

TESIS

**PENGARUH ELEVASI MUKA AIR TERHADAP TINGGI *RUN-UP* DAN
RUN-DOWN GELOMBANG PADA DINDING BANGUNAN PANTAI
KEMIRINGAN GANDA**

*The Effect of Still Water Level on the Height of
Wave Run-Up and Run-Down for Dual Slope Coastal Device*

A. LUCRETIA RAMADANTY YAMIN

D012201012



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



PENGAJUAN TESIS

PENGARUH ELEVASI MUKA AIR TERHADAP TINGGI *RUN-UP* DAN *RUN-DOWN* GELOMBANG PADA DINDING BANGUNAN PANTAI KEMIRINGAN GANDA

Tesis
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister
Program Studi Ilmu Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

A. LUCRETIA RAMADANTY YAMIN
D012201012

Kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



TESIS

PENGARUH ELEVASI MUKA AIR TERHADAP TINGGI RUN-UP DAN RUN-DOWN GELOMBANG PADA DINDING BANGUNAN PANTAI KEMIRINGAN GANDA

ANDI LUCRETIA RAMADANTY YAMIN
D012201012

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Tesis yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi pada Program Magister Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin pada tanggal 16 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT., IPM
NIP. 196012311986091001

Pembimbing Pendamping



Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT
NIP. 197305121999031002

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin



Muhammad Isran Ramli, ST. MT. IPM
197309262000121002

Ketua Program Studi
S2 Teknik Sipil



Dr. M. Asad Abdurrahman, ST. MEng.PM
NIP. 197303061998021001



Optimization Software:
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andi Lucretia Ramadanty Yamin
 Nomor mahasiswa : D012201012
 Program studi : Magister Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa, tesis berjudul "Pengaruh Elevasi Muka Air terhadap Tinggi *Run-up* dan *Run-down* Gelombang pada Dinding Bangunan Pantai Kemiringan Ganda" adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT., IPM dan Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, ST., MT. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini. Tidak ada bagian dari karya ini yang diproses di *ARPN Journal* untuk review (*revise*) sebagai artikel dengan judul "The Height of Wave *Run-up* and *Run-down* on a Gabled Slope". Karya berupa tesis ini kepada Universitas



Optimization Software:
www.balesio.com

Gowa, 19 Agustus 2024

yang menyatakan,



A. Lucretia Ramadanty Yamin

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah kita panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis yang berjudul **“Pengaruh Elevasi Muka Air terhadap Tinggi *Run-Up* dan *Run-Down* Gelombang pada Dinding Bangunan Pantai Kemiringan Ganda”**, sebagai salah satu syarat yang diajukan menyelesaikan studi program Magister pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanaddin.

Penulis menyadari bahwa di dalam tesis ini terdapat banyak kekurangan. Hal ini disebabkan karena keterbatasan ilmu serta kemampuan yang dimiliki penulis, sehingga penulis mengharapkan masukan dari berbagai pihak.

Penyelesaian tesis ini tidak lepas dari berbagai pihak yang senantiasa memberikan bantuan, dorongan serta motivasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih, penghormatan serta penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc., selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
2. Bapak Prof. Dr. Eng Ir. Muh. Isran Ramli, ST., MT, IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. M. Wihardi Tjaronge, ST., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr. Ir. M. Asad Abdurrahman, ST., MEng.PM, IPM selaku Ketua Program Studi S2 Departemen Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha., MT, IPM selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan arahan dan masukan, serta meluangkan waktu ditengah kesibukannya selama penulisannya.
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Mukhsan Putra Hatta, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tesis ini yang telah memberikan arahan dan masukan, serta meluangkan waktu ditengah kesibukannya dalam proses penyusunan tesis ini.



7. Bapak/Ibu Dosen dan Staff Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
8. Kedua orang tua, kakak dan adik saya serta seluruh keluarga yang telah memberikan motivasi dan dukungan kepada saya.
9. Semua pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan tesis ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu segala kritik dan saran bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan tesis ini. Akhir kata penulis berharap agar tesis ini dapat memberikan manfaat dalam menambah ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi kita semua.

Gowa, 19 Agustus 2024

Penulis



A. Lucretia Ramadanty Yamin

ABSTRAK

A. LUCRETIA RAMADANTY YAMIN. Pengaruh Elevasi Muka Air terhadap Tinggi *Run-up* dan *Run-down* Gelombang pada Dinding Bangunan Pantai Kemiringan Ganda (dibimbing oleh **Muhammad Arsyad Thaha, Mukhsan Putra Hatta**)

Dalam menentukan elevasi puncak bangunan pengaman pantai sangat dipengaruhi oleh *run-up* dan *run-down* gelombang. *Run-up* dan *run-down* adalah mekanisme naik dan turunnya muka air pada dinding struktur. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh elevasi muka air laut pada dinding kemiringan ganda. Penelitian dilakukan dengan model fisik secara eksperimental di laboratorium. Model yang digunakan yaitu bangunan dengan kemiringan ganda (45° dan 90°) dengan 5 variasi kedalaman (d) serta 3 periode waktu (T). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh parameter terhadap *run-up* dan *run-down* gelombang, pengaruh elevasi muka air terhadap tinggi *run-up* dan *run-down* gelombang, serta menemukan hubungan antar elevasi muka air dengan *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang datang (H_i) yang meningkat mengakibatkan nilai *run-up* dan *run-down* gelombang yang semakin besar. Semakin tinggi kedalaman air relatif (d/h) maka nilai *run-up* relatif (R_u/H_i) dan *run-down* relatif (R_d/H_i) yang dihasilkan semakin kecil. Dalam penelitian ini juga ditemukan hubungan antara bilangan Iribaren (I_r) dengan *run-up* relatif (R_u/H_i) dan *run-down* relatif (R_d/H_i).

Kata kunci : elevasi muka air, *run-up*, *run-down*.



ABSTRACT

A. LUCRETIA RAMADANTY YAMIN. The Effect of Still Water Level on the Height of Wave Run-up and Run-down for Dual Slope Coastal Device (supervised by **Muhammad Arsyad Thaha, Mukhsan Putra Hatta**)

In determining the elevation of the top of the beach safety building. It is greatly influenced by the run-up and run-down of the waves. Run-up and Run-down are the mechanisms for rising and falling the water level on the walls of the structure. This study investigated the influence of sea level elevation on wave run-up and run-down for double-sloped coastal structures (45° and 90°). Laboratory experiments utilized a physical model of a double-sloped structure with variations in water depth (5 levels) and wave period (3 periods). The analysis aimed to identify the impact of these parameters on wave run-up and run-down, as well as the influence of water level elevation on their heights. The research also explored the relationship between water surface elevation and wave run-up/run-down on these double-sloped structures. Results indicated that increasing incoming wave height led to higher wave run-up and run-down values. Additionally, a higher relative water depth (d/h) resulted in lower relative run-up (Ru/H_i) and relative run-down (Rd/H_i) values. Finally, a correlation was established between the Iribaren number and both relative run-up and run-down.

Keywords: : water level elevation, run-up, run-down.



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGAJUAN TESIS.....	ii
PERSETUJUAN TESIS	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK (BAHASA INDONESIA)	vii
ABSTRAK (BAHASA INGGRIS).....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Definisi Pantai.....	4
2.2 Teori Dasar Gelombang	5
2.3 Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif.....	8
2.4 Parameter Gelombang.....	9
2.5 Deformasi Gelombang	10
2.5.1 Gelombang pecah.....	11
2.5.2 Shoaling	12
2.5.3 Difraksi.....	12
2.5.4 Refraksi	12
2.5.5 Refleksi gelombang.....	12
6 Pemecah Gelombang (<i>Breakwater</i>)	13
7 <i>Run-Up</i> dan <i>Run-Down</i> Gelombang	17



2.8 Fluktuasi Muka Air	19
2.8.1 Elevasi muka air	20
2.8.2 Pasang surut	20
2.9 Hukum Dasar Model	22
2.9.1 Sebangun geometrik	22
2.9.2 Sebangun kinematik	22
2.9.3 Sebangun dinamik	23
2.10 Penelitian Terdahulu	24
2.11 Kerangka Berfikir	31
2.12 Hipotesis	32
BAB III METODE PENELITIAN	33
3.1 Jenis Penelitian dan Sumber Data	33
3.1.1 Jenis penelitian	33
3.1.2 Sumber data	33
3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian	33
3.3 Pra Penelitian	33
3.3.1 Kalibrasi alat	33
3.3.2 Saluran gelombang (<i>wafe flume</i>)	34
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	34
3.5 Parameter yang Diteliti	35
3.6 Rancangan Model	35
3.7 Diagram Alir	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Hasil Penelitian	38
4.1.1 Panjang gelombang	38
4.1.2 Data tinggi gelombang	40
4.1.3 Data <i>run-up</i> dan <i>run-down</i> gelombang	41
4.1.4 Kecuraman gelombang (Hi/L)	44
4.1.5 Nilai Iribaren <i>run-up</i> dan <i>run-down</i> gelombang	45
4.2 Pembahasan	46
4.2.1 Pengaruh parameter tinggi gelombang datang (Hi) terhadap besaran <i>run-up</i> (Ru) dan <i>run-down</i> (Rd)	



gelombang	46
4.2.2 Hubungan <i>run-up</i> (Ru) dan <i>run down</i> (Ru) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)	50
4.2.3 Hubungan <i>run-up</i> relatif (Ru/Hi) dan <i>run down</i> relative (Rd/Hi) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)	53
4.2.4 Hubungan <i>run-up</i> relatif (Ru/Hi) dan <i>run down</i> relatif (Rd/Hi) dengan bilangan Iribaren (<i>Ir</i>)	56
4.2.5 Hubungan <i>run-up</i> relatif (Ru/Hi) dan <i>run down</i> relatif (Rd/Hi) dengan kedalaman air relatif (d/h)	57
4.2.6 Hubungan <i>run-up</i> relatif (Ru/Hi) dan <i>run down</i> relatif (Rd/Hi) dengan $Ir \frac{d}{h}$	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN	xviii



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Definisi dan batasan pantai	4
Gambar 2	Daerah penerapan teori gelombang fungsi H/d dan d/L	6
Gambar 3	Sket definisi gelombang	7
Gambar 4	Gerak orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam.	8
Gambar 5	Sketsa definisi gelombang linier. (<i>Shore Protection Manual</i> Volume I, 1984)	10
Gambar 6	Tipe Gelombang Pecah	11
Gambar 7	Contoh <i>breakwater</i>	13
Gambar 8	Pemecah gelombang sisi miring	14
Gambar 9	Pemecah gelombang sisi tegak	15
Gambar 10	Pemecah gelombang campuran	15
Gambar 11	<i>Run-up</i> dan <i>run-down</i> gelombang	17
Gambar 12	Grafik <i>run-up</i> gelombang	18
Gambar 13	Kerangka berfikir	31
Gambar 14	Model uji	36
Gambar 15	Saluran gelombang (<i>wave flume</i>) untuk pengujian	36
Gambar 16	Diagram alir	37
Gambar 17	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada kedalaman 15	47
Gambar 18	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada kedalaman 18	47
Gambar 19	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada kedalaman 21	47
Gambar 20	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada kedalaman 24	48
Gambar 21	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada kedalaman 27	48
Gambar 22	Grafik hubungan H_i dengan R_u dan R_d pada keseluruhan kedalaman	48
Gambar 23	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada kedalaman 15 ..	50
Gambar 24	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada kedalaman 18 ..	50
Gambar 25	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada kedalaman 21 ..	50
	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada kedalaman 24 ..	51
	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada kedalaman 27 ..	51
	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u dan R_d pada keseluruhan	51



	kedalaman	51
Gambar 29	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 15	53
Gambar 30	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 18	53
Gambar 31	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada Kedalaman 21.....	53
Gambar 32	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada Kedalaman 24.....	54
Gambar 33	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 27	54
Gambar 34	Grafik hubungan H_i/L dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada keseluruhan kedalaman gelombang	54
Gambar 35	Grafik hubungan bilangan irribaren (I_r) dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman gelombang	56
Gambar 36	Grafik hubungan nilai dari kedalaman air relatif (d/h) dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada 5 variasi kedalaman air.....	57
Gambar 37	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 15	58
Gambar 38	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 18	58
Gambar 39	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 21	59
Gambar 40	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 24	59
Gambar 41	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada kedalaman 27	59
	Grafik hubungan $I_r \frac{d}{h}$ dengan R_u/H_i dan R_d/H_i pada Keseluruhan kedalaman gelombang	60



DAFTAR TABEL

Tabel 1	Keuntungan dan kerugian ketiga tipe pemecah gelombang.....	16
Tabel 2	Daftar penelitian terdahulu.....	24
Tabel 3	Parameter yang berpengaruh.....	35
Tabel 4	Penentuan nilai $\text{Tanh}(2\pi d/L)$ dengan metode iterasi	38
Tabel 5	Panjang gelombang berdasarkan periode (T).....	39
Tabel 6	Tinggi gelombang datang (H_i).....	41
Tabel 7	Data <i>run-up</i> dan <i>run-down</i> gelombang	42
Tabel 8	Nilai <i>run-up</i> relatif (R_u/H_i) dan <i>run-down</i> relatif (R_d/H_i).....	43
Tabel 9	Nilai kecuraman gelombang (H_i/L)	44
Tabel 10	Data nilai Iribaren (I_r).....	45



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

L	= Panjang Gelombang (cm)
T	= Periode Gelombang (s)
d	= Kedalaman Air atau Elevasi Muka Air (cm)
h	= Tinggi Bagian Vertikal Dinding (cm)
Hi	= Tinggi Gelombang (cm)
ϵ	= Gelombang Pecah
Ir	= Bilangan Iribaren
θ	= Sudut Kemiringan Sisi Pemecah Gelombang
Ru	= <i>Run-up</i> Gelombang
Rd	= <i>Run-down</i> Gelombang



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Daerah pantai digunakan untuk berbagai aktivitas manusia. Ini termasuk pelabuhan, industri, pariwisata, pertambangan, dan sebagainya. Sebagian besar pantai telah tumbuh menjadi daerah dengan daya tarik wisatawan, karenanya dibangun sarana pendukung. Wilayah pantai merupakan daerah yang masih mendapat pengaruh laut seperti gelombang, arus dan pasang surut (Triatmodjo, 1999).

Gelombang adalah pergerakan naik turun permukaan laut yang terus menerus. Gelombang yang menjalar menuju pantai ketika mengenai bangunan pemecah gelombang akan mengalami *run-up* pada permukaan bangunan. *Run-up* adalah tingkat tertinggi gelombang laut yang terjadi pada struktur pemecah gelombang dengan permukaan miring yang diukur secara horizontal dari tingkat air diam (*Still Water Level*, SWL). Fenomena *run-up* gelombang ini banyak terjadi di daerah pantai terutama daerah yang memiliki struktur pelindung pantai.

Tinggi *run-up* gelombang merupakan aspek penting dalam desain struktur karena mempengaruhi elevasi puncak bangunan dalam kaitannya dengan *overtopping* yang diijinkan (Meer dkk. 1992).

Dalam beberapa tahun terakhir, beberapa pantai di Indonesia telah mengalami *overtopping* (limpasan) pada elevasi puncak konstruksi bangunan pantai. *Overtopping* terjadi ketika ketinggian elevasi puncak bangunan lebih kecil dibandingkan dengan tinggi *run-up* gelombang.

Bangunan pemecah gelombang dikenal juga sebagai *breakwater*, berfungsi sebagai pembatas antara perairan dan lepas pantai untuk melindungi wilayah perairan dari gelombang. Kemiringan bangunan pada bangunan pantai berpengaruh terhadap *run-up* gelombang agar tidak terjadi limpasan gelombang (*overtopping*), Dampak yang ditimbulkan oleh *run-up* gelombang dapat dikurangi dengan berbagai cara diantaranya meninggikan dinding bangunan pantai agar tidak terjadi *overtopping*. Hasil taksiran *run-up* dan *run-down* menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti ketinggian gelombang, kemiringan pantai, dan koefisien gesekan permukaan mempengaruhi nilai *run-up* dan *run-down*.



Mekanisme naik dan turun muka air pada dinding struktur bangunan pantai dikenal sebagai *run-up* dan *run-down*, yang sangat penting dalam menentukan model bangunan pengaman pantai untuk merencanakan elevasi puncak.

Struktur pelindung pantai yang semula ditujukan sebagai bentuk perlindungan bagi bagian suatu pantai, terkadang masih dapat menimbulkan masalah di bagian sisi pantai. Untuk mencapai optimasi dalam perencanaan, maka diperlukan analisis model fisik di laboratorium. Monitoring system pantai juga penting dilakukan baik untuk jangka pendek maupun jangka panjang. Salah satu bentuk monitoring pantai adalah identifikasi proses fisik yang terjadi dengan melakukan kajian faktor-faktor alam (angin, gelombang, dan arus).

Run-up dan *run-down* pada dinding dengan satu kemiringan sudah dikembangkan oleh Iribaren, dimana nilai *run-up* meningkat dengan meningkatnya angka Iribaren. (Puspita A.I.P, dkk. 2022) dalam penelitiannya juga menemukan bahwa dinding dengan kemiringan ganda (90° dan 45°) mampu meningkatkan nilai *run-up* dan didapatkan bahwa nilai *Run-up* relatif yang diperoleh dari hubungan antara Bilangan Iribaren dengan *run-up* relatif menghasilkan nilai *run-up* relatif yang tinggi. Oleh karena itu kami tertarik untuk mengkaji pengaruh kedalaman air relatif (elevasi muka air laut) pada dinding kemiringan ganda terhadap *run-up* dan *run-down* gelombang. Berdasarkan hal demikian, sehingga penelitian ini dituangkan dalam penulisan tesis yang berjudul **“Pengaruh Elevasi Muka Air terhadap Tinggi *Run-Up* dan *Run-Down* Gelombang pada Dinding Bangunan Pantai Kemiringan Ganda”**.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan konteks di atas, beberapa masalah muncul yaitu :

1. Bagaimana pengaruh parameter terhadap *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.
2. Bagaimana pengaruh elevasi muka air terhadap besaran *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.

Dimana hubungan antar elevasi muka air dan *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.



1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh parameter terhadap *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.
2. Menganalisis pengaruh elevasi muka air terhadap tinggi *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.
3. Menemukan hubungan antar elevasi muka air dan *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda.

1.4 Batasan Masalah

Permasalahan *run-up* dan *run-down* gelombang sangat luas sehingga perlu membatasi masalah penelitian ini agar dapat lebih terarah sehingga penelitian ini fokus pada hal-hal berikut yaitu:

1. Elevasi muka air pada bangunan pantai.
2. *Run-up* dan *run-down* gelombang yang terjadi.
3. Model bangunan pantai dengan kemiringan ganda yang dimaksudkan adalah kombinasi dinding tegak 90° (bagian bawah) dengan kemiringan 45° (bagian atas).
4. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.
5. Dasar perairan model berupa rata dan kedap.
6. Struktur yang kedap air dan terbuat dari akrilik yang digunakan sebagai model bangunan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Mengetahui *run-up* dan *run-down* gelombang berdasarkan kemiringan ganda pada bangunan pantai.
 2. Dapat digunakan sebagai bahan perbandingan hubungan elevasi muka air terhadap tinggi *run-up* dan *run-down* gelombang pada dinding bangunan pantai kemiringan ganda yang efektif untuk mengatasi *run-up* dan *run-down* gelombang yang terjadi pada bangunan pantai.
- sebagai referensi dan bahan perbandingan bagi peneliti selanjutnya yang berhubungan dengan permasalahan tersebut.

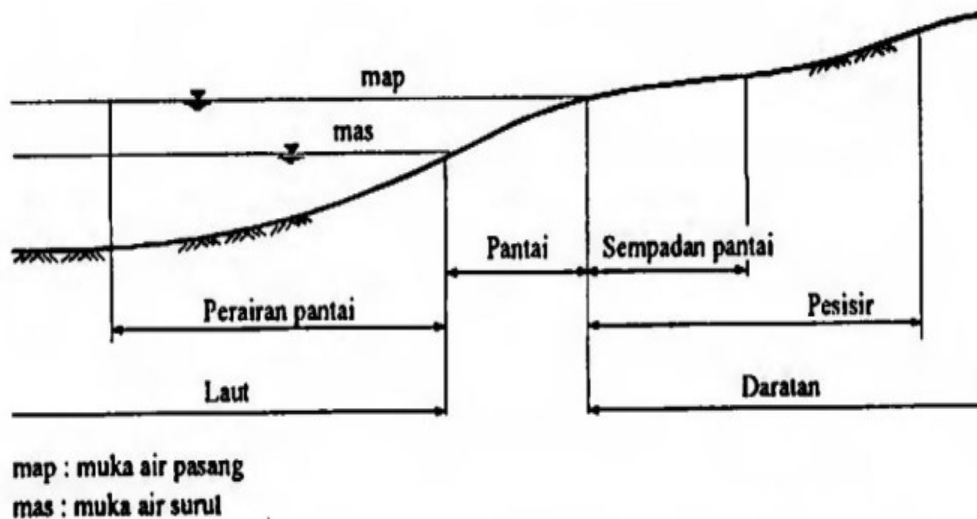


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Pantai

Dalam bahasa Indonesia, frasa "pesisir" (*coast*) dan "pantai" (*shore*) sering disalahgunakan untuk menggambarkan garis pantai. Pantai adalah wilayah di tepi laut yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut tertinggi dan terendah, tetapi pesisir adalah daerah daratan di tepi laut yang masih dipengaruhi oleh laut melalui pasang surut air laut, angin laut, dan perembesan air laut.

Garis pantai memisahkan daratan dan air laut. Garis pantai tidak akurat dan bervariasi sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. Kriteria sempadan pantai adalah daratan sepanjang tepian yang lebarnya sesuai dengan bentuk dan kondisi fisik pantai, minimal 100 m dari titik pasang tertinggi ke arah daratan. Menurut Triatmodjo (1999). Gambar 1 mengilustrasikan definisi di atas:



Gambar 1 Pengertian & batasan pantai
Sumber: Triatmodjo, 2008



2.2 Teori Dasar Gelombang

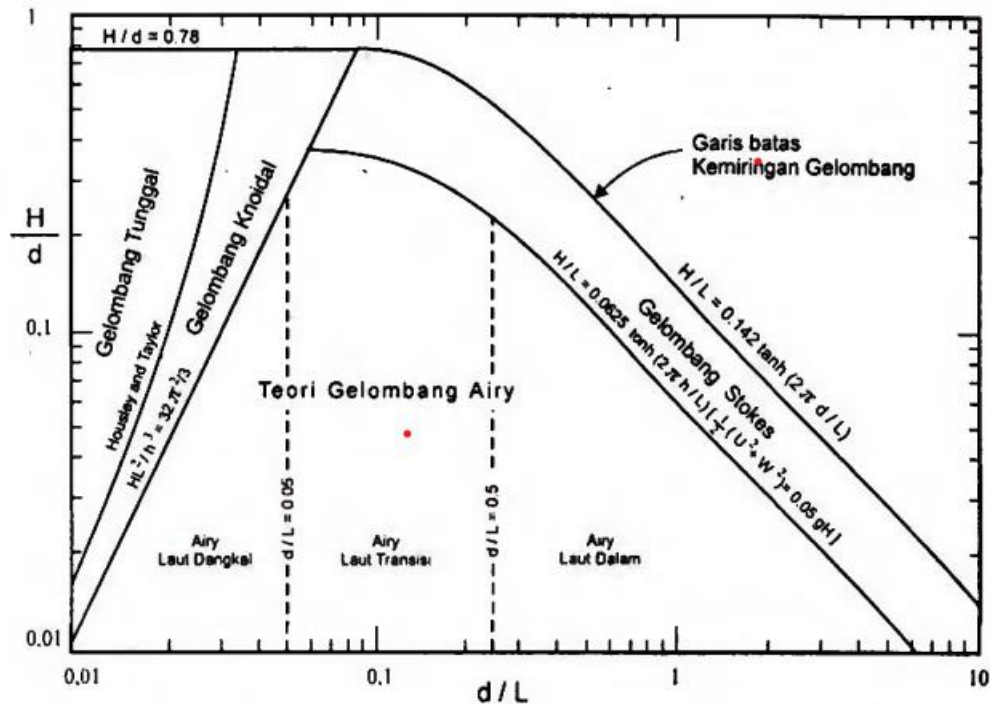
Salah satu fenomena alam pantai adalah gelombang. Gelombang di perairan adalah pergeseran elevasi perairan yang disebabkan oleh gaya angin, gempa laut, kapal yang bergerak, dan faktor lainnya (Triatmodjo, 1999). Gelombang laut terbagi menjadi berbagai kategori berdasarkan gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang pasang surut yang dihasilkan oleh gaya tarik benda-benda langit, terutama matahari dan bulan, terhadap bumi.

Pasang surut air laut menjadi sangat penting karena dapat menimbulkan arus yang kuat, terutama di lokasi-lokasi terbatas seperti teluk, muara, dan muara sungai. Elevasi pasang dan surut juga merupakan pertimbangan utama ketika merancang konstruksi pantai. Untuk membatasi limpasan air, elevasi puncak struktur pantai ditentukan oleh elevasi pasang surut. Ombak besar dapat menerjang pantai saat air pasang, menyebabkan kerusakan pada pantai yang jauh di daratan.

Bentuk gelombang di alam biasanya sangat rumit dan sulit untuk didefinisikan secara analitis karena bentuknya yang tidak linier dan tiga dimensi, yang mencakup periode dan ketinggian yang bervariasi. Beberapa teori modern hanya menggambarkan bentuk gelombang sederhana dan menggunakan pendekatan gelombang alami. Teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich, Knoidal, dan teori tunggal, semuanya menggambarkan gelombang alami dengan berbagai tingkat kerumitan dan ketepatan. Teori-teori ini berbeda dalam hal relevansinya. Menurut banyak teori, gelombang airy memiliki amplitudo yang kecil.

Teori gelombang amplitudo kecil atau gelombang linier, yang pertama kali diusulkan oleh Airy pada tahun 1845, merupakan teori yang paling sederhana. Gambar 2 menunjukkan batasan pemakaian teori gelombang yang berbeda untuk menentukan teori mana yang paling sesuai dengan masalah yang dihadapi. Menurut Triatmodjo (2008), nilai perbandingan H/d dan d/L menentukan penerapan teori gelombang dalam gambar tersebut.





Gambar 2 Wilayah aplikasi teori gelombang fungsi H/d dan d/L
 Sumber : Triatmodjo, 2008

Gelombang laut dikategorikan ke dalam beberapa kategori berdasarkan kekuatan pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang disebabkan oleh angin yang bertiup di permukaan laut, gelombang pasang surut yang disebabkan oleh gaya gravitasi benda-benda angkasa, terutama matahari dan bulan, di bumi, gelombang tsunami yang disebabkan oleh letusan gunung berapi, dan gelombang yang dibangkitkan oleh kapal-kapal yang bergerak, yang merupakan salah satu bentuk gelombang yang paling penting untuk rekayasa pantai.

Gambar 3 menggambarkan gelombang dalam sistem koordinat x - y . Gelombang bergerak dalam arah sumbu x . Beberapa notasi yang digunakan antara lain:

d : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)

$\eta(x,t)$: fluktuasi muka air terhadap muka air diam.

a : amplitude gelombang

H : tinggi gelombang = $2a$

λ : Panjang gelombang, yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang



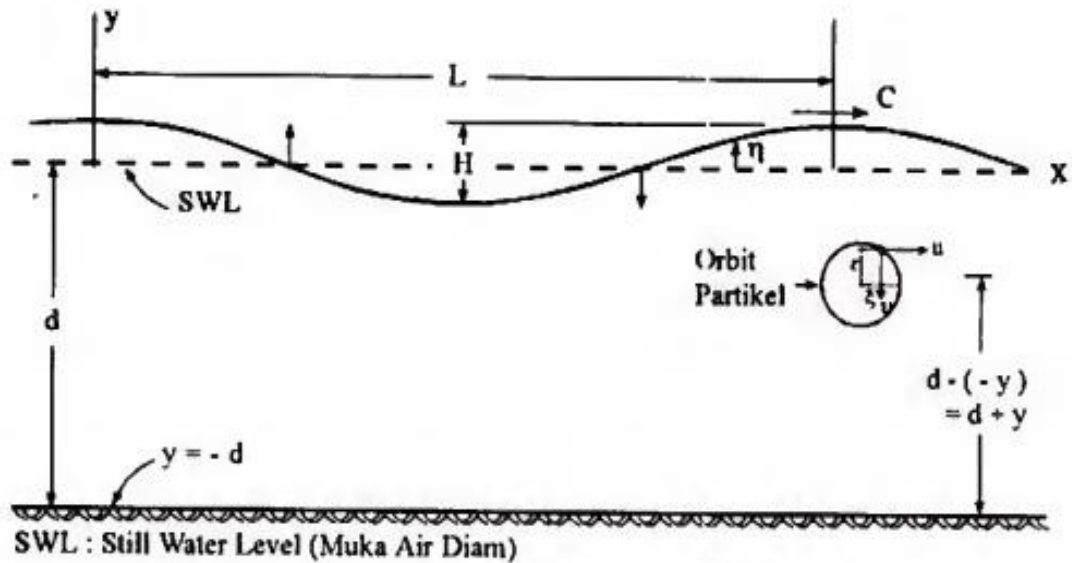
T : periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk Kembali

Pada kedudukan yang sama dengan kedudukan yang sebelumnya.

C : kecepatan rambat gelombang = L/T

K : angka gelombang = $2\pi/L$

σ : frekuensi gelombang = $2\pi/T$



Gambar 3 Sket definisi gelombang

Teori gelombang amplitudo kecil didasarkan pada persamaan Laplace untuk aliran non-rotasi, yang juga dikenal sebagai *irrotational flow*, serta kondisi batas permukaan dan dasar air. Kondisi batas di permukaan air dapat ditemukan dengan melinearkan persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap (*unsteady flow*). Penyelesaian persamaan ini menghasilkan kecepatan periodik aliran non-rotasi. Potensial kecepatan ini juga digunakan untuk menghasilkan persamaan untuk berbagai parameter gelombang, termasuk fluktuasi permukaan air, kecepatan dan percepatan partikel, tekanan, kecepatan rambat gelombang, dan banyak lagi.

Asumsi-asumsi yang diperlukan untuk mendapatkan persamaan gelombang tercantum di bawah ini.

tegangan permukaan diabaikan dan gaya Coriolis (akibat perputaran Bumi) diabaikan karena zat cair homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa konstan.



2. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan
3. Dasar laut tidak bergerak ke bawah, tetap, dan tidak mengalir
4. Kecepatan vertikal di dasar laut adalah nol
5. Amplitudo gelombang adalah kecil dibandingkan dengan panjang gelombang dan kedalaman air; dan
6. Gerak gelombang berbentuk silinder tegak lurus sehingga gelombang adalah dua dimensi

2.3 Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air d dan panjang gelombang L , (d/L), gelombang dapat di klasifikasikan menjadi tiga macam yaitu :

1. Jika gelombang laut dangkal, $d/L \leq 1/20$
2. Jika gelombang laut transisi, $1/20 < d/L < 1/2$
3. Jika gelombang laut dalam, $d/L \geq 1/2$

Pergerakan partikel berbentuk lingkaran terjadi pada seluruh kedalaman laut dalam selama pergeseran antara laut dalam dan laut dangkal. Menurut Triatmodjo (2008), lintasan partikel di laut transisi dan dangkal berbentuk ellipsis. Bentuk ellipsis semakin pipih seiring dengan kedalaman laut, dan gerak partikel berada horizontal di dasar ellipsis (Triatmodjo, 2008).

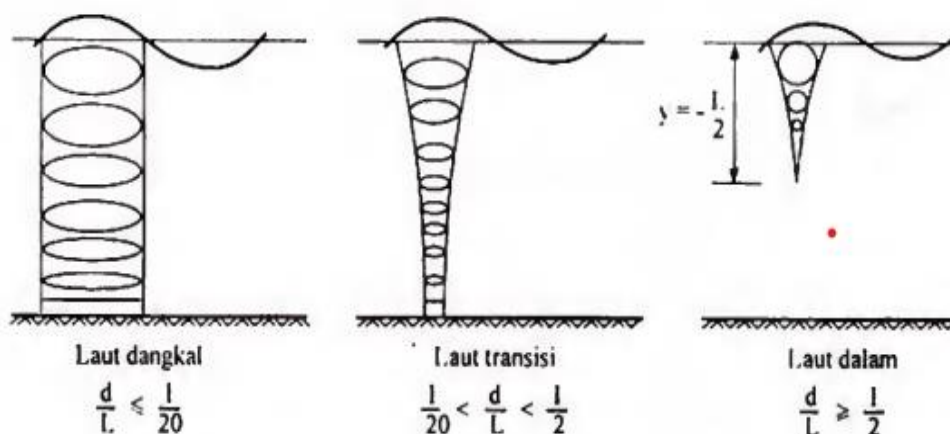


Fig. 4 Pergerakan orbit partikel zat cair di laut dangkal, transisi dan dalam
 Sumber : Triatmodjo, 2008

2.4 Parameter Gelombang

Parameter yang penting dalam memahami gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, kecuraman gelombang, dan kedalaman air di mana gelombang menjalar. Gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis atau gelombang progresif sinusoidal menurut teori Airy. Oleh karena itu, gelombang dapat dijelaskan secara geometris sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

- Tinggi gelombang (H), jumlah waktu yang berlalu antara titik tertinggi dan terendah gelombang selama periode gelombang
- Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

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

Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan metode literasi untuk menentukan Panjang gelombang awal (L_0) menggunakan persamaan berikut :

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

- Jarak rata-rata antara muka air dan dasar laut (d).

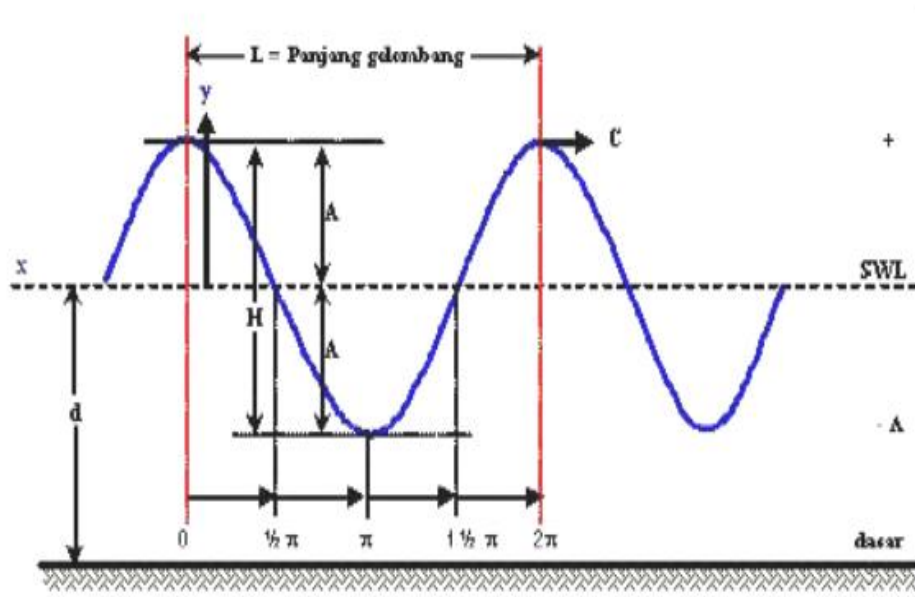
Ketiga nilai diatas dapat digunakan untuk menghitung parameter gelombang lainnya, termaksud :

- Kecuraman gelombang (*wave steepnes*) = H/L
- Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d
- Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- Amplitudo gelombang (A), dihitung dari setengah tinggi gelombang ($H/2$).
- Periode gelombang (T), yaitu interval waktu antara dua puncak gelombang (*wave crest*).
- Frekuensi (f), adalah jumlah puncak gelombang yang melewati suatu tempat setiap detik $f = 1/T$. Periode gelombang dapat direpresentasikan sebagai $(\Theta) = 2\pi$





Gambar 5 Ilustrasi pengertian gelombang linier. (*Shore Protection Manual* Volume I, 1984)

SWL : still water level (muka air rata-rata)

t : waktu (jam)

y : koordinat vertikal

x : koordinat horizontal

Frekuensi gelombang sudut (σ) didefinisikan seperti berikut :

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

d. Cepat rambat gelombang (c), dimana :

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

2.5 Deformasi Gelombang

Deformasi gelombang adalah perubahan karakteristik gelombang seperti tinggi, periode, panjang, arah dan sebagainya akibat pengaruh perubahan kedalaman dasar laut, kemiringan dasar laut yang tidak sejajar dengan arahnya datang gelombang, dan lain-lain.

Deformasi gelombang yang paling umum terjadi meliputi gelombang pecah, difraksi, refraksi, dan refleksi. Perubahan atribut gelombang, seperti periode, panjang, dan arah, disebabkan oleh variasi kedalaman dasar laut dan kemiringan yang tidak sejajar dengan arah gelombang.



2.5.1 Gelombang pecah

Jenis deformasi gelombang yang paling ekstrem adalah gelombang pecah. Energi gelombang terlepas secara bersamaan saat gelombang pecah. Energi gelombang mempengaruhi bagaimana sedimen bergerak, baik dalam arah tegak lurus pantai maupun sejajar pantai. Jumlah energi yang dikembalikan ke laut bervariasi tergantung pada kemiringan pantai. Energi yang dibalikkan lebih kecil jika sudut kemiringan pantai lebih kecil. Selama pencampuran buih air dan pasir dalam skala kecil, sebagian besar energi berkurang sebagai akibat dari panas (Parauba, dkk., 2016).

Gelombang Pecah dibedakan atas 3 tipe yaitu :

1. *Spilling*, dikatakan *spilling* apabila $\xi_v = < 0,5$
2. *Plunging*, dikatakan *plunging* apabila : $0,5 < \xi_v < 3,3$
3. *Surging*, dikatakan *surging* apabila : $\xi_v = > 3,3$

Menurut (M. Furqon Azis, 2005) kriteria untuk menentukan terjadinya gelombang pecah yaitu apabila :

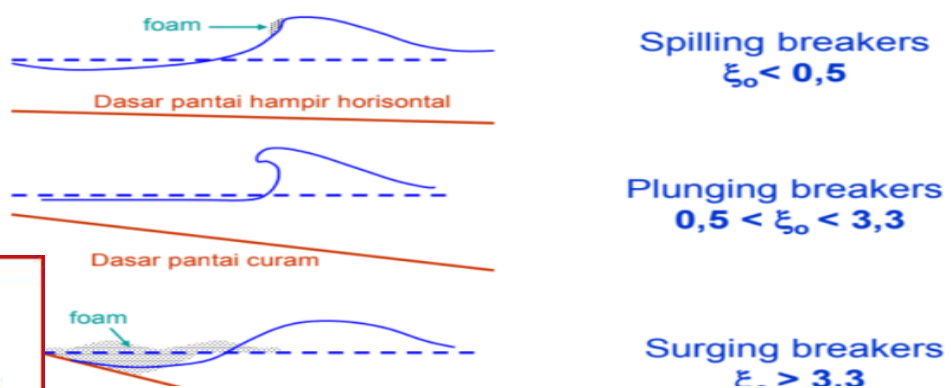
$$H/d \approx 0,78 \dots\dots\dots(5)$$

Berikut cara menentukan klasifikasi gelombang pecah (Setyawan, dkk., 2017)

$$\xi_v = \frac{\tan \beta}{\sqrt{H/L_0}} \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

- ξ_v (Ni) = Bilangan Iribaren
- β = Sudut Kemiringan Pantai
- H = Tinggi Gelombang (m)
- L₀ = Panjang Gelombang (m)



Gambar 6. Jenis Gelombang Pecah



2.5.2 Shoaling

Istilah "shoaling" mengacu pada gelombang yang bergerak dari laut dalam ke laut dangkal dan mengalami gesekan dengan dasar laut, yang mengakibatkan berkurangnya kecepatan dan panjang gelombang. Karena gelombang belum pecah, ketinggiannya H terus meningkat hingga akhirnya pecah.

2.5.3 Difraksi

Difraksi adalah contoh deformasi gelombang. Jika gelombang dihalangi oleh penghalang, seperti pemecah gelombang atau pulau, gelombang akan membelok di sekitar ujung penghalang dan memasuki kawasan lindung di belakangnya. Garis puncak gelombang adalah busur melingkar yang berpusat di ujung penghalang. Difraksi dan refraksi gelombang tidak terjadi jika kedalaman air tidak konsisten. Kawasan lindung biasanya memiliki gelombang yang lebih rendah daripada puncak gelombang.

2.5.4 Refraksi

Arah gelombang yang membelok saat memasuki perairan dangkal disebut refraksi gelombang. Ini terjadi disebabkan beberapa gelombang masih merambat dengan kecepatan gelombang laut dalam saat masuk ke perairan dangkal.

2.5.5 Refleksi gelombang

Refleksi gelombang adalah pemantulan gelombang oleh dinding struktur. Parameternya dinyatakan dalam koefisien refleksi gelombang (K_r). Tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) pada model didasarkan pada gelombang dengan tinggi maksimum (H_{max}) dan gelombang dengan tinggi minimum (H_{min}). Koefisien refleksi gelombang dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

K_r = koefisien refleksi gelombang

H_r = tinggi gelombang refleksi

H_i = tinggi gelombang datang

$$i = \frac{H_{mak} + H_{min}}{2} \dots\dots\dots(8)$$

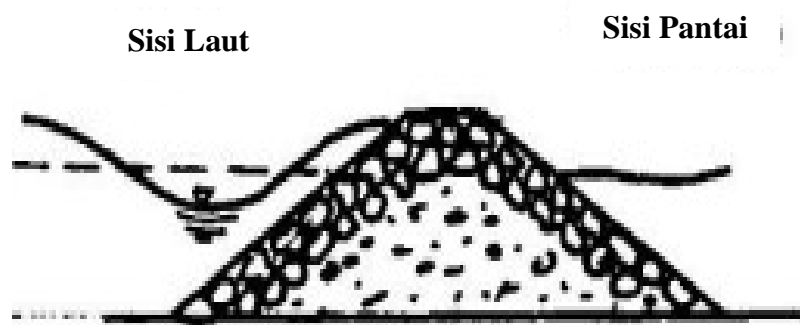
$$r = \frac{H_{mak} - H_{min}}{2} \dots\dots\dots(9)$$



2.6 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang digunakan untuk melindungi pantai dari gelombang. Dibangun untuk melindungi pantai dari serangan gelombang, struktur ini memisahkan perairan dari laut bebas, sehingga gelombang besar tidak mengganggu daerah pantai. *Breakwater* dapat terdiri dari satu pemecah gelombang atau sekelompok pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah, tergantung pada panjang pantai yang dilindungi. Perlindungan oleh breakwater terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan.

Berkurangnya energi gelombang di wilayah terlindung akan mengurangi transportasi sedimen. Gelombang yang membentuk sudut dengan pantai dapat menghasilkan arus yang mengalir sepanjang pantai. Sedimen dasar dapat diangkat dengan kecepatan arus yang besar.



Gambar 7 Contoh *Breakwater*
Sumber : Triatmodjo, 2003

Dasar pertimbangan bagi perencanaan *breakwater* (pemecah gelombang) adalah (Ditjen Perikanan Tangkap, 2001):

1. Mampu meredam energi gelombang.
2. Mampu mengurangi sedimentasi.
3. Pemecah gelombang harus mampu menahan gelombang yang direncanakan.

efektifitas kegiatan yang aman terhadap gangguan gelombang disekitar pantai.

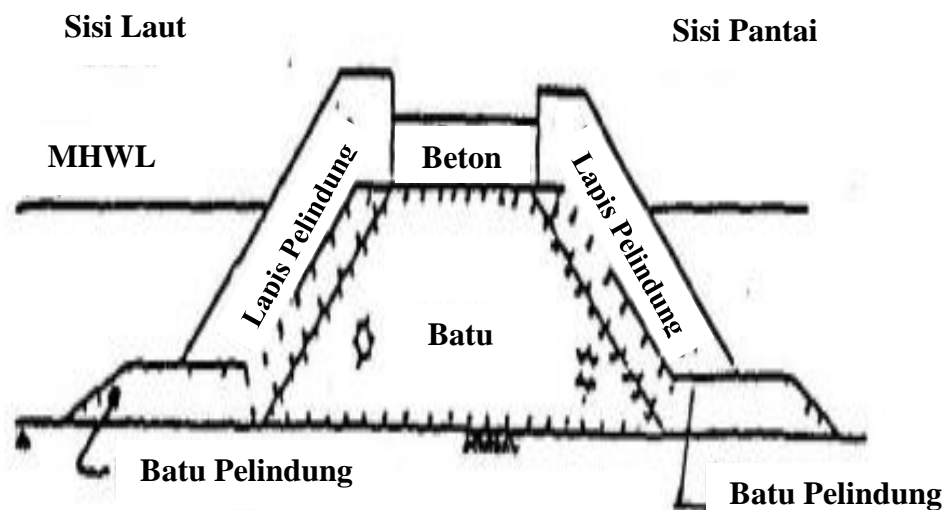


5. Tipe konstruksi mempertimbangkan kemudahan konstruksi, ketersediaan bahan, dan biaya
6. Ramah lingkungan, terutama karena bentuk pantai.

Menurut bentuk dan bahan bangunan yang digunakan, pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi:

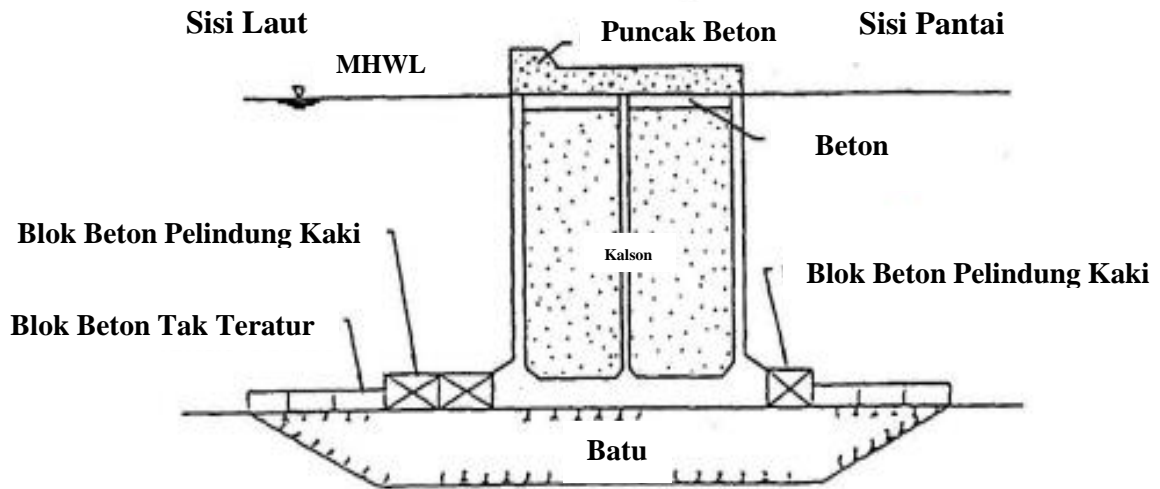
1. Pemecah gelombang miring dari sisi
2. Pemecah gelombang tegak dari sisi
3. Pemecah gelombang campuran

Pemecah gelombang terbuat dari tumpukan batu, blok beton, beton massa, turap dan sebagainya.

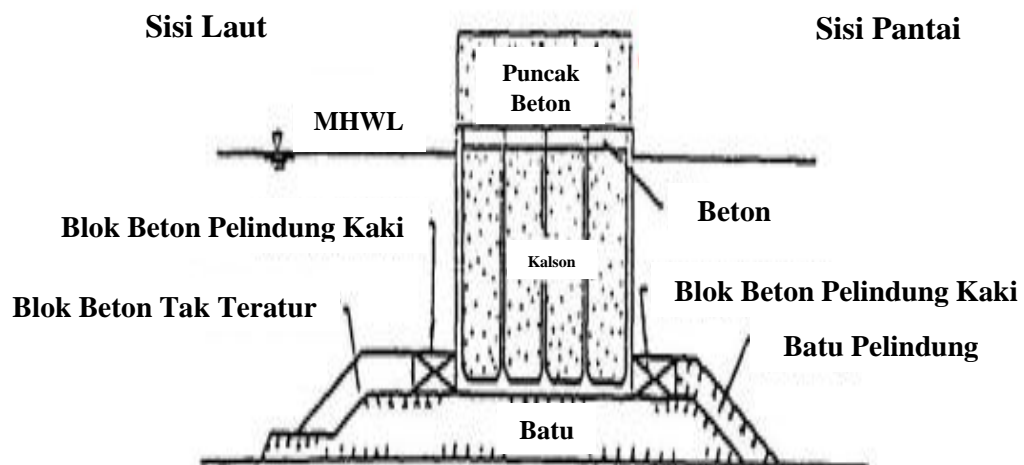


Gambar 8 Pemecah gelombang sisi miring
Sumber : Triatmodjo, 1996





Gambar 9 Pemecah gelombang sisi tegak
Sumber : Triatmodjo, 1996



Gambar 10 Pemecah gelombang campuran
Sumber : Triatmodjo, 1996

Dimensi pemecah gelombang tergantung banyak faktor, yaitu :

1. *Lay out* dan ukuran perairan pantai
2. Kedalaman laut

ginya pasang surut dan gelombang
nangan pantai yang diinginkan
angkutan sedimen di sekitar lokasi pantai



Tabel 1 Keuntungan dan kerugian ketiga tipe pemecah gelombang

No	Tipe	Keuntungan	Kerugian
1	Pemecah gelombang miring dari sisi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevasi puncak bangunan rendah 2. Gelombang refleksi yang kecil dan meredam energi gelombang 3. Kerusakan yang berkurang secara bertahap 4. Perbaikan sederhana 5. Murah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Banyak material yang dibutuhkan 2. Membutuhkan waktu lama 3. Ada kemungkinan kerusakan pada waktu yang lama 4. Lebar dasar yang luas
2	Pemecah gelombang tegak dari sisi	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanaan dilakukan dengan cepat 2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil 3. Pelabuhan memiliki luas air yang lebih besar 4. Sisi dalamnya bisa digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan 5. Perawatannya tidak mahal 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya relatif tinggi 2. Elevasi puncak bangunan yang tinggi 3. Tekanan gelombang tinggi 4. Tempat yang luas diperlukan untuk kaison 5. Perbaikan yang sulit diperlukan jika terjadi kerusakan 6. Peralatan berat diperlukan 7. Erosi pada kaki pondasi
3	Pemecah gelombang mix	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan dilakukan dengan 2. Kemungkinan kerusakan kecil pada waktu pelaksanaan 3. Luas perairan pelabuhan yang besar 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Biaya tinggi 2. Memutuskan alat berat 3. Diperlukan Lokasi kaison yang luas.

Sumber : Triatmodjo, 1999

Tujuan utama pemecah gelombang adalah untuk mencegah daerah pantai terpengaruh oleh gangguan gelombang, jadi sangat penting untuk memahami gelombang dan gaya yang ditimbulkannya.

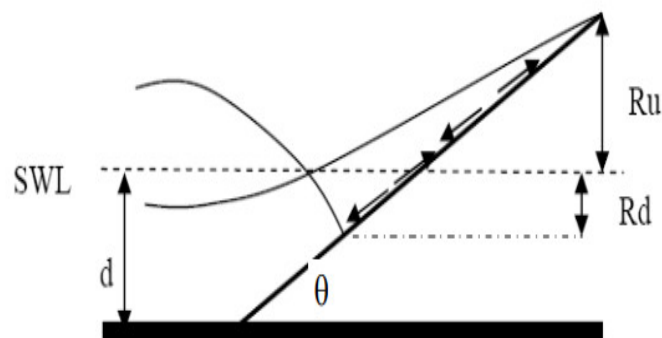
Pemecah gelombang dapat mengendalikan dan menahan gelombang yang datang dengan baik. Pemecah gelombang sisi miring dan dinding tegak harus dirancang sedemikian rupa sehingga batu atau blok beton tidak runtuh karena gaya gelombang yang datang. Selain itu, pada bagian tanah dasarnya harus mampu dalam menahan beban bangunan yang ada di atasnya.



2.7 Run-Up dan Run-Down Gelombang

Run-up dan *run-down* mengacu pada mekanisme naik dan turunnya muka air pada dinding struktur bangunan pantai. Ketika gelombang mendekati garis pantai dan menghantam suatu bangunan pelindung pantai, sebagian energi gelombang ditransfer ke dalam gerakan air yang menuju ke dinding pelindung bangunan pantai. Ketinggian yang diukur secara vertikal dari muka air diam sampai ketinggian maksimum setelah gelombang datang mengenai suatu bangunan pantai, hal demikian yang disebut sebagai *run-up* gelombang. Gambar 11 menggambarkan bagaimana gelombang naik ketika menghantam permukaan bangunan.

Setelah gelombang mencapai ketinggian puncaknya, gravitasi menyebabkan aliran balik yang dikenal dengan istilah *run-down*. Hal ini akan terus berlanjut hingga gelombang berikutnya mencapai puncaknya atau memasuki lembah gelombang berikutnya. Gambar 11 berikut menunjukkan bagaimana tinggi *run-up* dan *run-down* diukur secara vertikal dari muka air rerata.



Gambar 11 Ilustrasi *run-up* dan *run-down* gelombang

Menurut Meer (1992), ketinggian *run-up* dan *run-down* gelombang merupakan komponen penting dalam desain bangunan pantai karena menentukan desain elevasi puncak bangunan terhadap limpasan (overtopping) yang diizinkan.

Nilai *run-up* dipengaruhi oleh banyak variabel, termasuk bentuk, kekasaran, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut depan bangunan, dan karakteristik gelombang (Triadmodjo, 2012). Semakin besar ketinggian gelombang maka nilai *run-up* semakin jauh sedangkan semakin besar kemiringan pantai dengan koefisien kekasaran permukaan maka nilai *run-up* semakin dekat. Karena



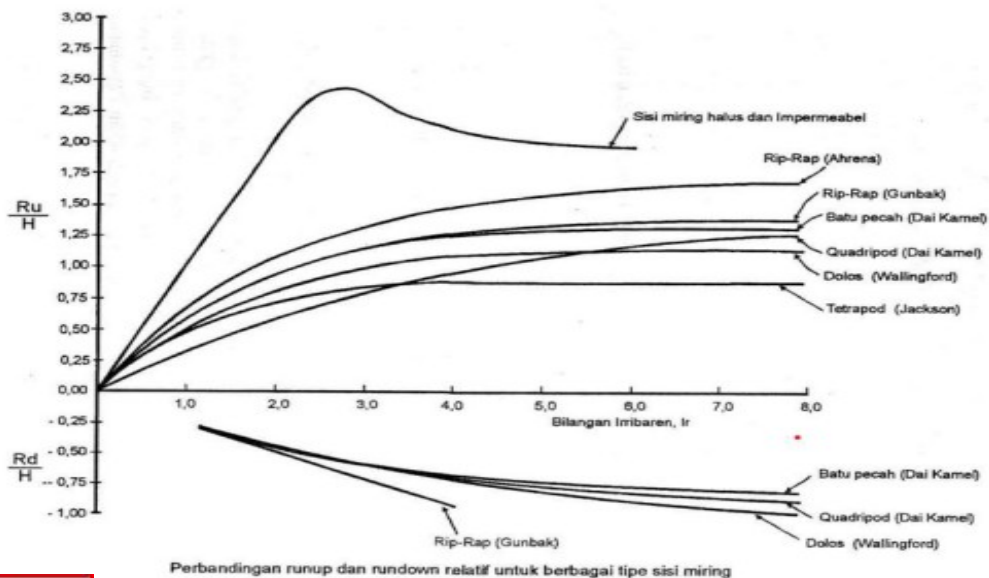
banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya *run-up* dapat didekati dengan bilangan *irribaren*. (Triatmodjo, 1999)

$$Ir = \frac{tg \theta}{(H/L_0)^{0,5}} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

- Ir* : bilangan Iribaren
 θ : sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
H : tinggi gelombang di lokasi bangunan
*L*₀ : Panjang gelombang di laut dalam

Dalam laboratorium, penelitian mengenai *run-up* dan *run-down* gelombang sudah dilakukan. Hasilnya menunjukkan oleh grafik-grafik yang dapat digunakan untuk mengukur tinggi *run-up* dan *run-down* gelombang. Gambar 12 menunjukkan hasil percobaan di laboratorium yang dilakukan oleh Iribaren untuk menentukan tinggi *run-up* dan *run-down* gelombang pada bangunan dengan permukaan miring untuk berbagai jenis bahan. Bilangan Iribaren untuk masing-masing jenis lapis lindung mempunyai variasi



Gambar 12 Grafik *run-up* gelombang
 Sumber : Triatmodjo, 2008

Run-up dan *run-down* sangat penting untuk perencanaan bangunan pantai. *Run-up* biasanya digunakan untuk menentukan mercu bangunan pantai, sedangkan *run-down* dihitung dari muka air laut rerata. Bentuk tak berdimensi pada Gambar 12 menunjukkan *run-up* relatif Ru/H atau *run-down* relatif Rd/H . Sebagai berikut adalah digunakan rumus untuk mengukur *run-up* dan *run-down* pada permukaan halus yang kedap air (Yuwono, 1996).

$$\frac{Ru}{H} = Ir \quad \text{Untuk : } Ir < 2.5 \dots\dots\dots(11)$$

$$\frac{Ru}{H} = -0.3 Ir + 3.275 \quad \text{Untuk } Ir : 4.25 > Ir > 3.2710 \dots\dots\dots(12)$$

$$\frac{Ru}{H} = 2 \quad \text{Untuk : } Ir > 4.25 \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan :

Ir = Bilangan Iribaren

Jika dinding halus dan kedap air (*permeable*), rumus di atas digunakan. Jika dinding kasar dan dapat dilalui air (*impermeable*), angka di atas harus dikalikan dengan faktor 0,5 hingga 0,8.

2.8 Fluktuasi Muka Air Laut

Gelombang terjadi pada permukaan air referensi, yang juga dikenal sebagai "permukaan air diam" (*Still Water Level, SWL*). Variasi permukaan air laut dalam jangka waktu yang lama disebabkan oleh berbagai proses yang terjadi secara bersamaan. Badai (gempa bumi), tsunami, pembentukan gelombang, kenaikan permukaan air karena perubahan suhu global, dan pasang surut adalah beberapa proses alami yang fluktuasi permukaan airnya tidak dapat ditentukan (diprediksi). Namun, pasang surut dapat dengan mudah diprediksi dan diukur secara akurat terlepas dari ukuran atau durasi kejadiannya (Triatmodjo, 2008).

2.8.1 Elevasi muka air

Elevasi muka air merupakan elemen yang sangat penting didalam perencanaan bangunan pantai. Ketinggian permukaan air tertinggi (pasang)

kan ketinggian atap bangunan. Sementara itu, ketinggian air terendah kan ketinggian pondasi bangunan pengaman pantai. Oleh karena itu, an tentang pasang surut air laut sangat penting ketika mendesain



bangunan pengaman pantai. Selanjutnya, data pemantauan muka air harus dianalisis untuk menentukan elevasi muka air (Triatmodjo, 1999).

- a. Muka air tinggi rata-rata (MHWL) adalah muka air tinggi rata-rata yang dicapai selama periode 19 tahun.
- b. Muka air rendah (LWL) adalah muka air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- c. Muka air rendah rata-rata (MLWL) adalah tinggi air rata-rata dari air rendah selama 19 tahun.
- d. Muka air rata-rata (MSL/MWL) adalah muka air rata-rata antara muka air rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini digunakan untuk menunjukkan elevasi di daratan.
- e. Muka air tertinggi (HHWL) adalah muka air tertinggi saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati.
- f. Muka air terendah (LLWL) adalah muka air terendah saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati.

2.8.2 Pasang Surut

Gaya Tarik benda-benda di langit, terutama matahari dan bulan, terhadap massa air laut di bumi menyebabkan perubahan muka air laut yang dikenal sebagai pasang surut. Gaya tarik bulan mempengaruhi pasang surut 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi, meskipun massa bulan lebih kecil (Triatmodjo, 1999).

Perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan membutuhkan pengetahuan tentang pasang surut. Untuk merencanakan bangunan, elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting. Misalnya, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, dan kedalaman pelabuhan atau alur pelayaran ditentukan oleh muka air surut.

- a. Kurva pasang surut

Tinggi pasang surut didefinisikan sebagai jarak horizontal antara air tinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut). Waktu di mana air naik disebut pasang, dan waktu di mana air turun disebut surut. Periode pasang surut dapat mencapai dua belas dua puluh lima menit atau dua puluh



empat jam lima puluh menit, tergantung pada tipe pasang surut. Arus pasang surut mengangkut massa air yang besar karena perubahan muka air.

b. Tipe pasang surut

Secara umum, pasang surut dapat dibedakan dalam empat jenis, yaitu: Dalam satu hari, pasang surut dapat terjadi satu atau dua kali di suatu tempat.

1. Pasang surut ganda harian: Selama satu hari, terjadi dua kali pasang surut dengan tinggi hampir sama dan dua kali pasang surut.
2. Satu pasang surut per hari berlangsung selama dua belas jam empat puluh empat menit. Dalam jangka waktu satu hari, ada satu kali air pasang dan satu kali air surut. Jumlah waktu pasang surut adalah dua puluh empat jam lima puluh menit
3. Pasang surut campuran harian ganda: Dalam satu hari terjadi dua kali air surut, tetapi tinggi dan waktunya berbeda.
4. Pasang surut campuran harian tunggal: Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang terjadi dua kali selama beberapa waktu.

2.9 Hukum Dasar Model

Konsep utama di balik pemodelan dengan model skala adalah membentuk kembali masalah atau fenomena dalam prototipe ke skala yang lebih kecil. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa fenomena dalam model konsisten atau mirip dengan yang ada di prototipe. Kesesuaian yang dimaksud adalah berupa sebangun geometris, atau kinematika, (Yuwono,1996).

Nilai skala menunjukkan hubungan antara model dan prototipe, karena nilai parameter masing-masing memiliki skala yang berbeda dan tidak sama. Nilai skala adalah rasio antara nilai parameter di model dan nilai di prototipe.

2.9.1 Sebangun geometrik

Perbandingan antara model dan prototipenya adalah sama. Kesebangunan geometris adalah bangun yang bentuknya identik dengan bentuk prototipenya,

jarannya berbeda. Ada dua jenis: kesebangunan geometris yang sempurna (distorsi) dan kesebangunan geometris dengan distorsi. Pada struktur yang



sempurna secara geometris, skala horizontal (panjang) dan vertikal (tinggi) identik. Kesebangunan geometris yang sempurna dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$n_L = \frac{l_p}{l_m} \dots\dots\dots(14)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots(15)$$

Keterangan :

n_l : skala panjang

n_h : skala tinggi

L_p : ukuran panjang pada *prototipe*

h_m : ukuran tinggi pada model

L_m : ukuran panjang pada model

h_p : ukuran tinggi pada *prototipe*

2.9.2 Sebangun kinematik

Kesebangunan kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi persyaratan kesebangunan geometrik. Kecepatan dan percepatan aliran di dua lokasi sama dalam model dan prototipe ketika bergerak ke arah yang sama. Rasio ini sama di semua arah dalam model tanpa distorsi, tetapi hanya dalam satu arah, yaitu vertikal atau horizontal. Oleh karena itu, tidak disarankan untuk menggunakan model yang terdistorsi dalam masalah tiga dimensi.

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots\dots\dots(16)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots\dots\dots(17)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^2}{n_T} \dots\dots\dots(18)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots(19)$$

keterangan :

n_u : skala kecepatan

n_a : skala tinggi

n_Q : skala debit

skala waktu



2.9.3 Sebangun dinamik

Kesebangunan dinamis didefinisikan sebagai kesebangunan yang memenuhi kriteria kesebangunan geometris dan kinematik. Selain itu, rasio gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh aliran dalam arah yang sama adalah sama.

Bilangan Cauchy menunjukkan rasio gaya inersia terhadap gaya elastis, dinamika Froude menunjukkan rasio gaya inersia terhadap gaya gravitasi, dan dinamika Reynold menunjukkan rasio gaya inersia terhadap gaya gesek. Bilangan Weiber juga merepresentasikan rasio gaya inersia terhadap gaya tegangan permukaan.

Penelitian ini akan melakukan penelitian refleksi pada struktur terapung dengan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (model tanpa muatan) dan neraca Froude, dengan mempertimbangkan sumber daya laboratorium.

a. Froud Number

$$\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)^p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)^m \dots\dots\dots (20)$$

b. Reynold Number

$$\left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)^p = \left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)^m \dots\dots\dots (21)$$

c. Euler Number

$$\left(\frac{p}{\rho v^2}\right)^p = \left(\frac{p}{\rho v^2}\right)^m \dots\dots\dots (22)$$

d. Weber Number

$$\left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right)^p = \left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right)^m \dots\dots\dots (23)$$

e. Cauchy Number

$$\left(\frac{\rho v^2}{E}\right)^p = \left(\frac{\rho v^2}{E}\right)^m \dots\dots\dots (24)$$



2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan peneliti sebagai acuan dan bahan referensi dalam menyusun penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

Tabel 2 Daftar penelitian terdahulu

No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Puspita, et. al. (2022) <i>Laboratory Investigation on Wave Run-Up on a Dual-Function Breakwater</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian dimulai dengan memberikan dasar teoritis tentang gagasan penangkapan energi gelombang melalui mekanisme <i>overtopping</i> untuk mendapatkan parameter-parameter yang harus divariasikan dan parameter mana yang akan diukur. 2. Penelitian awal dilakukan untuk mengetahui kapasitas <i>wave flume</i> dan jenis mesin pembangkit gelombang 3. Menentukan karakteristik gelombang yang dibangkitkan untuk mendapatkan rentang ketinggian gelombang 4. Menentukan data <i>output</i> yang dihasilkan dari laboratorium 	<p>Hasil dari penelitian ini adalah</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Secara umum rentang nilai yang didapatkan bahwa nilai <i>run-up</i> relatif meningkat seiring dengan meningkatnya nilai Bilangan Iribaren. 2. Nilai Run-up relatif yang diperoleh dari hubungan antara Bilangan Iribaren dengan <i>run-up</i> relatif, sehingga menghasilkan nilai <i>run-up</i> relatif yang tinggi. 3. Gelombang yang lebih besar memiliki <i>run up</i> yang lebih besar



No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
2	Hatta, et. al. (2020) <i>Experimental Study of Wave Reflection in Breakwater Overtopping Catcher Model</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Penelitian secara eksperimental untuk mengetahui karakteristik gelombang, terutama kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi gelombang. 2. Percobaan dilakukan dalam wave flume dengan pembangkitan gelombang yang teratur. 3. Variasi model yaitu kemiringan dan freeboard serta variasi gelombang yaitu periode dan tinggi gelombang. 	<p>Hasil dari penelitian ini adalah</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Koefisien refleksi gelombang menurun seiring dengan meningkatnya kecuraman gelombang. 2. Semakin curam kemiringan model, maka semakin besar koefisien refleksi gelombang yang dihasilkan.
3	Thaha, et. al. (2018) <i>Single Slope Shore Protection as a Wave Energy Catcher</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode yang digunakan yaitu simulasi eksperimen berulang kali dengan kondisi nilai variabel yang berubah 2. Model dengan kemiringan 30 diuji dengan beberapa variasi freeboard, kedalaman air, tinggi gelombang dan periode. 3. Akuisisi data menggunakan WVFW (Wave View For Windows), dengan menempatkan alat probe 1 dan probe 2 untuk membaca Tingkat fluktuasi air 	<p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa debit limpasan (Q/Q_0) relatif banyak dipengaruhi oleh ketinggian freeboard tinggi gelombang datang (Fb/H_i), kecuraman gelombang (H_i/L) pada bilangan irribaren, koefisien refleksi (K_r) dan jumlah gelombang tegak yang terjadi (NS_w). Peningkatan Fb/H_i, penurunan Q/Q_0, dan peningkatan bilangan irribaren (I_r) dan koefisien refleksi (K_r), laju kenaikan Q/Q_0. Gelombang berdiri didepan struktur akibat superposisi gelombang datang dengan gelombang pantulan juga ikut memperbesar limpasan balik, ditemukan persamaan empiris yang dapat digunakan untuk menentukan laju limpasan.</p>



No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
4	Nugroho (2020) Pengaruh Kekasaran Dinding Lereng Revetment terhadap Run-Up dan Run-Down Gelombang	Metode Analisa parameter tak berdimensi yang digunakan untuk membandingkan antar variable tanpa satuan dalam penelitian ini adalah metode langhaar	<p>Hail penelitian</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Semakin besar nilai kekasaran pada model (Revetment) tersebut, maka besaran run-up dan run-down nya akan mengecil, sementara itu untuk refleksi sendiri berbanding lurus dengan nilai kekasaran pada penampang maka refleksinya juga akan semakin besar. 2. Dari pengujian model kesasar pada dinding revetment di laboratorium didapatkan hubungan bilangan tak berdimensi antara tinggi gelombang datang dan run-up gelombang pada revetment.
5	S. Binumol. et. al. (2015) <i>Runup and Rundown characteristics of an emerged seaside perforated quarter circle breakwater</i>	Model breakwater kuartal lingkaran untuk tiga caisson yang berbeda, masing-masing dengan jari-jari 0.550 m, 0.575 m, dan 0.600 m. Pelat dasar beton memiliki dimensi 0,72 m x 0,65 m x 0,05 m, 0,72 m x 0,675 m x 0,05 m, dan 0,72 m x 0,70 m x 0,05 m untuk jari-jari pemecah gelombang pantai 0,550 m, 0,0575 m, dan 0,600 m, masing-masing. Model lubang seragam memiliki diameter 0,016 m.	<i>Run-up</i> gelombang tak berdimensi (Rd/Hi) berkurang dengan bertambahnya kecuraman gelombang dan bertambah dengan parameter kedalaman. Persentase pengurangan runup relatif (ru/hi) bervariasi dari 32% sampai 76%, 33% sampai 76%, dan 34% sampai 77%. Sebaliknya, pengurangan runup relatif (ru/hi) meningkat dengan meningkatnya kecuraman gelombang namun menurun dengan meningkatnya hs/d. Kedalaman air yang bertambah memiliki pengaruh yang lebih besar dalam mengurangi atau meningkatkan runup gelombang.



No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
6	Rohman, et. al. (2021) Study Breakwater untuk Pelabuhan Militer di Situbondo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Menganalisis data desain kapal, termasuk bobot kapal kosong dan bermuatan. 2. Menganalisis data topografi dan batimetri untuk menentukan posisi bangunan dermaga. 3. Analisis data pasang surut. 4. Menganalisis karakteristik gelombang, termasuk jarak dan kecepatan. 5. Menganalisis data angin, termasuk arah dan konsekuensinya, dengan menggunakan Winrose. 6. Menganalisis data tanah untuk menentukan model dan jenis pondasi dermaga. 	<p>Tipe sloping side breakwater digunakan pada perencanaan breakwater di Pantai Banongan, Kabupaten Situbondo. Hasilnya adalah:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Lebar pemecah gelombang (B') = 31,68 b. Tinggi pemecah gelombang (H) = 7,02 c. Panjang pemecah gelombang (L) = 635 d. Lebar puncak (B) = 1,8 meter e. Lebar kemiringan sisi pelabuhan = 14,94 meter, Lebar slope sisi pelabuhan = 14,94 meter.
7	Ariani, et. al. (2013) Studi <i>Run-up</i> Gelombang pada <i>Offshore Breakwater</i> di Pantai Slamaran Pekalongan.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analisis angin menggunakan teknik SMB. 2. Memanfaatkan metode Admiralty untuk menghitung pasang surut. 3. Teknik Saville digunakan untuk run-up dan overtopping gelombang, sedangkan pendekatan Van de Meer untuk transmisi gelombang. 	<p>Karena permukaan struktur agak landai ($18,4^\circ$), tinggi gelombang rata-rata adalah 1,103 meter yang diperkirakan dari MSL. Hal ini menunjukkan bahwa run-up gelombang di permukaan pemecah gelombang lepas pantai Pantai Slamaran cukup rendah.</p>



No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
8	<p>Yannovita, et. al. (2017)</p> <p>Desain <i>Breakwater</i> sisi Miring sebagai Upaya Mengantisipasi Limpasan Air Laut pada Gangguan Reventment di Pantai Malabero Kota Bengkulu.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Gunakan palem gelombang untuk mengukur ketinggian muka air tinggi dan rendah, dan gunakan stopwatch untuk menghitung interval waktu. Hasilnya adalah tinggi gelombang dan periode gelombang. 2. Metode pengambilan data gelombang lapangan adalah dengan memperkirakan kapan angin berhembus cukup besar untuk membentuk gelombang. 3. Data yang diolah terdiri dari data tinggi elevasi muka air laut, data arah dan kecepatan angin selama sepuluh tahun, dan data periode gelombang tinggi yang signifikan sebesar 10%. 	<p>Di Pantai Tirtamaya Indramayu, tinggi run-up gelombang offshore breakwater dengan kemiringan 42° dan 34° adalah 1,57 meter dari permukaan rerata di bagian 1 dan bagian 2. Struktur breakwater offshore ini termasuk dalam kategori overtopped/low-crested breakwater, dengan kecepatan overtopping 0,0085 m³/m pada bagian 1 dan 0,0197 m³/m pada bagian 2.</p>



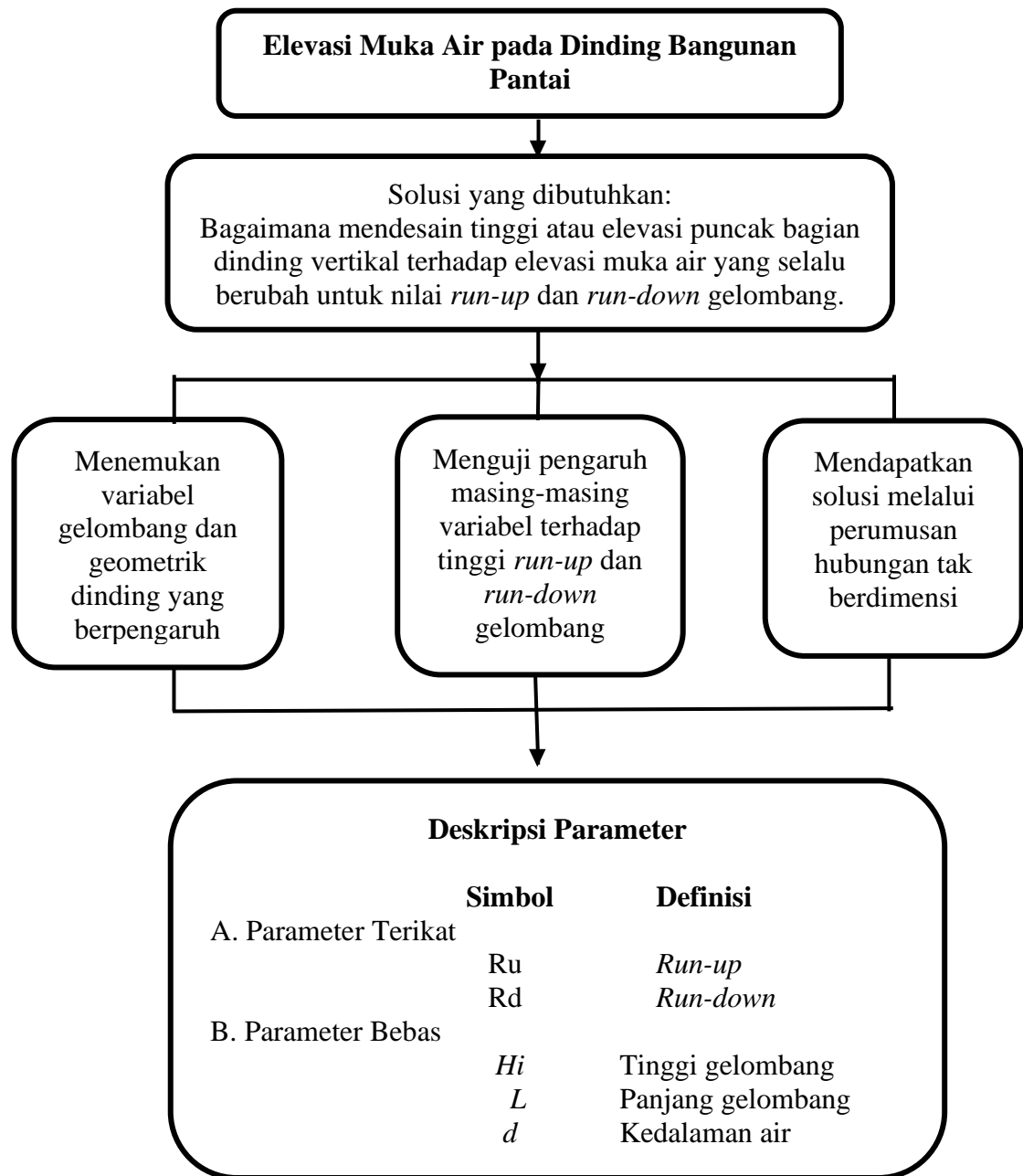
No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
9	Sanjaya, et. al. (2017) Uji Eksperimental Peredam Gelombang pada Struktur <i>Breakwater</i> Tenggelam	Metodologi penelitian adalah permodelan fisik secara eksperimental di laboratorium.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hubungan parameter tak berdimensi antara parameter kecuraman gelombang dan tinggi gelombang refleksi 2. Hubungan parameter tak berdimensi antara parameter kecuraman gelombang dan koefisien refleksi menghasilkan hubungan berbanding lurus, sedangkan hubungan berbanding terbalik terjadi dengan koefisien transmisi. Nilai K_r dan K_t menurun seiring dengan peningkatan nilai H_i/L. Dengan koefisien refleksi 0,560–0,840 dan koefisien transmisi (K_t) 0,09–0,190, gelombang yang datang memiliki kemampuan untuk meredam gelombang.



No.	Penelitian (Tahun) dan Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
10	Yuliamangesti (2017). Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (<i>Breakwater</i>) di Pantai Puger Jember.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di lapangan. 2. Pengolahan data meliputi ukuran pemecah gelombang, angin, dan pasang surut. Data angin dikumpulkan dengan mengoreksi pada ketinggian 10 meter dan ketinggian stasiun pengukuran 43 meter di atas permukaan laut. Tim survei konsultan perencanaan pemecah gelombang di Pantai Puger mengumpulkan data pasang surut selama 15 hari. 3. Analisa data digunakan untuk menentukan apakah pemilihan breakwater yang digunakan efektif 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tinjauan stabilitas pemecah gelombang sisi miring menunjukkan bahwa dimensi saat ini berbeda dengan dimensi yang didesain. Hasil perhitungan dimensi menunjukkan bahwa dimensi yang diminta lebih besar. 2. Tata letak pemecah gelombang yang baru disajikan dengan menyesuaikan sudut bangunan sebesar $225^{\circ} + 17^{\circ}$. Dimensi yang disarankan adalah tinggi bangunan yang lebih tinggi.
11	Ibrahim, (2020)	Metodologi penelitian adalah permodelan fisik secara eksperimental di laboratorium.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nilai Run-Up dan Run-Down Gelombang pada Peredam Gelombang Dinding Kedap Kemiringan Ganda (105° & 45°) berbanding lurus dengan Kedalaman (d). 2. Nilai Run-Up dan Run-Down Gelombang pada Peredam Gelombang Dinding Kedap Kemiringan Ganda (105° & 45°) berbanding terbalik dengan Periode Gelombang (T) dan Kecuraman Gelombang (H/L).



2.11 Kerangka Berpikir



Gambar 13 Kerangka berfikir



2.12 Hipotesis

Berdasarkan kerangka fikir tersebut yang diperkuat secara teoritis dan mempertimbangkan hasil penelitian terdahulu maka dapat ditulis bahwa *run-up* (R_u) dan *run-down* (R_d) yang terjadi pada dinding kemiringan ganda (90° dan 45°) diperkirakan dipengaruhi oleh ketinggian relatif bagian dinding vertikal, selain tinggi gelombang dan panjang gelombang.

Hipotesis dalam penelitian dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R_u \text{ dan } R_d = f(H_i, L, d, h, \text{Tan } \Theta)$$

dimana,

R_u = *Run-up* gelombang

R_d = *Run-down* gelombang

H_i = Tinggi gelombang datang

L = Panjang gelombang

d = Kedalaman air

h = Tinggi bagian vertikal dinding

$\text{Tan } \Theta$ = Kemiringan dinding

