

**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 *REVTMENT***

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

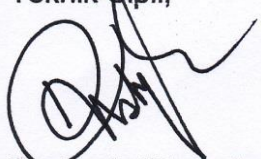
Komisi Penasihat,


Dr. Ir. M. Arsyad Thaha, MT

Ketua


Dr. Chairul Paotonan, ST., MT

Anggota

Ketua Program Studi
Teknik Sipil,
Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.EngDirektur 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 (ζ), 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 θ 30° sebesar 33% dan menghasilkan persamaan nonregresi yang menunjukkan hubungan parameter tak berdimensi antara ψ 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 (ζ), 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 ψ 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 (ζ)	57
3. Pengaruh H_i/L terhadap K_r untuk simulasi kerapatan ζ , 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 α, β dan τ	49
6	Penentuan bilangan tak berdimensi	50
7	Nilai K_r untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model (X_m) dan kerapatan relatif (ζ) dikedalaman 20 cm	55
8	Nilai K_r untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model (X_m) dan kerapatan relatif (ζ) dikedalaman 15 cm	55
9	Nilai K_r untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis model (X_m) dan kerapatan relatif (ζ) dikedalaman 10 cm	56
10	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <i>screen layer</i> dikedalaman 20 cm	61
11	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <i>screen layer</i> dikedalaman 15 cm	62
12	Tinggi <i>Run Up</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <i>screen layer</i> dikedalaman 10 cm	62
13	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <i>screen layer</i> dikedalaman 20 cm	63
14	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <i>screen layer</i> dikedalaman 15 cm	63

15	Tinggi <i>Run Down</i> untuk simulasi periode berdasarkan jumlah lapis (X_m) dan kerapatan (ζ) <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 (ζ) pada kedalaman 20, 15 dan 10 cm	57
25	Hubungan H_i/L dengan K_r pada setiap nilai kerapatan (ζ), 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 (ζ) pada kedalaman 20 cm	65
30	Hubungan $Irr.N. (X_m/L)$ dengan R_u/H dan R_d/H untuk setiap nilai (ζ) pada kedalaman 15 cm	65
31	Hubungan $Irr.N. (X_m/L)$ dengan R_u/H dan R_d/H untuk setiap nilai (ζ) pada kedalaman 10 cm	66

32	Grafik hubungan ψ 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 ²
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
ρ	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
θ	sudut kemiringan sisi miring revetmen
ζ	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 $\left(\frac{H}{2}\right)$.

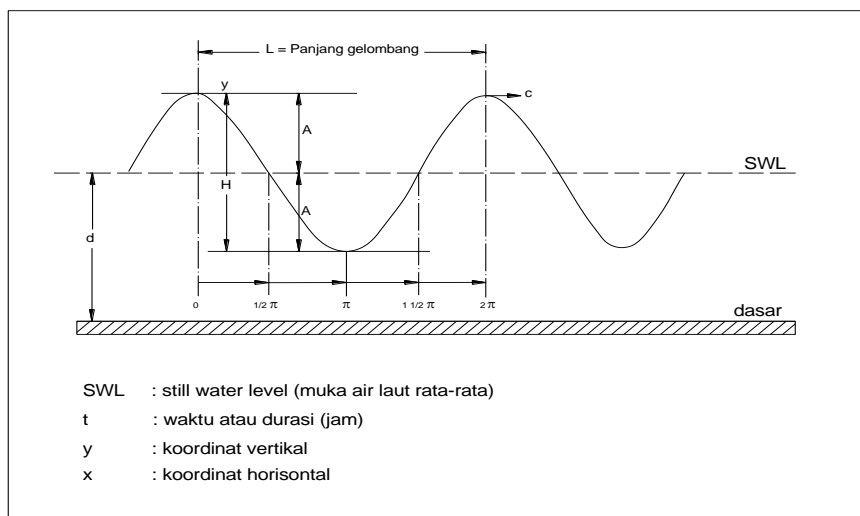
- 2) Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*).
- 3) Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per titik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \frac{1}{T}$. Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan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

Sehingga frekuensi sudut gelombang (σ) 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 :

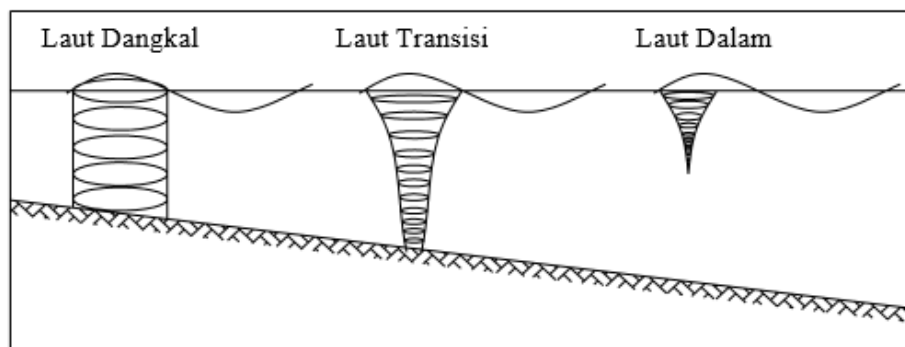
$$c = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (4)$$



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	$>1/2$	$>\pi$	≈ 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.

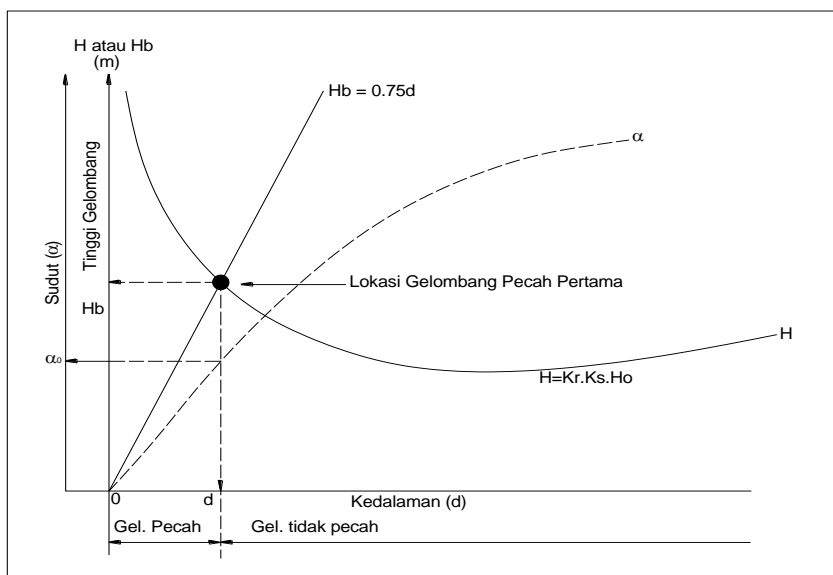
CERC, 1984 memberikan grafik seperti Gambar 6 yang menunjukkan hubungan antara kedalaman dan ketinggian gelombang pecah untuk berbagai kemiringan dasar laut. Grafik yang diberikan dapat ditulis dalam persamaan berikut :

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

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

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

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

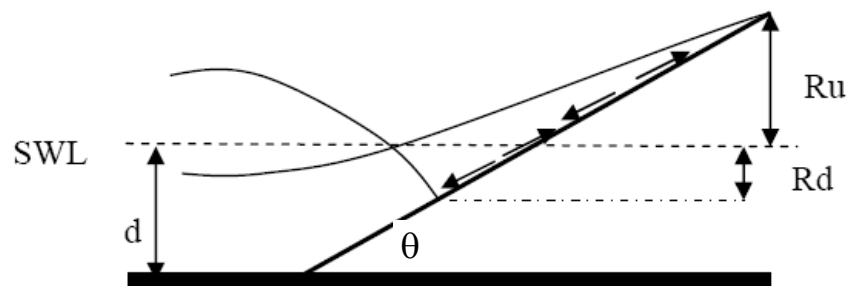


Gambar 3. Grafik penentuan kedalaman pada gelombang

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 :

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

dengan :

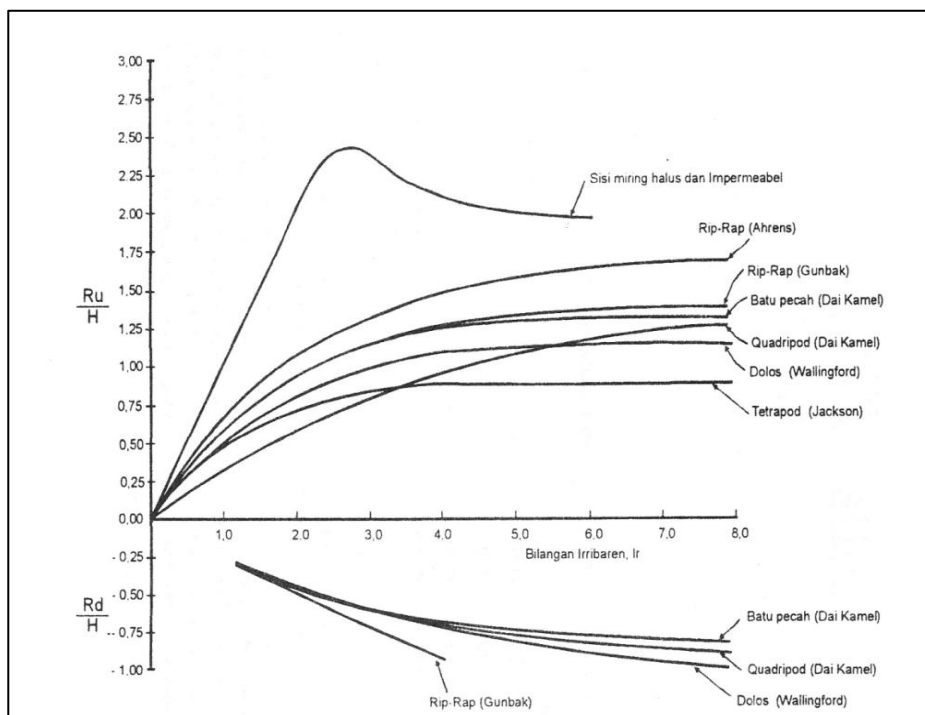
I_r = Bilangan Iribaren

θ = 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:

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

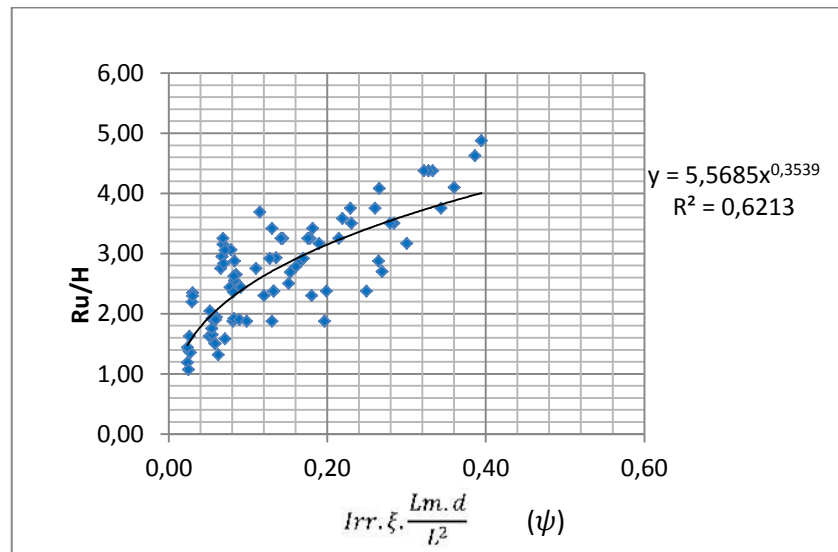
Semua gaya-gaya tersebut diatas merupakan fungsi variabel tetap.

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 (ρ), viskositas (μ), tegangan permukaan (λ), dan elastisitas (E).
- c. *Kinematic and dynamic characteristics of flow* disebut sebagai kecepatan aliran (v), intensitas tekanan (p), percepatan gravitasi (g).

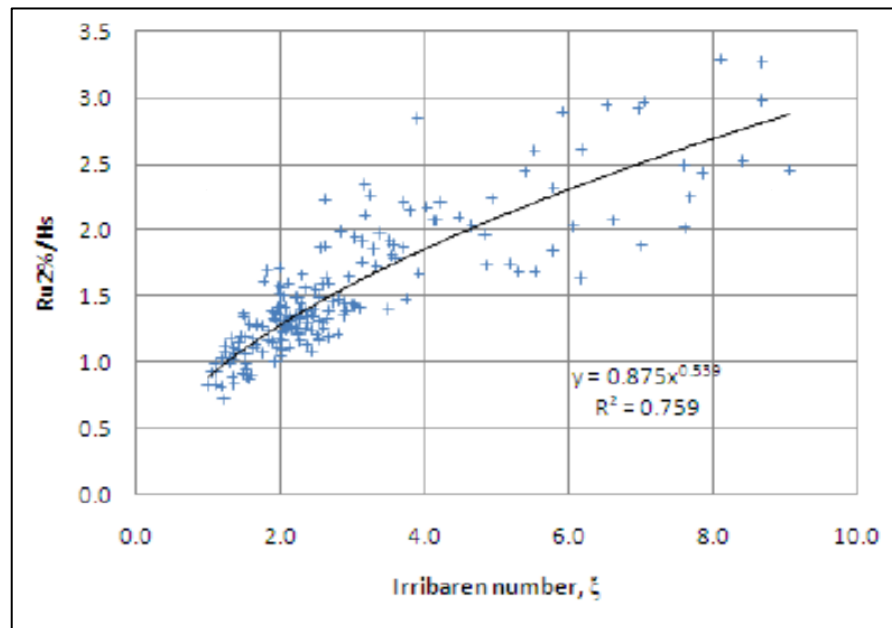
G. Penelitian Sebelumnya

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 (ζ), 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.



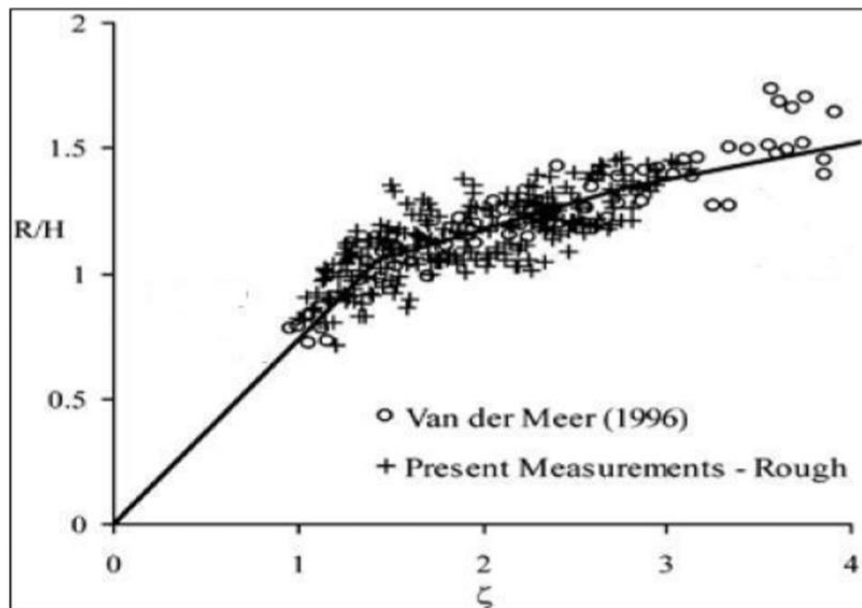
Gambar 6. Grafik hubungan $Irr. \xi. \frac{Lm.d}{L^2}$ terhadap nilai Ru/H
Hendra, 2011

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.

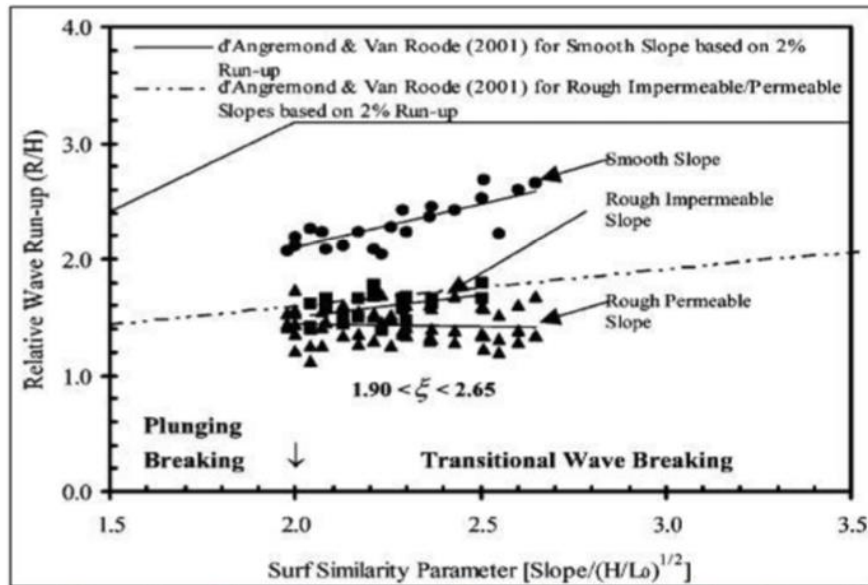


Gambar 8. Grafik hubungan *irribaren number* dan nilai Ru/H
Janaka, 2008

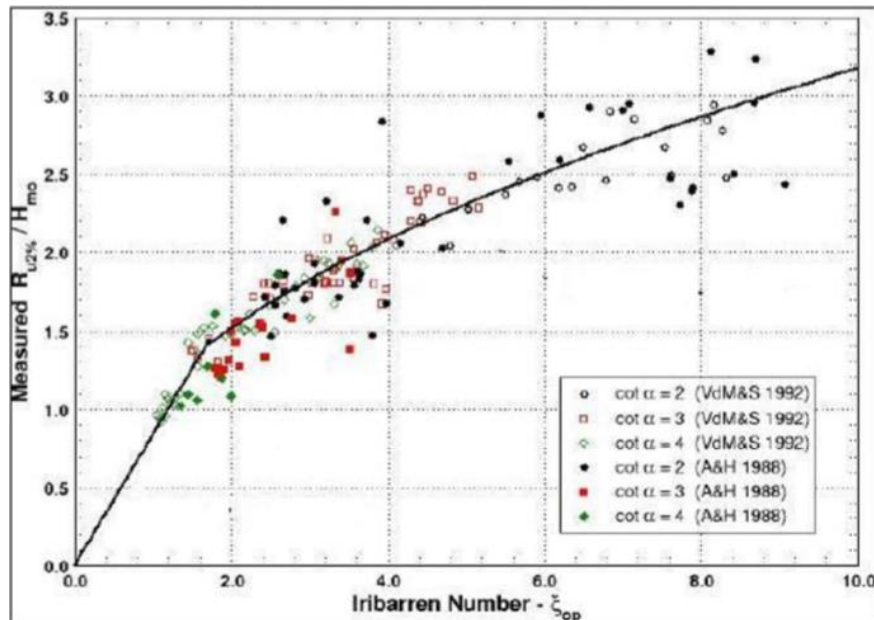
Shankar dan Jayaratne, (2002) melakukan eksperimen *Run Up* gelombang di laboratorium *wave flume Hydraulic Engineering Laboratory of the National, University of Singapore* dengan dimensi flume (39m x 0.9m x 0.9m) dan *water deep* 0.4 meter dengan menggunakan model *breakwater (armor)*. Dari hasil eksperimen 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 π_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

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

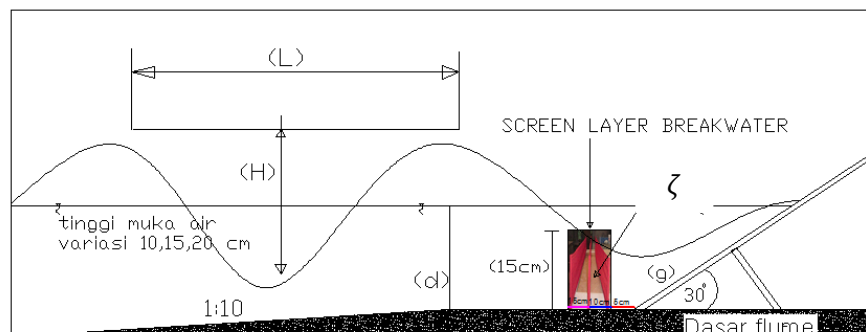
π_j merupakan bilangan tak berdimensi jika :

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

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* (ζ), jumlah lapis *screen layer* (N), jarak *screen layer* (Xm), kemiringan (θ) dan gravitasi (g) seperti pada Gambar 11.



Gambar 11. Sketsa parameter pada model penelitian

Hipotesis diatas dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut :

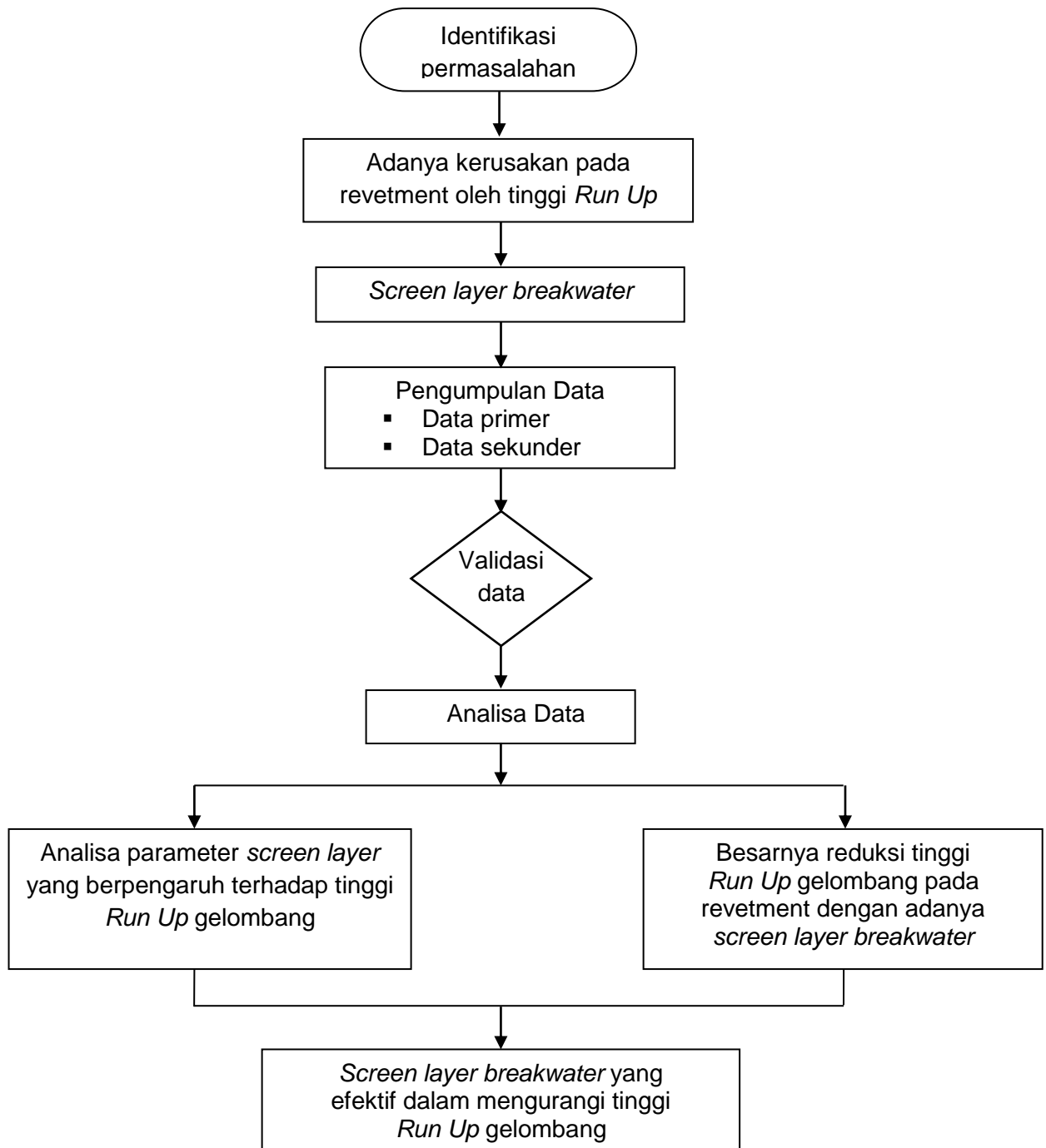
$$Ru = f (H, T, d, L, \zeta, N, X_m, \theta, g) \quad \dots\dots\dots (29)$$

dimana :

- Ru : *Run Up* gelombang
- H : tinggi gelombang datang
- θ : sudut kemiringan revetment
- (ζ) : 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