terkontrol untuk memprediksi atau mengontrol fenomena. Penelitian eksperimen bertujuan untuk menyelidiki hubungan sebab akibat (*cause and effect relationship*), dengan cara mengekspos satu atau lebih kelompok eksperimental dan satu atau lebih kondisi eksperimen. Hasilnya dibandingkan dengan satu atau lebih kelompok kontrol yang tidak dikenai perlakuan (Danim, 2002).

Danim, (2002) menyebutkan beberapa karakteristik penelitian eksperimental, yaitu :

- a. Variabel-variabel penelitian dan kondisi eksperimental diatur secara tertib ketat (*rigorous management*), baik dengan menetapkan kontrol, memanipulasi langsung, maupun random (rambang).
- b. Adanya kelompok kontrol sebagai data dasar (*base line*) untuk dibandingkan dengan kelompok eksperimental.
- c. Penelitian ini memusatkan diri pada pengontrolan variansi, untuk memaksimalkan variansi variabel yang berkaitan dengan hipotesis penelitian, meminimalkan variansi variabel pengganggu yang mungkin mempengaruhi hasil eksperimen, tetapi tidak menjadi tujuan penelitian. Di samping itu, penelitian ini meminimalkan variansi kekeliruan, termasuk kekeliruan pengukuran. Untuk itu, sebaiknya pemilihan dan penentuan subjek, serta penempatan subjek dalam kelompok-kelompok dilakukan secara acak.
- d. Validitas internal (*internal validity*) mutlak diperlukan pada rancangan penelitian eksperimental, untuk mengetahui apakah manipulasi

eksperimental yang dilakukan pada saat studi ini memang benar-benar menimbulkan perbedaan.

- e. Validitas eksternalnya (*external validity*) berkaitan dengan bagaimana representatif penemuan penelitian dan berkaitan pula dengan generalisasi pada kondisi yang sama.
- f. Semua variabel penting diusahakan konstan, kecuali variabel perlakuan yang secara sengaja dimanipulasikan atau dibiarkan bervariasi.

### **C. Sumber Data**

Sumber data yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan sumber data primer dan data sekunder. Penggunaan data primer akan diperoleh langsung melalui simulasi pemodelan fisik yang dilakukan di laboratorium.

Data sekunder merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder ini berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan.

Sumber data sekunder yang digunakan dalam penelitian berasal dari beberapa bahan literatur dan hasil penelitian tentang transmisi dan *runup* gelombang yang relevan dalam bentuk jurnal, skripsi, tesis dan karya ilmiah lainnya.

## D. Deskripsi Alat Laboratorium

### 1. Saluran Gelombang (*Wave Flume*)

Saluran gelombang 2-D yang terbuat dari struktur baja di sepanjang dinding saluran. Pada salah satu ujung saluran terdapat pembangkit gelombang tipe *flap* sedangkan pada ujung yang lainnya dibuatkan struktur pantai buatan yang berfungsi sebagai peredam gelombang. Saluran Gelombang ini mempunyai dimensi sebagai berikut:

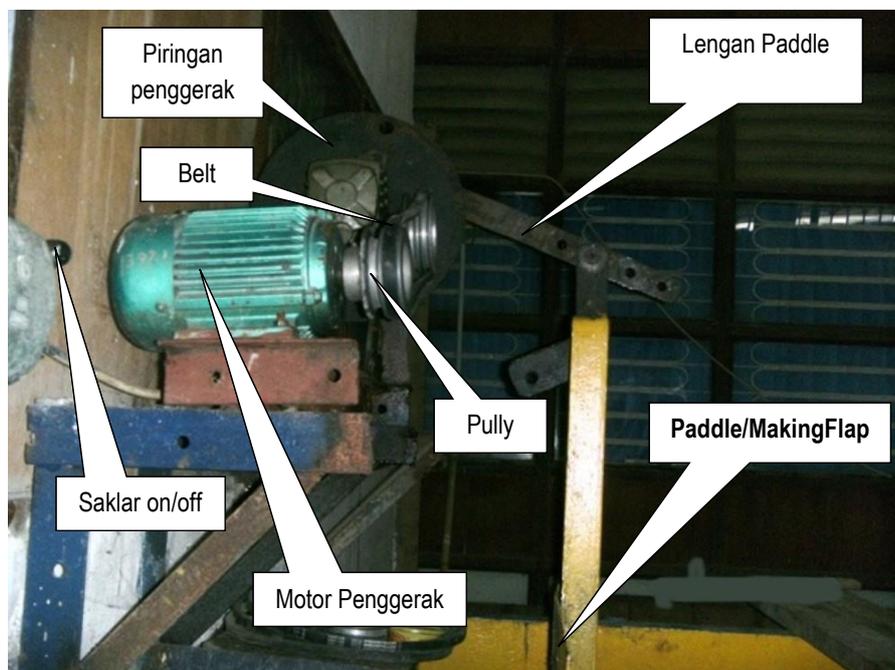
- Panjang 1845 cm
- Lebar 122 cm
- Tinggi 122 cm



Gambar 13. Saluran Gelombang (*Wave Flume*) Laboratorium Hidrodinamika Teknik Kelautan Universitas Hasanuddin

## 2. Mesin Pembangkit Gelombang (*Wave Generator*)

Mesin pembangkit gelombang (*wave generator*) adalah tipe *flap*. Gerakan gelombang diciptakan oleh *wave making flap*, dimana bagian bawah *flap* merupakan engsel dan bagian atas *flap* dihubungkan dengan piringan penggerak menggunakan *stroke*. Gerakan *flap* adalah gerakan rotasi yang dikontrol melalui gerak putar piringan penggerak. Gerakan atau kepankan bolak balik *flap* inilah yang membangkitkan gelombang.

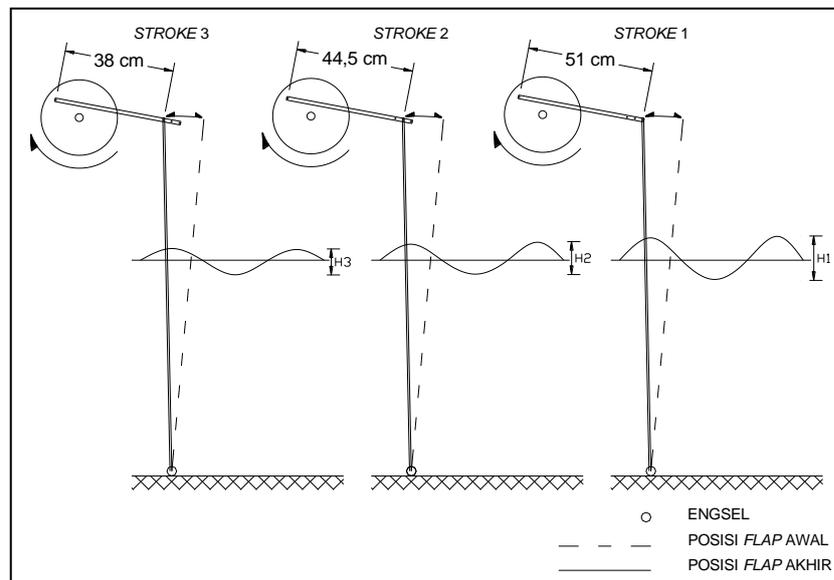


Gambar 14. Alat pembangkit gelombang (*wave generator*)

## 3. Karakteristik Gelombang di Laboratorium

Karakteristik gelombang di Laboratorium oleh *wave generator* terdiri dari 3 variasi periode dan tinggi gelombang. Periode gelombang

dikontrol oleh putaran *pulley*, terdapat 3 ukuran *pulley* yaitu kecil, sedang dan besar dengan diameter masing-masing 8,10, dan 13 cm. Tinggi gelombang dikontrol oleh posisi *stroke* yang mengatur simpangan gerakan *flap*, terdapat 3 posisi *stroke* yaitu stoke 1, 2 dan 3 yang memiliki simpangan gerakan *flap* masing-masing 38 cm, 44.5 cm dan 51 cm (Gambar 15). Posisi *pulley* dan *stroke* dapat dilihat pada gambar 14. Kedalaman air pada *flume* dibuat 3 variasi yaitu 20 cm, 15 cm dan 10 cm



Gambar 15. Simpangan gerakan *wave making flap* berdasarkan posisi *stroke*

## E. Alat dan Bahan

### 1. Alat

Untuk melaksanakan pemodelan fisik, alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Peralatan laboratorium terdiri dari *wave flume* 2-D yang dilengkapi dengan penggerak gelombang
- b. Meteran untuk mengukur tinggi gelombang
- c. Mistar ukur digunakan untuk mengukur kedalaman air
- d. Stopwatch untuk mengukur periode gelombang
- e. Kamera untuk dokumentasi
- f. Formulir pencatatan dan alat tulis
- g. Peralatan mekanik untuk mengganti pulley dan stroke
- h. Peralatan pertukangan untuk membuat model

### 2. Bahan

Bahan untuk pembuatan model yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

- a. *Screen layer* dari material kain tekstil dengan tiga jenis kerapatan yang berbeda
- b. Slot sebagai penahan pada *screen layer* dari besi
- c. *Impermeable* revetmen dari plat baja dengan kemiringan  $30^\circ$

## F. Variabel yang Diteliti

Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka variabel yang diteliti adalah tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), refleksi gelombang ( $K_r$ ), panjang gelombang ( $L$ ), kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ) dan tinggi *Run up* ( $R_u$ ) serta *Run down* ( $R_d$ ) gelombang pada *revetmen*.

## G. Perancangan Model

### 1. Meninggikan dasar *flume*.

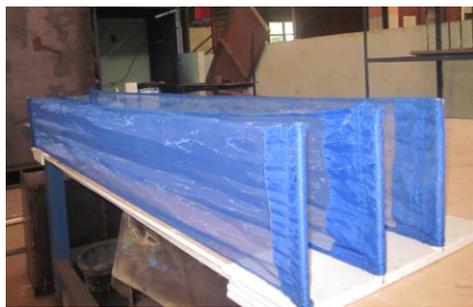
Dikarenakan alat pembangkit gelombang yang digunakan adalah tipe making *flap*, maka gelombang yang terbentuk sempurna hanya pada bagian permukaan saja, sedangkan pada penelitian ini diperlukan kedalaman yang dangkal sehingga sebelum dilakukan percobaan terlebih dahulu dasar *flume* ditinggikan. Kedalaman air yang diperlukan pada percobaan di Laboratorium adalah 20 cm, 15 cm dan 10 cm.

### 2. *Revetmen* dengan sisi miring $30^\circ$

Pada penelitian ini akan digunakan *revetmen* yang terbuat dari plat baja dengan kemiringan  $30^\circ$  dengan dilengkapi ukuran untuk mengukur *Run up* dan *Run down*. Pemilihan kemiringan  $30^\circ$  didasarkan pada konstruksi *revetmen* yang ideal atau yang biasa digunakan dalam perencanaan pengamanan pantai. Pemasangan *revetmen* diletakkan didepan dari peredam gelombang yang ada pada satu ujung dari *flume*.

### 3. *Screen Layer Breakwater*

Model *Screen layer breakwater* yang digunakan terbuat dari material kain tekstil dengan tiga jenis kerapatan yang berbeda dan jumlah *screen* yang bervariasi yaitu *screen* 1 lapis (MSL1), *screen* 2 lapis (MSL2), dan *screen* 3 lapis (MSL3), sedangkan tinggi *screen layer* ditetapkan 15 cm. Model *screen layer* tersebut dilengkapi slot dari besi sebagai penahan seperti pada Gambar 16.



M1SL3,  $\zeta = 0,855$



M2SL3,  $\zeta = 0,565$



M3SL3,  $\zeta = 0,29$

Gambar 16. Model *screen layer breakwater*

#### 4. Penentuan skala model

Penentuan skala geometri disesuaikan dengan kemampuan dan kapasitas *flume tank* di laboratorium yang dibandingkan dengan ukuran prototipe. Pada penelitian ini digunakan model distorsi (*distorted models*). Dengan menggunakan model distorsi dimana skala panjang tidak sama dengan skala tinggi, maka didapat perbandingan skala tinggi model terhadap protipe dengan menggunakan persamaan (15).

Penelitian ini direncanakan kedalaman 2 m, 1,5 m, dan 1 m, maka kedalaman yang dioperasikan didalam wave flume yaitu 20 cm, 15 cm dan 10 cm, sehingga skala percobaan yaitu :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} = \frac{200}{20} = 10$$

dimana :

$n_L$  : skala panjang

$L_p$  : panjang pada prototipe

$L_m$  : panjang pada model

Skala panjang ( $n_L$ ) diatas berlaku untuk semua penskalaan jarak (panjang dan tinggi), termasuk tinggi gelombang ( $H$ ), tinggi model ( $H_m$ ) dan porositas model ( $\zeta$ ) sehingga :

$$n_L = n_H = n_{H_m} = n_\zeta = 10$$

Untuk penentuan periode gelombang ( $T$ ) digunakan penskalaan waktu menggunakan keserupaan *Froude* memakai persamaan (25).

$$n_t = \sqrt{n_L} = \sqrt{10} = 3,2$$

sehingga pada penelitian ini, digunakan tiga jenis model dengan kerapatan ( $\zeta$ ) yang berbeda dan jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ) yang divariasikan.

## 5. Penamaan Model

Untuk mempermudah percobaan pada penelitian ini, digunakan parameter model *screen layer* (MiSL). Penamaan model mengikuti aturan sebagai berikut :

MiSL

dimana :

$M_i$  : Model, indeks  $i$  merupakan nominal 1, 2 dan 3 dengan penjelasan indeks sebagai berikut :

Indek 1 : model 1

Indek 2 : model 2

Indek 3 : model 3

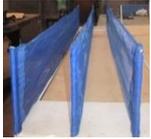
$SL_i$  : *screen layer*, indeks  $i$  merupakan nominal 1, 2 dan 3 dengan penjelasan indeks sebagai berikut :

Indek 1 : *screen layer* lapis 1

Indek 2 : *screen layer* lapis 2

Indek 3 : *screen layer* lapis 3

Tabel 3. Nama dan Karakteristik Model

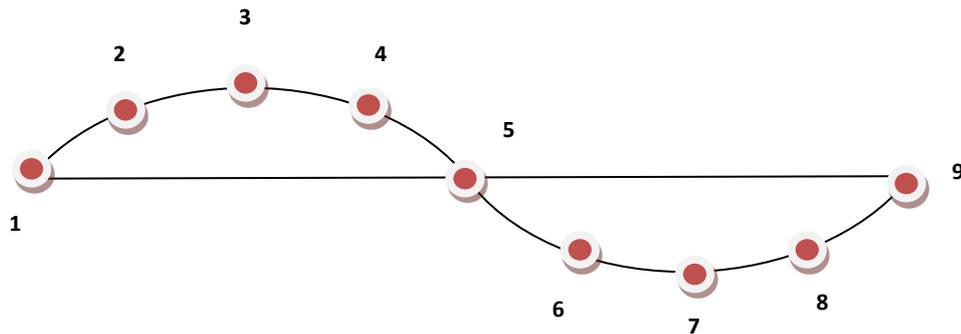
No	Nama Model	Tinggi model (cm)	Jarak layer (cm)	Kerapatan ( $\zeta$ )	Kedalaman (d) cm	Bentuk Model
1	M1SL1		5			
2	M1SL2	15	10	0,855	10, 15, 20	
3	M1SL3		15			
4	M2SL1		5			
5	M2SL2	15	10	0,565	10, 15, 20	
6	M2SL3		15			
7	M3SL1		5			
8	M3SL2	15	10	0,29	10, 15, 20	
9	M3SL3		15			

Berdasarkan karakteristik tinggi model dibuat tiga jenis model dengan variasi kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis *screen layer* (lapis 1, lapis 2 dan lapis 3) dan jarak *screen layer* (5cm, 10cm dan 15cm). Simulasi model dilaboratorium dirancang dengan mengvariasikan atau mengkonfigurasi tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) dan kedalaman air ( $d$ ) masing-masing 3 kondisi. Sehingga percobaan yang dilakukan sebanyak 9 model x 3 kondisi ( $H$ ) x 3 kondisi ( $T$ ) x 3 kondisi ( $d$ ) = 243 percobaan.

## H. Simulasi Model

Simulasi awal di Laboratorium dilakukan dengan tanpa model *screen layer*, lalu dilanjutkan simulasi dengan memasang model *screen layer* secara bervariasi seperti tabel 4. Pengukuran tinggi gelombang pada 9 titik di depan model dan pengukuran *runup* dan *rundown* yang

dilengkapi titik pengukuran seperti Gambar 17 dan 18. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan.



Gambar 17. Pengukuran 9 titik di depan model



Gambar 18. Pengukuran *run up* dan *run down* pada *revetment*

Tabel 4. Rancangan Simulasi Model

Model	Kedalaman air (cm)	Jarak (cm)	Variasi kerapatan ( $\zeta$ )	Variasi Tinggi Gel. (Stroke)	Variasi Periode Gel. (Fully)
MSL	10,15,20	0	0	1,2,3	Kecil, sedang, besar
M1SL1		5			Kecil,
M1SL2	10,15,20	10	0,855	1,2,3	sedang,
M1SL3		15			besar
M2SL1		5			Kecil,
M2SL2	10,15,20	10	0,565	1,2,3	sedang,
M2SL3		15			besar
M3SL1		5			Kecil,
M3SL2	10,15,20	10	0,29	1,2,3	sedang,
M3SL3		15			besar

Dari tabel diatas, dijelaskan bahwa pengamatan data pada penelitian di Laboratorium pertama-tama dilakukan tanpa memasang model *screen layer* (MSL) pada *flume*, dengan beberapa variasi kedalaman yaitu 10 cm, 15 cm dan 20 cm, kemudian dilanjutkan dengan memasang model pertama didahului dengan *screen layer* lapis 1 (M1SL1). Lapis 2 (M1SL2) dan lapis 3 (M1SL3) untuk masing-masing kerapatan ( $\zeta$ ) dan jarak *screen layer*. Variasi tinggi gelombang dilakukan dengan cara mengganti posisi stroke, demikian pula variasi periode gelombang dilakukan dengan cara mengganti posisi fully. Selanjutnya hal yang sama dapat dilakukan dengan memasang *screen layer* pada *flume* untuk model kedua dan ketiga.

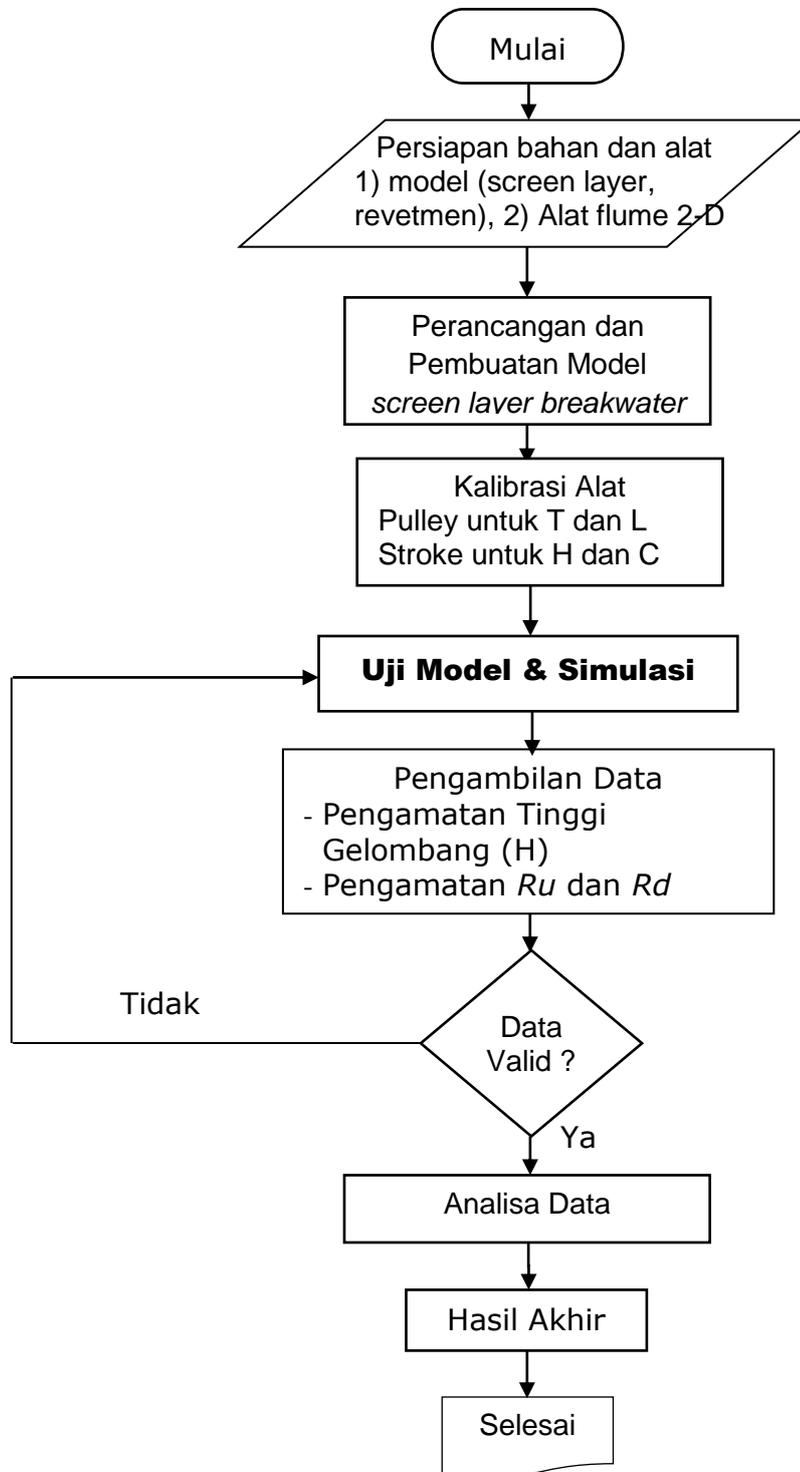
## I. Prosedur Pengambilan Data

Secara garis besar prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Sebelum pengukuran terlebih dahulu dilakukan kalibrasi alat (pengaturan pulley untuk periode dan panjang gelombang, stroke untuk tinggi dan cepat rambat gelombang, serta pengaturan posisi revetmen) untuk pencatatan tinggi gelombang (H).
2. Setelah komponen siap, simulasi gelombang dimulai tanpa model dengan membangkitkan gelombang dengan tuas daya pada kontrol pembangkit gelombang.
3. Kemudian dilanjutkan dengan memasang model di tengah-tengah *wave flume* didepan revetmen.
4. Tinggi gelombang datang diukur di depan posisi model pada 9 titik.
5. Tinggi *run up* dan *run down* gelombang diukur pada revetmen.
6. Kemudian prosedur 1 sampai 5 dilanjutkan secara berulang pada model lain untuk masing-masing model, dengan variasi kerapatan, jumlah lapis, jarak, parameter stroke untuk tinggi gelombang, fully untuk periode gelombang dan variasi kedalaman air.

### J. Diagram Proses Penelitian Laboratorium

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai bagan alir dibawah :



Gambar 19. Diagram proses penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

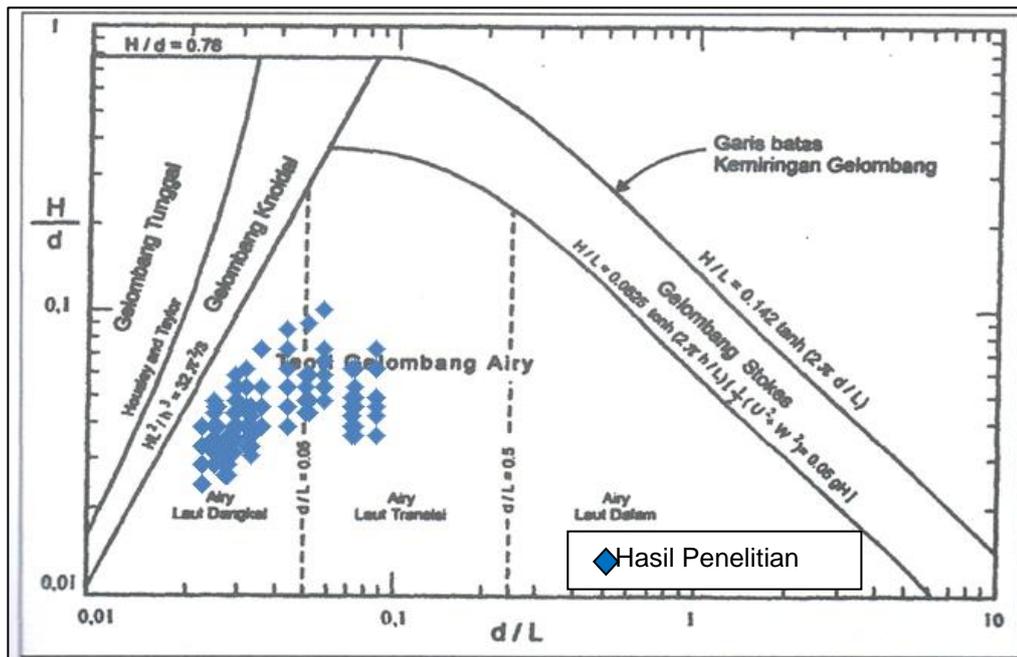
#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Data Tinggi Tinggi Gelombang

Untuk mendapatkan tinggi gelombang datang dan refleksi gelombang dilakukan pengukuran tinggi gelombang di depan model. Dari hasil pengamatan dan pencatatan pada tiap titik lokasi pengamatan diambil tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ). Hasil pengamatan dan perhitungan tinggi gelombang datang, refleksi gelombang disajikan dalam bentuk tabel pada Lampiran 1.

##### 2. Panjang Gelombang

Penentuan panjang gelombang ( $L$ ) berdasarkan periode gelombang ( $T$ ) dan kedalaman air ( $d$ ) yang diperoleh dari waktu putaran piringan penggerak pengatur *stroke* pembangkit gelombang. Hasil perhitungan periode gelombang disajikan dalam bentuk tabel pada Lampiran 2. Hasil perhitungan data eksperimen yang *diploting* kedalam grafik batasan pemakaian penerapan teori gelombang didasarkan pada nilai perbandingan  $H/d$  dan  $d/L$ , seperti pada Gambar 20.



Gambar 20. Daerah Penerapan Teori Gelombang fungsi  $H/d$  dan  $d/L$  (Triatmojo, 1999)

Berdasarkan gambar diatas diperoleh bahwa, data hasil eksperimen sebagian besar berada pada daerah penerapan teori Airy laut dangkal, sehingga panjang gelombang dihitung dengan persamaan (1). Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel pada Lampiran 3.

### 3. Tinggi Run Up ( $R_u$ ) dan Tinggi Run Down ( $R_d$ )

Penentuan tinggi ( $R_u$ ) dan ( $R_d$ ) dilakukan pengukuran pada sisi miring revetmen dengan kemiringan  $30^\circ$ , sehingga untuk mendapatkan tinggi ( $R_u$ ) dan ( $R_d$ ) diperoleh dengan menggunakan fungsi *sinus* pada persamaan segitiga.

$$\sin \alpha = \frac{y}{r}$$

Hasil perhitungan tinggi ( $Ru$ ) dan ( $Rd$ ) disajikan dalam bentuk tabel pada **Lampiran 3.**

### B. Analisa Dimensi

Berdasarkan metode Langhaar, maka parameter yang tercantum dalam persamaan (28) dapat dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Parameter tak bebas (dependent parameter) :  $Ru$
2. Parameter yang diubah-ubah selama percobaan :  $H, T, X_m, k, N$
3. Parameter lain :  $g, d$

Penentuan  $\alpha, \beta$  dan  $\tau$  dibuat secara tabulasi sebagai berikut :

Tabel 5. Penentuan nilai  $\alpha, \beta$  dan  $\tau$

Group	1		2			3		Keterangan
Parameter	Ru	H	T	$X_m$	k	G	d	
$M$	0	0	0	0	0	0	0	$\alpha$
$L$	1	1	0	1	1	1	1	$\beta$
$T$	0	0	1	0	1	-2	0	$\tau$
	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$	$k_i$

$$\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \alpha_3 k_3 + \alpha_4 k_4 + \alpha_5 k_5 + \alpha_6 k_6 + \alpha_7 k_7$$

$$0+0+0+0+0+0+0=0$$

$$\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \beta_3 k_3 + \beta_4 k_4 + \beta_5 k_5 + \beta_6 k_6 + \beta_7 k_7$$

$$k_1 + k_2 + k_4 + k_5 + k_6 + k_7 = 0$$

$$\tau_1 k_1 + \tau_2 k_2 + \tau_3 k_3 + \tau_4 k_4 + \tau_5 k_5 + \tau_6 k_6 + \tau_7 k_7$$

$$k_3 + k_5 - 2k_6 = 0$$

Eliminasi  $k_5$

$$k_6 = 0,5k_3$$

$$k_7 = -k_1 - k_2 - k_4 - k_5 - k_6$$

$$k_7 = -k_1 - k_2 - k_4 - 0,5k_3$$

Tabel 6. Penentuan bilangan tak berdimensi ( $\pi_i$ )

$k_i$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	$k_5$	$k_6$	$k_7$
Paramater	$Ru$	$H$	$T$	$Xm$	$k$	$G$	$d$
$\pi_1$	1	0	0	0	0	0	-1
$\pi_2$	0	1	0	0	0	0	-1
$\pi_3$	0	0	1	0	0	0,5	-0,5
$\pi_4$	0	0	0	1	0	0	-1
$\pi_5$	0	0	0	0	1	0	0

$$\pi_1 = \frac{Ru}{d}$$

$$\pi_2 = \frac{H}{d}$$

$$\pi_3 = \frac{T\sqrt{g}}{\sqrt{d}}$$

$$\pi_4 = \frac{Xm}{d}$$

$$\pi_5 = k$$

$$\pi_6 = N$$

$$\phi = f\left(\frac{Ru}{d}; \frac{H}{d}; \frac{T\sqrt{g}}{\sqrt{d}}; \frac{Xm}{d}; k, N\right)$$

Atau dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{Ru}{H} = f\left(\frac{T\sqrt{g}}{\sqrt{d}}; \frac{Xm}{d}; k, N\right) \dots\dots\dots (30)$$

Parameter diatas dapat digabungkan sebagai berikut :

$$\pi_6 = \frac{\pi_2}{\pi_3^2} = \frac{\frac{H}{d}}{\left(\frac{T\sqrt{g}}{\sqrt{d}}\right)^2} = \frac{H}{gT^2} = \frac{H}{Lo} \dots\dots\dots (31)$$

$$\pi_7 = \tan\theta \dots\dots\dots (32)$$

$$\pi_8 = \frac{\pi_7}{\sqrt{\pi_6}} = \frac{\tan\theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{\frac{1}{2}}} \text{ (Rumus Irribaren)} \dots\dots\dots (33)$$

$$\pi_9 = k; \text{ disimbolkan } \zeta \dots\dots\dots (34)$$

$$\pi_{10} = N \dots\dots\dots (35)$$

$$\pi_{11} = \frac{\pi_1}{\pi_2} = \frac{\frac{Ru}{d}}{\frac{H}{d}} = \frac{Ru}{H} \dots\dots\dots (36)$$

$$\pi_{12} = \frac{\pi_4}{\pi_3} = \frac{\frac{Xm}{d}}{\left(\frac{T\sqrt{g}}{\sqrt{d}}\right)^2} = \frac{Xm}{gT^2} = \frac{Xm}{L} \dots\dots\dots (37)$$

$$\pi_{13} = \frac{\pi_{12}}{\pi_4} = \frac{\frac{Xm}{L}}{\frac{Xm}{d}} = \frac{d}{L} \dots\dots\dots (38)$$

$$\begin{aligned} \pi_{14} &= (\pi_8) (\pi_9) (\pi_{10}) (\pi_{11}) (\pi_{12})(\pi_{13}) \\ &= Irr. \zeta. N. \frac{Xm}{L} \cdot \frac{d}{L} \\ &= Irr. \zeta. N. \frac{Xm. d}{L^2} \end{aligned}$$

Dengan demikian tinggi *run-up* (*Ru*) dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{Ru}{H} = f \left( Irr. \zeta. N. \frac{Xm. d}{L^2} \right) \dots\dots\dots (39)$$

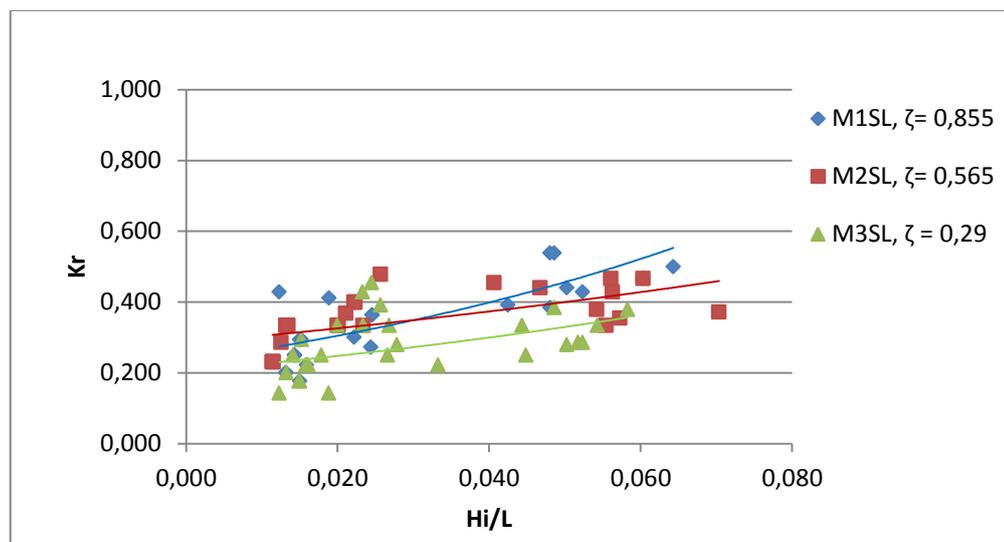
Dengan cara yang sama, maka akan diperoleh parameter tinggi *run-down* (*Rd*) sebagai berikut :

$$\frac{Rd}{H} = f \left( Irr. \zeta. N. \frac{Xm. d}{L^2} \right) \dots\dots\dots (40)$$

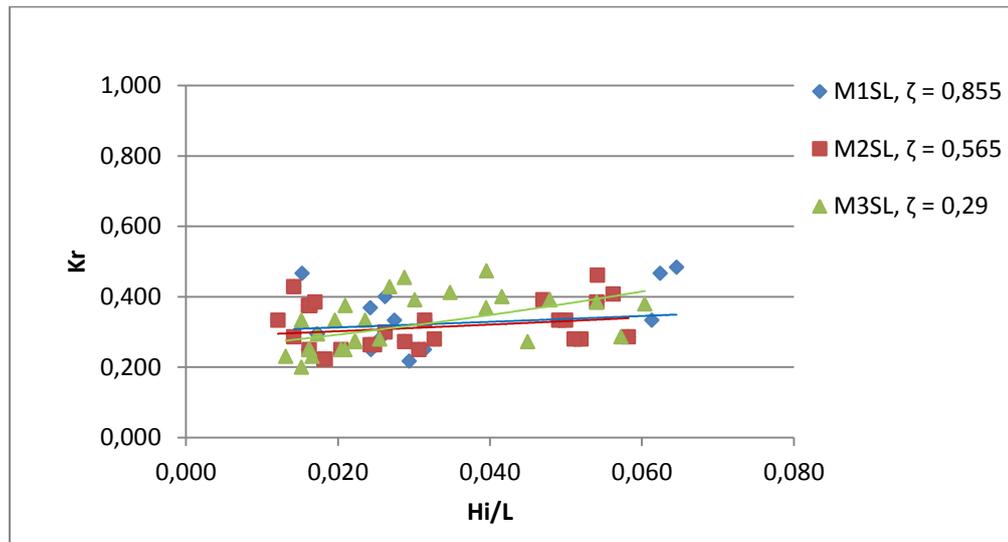
### C. Pembahasan

#### 1. Pengaruh $H_i/L$ terhadap $K_r$ terhadap kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ )

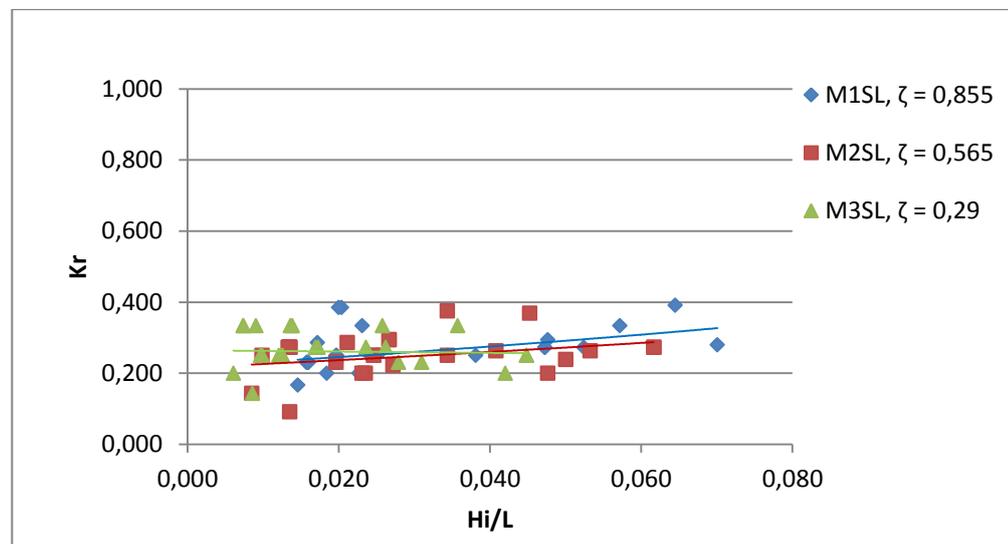
Untuk mengkaji pengaruh kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ) dengan koefisien refleksi ( $K_r$ ) digunakan simulasi model dengan kerapatan relatif ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak ( $X_m$ ), dan kedalaman air relatif ( $d$ ) yang berbeda. Masing-masing model diplot dalam bentuk grafik hubungan kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ) dan koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 21 sampai Gambar 23.



Gambar 21. Hubungan  $H_i/L$  dengan  $K_r$  pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 20 cm



Gambar 22. Hubungan  $Hi/L$  dengan  $Kr$  pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 15 cm



Gambar 23. Hubungan  $Hi/L$  dengan  $Kr$  pada model dengan beberapa kerapatan pada kedalaman 10 cm

Berdasarkan Gambar 21 sampai 23 menunjukkan grafik hubungan antara  $K_r$  terhadap  $H_i/L$  untuk variasi jumlah lapis ( $N$ ) dan Jarak *screen layer* ( $X_m$ ) pada beberapa kerapatan ( $\zeta$ ). Dari grafik tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Nilai  $K_r$  cenderung meningkat dengan bertambah besarnya nilai  $H_i/L$ . Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan  $H_i/L$  merepresentasikan adanya tinggi gelombang datang. Peningkatan gelombang datang menyebabkan tinggi refleksi meningkat pula.
- 2) Pengaruh kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis dan jarak *screen layer* terhadap nilai  $K_r$  cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen layer* bertambah, maka gelombang yang direfleksikan menjadi besar.
- 3) Nilai  $K_r$  pada kerapatan ( $\zeta=0,855$ ) lebih besar dibandingkan kerapatan ( $\zeta=0,565$ ) dan ( $\zeta=0,29$ ) demikian pula dengan jumlah lapis dan jarak *screen layer* ( $L_1, X_m= 5$  cm) dibandingkan jumlah lapis dan jarak *screen layer* ( $L_2, X_m=10$  dan  $L_3, X_m=15$  cm), hal ini disebabkan karena gelombang yang teredam relatif kecil pada saat melewati model maka nilai  $K_r$  besar pada revetmen. Nilai  $K_r$  dapat dilihat pada Tabel 7, 8 dan 9.

Tabel 7. Nilai Kr untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak model (Xm) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 20 cm

Nilai Kr setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan model ( $\zeta$ )									
Simulasi periode	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)
T =1,02	0,500	0,467	0,440	0,467	0,412	0,333	0,379	0,333	0,280
T =1,68	0,455	0,400	0,364	0,385	0,333	0,333	0,391	0,333	0,250
T =2,06	0,369	0,333	0,294	0,333	0,333	0,286	0,294	0,222	0,143

Sumber : Analisa data 2013

Tabel 8. Nilai Kr untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak model (Xm) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 15 cm

Nilai Kr setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan model ( $\zeta$ )									
Simulasi periode	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)
T =1,03	0,484	0,407	0,385	0,462	0,407	0,333	0,304	0,294	0,273
T =1,63	0,400	0,333	0,273	0,333	0,300	0,273	0,273	0,263	0,167
T =2,07	0,308	0,294	0,294	0,294	0,294	0,222	0,238	0,250	0,167

Sumber : Analisa data 2013

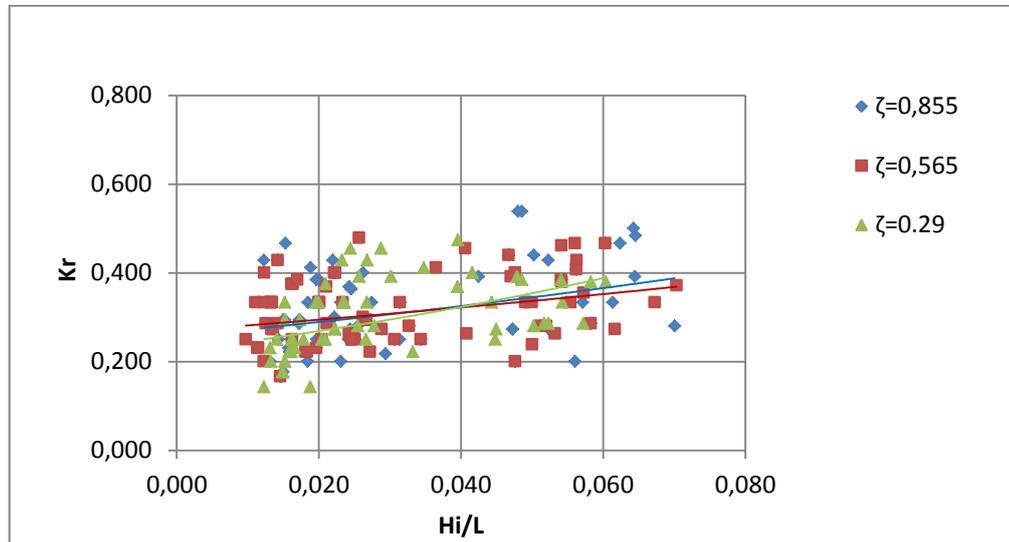
Tabel 9. Nilai Kr untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak model ( $X_m$ ) dan kerapatan relatif ( $\zeta$ ) dikedalaman 10 cm

Simulasi periode	Nilai Kr setiap jumlah lapis (N), jarak ( $X_m$ ) dan kerapatan model ( $\zeta$ )								
	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm	5cm	10cm	15cm
	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)	(L1)	(L2)	(L3)
T =0,97	0,391	0,280	0,250	0,333	0,273	0,263	0,333	0,286	0,250
T =1,65	0,385	0,250	0,250	0,294	0,294	0,250	0,273	0,250	0,250
T =2,08	0,333	0,250	0,231	0,273	0,273	0,250	0,250	0,250	0,143

Sumber : Analisa data 2013

Berdasarkan Tabel 7 sampai 9, pada simulasi periode untuk masing-masing kedalaman menunjukkan nilai koefisien refleksi yang cenderung kecil akibat pengaruh kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis (N) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ), semakin besar kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen layer* bertambah dengan periode besar, maka koefisien refleksi semakin kecil, begitu pula sebaliknya. Hal ini dikarenakan adanya kerapatan, jumlah lapisan dan jarak *screen layer* yang mereduksi energi gelombang ketika melewati *screen layer* tersebut. Hasil perhitungan nilai *kr* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

## 2. Pengaruh $Hi/L$ terhadap $Kr$ untuk simulasi kerapatan model ( $\zeta$ )

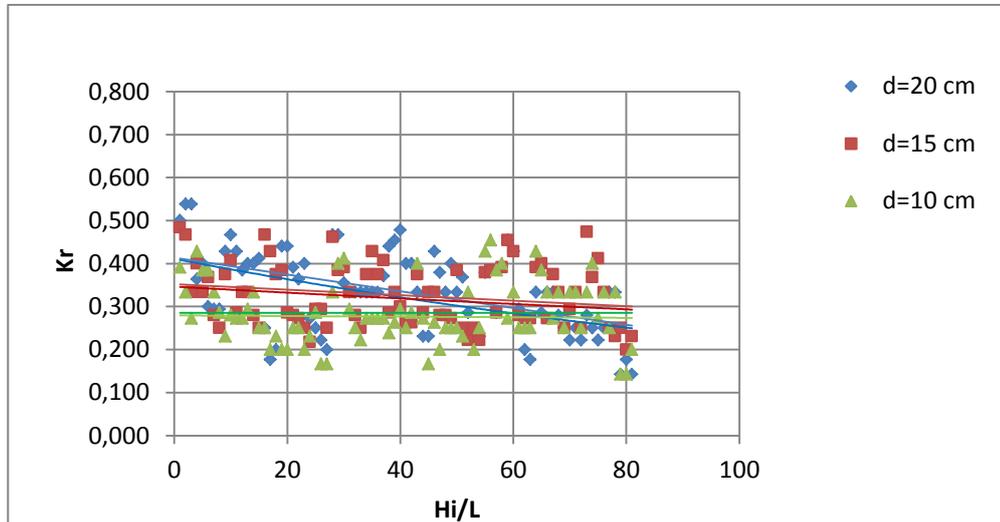


Gambar 24. Hubungan  $Hi/L$  dengan  $Kr$  pada setiap nilai kerapatan ( $\zeta$ ) pada kedalaman 20, 15 dan 10 cm

Berdasarkan Gambar 24 menunjukkan grafik hubungan antara  $Hi/L$  terhadap  $Kr$  untuk variasi kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman air. Dari grafik tersebut dijelaskan sebagai berikut :

- 1) Nilai  $Kr$  cenderung lebih kecil pada kerapatan ( $\zeta$ )=0,29 dibandingkan pada kerapatan ( $\zeta$ )=0,855 dan ( $\zeta$ )=0,565, perbedaan nilai  $Kr$  pada kerapatan ( $\zeta$ )=0,855 dan ( $\zeta$ )=0,29 cukup signifikan yaitu  $Kr=0,538$  dan  $Kr=0,474$ , seperti grafik diatas.
- 2) Semakin besar kerapatan, Jumlah lapis dan jarak *screen layer* bertambah maka nilai  $Kr$  semakin kecil begitu pula sebaliknya

3. Pengaruh  $Hi/L$  terhadap  $Kr$  untuk simulasi kerapatan model ( $\zeta$ ) jumlah lapis (N), jarak screen ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman.



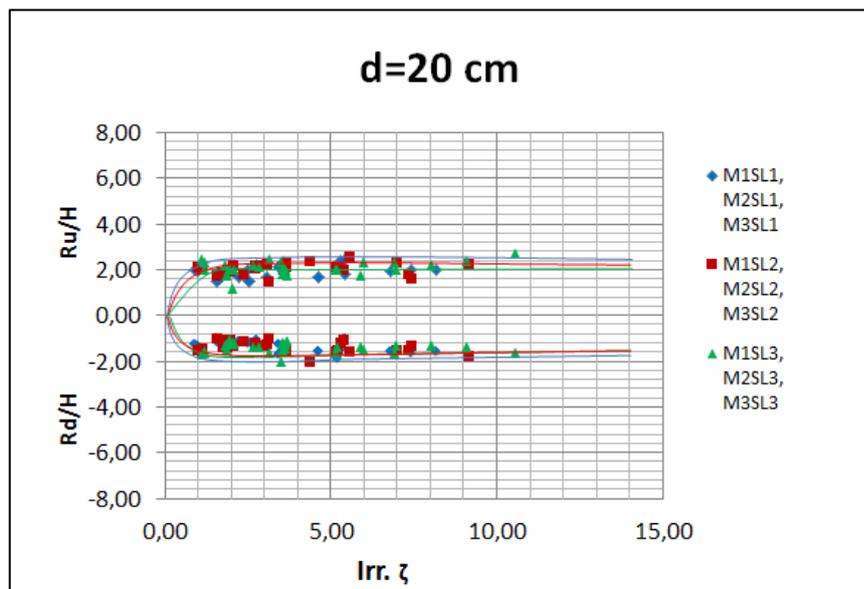
Gambar 25. Hubungan  $Hi/L$  dengan  $Kr$  pada setiap nilai kerapatan, jumlah lapis (N), Jarak screen ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman

Berdasarkan Gambar 25 menunjukkan grafik hubungan antara  $Hi/L$  terhadap  $Kr$  untuk variasi kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis (N) dan jarak screen layer ( $X_m$ ) pada beberapa kedalaman air. Dari grafik hubungan  $Hi/L$  dengan  $Kr$  diatas dijelaskan bahwa nilai  $Kr$  dan  $Hi/L$  cenderung mengecil pada kedalaman 10 cm dibandingkan pada kedalaman 20 cm dan 15 cm pada beberapa kerapatan, jumlah lapis dan jarak screen layer. Hal ini, disebabkan karena tinggi model screen layer lebih besar dibanding kedalaman air yaitu tinggi model 15 cm kedalam air 10 cm, maka energi gelombang yang teredam lebih besar sehingga nilai  $Kr$  dan  $Hi/L$  menjadi kecil.

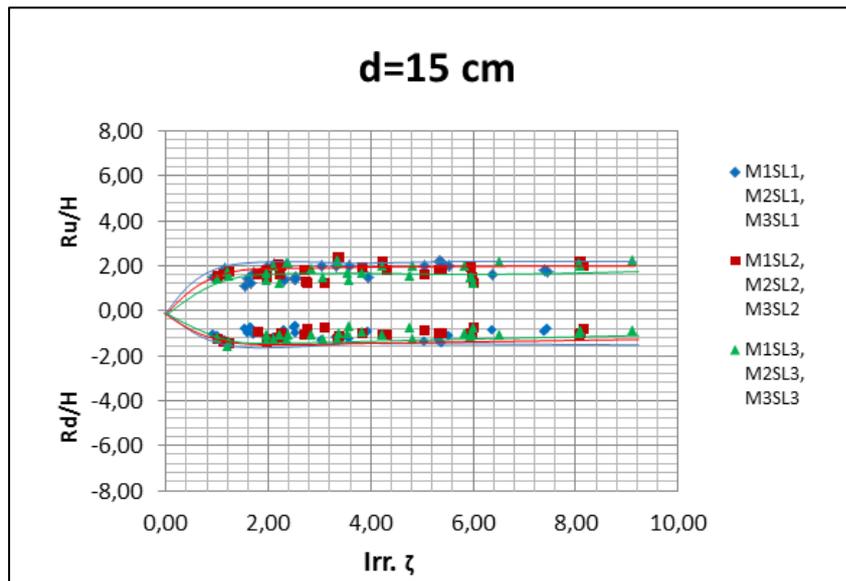
#### 4. Pengaruh NDP = $Irr.\zeta$ terhadap *Run Up* dan *Run Down*

Untuk mengkaji pengaruh  $Irr.\zeta$  dengan *Run Up* dan *Run Down* digunakan 3 simulasi model *screen layer* dengan tingkat kerapatan ( $\zeta$ ) dan jumlah lapis ( $X_m$ ) yang berbeda yang diberi lambang (M1SL1) untuk model satu *screen layer* lapis satu.

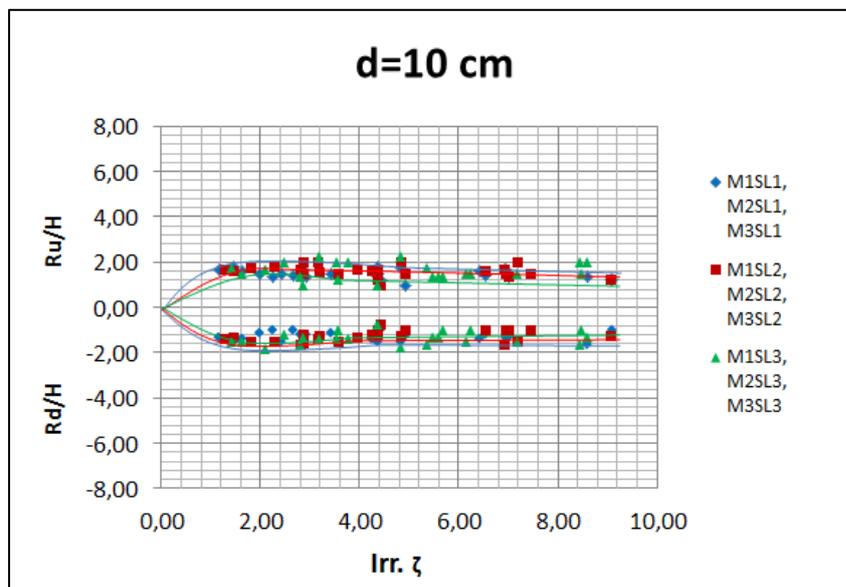
Pada Gambar 26 sampai Gambar 28 disajikan grafik sebaran data hubungan  $Irr.\zeta$  dan  $Ru/H$  serta  $Rd/H$  untuk setiap jumlah lapis *screen layer*.



Gambar 26. Hubungan  $Irr.\zeta$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai MSL (L1,L2,L3) pada kedalaman 20 cm



Gambar 27. Hubungan  $Irr.\zeta$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai MSL (L1,L2,L3) kedalaman 15 cm



Gambar 28. Hubungan  $Irr.\zeta$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai MSL (L1,L2,L3) kedalaman 10 cm

Dari grafik hubungan  $Irr.\zeta$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai  $Ru/H$  cenderung lebih besar pada nilai M1SL1, dibandingkan pada nilai M1SL2, dan M1SL3, hal ini disebabkan karena nilai kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen layer* pada model M1SL1 lebih kecil dibandingkan pada model M1SL2 dan M1SL3
- 2) Nilai  $Rd/H$  cenderung semakin besar pada model *screen layer* lapis satu (M1SL1) dibandingkan model M2SL1 dan M3SL1, hal ini disebabkan karena nilai kerapatan pada M2SL1 dan M3SL1 lebih besar dibandingkan kerapatan M1SL1.
- 3) Untuk percobaan masing-masing model semakin besar kerapatan jumlah lapis (N) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ) bertambah maka efektif mereduksi *Run Up* dan *Run Down*. Nilai *Run Up* dapat dilihat pada Tabel 10, 11 dan 12 sedangkan nilai *Run Down* pada Tabel 13, 14 dan 15.

Tabel 10. Tinggi *Run Up* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak ( $X_m$ ) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 20 cm

Tinggi <i>Ru Up</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak ( $X_m$ ) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )									
Simulasi periode	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =1,02	13,50	8,50	6,75	13,00	8,50	6,00	11,00	7,50	6,00
T =1,68	12,75	8,50	5,50	12,00	8,00	5,00	9,50	7,50	4,50
T =2,06	12,00	8,00	5,50	11,00	7,00	3,50	8,50	6,00	3,50

Sumber : Analisa data 2013

Tabel 11. Tinggi *Run Up* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 15 cm

Tinggi <i>Ru Up</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )									
Simulasi periode	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =1,08	10,00	9,50	8,50	9,25	8,00	7,50	7,50	6,00	5,50
T =1,63	7,00	5,75	5,50	5,50	4,50	3,00	4,75	3,00	2,50
T =2,07	5,25	5,00	4,50	5,25	2,50	2,50	4,25	2,50	2,00

Sumber : Analisa data 2013

Tabel 12. Tinggi *Run Up* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 10 cm

Tinggi <i>Ru Up</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )									
Simulasi periode	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =0,97	6,50	5,50	5,00	5,50	5,00	4,50	5,00	4,25	3,50
T =1,68	4,00	4,00	3,00	3,50	3,00	2,00	3,00	2,50	2,00
T =2,08	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	1,00	1,50	1,00	0,75

Sumber : Analisa data 2013

Berdasarkan tabel 10, 11 dan 12, untuk simulasi periode nilai *Ru Up* pada kerapatan  $\zeta=0,855$ , jumlah lapis=L1, jarak Xm=5 cm cenderung lebih besar dibandingkan kerapatan  $\zeta=0,656$  dan  $\zeta=0,29$  dengan jumlah lapis dan jarak yang sama, ini membuktikan bahwa dengan semakin besar

kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen layer* bertambah, maka nilai *Ru Up* akan berkurang. Hal ini dikarenakan perambatan gelombang melalui model *screen layer breakwater* yang terpasang pada dasar perairan mengurangi energi gelombang pengaruh dari kerapatan, jumlah lapis dan jarak *layer* sehingga energi gelombang menjadi lebih kecil, maka *Run Up* gelombang pada revetmen juga menjadi kecil. Hasil perhitungan nilai *Ru Up* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

Tabel 13. Tinggi *Run Down* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 20 cm

Simulasi periode	Tinggi <i>Ru Down</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )								
	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =1,02	-9,00	-8,00	-7,75	-8,00	-7,00	-6,50	-7,00	-6,75	-6,00
T =1,68	-7,75	-6,00	-5,50	-6,75	-5,00	-4,50	-5,00	-4,75	-4,50
T =2,06	-5,50	-4,50	-3,25	-3,00	-2,75	-2,50	-2,75	-2,50	-2,25

Sumber : Analisa data 2013

Tabel 14. Tinggi *Run Down* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 15 cm

Simulasi periode	Tinggi <i>Ru Down</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )								
	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =1,08	-7,00	-6,00	-5,50	-6,50	-5,25	-5,00	-5,75	-5,50	-5,50
T =1,63	-5,50	-3,50	-3,25	-4,75	-3,00	-2,75	-3,50	-3,00	-2,75
T =2,07	-3,50	-2,75	-2,50	-3,25	-2,50	-2,25	-3,00	-2,75	-1,50

Sumber : Analisa data 2013

Tabel 15. Tinggi *Run Down* untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan ( $\zeta$ ) *screen layer* dikedalaman 10 cm

Simulasi periode	Tinggi <i>Ru Down</i> pada setiap jumlah lapis (N), jarak (Xm) dan kerapatan <i>screen layer</i> ( $\zeta$ )								
	M1SL, $\zeta=0,855$			M2SL, $\zeta=0,656$			M3SL, $\zeta=0,29$		
	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)	5cm (L1)	10cm (L2)	15cm (L3)
T =0,97	-5,50	-4,50	-3,50	-4,50	-4,50	-3,00	-4,00	-3,50	-3,00
T =1,68	-3,50	-3,00	-3,00	-3,50	-3,00	-2,00	-3,00	-2,50	-2,50
T =2,08	-2,50	-2,50	-1,50	-2,50	-2,50	-1,00	-1,50	-1,00	-0,75

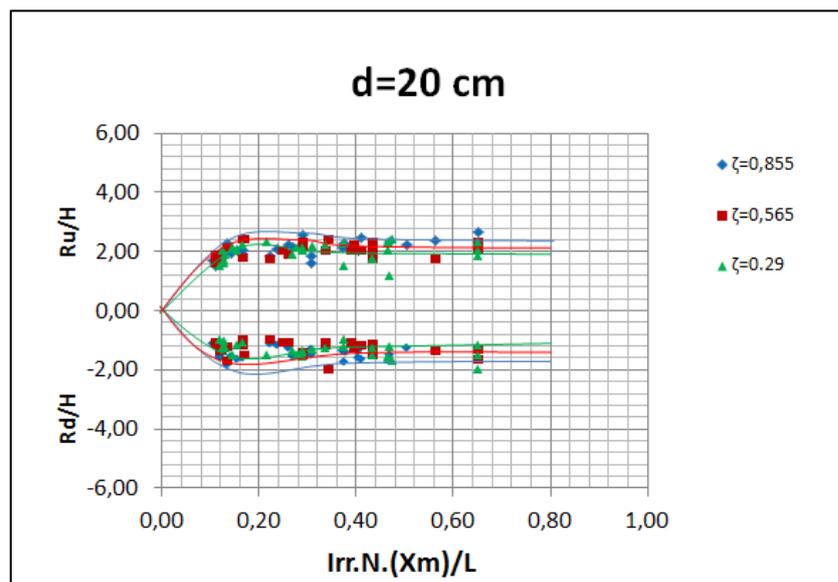
Sumber : Analisa data 2013

Berdasarkan tabel 13, 14 dan 15 diatas, pada simulasi periode nilai *Run Down* pada kerapatan  $\zeta =0,29$ , jumlah lapis=L3, jarak Xm=15 cm cenderung lebih kecil dibandingkan kerapatan  $\zeta =0,855$  dan  $\zeta =0,565$  dengan jumlah lapis dan jarak yang sama, hal ini dikarenakan energi gelombang berkurang setelah melewati model *screen layer* pengaruh kerapatan, jumlah lapis dan jarak *screen layer* yang dipasang, maka

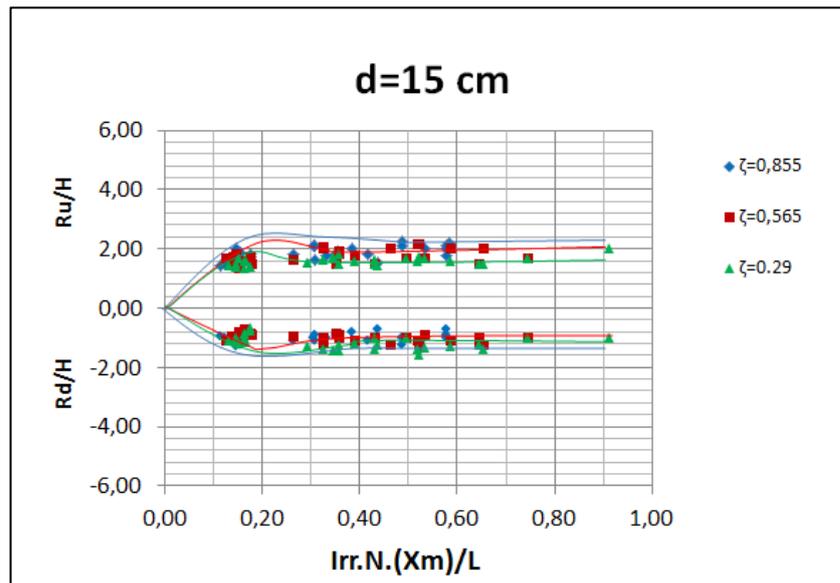
energi yang tiba di bangunan revetmen semakin kecil sehingga aliran balik (*Run Down*) yang terjadi juga menjadi kecil. Hasil perhitungan nilai *Run Down* dapat dilihat pada **Lampiran 3**.

### 5. Pengaruh $NDP = Irr.N.(Xm/L)$ terhadap *Run Up* dan *Run Down*

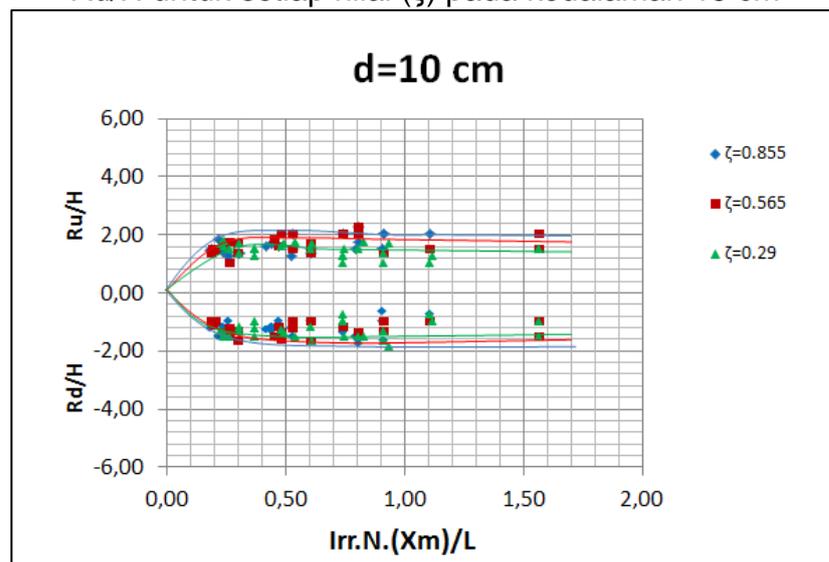
Untuk mengkaji pengaruh  $Irr.N.(Xm/L)$  dengan *Run Up* dan *Run Down* digunakan 3 simulasi model *screen layer* dengan kerapatan ( $\zeta$ ) yang berbeda. Pada Gambar 29 sampai 31 ditunjukkan grafik sebaran data hubungan  $Irr.N.(Xm/L)$  dan  $Ru/H$  serta  $Rd/H$  untuk setiap nilai kerapatan ( $\zeta$ ).



Gambar 29. Hubungan  $Irr.N.(Xm/L)$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 20 cm



Gambar 30. Hubungan  $Irr.N.(Xm)/L$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 15 cm



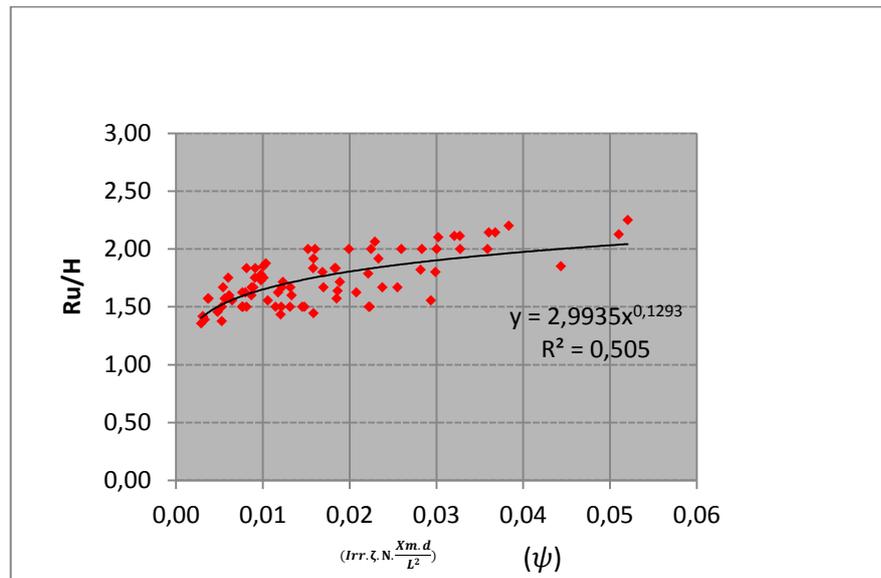
Gambar 31. Hubungan  $Irr.N.(Xm)/L$  dengan  $Ru/H$  dan  $Rd/H$  untuk setiap nilai ( $\zeta$ ) pada kedalaman 10 cm

Berdasarkan Gambar 29 sampai 31, diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Nilai  $Ru/H$  lebih besar pada kerapatan ( $\zeta$ )=0.855 dibandingkan nilai  $Ru/H$  pada kerapatan ( $\zeta$ )=0,29 dan ( $\zeta$ )=0,565, hal ini menunjukkan bahwa semakin kecil kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* kecil pula ( $X_m$ ), maka semakin besar nilai *Run Up* begitu pula sebaliknya.
- 2) Kedalaman air ( $d$ ) juga mempengaruhi nilai  $Ru/H$ , dimana terlihat bahwa nilai  $Ru/H$  pada kedalaman 20 cm lebih tinggi dari kedalaman 15 cm dan 10 cm.

#### 6. Pengaruh $NDP = Irr. \zeta. N. \frac{X_m.d}{L^2}$ terhadap *Run Up*

Berdasarkan Gambar 32, diperoleh data *Run Up* yang diplot dalam bentuk grafik yang menunjukkan karakteristik sebaran data gabungan dari *Irribarren number* dengan parameter-parameter penelitian yang merupakan *Non Dimensional Parameter* dan nilai *Run Up* gelombang. Melihat dari sebaran data tersebut maka dapat diduga bahwa persamaan regresinya bukanlah regresi linier. Hubungan ini menyatakan bahwa *Run Up* gelombang merupakan fungsi dari bilangan *irribaren number*.



Gambar 32. Grafik hubungan  $\psi$  terhadap nilai  $Ru/H$

Berdasarkan Gambar 32, bahwa semakin besar nilai  $\psi$  maka nilai  $Run Up$  semakin besar pula. Hal ini nilai  $\psi$  dipengaruhi oleh kerapatan ( $\zeta$ ) jumlah lapis ( $N$ ) dan jarak *screen layer* ( $X_m$ ), hasil penelitian menunjukkan bahwa  $Run Up$  gelombang cenderung mengecil apabila semakin besar kerapatan ( $\zeta$ ), jumlah lapis ( $N$ ) dan Jarak *screen layer* ( $X_m$ ) bertambah demikian pula sebaliknya. Dari hasil eksperimen dihasilkan hubungan bilangan tak berdimensi antara nilai  $\psi$  terhadap nilai  $Ru/H$  sebagai fungsi dari bilangan Iribaren, sehingga diperoleh persamaan regresi baru untuk nilai  $Ru/H$  adalah :

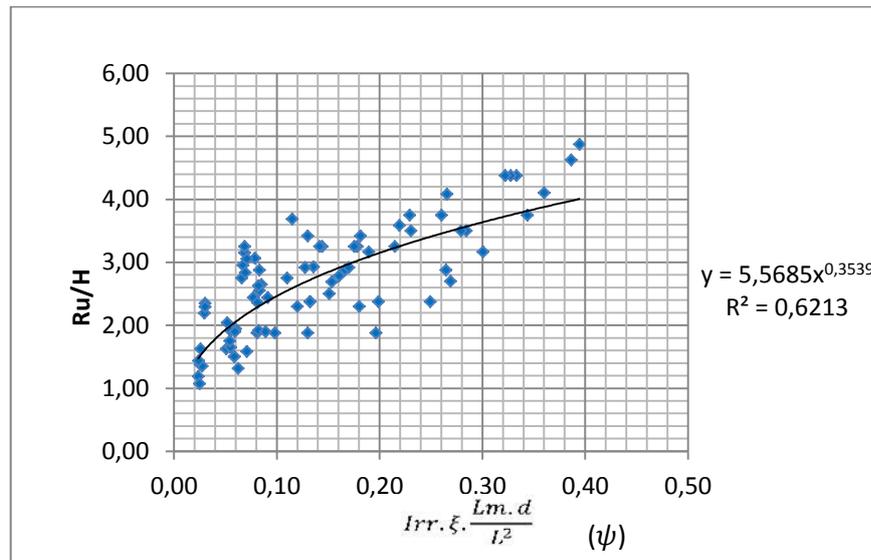
$$\frac{Ru}{H} = a \psi^b \quad \dots\dots\dots (41)$$

Dimana :  $\psi = (Irr. \zeta. N. \frac{X_m.d}{L^2})$ ; dengan nilai koefisien  $a$  dan  $b$  adalah 2,9935 dan 0,1293 serta  $Irr$  (*Iribaren number*),  $\zeta$  (kerapatan),  $N$  (jumlah lapis *screen layer*),

jarak *screen layer* ( $X_m$ ),  $d$  (kedalaman air) dan  $L$  (panjang gelombang).

Sebelumnya penelitian yang dilakukan oleh Hendra dengan meneliti model pelindung kaki tipe panjang dengan mengvariasikan panjang struktur dan kerapatan tiang-tiang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar kerapatan pada tiang-tiang, maka lebih efektif meredam energi gelombang dan mengurangi tinggi *Run Up* sebesar 26% dan menghasilkan persamaan regresi yang bukan regresi linier dengan nilai koefisien determinasi  $r^2$  adalah 0,6213 dan mempunyai hubungan bilangan tak berdimensi seperti pada Gambar 33.

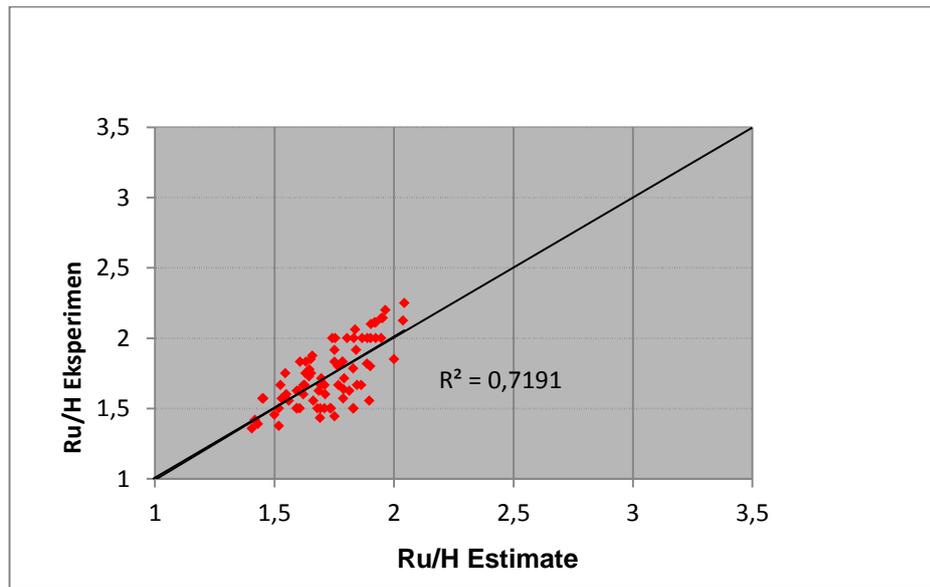
Demikian pula, pada penelitian *screen layer breakwater* yang dilakukan dengan mengvariasikan kerapatan dan jumlah lapis *screen* menunjukkan bahwa semakin besar kerapatan dan jumlah lapis *screen* bertambah, maka lebih efektif meredam energi gelombang dan mengurangi tinggi *Run Up* sebesar 33%. Nilai tersebut merupakan nilai rata-rata dari konfigurasi parameter struktur dan parameter gelombang. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian yang dilakukan lebih efektif mengurangi tinggi *Run Up* yang artinya *screen layer breakwater* lebih besar meredam energi gelombang dibandingkan dari penelitian terdahulu yang menggunakan tiang-tiang pancang. Namun jika dihubungkan dengan perbandingan nilai koefisien determinasinya pada penelitian yang sebelumnya, maka nilai tersebut tergolong rendah yaitu  $r^2$  adalah 0,505. Hal ini mengingat pada penelitian ini pengambilan data dilakukan secara manual karena keterbatasan Laboratorium yang memungkinkan berdampak terhadap keakuratan data sehingga menyebabkan nilai korelasi rendah.



Gambar 33. Grafik hubungan  $Irr. \zeta. \frac{Lm.d}{L^2}$  terhadap nilai  $Ru/H$   
Hendra, 2011

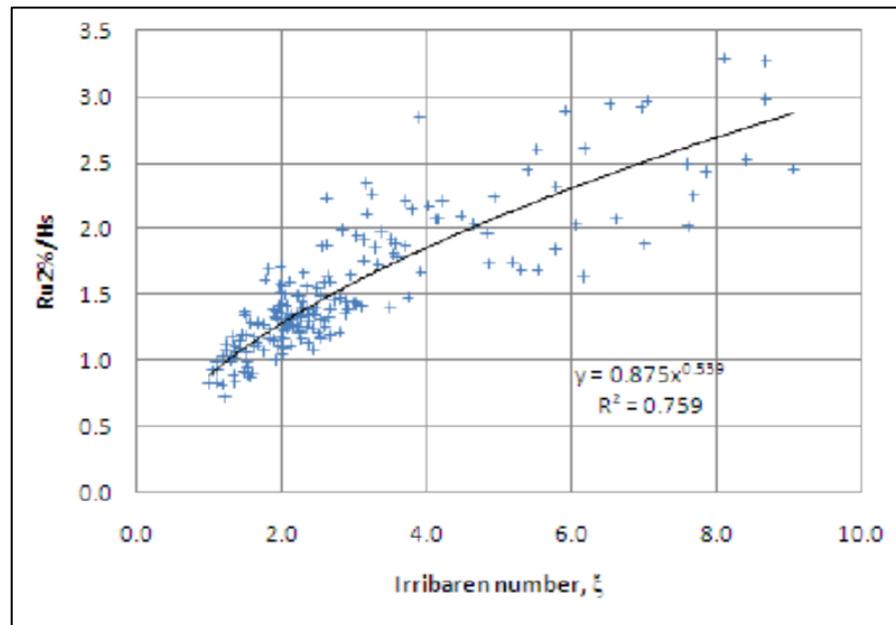
Untuk mengetahui penyimpangan hasil perhitungan menggunakan formula yang diperoleh terhadap data eksperimen, maka dibuat grafik hubungan antara  $Ru/H$  estimate dengan  $Ru/H$  eksperimen seperti pada Gambar 34.

Beberapa peneliti pada bab sebelumnya dalam penelitiannya juga memberikan pendapat bahwa *Run Up* gelombang merupakan fungsi dari *breaker parameter* atau *irribaren number* dan menghasilkan persamaan *Run Up* gelombang berupa persamaan regresi *non linier* yang mempunyai hubungan bilangan tak berdimensi, seperti penelitian yang dilakukan Sholihin Alfansuri menghasilkan persamaan regresi yang bukan regresi linier seperti pada Gambar 35.



Gambar 34. Grafik hubungan nilai *Ru/H estimate* dan nilai *Ru/H eksperimen*

Berdasarkan Gambar 34, yang menunjukkan karakteristik sebaran data yang merupakan nilai *Ru/H estimate* dengan nilai *Ru/H eksperimen*. Melihat sebaran data tersebut maka dapat dijelaskan bahwa data hasil eksperimen mendekati kurva teoritik yang dihitung berdasarkan formula.



Gambar 35. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai  $Ru/H$   
Alfansuri, 2010

Dari penelitian *screen layer breakwater* yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan *trend* grafik yang sama pada penelitian sebelumnya yang mempunyai bentuk hubungan bilangan tak berdimensi untuk nilai *Run Up* gelombang sebagai fungsi bilangan *Irribaren*, sehingga hipotesa penelitian ini dapat dibuktikan.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, maka dapat diperoleh kesimpulan antara lain :

1. Parameter yang berpengaruh pada *Run Up* gelombang terdiri dari kerapatan *screen layer* ( $\zeta$ ), jumlah lapis *screen layer* ( $N$ ) jarak *screen layer* ( $X_m$ ), tinggi gelombang depan struktur ( $H$ ), panjang gelombang ( $L$ ) dan kedalaman air ( $d$ ). Semakin besar kerapatan, jumlah lapis dan jarak bertambah serta kedalaman air kecil maka *Run Up* gelombang yang dihasilkan semakin kecil begitu juga sebaliknya.
2. Hasil pengujian *screen layer breakwater* dapat mereduksi tinggi *Run Up* sebesar 33%. Nilai tersebut merupakan nilai rata-rata dari berbagai konfigurasi parameter struktur seperti kerapatan, jumlah lapis, jarak, tinggi model dan kemiringan model sedangkan parameter gelombang terdiri dari tinggi gelombang, panjang gelombang, periode gelombang, cepat rambat gelombang dan kedalaman air.
3. Dari pengujian model *screen layer breakwater* di laboratorium saluran 2-D didapatkan hubungan bilangan tak berdimensi antara tinggi gelombang datang dan *Run Up* gelombang pada revetment dalam bentuk persamaan  $\frac{Ru}{H} = a\psi^b$ , dimana  $\psi = (Irr.\zeta.N.\frac{X_m.d}{L^2})$ ; dengan nilai koefisien a dan b masing-masing 2,9935 dan 0,1293.

## B. Saran

Beberapa hal dapat disarankan pada akhir dari penelitian ini adalah :

1. Diperlukan adanya peralatan pengukur tinggi gelombang yang secara otomatis di Laboratorium agar pengambilan data lebih akurat. *Flume* 2-D yang digunakan bukan dari dinding transparan (kaca) melainkan dari baja sehingga tidak bisa dilakukan pengamatan gelombang dari sisi samping *flume* pada saat eksperimen dan pengukur tinggi gelombang secara manual, maka berdampak terhadap data yang diperoleh sehingga menyebabkan nilai korelasi rendah.
2. Hasil penelitian ini dapat diaplikasikan dilapangan sesuai hasil parameter yang diperoleh pada pengujian model, namun tidak cocok untuk semua kondisi mengingat penurunan rumus yang dihasilkan hanya pada kondisi tertentu karena keterbatasan Laboratorium dan untuk pengaplikasian model *Screen layer breakwater* direkomendasikan menggunakan bahan bermaterial *geotextile*.
3. Beberapa parameter yang belum dikaji dalam penelitian ini antara lain parameter tinggi model ( $H_m$ ) tetap, kemiringan revetmen hanya  $30^\circ$  dan jenis *revetment impermeable* sehingga memungkinkan untuk dilakukan penelitian lanjutan yang dapat digunakan sebagai referensi dalam perencanaan bangunan pantai (*revetment*) yang aman terhadap *Run Up* gelombang.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Ahrens J.P., and Heimbaugh M.S., Irregular wave runup on riprap revetments, Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 114, No. 4, July, 1988.
- Alfansuri, S. 2010. Analisa Perbandingan Formula Run Up dan Overtopping Untuk Gelombang Irregular pada Struktur Dasar, Jurnal. Institute Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual, Departement of the Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Fourth Editioan, U.S. Government Printing Office, Washington, Hampshire, London.*
- Hendra, H. 2011. Pengaruh Pelindung Kaki Tipe Pancang Terhadap Run Up Gelombang pada Revetmen, Tesis. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Irribaren, C. 1938. *Una Formula par el Calculo de Diques de Escollera, Revista de Obras Publicas.*
- Janaka J. W, 2008. Wave run-up and overtopping over smooth and rock slopes of coastal structures without crown walls, J. Natn. Sci. Foundation, Srilanka.
- Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. 2006. Pedoman Penulisan Tesis dan Disertasi Edisi 4. Makassar

Shankar, N.J., and Jayaratne, M.P.R., 2002. Wave Runup and Overtopping on Smooth and Rough Slopes of Coastal Structure, *Coastal Engineering*, Elsevier, 30 (2003), 221-238.

SPM, (1984). *Wave Forces*, Vol 1-1.

Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.

Yuwono, Nur. 1996. *Perencanaan Model Hidraulik*. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Univeristas Ilmu Teknik Univeristas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Lampiran 1. Perhitungan Tinggi Gelombang (H)

No Perc	Nama Model	Kombinasi Model-I			Tinggi Gelombang									Max	Min	Hi	Hr		
		d cm	Hm cm	Periode T (dtk)	Pulley	Stroke	1	2	3	4	5	6	7					8	9
1		20	15	1,02		1	4	11	12	6	6,5	5	5	9	12	12	4	8,00	4,00
2		20	15	1,08	Kecil	2	4	9	10	3	6	5	5	8	10	10	3	6,50	3,50
3		20	15	1,09		3	5	7,5	9	10	8	3	4	7	10	10	3	6,50	3,50
4		20	15	1,68		1	7	8	6	3	5	5	4	5	7	8	3	5,50	2,50
5	M1SL1	20	15	1,685	Sedang	2	5,5	8	6	4	3	4	5	4	3	8	3	5,50	2,50
6		20	15	1,69		3	5	6	6,5	4,5	7	5	4	5	3	7	3	5,00	2,00
7		20	15	2,06		1	3,5	3	6	3	5,5	6,5	4	4	5	6,5	3	4,75	1,75
8		20	15	2,09	Besar	2	3	4	4,5	4	5,5	6	5	4	3	6	3	4,50	1,50
9		20	15	2,1		3	2,5	2,5	3,5	4	5	4	4	4	2,5	5	2,5	3,75	1,25
10		20	15	1,02		1	7	9	7	8	8	4	11	9	11	11	4	7,50	3,50
11		20	15	1,08	Kecil	2	6,5	10	10	10	7	4	7	7	10	10	4	7,00	3,00
12		20	15	1,09		3	5	8	9	9	9	4	7	7	9	9	4	6,50	2,50
13		20	15	1,68		1	7	7	5	4	4	3	3	5	5	7	3	5,00	2,00
14	M1SL2	20	15	1,685	Sedang	2	3	7	5	3	4	4	3	3	4	7	3	5,00	2,00
15		20	15	1,69		3	2,5	6	5	4	3,5	3	5	5	4	6	2,5	4,25	1,75
16		20	15	2,06		1	3,5	3	3	4	6	4	5	3	3	6	3	4,50	1,50
17		20	15	2,09	Besar	2	3,5	3,5	3	4	4,5	4	6	4	5	6	3	4,50	1,50
18		20	15	2,1		3	3,5	3	4	3,5	3	3,5	5	3	4	5	3	4,00	1,00
19		20	15	1,02		1	5	8	8	8	7	3,5	9	5	4	9	3,5	6,25	2,75
20		20	15	1,08	Kecil	2	6	8	9	7	6,5	3,5	8	4	4	9	3,5	6,25	2,75
21		20	15	1,09		3	5	3,5	8	8	7	4	7	7	5	8	3,5	5,75	2,25
22		20	15	1,68		1	4	7,5	4,5	3,5	4,5	3,5	5	3,5	5	7,5	3,5	5,50	2,00
23	M1SL3	20	15	1,685	Sedang	2	6,5	7	5	3	5	5,5	5	4	5	7	3	5,00	2,00
24		20	15	1,69		3	6	7	6	5	4	5	5	4	4	7	4	5,50	1,50
25		20	15	2,06		1	3	3,5	3	5,5	4	4	4	4	4	5,5	3	4,25	1,25
26		20	15	2,09	Besar	2	3,5	3,5	3,5	4	4,5	4,5	5,5	3,5	4	5,5	3,5	4,50	1,00
27		20	15	2,1		3	3	3	3	3	3	4,5	3	3	3,5	4,5	3	3,75	0,75

No Perc	Nama Model	Kombinasi Model-I				Tinggi Gelombang									Max	Min	Hi	Hr
		d cm	Hm cm	Periode T (dtk)	Pulley Stroke	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
1		15	15	1,083	1	6	7,5	6	10	7	4	7	11	11,5	11,5	4	7,75	3,75
2		15	15	1,084	2	6,5	10	5,5	11	7	5	4	10	11	11	4	7,50	3,50
3		15	15	1,1	3	5	9	10	10	8,5	5	5	6	10	10	5	7,50	2,50
4		15	15	1,635	1	6	6,5	7	4	3,5	3	4	5	5,5	7	3	5,00	2,00
5	M1SL1	15	15	1,638	2	7	6,5	6	5	4,5	4,5	3	4	4,5	7	3	5,00	2,00
6		15	15	1,674	3	6	6,5	6	4	4,5	4	3	6	5,5	6,5	3	4,75	1,75
7		15	15	2,07	1	6,5	8	5,5	6	8,5	4,5	4,5	6,5	6,5	8,5	4,5	6,50	2,00
8		15	15	2,08	2	6,5	7,5	5	4,5	6	7	4,5	6,5	7	7,5	4,5	6,00	1,50
9		15	15	2,09	3	3,5	4,5	5	5,5	4,5	5	5,5	2,5	4	5,5	2,5	4,00	1,50
10		15	15	1,083	1	7	9,5	9	8	7,5	4	7	8	9	9,5	4	6,75	2,75
11		15	15	1,084	2	8	9	7	8	8	5	7,5	5	6	9	5	7,00	2,00
12		15	15	1,1	3	7	6	7	8	5	4	6	5	7	8	4	6,00	2,00
13		15	15	1,635	1	7	8	6,5	5	4,5	4	4	7	6,5	8	4	6,00	2,00
14	M1SL2	15	15	1,638	2	6,5	8	5,5	6	5	4,5	4,5	6,5	6,5	8	4,5	6,25	1,75
15		15	15	1,674	3	6,5	7,5	5	4,5	6	7	4,5	6,5	7	7,5	4,5	6,00	1,50
16		15	15	2,07	1	3,5	4,5	5	5,5	4,5	5	3	4	4	5,5	3	4,25	1,25
17		15	15	2,08	2	3	4	5	4,5	5	4	2,5	4	3,5	5	2,5	3,75	1,25
18		15	15	2,09	3	3,5	4	2,5	4	4,5	4	4	5	4	5	2,5	3,75	1,25
19		15	15	1,083	1	7	9	9	8	7,5	4	7	8	9	9	4	6,50	2,50
20		15	15	1,084	2	8	8	7	9	8	5	7,5	5	6	9	5	7,00	2,00
21		15	15	1,1	3	7	6	7	8	5	5	6	5	9	9	5	7,00	2,00
22		15	15	1,635	1	7	7	6,5	5	4,5	4,5	3	7,5	6,5	7,5	3	5,25	2,25
23	M1SL3	15	15	1,638	2	6,5	7,5	5,5	6	5	4,5	4,5	6,5	6,5	7,5	4,5	6,00	1,50
24		15	15	1,674	3	6,5	6	5	4,5	6	7	4,5	6,5	7	7	4,5	5,75	1,25
25		15	15	2,07	1	3	4,5	5	5,5	4,5	5	5,5	4	4	5,5	3	4,25	1,25
26		15	15	2,08	2	3	4	5	4,5	5,5	4	3	4	3,5	5,5	3	4,25	1,25
27		15	15	2,09	3	3,5	4	5	5	4,5	4	3	4,5	4	5	3	4,00	1,00

No	Nama Model	Kombinasi Model-I			Tinggi Gelombang									Max	Min	Hi	Hr		
		d	Hm	Periode T (dtk)	Pulley	Stroke	1	2	3	4	5	6	7					8	9
1		10	15	0,97		1	5	7	7,5	5,5	3,5	5	4	6,5	8	3,5	5,75	2,25	
2		10	15	1,11	Kecil	2	5	8	8	6	4	5	5	7	8	4	6,00	2,00	
3		10	15	1,23		3	6	5	7	6	5,5	4	4	7	7	4	5,50	1,50	
4		10	15	1,65		1	4	4	4	4	4,5	3,5	2	3	3,5	2	3,25	1,25	
5	M1SL1	10	15	1,68	Sedang	2	4,5	4,5	4	2	4	3	3	3	4	4,5	2	3,25	1,25
6		10	15	1,71		3	3,5	4,5	4	4	3	3	3	3	3	4,5	3	3,75	0,75
7		10	15	2,083		1	3	3	3	4	5	5	4,5	5	5	3	4,00	1,00	
8		10	15	2,088	Besar	2	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4,5	2,5	3,50	1,00
9		10	15	2,11		3	2,5	2,5	2,5	4	4	4	4	4	4	4	2,5	3,25	0,75
10		10	15	0,97		1	4,5	5	5	6,5	6,5	4,5	5	7,5	8	4,5	6,25	1,75	
11		10	15	1,11	Kecil	2	4,5	6	6	6	6	4,5	4	7	6	4	5,50	1,50	
12		10	15	1,23		3	5	7	7	6,5	5,5	4	7	7	7	4	5,50	1,50	
13		10	15	1,65		1	4,5	5	3,5	3	4	3	3	3	4	3	4,00	1,00	
14	M1SL2	10	15	1,68	Sedang	2	4	2,5	3,5	4,5	4,5	3	2,5	3	5	5	2,5	3,75	1,25
15		10	15	1,71		3	4,5	5	4,5	3,5	4,5	3	3	3	4	5	3	4,00	1,00
16		10	15	2,083		1	3	3	3	4	4,5	3	5	4	4,5	5	3	4,00	1,00
17		10	15	2,088	Besar	2	3	4	3,5	3,5	4,5	4	4	4,5	4	4,5	3	3,75	0,75
18		10	15	2,11		3	2,5	2,5	2,5	4	4	4	3,5	3,5	4	4	2,5	3,25	0,75
19		10	15	0,97		1	4	5	5	3,5	5,5	4	5	5	5	5,5	3,5	4,50	1,00
20		10	15	1,11	Kecil	2	4,5	5	5	5	3,5	3	4,5	5	5	3	4,00	1,00	
21		10	15	1,23		3	5	5	5	5	5	3	4,5	4,5	5	5	3	4,00	1,00
22		10	15	1,65		1	4	4	3,5	3,5	3,5	3	3	5	4	3	4,00	1,00	
23	M1SL3	10	15	1,68	Sedang	2	4,5	4,5	4	3,5	3	3	3	3,5	4,5	4,5	3	3,75	0,75
24		10	15	1,71		3	4	2,5	2,5	3,5	3	3	3	4	2,5	4	2,5	3,25	0,75
25		10	15	2,083		1	2,5	2,5	2,5	3,5	3	4	4	4	3,5	4	2,5	3,25	0,75
26		10	15	2,088	Besar	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5	3	4	3	3,5	4	2,5	3,25	0,75
27		10	15	2,11		3	2,5	3	3	3,5	3,5	3	3	3,5	3	3,5	2,5	3,00	0,50

## Lampiran 2. Perhitungan Panjang Gelombang (L) dan Kecapatan Rambat Gelombang (c) pada kedalaman 20 cm, 15 cm dan 10 cm

d = 0,2 m

T = 1,02 s

Lo = 1,56. T<sup>2</sup> = 1,623024      0,996272076  
1,561309992

$$L_{i+0,5} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L_i}$$

i	L <sub>i</sub>	L <sub>i+0,5</sub>	L <sub>i+1</sub>	Error
1	1,623024	1,05487326	1,33894863	-21,21630087
2	1,33894863	1,193183555	1,266066093	-5,756613955
3	1,266066093	1,232014002	1,249040047	-1,363130464
4	1,249040047	1,241253737	1,245146892	-0,312666339
5	1,245146892	1,243374795	1,244260844	-0,071210842
6	1,244260844	1,243857953	1,244059398	-0,016192594
7	1,244059398	1,243967821	1,24401361	-0,003680689
8	1,24401361	1,243992796	1,244003203	-0,000836577
9	1,244003203	1,243998472	1,244000837	-0,000190141
10	1,244000142	1,244000142	1,244000142	-5,95718E-09
<b>11</b>	<b>1,244000142</b>	<b>1,244000142</b>	<b>1,244000142</b>	<b>-1,35395E-09</b>

Panjang Gelombang (L) = **1,2440001417** M  
d/L = **0,160771686**  
C = L/T = **0,248800028** m/s

d = 0,15 m

T = 1,03 s

Lo = 1,56. T<sup>2</sup> = 1,655004      0,996272076  
1,561309992

$$L_{i+0,5} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L_i}$$

i	L <sub>i</sub>	L <sub>i+0,5</sub>	L <sub>i+1</sub>	Error
1	1,655004	0,852994958	1,253999479	-31,97804526
2	1,253999479	1,053614064	1,153806771	-8,683664372
3	1,153806771	1,115328362	1,134567567	-1,6957302
4	1,134567567	1,127752645	1,131160106	-0,301235953
5	1,131160106	1,129972358	1,130566232	-0,052528901
6	1,130566232	1,130359815	1,130463023	-0,009129743
7	1,130463023	1,130427168	1,130445096	-0,001585876
8	1,130445096	1,130438868	1,130441982	-0,000275446
9	1,130441982	1,1304409	1,130441441	-4,78406E-05
10	1,130441328	1,130441328	1,130441328	-2,28086E-10
<b>11</b>	<b>1,130441328</b>	<b>1,130441328</b>	<b>1,130441328</b>	<b>-3,95989E-11</b>

Panjang Gelombang (L) = **1,1304413276** m  
d/L = **0,132691539**  
C = L/T = **0,226088266** m/s

$d = 0,1 \text{ m}$

$T = 0,97 \text{ s}$

$L_0 = 1,56 \cdot T^2 = 1,467804 \quad 0,996272076$   
 $1,561309992$

$$L_{i+0,5} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L_i}$$

i	$L_i$	$L_{i+0,5}$	$L_{i+1}$	Error
1	1,467804	0,593056896	1,030430448	-42,44571312
2	1,030430448	0,799097666	0,914764057	-12,64439612
3	0,914764057	0,875492357	0,895128207	-2,193635488
4	0,895128207	0,889637143	0,892382675	-0,307663107
5	0,892382675	0,891643531	0,892013103	-0,041431203
6	0,892013103	0,891914149	0,891963626	-0,005547004
7	0,891963626	0,891950388	0,891957007	-0,000742077
8	0,891957007	0,891955236	0,891956121	-9,92645E-05
9	0,891956121	0,891955885	0,891956003	-1,3278E-05
10	0,891955985	0,891955985	0,891955985	-1,01692E-11
<b>11</b>	<b>0,891955985</b>	0,891955985	<b>0,891955985</b>	<b>-1,35673E-12</b>

Panjang Gelombang (L) = **0,8919559847** M

$d/L = 0,112113155$

$C = L/T = 0,178391197 \text{ m/s}$

Lampiran 3. Hasil Perhitungan Parameter Penelitian

Kombinasi Model-Xm	Model-L	Periode T (detik)	Kemiringan Revetmen	Kerapatan ζ	Tinggi Depan Model (H)	Hi (cm)	Hr (cm)	L (cm)	Hi/L	kr	Lo (cm)	C (m/det)	d/L (cm)	Xm/L (cm)	Irr (cm)	Run Up (cm)	Ru/H (cm)	Run Down (cm)	Rd/H (cm)	Irr.Xm/L	Irr.ζ	Irr.ζ.Xm/L	Irr.ζ.d/L	Irr.ζ.d.Xm/L	kategor
5	1	1,02	30	0,855	8	8,00	4,00	124,40	0,064	0,500	162,30	0,25	0,12	0,04	2,60	13,50	1,69	-9,00	-1,13	0,10	2,22	0,09	0,27	0,01	Transisi
5	2	1,08	30	0,855	7	6,50	3,50	133,82	0,049	0,538	181,96	0,27	0,11	0,04	2,94	11,00	1,57	-8,50	-1,21	0,11	2,52	0,09	0,28	0,01	Transisi
5	3	1,09	30	0,855	7	6,50	3,50	135,37	0,048	0,538	185,34	0,27	0,11	0,04	2,97	10,50	1,50	-8,25	-1,18	0,11	2,54	0,09	0,27	0,01	Transisi
5	1	1,68	30	0,855	5	5,50	2,50	224,10	0,025	0,455	440,29	0,45	0,05	0,02	5,42	8,50	1,70	-8,00	-1,60	0,12	4,63	0,10	0,21	0,01	Dangkal
5	2	1,685	30	0,855	5	5,50	2,50	224,83	0,024	0,455	442,92	0,45	0,05	0,02	5,43	8,50	1,70	-7,75	-1,55	0,12	4,65	0,10	0,21	0,01	Dangkal
5	3	1,69	30	0,855	4	5,00	2,00	225,56	0,022	0,400	445,55	0,45	0,04	0,02	6,09	9,00	2,25	-7,50	-1,88	0,14	5,21	0,12	0,23	0,01	Dangkal
5	1	2,06	30	0,855	3,5	4,75	1,75	279,40	0,017	0,368	662,00	0,56	0,03	0,02	7,94	6,75	1,93	-5,00	-1,57	0,15	7,44	0,13	0,22	0,002	Dangkal
5	2	2,09	30	0,855	3	4,50	1,50	283,74	0,016	0,333	681,42	0,57	0,03	0,02	8,70	6,00	2,00	-5,00	-1,60	0,17	8,19	0,14	0,24	0,002	Dangkal
5	3	2,1	30	0,855	2,5	3,75	1,25	285,18	0,013	0,333	687,96	0,57	0,03	0,02	9,58	5,00	2,00	-4,00	-1,60	0,17	8,19	0,14	0,24	0,002	Dangkal
10	1	1,02	30	0,855	7	7,00	3,00	133,82	0,052	0,429	162,30	0,25	0,12	0,08	2,78	12,75	1,82	-8,00	-1,14	0,22	2,38	0,19	0,29	0,02	Transisi
10	2	1,08	30	0,855	6	6,50	2,50	135,37	0,048	0,385	185,34	0,27	0,11	0,07	3,52	11,00	2,20	-7,00	-1,17	0,24	2,72	0,20	0,30	0,02	Transisi
10	3	1,09	30	0,855	5	6,00	2,00	133,82	0,052	0,400	181,96	0,27	0,11	0,07	3,18	12,50	2,08	-6,50	-1,30	0,26	3,01	0,22	0,32	0,02	Transisi
10	1	1,68	30	0,855	4	5,00	2,00	224,10	0,022	0,400	440,29	0,45	0,05	0,04	6,06	8,50	2,13	-6,25	-1,56	0,27	5,18	0,23	0,24	0,01	Dangkal
10	2	1,685	30	0,855	4	5,00	2,00	224,83	0,022	0,400	442,92	0,45	0,05	0,04	6,08	8,50	2,13	-6,00	-1,50	0,27	5,19	0,23	0,23	0,01	Dangkal
10	3	1,69	30	0,855	3,5	4,25	1,75	225,56	0,019	0,412	445,55	0,45	0,04	0,04	6,51	9,00	2,57	-5,50	-1,57	0,29	5,57	0,25	0,25	0,01	Dangkal
10	1	2,06	30	0,855	3	4,50	1,50	279,40	0,016	0,333	662,00	0,56	0,03	0,04	8,58	5,50	1,83	-4,50	-1,50	0,31	7,33	0,26	0,22	0,003	Dangkal
10	2	2,09	30	0,855	3	4,50	1,50	283,74	0,016	0,333	681,42	0,57	0,03	0,04	8,70	4,75	1,58	-4,00	-1,33	0,31	7,44	0,26	0,22	0,003	Dangkal
10	3	2,1	30	0,855	2	4,00	1,00	285,18	0,014	0,250	687,96	0,57	0,03	0,04	10,71	4,50	2,25	-3,50	-1,75	0,38	9,16	0,32	0,27	0,004	Dangkal
15	1	1,02	30	0,855	5,5	6,25	2,75	124,40	0,050	0,440	162,30	0,25	0,12	0,12	3,14	12,00	2,18	-7,75	-1,41	0,38	2,68	0,32	0,33	0,03	Transisi
15	2	1,08	30	0,855	5,5	6,25	2,75	133,82	0,047	0,440	181,96	0,27	0,11	0,11	3,32	11,75	2,14	-7,50	-1,36	0,37	2,84	0,32	0,31	0,03	Transisi
15	3	1,09	30	0,855	4,5	5,75	2,25	135,37	0,042	0,391	185,34	0,27	0,11	0,11	3,71	11,00	2,44	-7,50	-1,67	0,41	3,17	0,35	0,34	0,03	Transisi
15	1	1,68	30	0,855	4	5,50	2,00	224,10	0,025	0,364	440,29	0,45	0,05	0,07	6,06	8,00	2,00	-6,50	-1,63	0,41	5,18	0,35	0,24	0,01	Dangkal
15	2	1,685	30	0,855	4	5,00	2,00	224,83	0,022	0,400	442,92	0,45	0,05	0,07	6,08	8,00	2,00	-5,50	-1,38	0,41	5,19	0,35	0,23	0,01	Dangkal
15	3	1,69	30	0,855	3	5,50	1,50	225,56	0,024	0,273	445,55	0,45	0,04	0,07	7,04	7,00	2,33	-4,50	-1,50	0,47	6,02	0,40	0,27	0,01	Dangkal
15	1	2,06	30	0,855	2,5	4,25	1,25	279,40	0,015	0,294	662,00	0,56	0,03	0,05	9,40	5,50	2,20	-3,25	-1,30	0,50	8,03	0,43	0,24	0,01	Dangkal
15	2	2,09	30	0,855	2	4,50	1,00	283,74	0,016	0,222	681,42	0,57	0,03	0,05	10,66	4,75	2,38	-2,75	-1,38	0,56	9,11	0,48	0,27	0,01	Dangkal
15	3	2,1	30	0,855	1,5	3,75	0,75	285,18	0,013	0,200	687,96	0,57	0,03	0,05	12,36	4,00	2,67	-2,50	-1,67	0,65	10,57	0,56	0,31	0,01	Dangkal

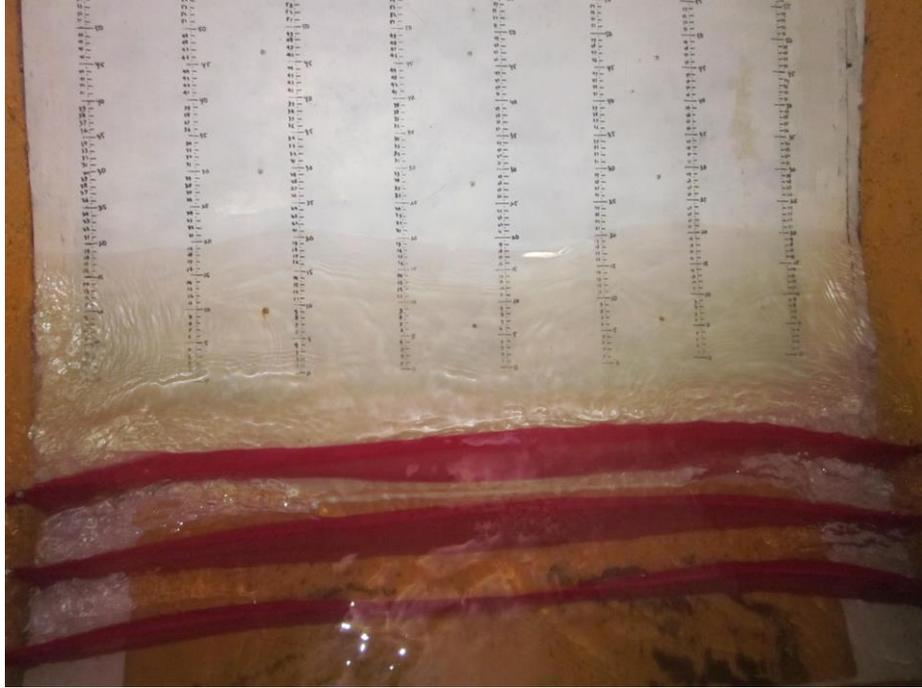




#### Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian



a. Pengamatan pada Model (M1SL1, M1SL2 & M1SL3)



b. Pengamatan pada Model (M2SL1, M2SL2 & M2SL3)



c. Pengamatan pada Model (M3SL1, M2SL2 & M2SL3)