

**STUDI EKSPERIMENTAL TRANSMISI GELOMBANG
MELALUI BREAKWATER TIPE KUBUS BERONGGA**

*THE EKSPERIMENTATION STUDY OF WAVE
TRANSMISSION TROUGH THE BREAKWATER
HOLLOW CUBE TYPE*

DANIEL



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

STUDI EKSPERIMENTAL TRANSMISI GELOMBANG MELALUI BREAKWATER TIPE KUBUS BERONGGA

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Sipil

Disusun dan diajukan oleh

DANIEL

kepada

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2013

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Daniel
Nomor mahasiswa : P2301211002
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, Oktober 2013
Yang menyatakan

Daniel

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa dengan selesainya tesis ini.

Gagasan yang melatarbelakangi permasalahan ini karena banyaknya kerusakan pantai yang terjadi akibat hempasan gelombang. Pada hasil penelitian penulis merekomendasikan suatu ide dalam bentuk prototipe dalam mengatasi permasalahan tersebut.

Banyak kendala yang dihadapi oleh penulis selama penelitian dan tesis ini tidak akan selesai tanpa adanya berbagai bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Muh, Arsyad Thaha, MT sebagai ketua komisi penasehat dan Dr. Eng. Mukhsan Putra Hatta, ST.,MT sebagai anggota komisi yang telah meluangkan waktunya dalam membimbing penulis mulai dalam penyelesaian tesis ini.
2. Dr. Rudy Djamaluddin, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
3. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna S, MS.M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis selama pendidikan.
4. Para dosen dan staff yang telah membantu penulis selama mengikuti pendidikan pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

5. Keluarga yang selalu memberikan doa, semangat dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil Keairan 2011 (Budiman, Panal Simanjuntak, Erwin Affandy, Sugianto, Harun Effendy, Imam Rohani, M. Arham, Wa Ode Zulia P, dan M. Fadly)
7. Ir. H. Juswan selaku Ketua Laboratorium Teknik Kelautan 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.

Penulis mengharapkan tesis ini dapat berguna bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang perencanaan bangunan pantai.

Makassar, Oktober 2013

Daniel

ABSTRAK

DANIEL. *Studi Eksperimental Transmisi Gelombang Melalui Breakwater Tipe Kubus Berongga* (dibimbing oleh M. Arsyad Thaha dan Mukhsan Putra Hatta).

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh tinggi model (H_m) dan kerapatan (ζ) tiang pada model terhadap pengurangan tinggi gelombang dan mendapatkan hubungan parameter tak berdimensi.

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 *breakwater* tipe berongga dengan kerapatan dan tinggi model yang berbeda. Skala model digunakan adalah 1 : 10, untuk tiga variasi model (M1KB, M2KB, dan M3KB) dengan variasi periode dan tinggi gelombang pada kedalaman 0,25 m.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh secara signifikan yaitu tinggi model dan kerapatan mode karena koefisien transmisi (K_t) yang terjadi cenderung menurun dengan semakin besar nilai kerapatan dan tinggi model bertambah. Nilai (K_r) juga menunjukkan respon yang meningkat dengan semakin meningkatnya nilai ψ . Hal ini sesuai dengan teori dimana semakin rapat rangkaian penampang struktur yang dikenai gelombang datang, maka respon tinggi gelombang refleksi semakin meningkat pula dan menghasilkan persamaan nonregresi yang menunjukkan hubungan parameter tak berdimensi antara ψ dengan K_t dan K_r . Melalui penelitian ini, diperoleh $K_t = m \cdot e^{-n\psi}$ dan $K_r = p \cdot \ln\psi + q$ dimana $\psi = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$; m dan n masing-masing 0,6882 dan -4,818; p dan q masing-masing 0,046 dan 0,3493.

kata kunci : *Breakwater Tipe Kubus Berongga, Non-dimentional Parameter (NDP), koefisien transmisi (K_t)*



ABSTRACT

DANIEL. *The Eksperimentation Study of Wave Transmission Trough the Breakwater, Hollow Cube Type.* (Supervised by M. Arsyad Thaha and Mukhsan Putra Hatta).

This study aimed to assess the effect of the model height (H_m) and the pole density on the model on the reduction of the wave height and on the relationship between the non-dimensional parameter.

The research was experimental with 2D physical model simulation which was conducted in the laboratory of Marine Engineering Faculty, Hasanuddin University. Several of configurations of Hollow-type breakwater models were made with different densities and model heights. The model scale use was 1:10 for the three model variations ((M1KB, M2KB, and M3KB) with the variations of the periods and of the wave height, at 0,25 m water depth.

The research results indicated that the parameters which showed significant effects were the model height and the model density. These parameters showed the transmission coefficient (K_t) which tended to decrease while the value of the density and model height tended to increases respectively. The value (K_r) also showed an increased response to the increasing value of ψ . This is consistent with the theory that the closer the structure cross-sectional series to the in-coming waves, the greater the response of the reflection wave height. Hence, the is non regression equation which showed the relationship between the non-dimensional parameter ψ with K_t and K_r , was produced $K_t = m \cdot e^{-n\psi}$ and $K_r = p \cdot \ln\psi + q$ where $\psi = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$; m and n respectively 0,6882 and -4,818; p and q respectively 0,046 and 0,3493.

Keywords : *Breakwater Hollow Cube Type, Non-dimentional Parameter (NDP), transmission coeffisient (K_t)*



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN	xv
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Batasan Masalah	4
F. Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Studi terdahulu	6
B. Teori Dasar Gelombang	10
C. Klasifikasi Gelombang	17

D. Energi Gelombang	18
E. Teori Peredaman Energi Gelombang	20
F. Hukum Dasar Model	24
G. Metode Analisa Dimensi	28
H. Kerangka Pemikiran	29
I. Hipotesis	30
III. METODE PENELITIAN	
A. Tempat dan Waktu Penelitian	31
B. Deskripsi Alat Laboratorium	31
C. Jenis Penelitian dan Sumber Data	33
D. Alat dan Bahan	34
E. Variabel yang Diteliti	35
F. Perancangan Model	36
G. Prosedur Pengambilan Data	40
H. Bagan Alir Penelitian Laboratorium	41
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Analisa Dimensi	42
B. Hasil penelitian	45
1. Tinggi gelombang	45
2. Panjang gelombang	46
3. Tinggi gelombang datang, transmisi dan refleksi	47
4. Koefisien transmisi dan refleksi	48
C. Pembahasan	49
1. Pengaruh $NDP = H_i/L$ terhadap K_t dan K_r	49
2. Pengaruh $NDP = H_m/L$ terhadap K_t dan K_r	58

3. Pengaruh $NDP = X_m/L$ terhadap K_t dan K_r	59
4. Pengaruh $NDP = \zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ terhadap K_t dan K_r	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	69
B. Saran	70
DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1	Klasifikasi gelombang (Tiatmodjo, 1999)	18
2	Koefisien refleksi gelombang (Tiatmodjo, 1999)	21
3	Variasi nilai kerapatan dan tinggi model	37
4	Nama dan karakteristik model	39
5	Penentuan nilai α, β dan τ	42
6	Penentuan bilangan tak berdimensi	43
7	Perhitungan tinggi gelombang dan panjang gelombang berdasarkan variasi tinggi model dan kerapatan model	47
8	Hasil Perhitungan H_i, H_t dan H_r berdasarkan variasi tinggi model dan kerapatan model	48
9	Hasil Perhitungan K_t dan K_r berdasarkan variasi tinggi model dan kerapatan model	49
10	Nilai K_t untuk simulasi kerapatan pada tiap kondisi tinggi model untuk $NDP = H_i/L$	52
11	Nilai K_r untuk simulasi kerapatan pada tiap kondisi tinggi model untuk $NDP = H_i/L$	55

DAFTAR GAMBAR

Nomor		Halaman
1	Sketsa model <i>perforated-wall caisson breakwater</i>	7
2	Sketsa model <i>perforated breakwater</i>	7
3	Sketsa model <i>pile supported skirt breakwater</i>	8
4	Sketsa model <i>breakwater</i> dinding vertikal dengan celah horisontal	9
5	Sketsa model <i>perforated breakwater</i> bentuk <i>perforated skirt breakwater (PSB)</i>	10
6	Perbandingan bentuk profil gelombang (<i>Coastal Engineering Manual</i>)	11
7	Daerah penerapan teori gelombang fungsi H/d dan d/L	12
8	Sketsa definisi gelombang linier	14
9	Profil permukaan dan gerak orbit partikel air pada penjalaran gelombang	15
10	Konsep dasar penurunan rumus energi gelombang	19
11	Gelombang berdiri tidak sempurna	22
12	Kerangka piker penelitian	29
13	<i>Wave flume</i> yang digunakan untuk uji model	31
14	Pembangkit gelombang tipe <i>flap</i>	32
15	Sketsa simpangan gerakan <i>wave making flap</i> berdasarkan posisi <i>stroke</i>	33
16	Dimensi model <i>breakwater</i> tipe kubus	38
17	Model ditengah-tengah <i>wave flume</i>	40
18	Bagan alir penelitian di laboratorium	41
19	Daerah Penerapan Teori Gelombang fungsi H/d dan d/L (Triatmojo, 1999)	46
20	Hubungan H_i/L terhadap Kt untuk variasi tinggi model (H_m) pada M1KB	50
21	Hubungan H_i/L terhadap Kt untuk variasi tinggi model (H_m) pada M2KB	51

22	Hubungan H_i/L terhadap K_t untuk variasi tinggi model (H_m) pada M3KB	51
23	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi tinggi model (H_m) pada M1KB	53
24	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi tinggi model (H_m) pada M2KB	54
25	Hubungan H_i/L terhadap K_r untuk variasi tinggi model (H_m) pada M3KB	54
26	Hubungan H_i/L terhadap K_t berdasarkan variasi Tinggi model (H_m) dan kerapatan model (ζ)	56
27	Hubungan H_i/L terhadap K_r berdasarkan variasi Tinggi model (H_m) dan kerapatan model (ζ)	57
28	Hubungan H_m/L terhadap K_t untuk $M1$, $M2$ dan $M3$	58
29	Hubungan H_m/L terhadap K_r untuk $M1$, $M2$ dan $M3$	58
30	Hubungan X_m/L terhadap K_r untuk $M1$, $M2$ dan $M3$	59
31	Hubungan X_m/L terhadap K_r untuk $M1$, $M2$ dan $M3$	60
32	Hubungan $\zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ dengan K_t untuk 3 variasi kerapatan dan tinggi model.	61
33	Hubungan $\zeta \cdot \frac{H_i}{L}$ dengan K_r untuk 3 variasi kerapatan dan tinggi model.	62
34	Hubungan ψ dengan K_t	63
35	Hubungan ψ dengan K_r	65

DAFTAR ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN

Lambang/singkatan	Arti dan keterangan
a_m	Percepatan di Model
a_p	Percepatan di Prototip
c	Cepat Rambat Gelombang
d	Kedalaman Air
Fr	Angka <i>Froude</i> , akar perbandingan antara gaya inersia dan gaya berat
G	Jarak Antar Kisi
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
H_r	Tinggi Gelombang Refleksi
H_t	Tinggi Gelombang Transmisi
K_r	Koefisien Refleksi Gelombang
K_t	Koefisien Transmisi Gelombang
L	Panjang Gelombang
L_o	Panjang Gelombang di Air Dalam
L_m	Ukuran Panjang di Model
L_p	Ukuran Panjang di Prototipe
n_a	Skala Percepatan
NDP	<i>Non Dimensional Parameter</i> (parameter tak berdimensi)

n_L	Skala Panjang
n_t	Skala Waktu
n_v	Skala Kecepatan
ψ	Psi, Pengaruh Bersama NDP
ρ	Rho, Rapat Massa
s	Sarat/Draft Struktur
T	Perioda Gelombang
t_m	Waktu di Model
t_p	Waktu di Prototip
v_m	Kecepatan di Model
v_p	Kecepatan di Prototip

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Wilayah pantai merupakan salah satu sumber kekayaan alam. Secara ekonomis daerah pantai dapat memberikan manfaat bagi wilayah dan penduduk disekitarnya, karena wilayah pantai merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia sebagai kawasan pusat pemerintahan, perdagangan, permukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, pariwisata dan sebagainya.

Salah satu permasalahan yang muncul seiring dengan perkembangan daerah pantai adalah terjadinya erosi pantai. Terjadinya erosi pantai dipengaruhi oleh faktor alami dan faktor non alami. Faktor alami disebabkan pengaruh air laut berupa transmisi gelombang.

Faktor non alami lebih disebabkan oleh adanya aktivitas manusia seperti penebangan *mangrove*, pengambilan *coral reef*, pembangunan pelabuhan dan bangunan pantai tanpa memperhatikan wilayah sempadan pantai.

Agar kerusakan pantai tidak semakin parah diperlukan adanya penanganan yang salah satunya dengan membuat *breakwater* yang bertujuan untuk mereduksi energi gelombang agar terjadi pengurangan energi sehingga tidak menimbulkan kerusakan ketika gelombang tiba di daratan pantai.

Bangunan pemecah gelombang dibuat untuk melindungi pantai dari serangan gelombang yang berpotensi menimbulkan erosi juga melindungi daerah tertentu agar tidak mengalami fluktuasi muka air laut dengan periode pendek.

Pemecah gelombang tumpukan batu (*Rubble mound*) merupakan konstruksi yang fleksibel dimana lapisan paling luarnya disebut lapis lindung (*armour layer*) yang berguna untuk melindungi pemecah gelombang dari serangan gelombang.

Penggunaan peredam ombak tumpukan batu (*rubble mound breakwater*) pada perairan dalam tentu akan menghabiskan biaya yang sangat tinggi (tidak ekonomis).

Melihat permasalahan erosi pantai yang sering terjadi, maka diperlukan solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu penggunaan konstruksi *breakwater* berupa peredam ombak tipe kubus berongga.

Dengan dasar diatas, maka akan dibahas penelitian transmisi gelombang melalui *breakwater* tipe kubus berongga sebagai salah satu alternatif *breakwater* untuk pengaman pantai. *Breakwater* yang dimaksud berbentuk kubus berongga yang dicetak dari beton.

Untuk mengetahui efektifitas kinerja *breakwater* tersebut diatas dilakukan pendekatan dengan melakukan uji model fisik *breakwater* tipe kubus berongga di laboratorium.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah :

1. Seberapa besar pengaruh kerapatan (ζ) tiang pada model dan tinggi model (H_m) terhadap pengurangan tinggi gelombang di daerah pantai.

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan diatas, maka tujuan penelitian dalam tulisan ini adalah :

1. Untuk mengkaji pengaruh tinggi model (H_m) dan kerapatan (ζ) model terhadap pengurangan tinggi gelombang di daerah pantai.
2. Untuk mendapatkan hubungan parameter pengaruh kerapatan (ζ) model dan tinggi model (H_m) terhadap pengurangan tinggi gelombang dalam bentuk hubungan parameter tak berdimensi.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian dalam tulisan ini adalah :

1. Mengetahui hubungan nilai koefisien transmisi (K_t) dan koefisien refleksi (K_r) terhadap parameter tak berdimensi (*Non Dimensional Parameter*, NDP) hasil analisa dimensi, pada hasil percobaan *breakwater* tipe kubus berongga yang memvariasikan data input tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), kerapatan (ζ) tiang pada

model dan tinggi model (H_m) Sebagai tambahan referensi untuk penelitian sejenis.

E. Batasan Masalah

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

1. Flume yang digunakan dalam penelitian yaitu 2 Dimensi
2. Gelombang yang datang tegak lurus terhadap struktur.
3. Tinggi kedalaman air tetap yaitu 25 cm.
4. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*regular wave*) yang belum pecah.
5. Gaya gelombang terhadap stabilitas model *breakwater* tidak dikaji.
6. Fluida yang digunakan adalah air tawar, salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan.
7. Model yang digunakan adalah *breakwater* tipe kubus berongga

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.

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

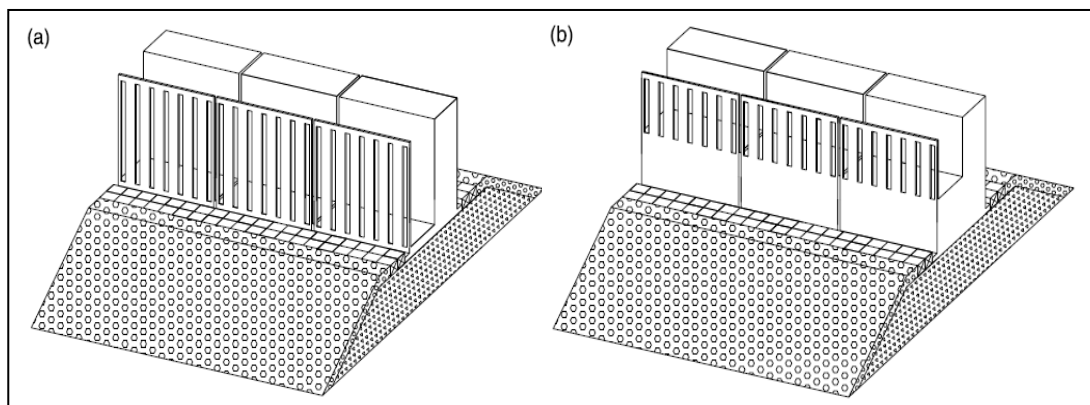
A. Studi Terdahulu

Suh dkk (2006) mengembangkan model numerik untuk menghitung refleksi dari gelombang *irreguler* untuk *breakwater* kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya. Mereka memodifikasi penelitian sebelumnya tentang model numerik dari refleksi gelombang *reguler* pada *breakwater* kaison dengan perforasi penuh pada dindingnya. Model numerik tersebut kemudian diverifikasi dengan melakukan pengujian model fisik di laboratorium pada Gambar 1.

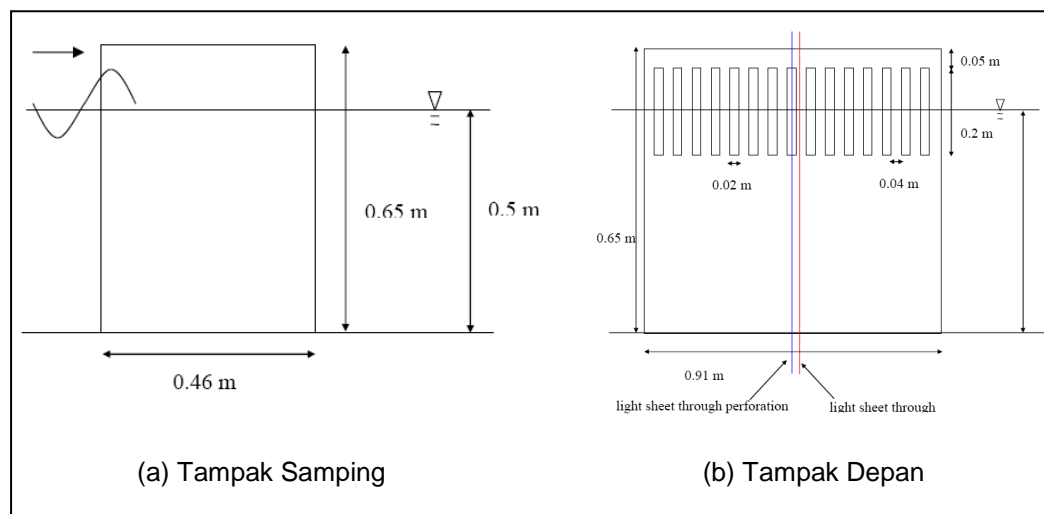
Dari pengujian model kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya (*partially perforated-wall caisson breakwater*) diperoleh bahwa, koefisien refleksi bernilai minimum baik untuk gelombang *regular* dan *irregular* pada saat B/L_c dan B/L_{cs} adalah sekitar 0,2 dimana B adalah lebar *wave chamber*, L_c adalah panjang gelombang didalam *wave chamber* dan L_{cs} adalah panjang gelombang signifikan didalam *wave chamber*.

Ariyaratne (2007) menguji model *perforated breakwater*, dimana struktur yang dibuat merupakan struktur masif mulai dari dasar hingga ke bagian atas *breakwater* dengan bagian perforasi berada pada bagian atas (Gambar 2). Dari penelitian yang dilakukan diperoleh informasi bahwa

refleksi, transmisi dan energi disipasi tergantung pada parameter B/L , dimana B adalah lebar struktur dan L adalah panjang gelombang. Untuk kondisi gelombang yang diuji, energi disipasi berkisar antara 56-78%, dan lebih dari 75% kasus yang diuji, energi disipasinya diatas 69%. Ini berarti struktur sangat efektif untuk energi disipasi. Sementara koefisien refleksi menurun seiring dengan meningkatnya nilai B/L sampai sekitar 0,225 kemudian mulai meningkat kembali. Koefisien refleksi minimum terjadi pada $B/L \approx 0,2-0,25$.



Gambar 1. Sketsa model *perforated-wall caisson breakwater* : (a) *fully perforated-wall* (b) *partially perforated-wall* (Suh dkk, 2006)

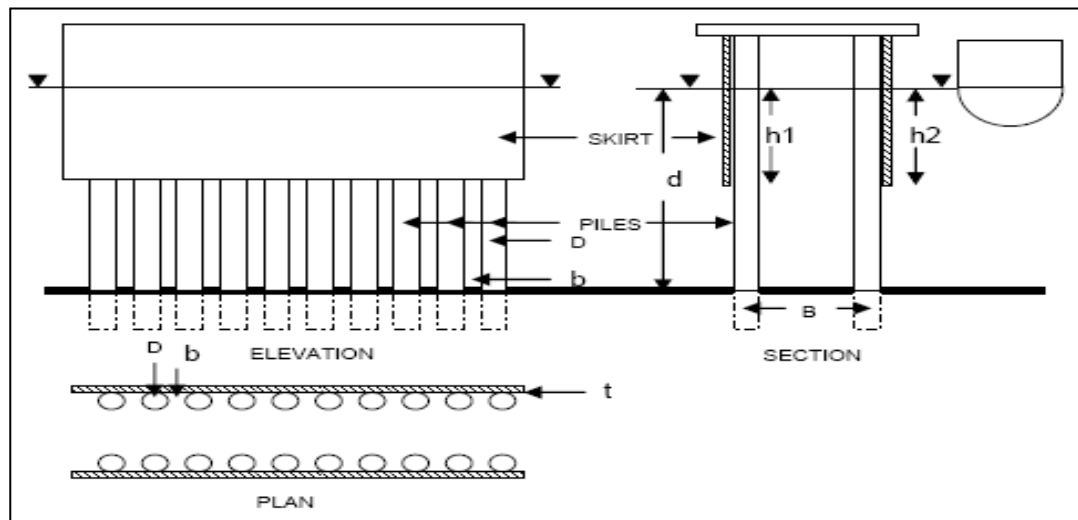


Gambar 2. Sketsa model *perforated breakwater* (Ariyaratne, 2007)

Laju dkk (2007) meneliti *pile supported skirt breakwater*. Model pemecah gelombang terdiri dari penghalang gelombang *impermeable* yang dipasang mulai diatas permukaan air dan diperpanjang hingga beberapa jarak dibawah permukaan air pada Gambar 3. Penghalang tersebut didukung oleh tiang pancang. Penelitian dilakukan secara numerik dan eksperimental tentang karakteristik hidrodinamik dari jenis *breakwater* tersebut.

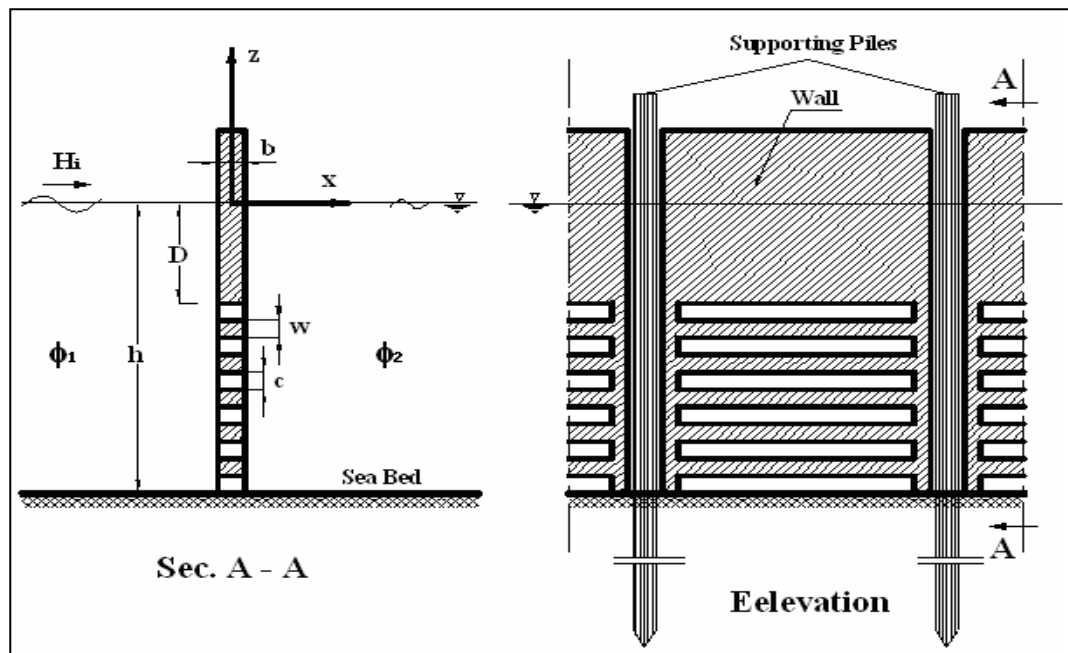
Model numerik menggunakan metode ekspansi fungsi *Eigen* dan hasil yang diperoleh sama baiknya dengan hasil eksperimen di laboratorium. Kinerja penggunaan dua penghalang lebih baik dari satu penghalang. Transmisi gelombang bergantung pada kedalaman penghalang baik pada bagian depan maupun belakang *breakwater*. Refleksi gelombang tergantung pada kedalaman penghalang pada bagian

depan *breakwater*. Rekomendasi jarak relatif $B/d \approx 1$, dimana B adalah jarak antar penghalang dan d adalah kedalaman air.



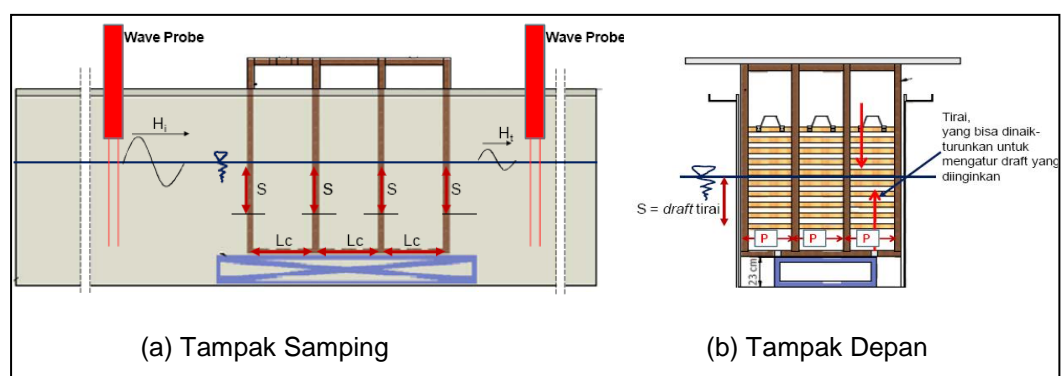
Gambar 3. Sketsa model *pile supported skirt breakwater* (Laju dkk, 2007)

Rageh dan Koraim (2009) meneliti *breakwater* bentuk dinding vertikal dengan celah horisontal pada Gambar 4. Dari hasil penelitiannya model *breakwater* dapat mendisipasi gelombang datang hingga 50% dengan penempatan *breakwater* pada $h/L=0,25-0,35$ dengan h adalah kedalaman perairan dan L adalah panjang gelombang.



Gambar 4. Sketsa model *breakwater* dinding vertikal dengan celah horisontal (Rageh dan Koraim, 2009)

Wurjanto dkk (2010) meneliti tingkat efektivitas *perforated skirt breakwater* (PSB) pada kategori gelombang panjang dan mendapatkan bahwa semakin besar nilai *draft breakwater* (s), maka nilai koefisien transmisi semakin kecil (K_t) atau semakin besar energi disipasi yang terjadi. Semakin kecil nilai koefisien K_t berarti semakin baik fungsi dari *breakwater* lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Sketsa model *perforated breakwater* bentuk *perforated skirt breakwater* (PSB) (Wurjanto dkk, 2010)

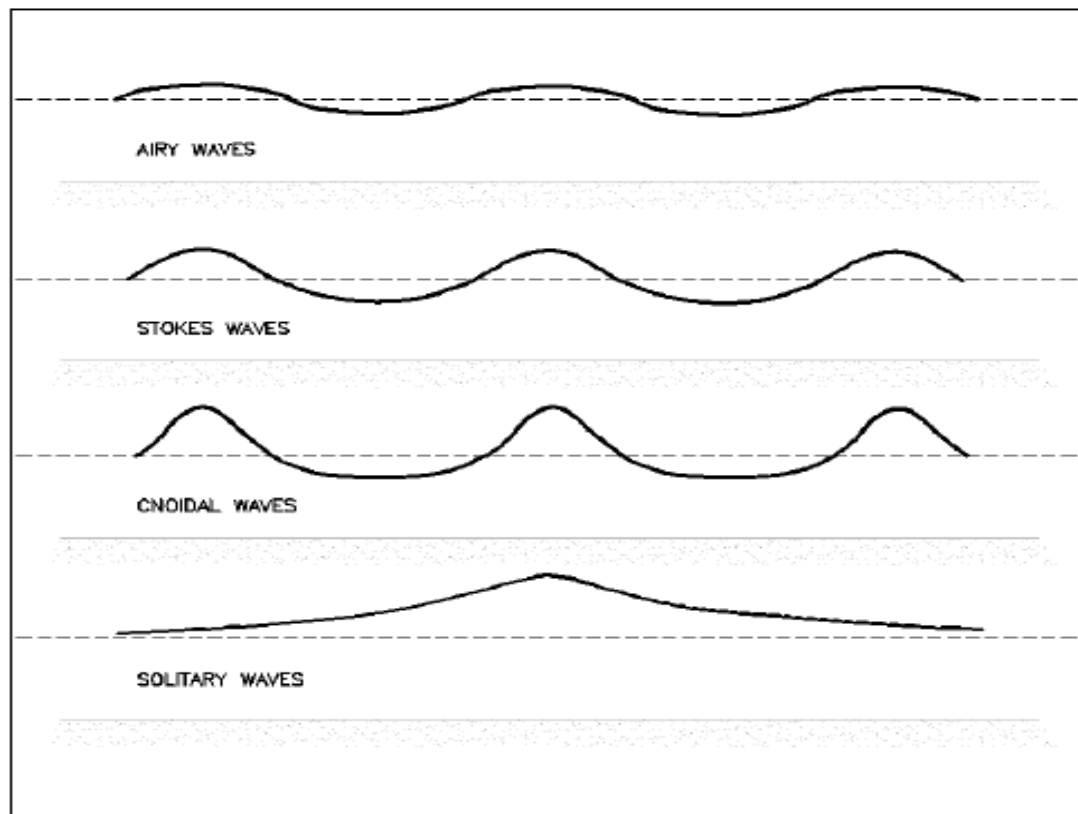
B. Teori Dasar Gelombang

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

Untuk menjelaskan fenomena gelombang laut para ilmuwan telah mengembangkan beberapa teori gelombang, antara lain sebagai berikut :

1. Teori gelombang linier (*Airy Wave Theory, Small-Amplitude Wave Theory*)
2. Teori gelombang non linier (*Finite-Amplitude Wave Theories*), diantaranya :
 - a. Gelombang *Stokes* orde 2, orde 3, orde 4 dan seterusnya.
 - b. Gelombang *Cnoidal*
 - c. Gelombang *Dean Stream Function*
 - d. Gelombang *Solitary*

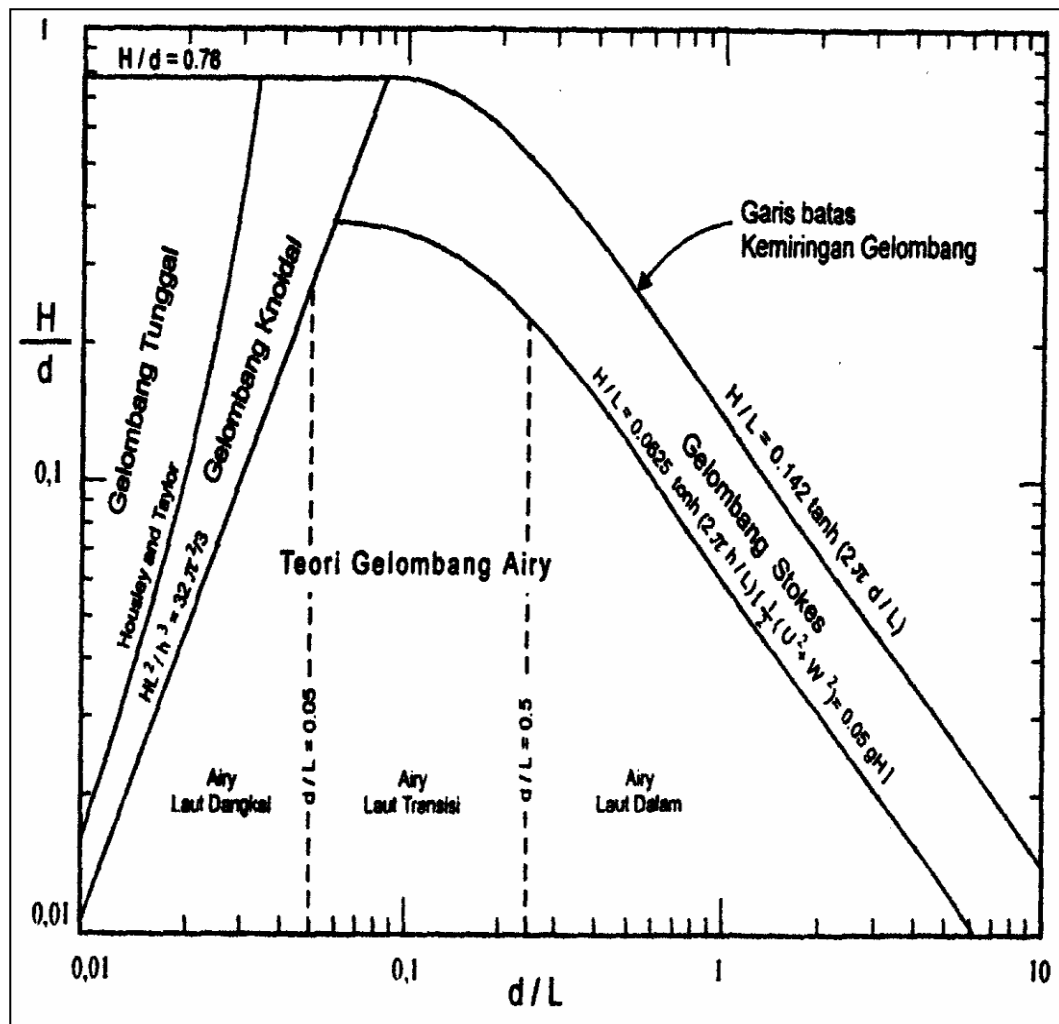
Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang *Airy* merupakan gelombang amplitudo kecil, sedang teori yang lain adalah gelombang amplitudo terbatas (*finite amplitudo waves*). Perbandingan profil gelombang untuk berbagai teori gelombang dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbandingan bentuk profil gelombang (*Coastal Engineering Manual – Part II*, 2008)

Teori yang paling sederhana dan mudah dipahami adalah teori gelombang linier atau teori gelombang amplitude kecil, yang pertama kali dikemukakan oleh *Airy* tahun 1845, yang selanjutnya dikenal dengan teori gelombang *Airy*. Didalam teori gelombang *Airy* dianggap bahwa tinggi gelombang adalah sangat kecil terhadap panjangnya atau kedalamannya.

Untuk menentukan teori yang paling sesuai dengan permasalahan yang dihadapi, berikut ini diberikan batasan pemakaian dari masing-masing teori gelombang pada Gambar 7. Dalam gambar penerapan teori gelombang didasarkan pada nilai perbandingan H/d dan d/L (Triatmodjo, 1999).



Gambar 7. Daerah penerapan teori gelombang fungsi H/d dan d/L (Triatmodjo, 1999)

Parameter gelombang

Berdasarkan teori *Airy* maka 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 gelombang dalam satu periode gelombang.

- b. Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

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

- c. Persamaan (1) dapat diselesaikan dengan metode iterasi untuk menentukan panjang gelombang pada suatu kedalaman dengan memasukkan panjang gelombang awal (L_o) menggunakan persamaan berikut :

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

- d. Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

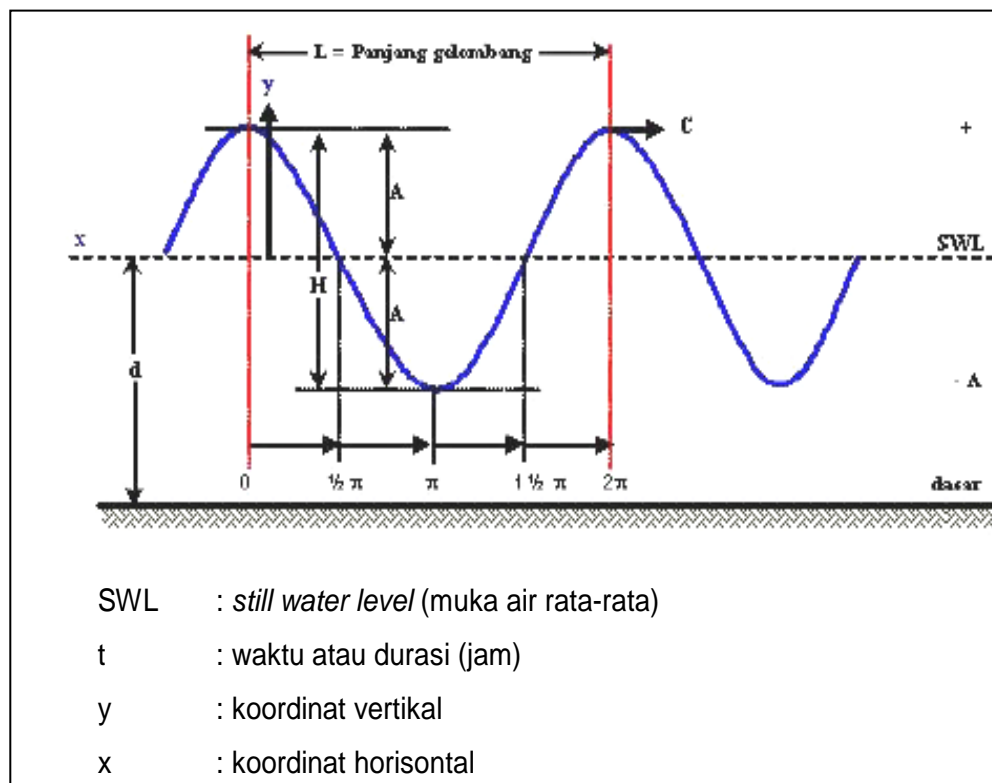
Keempat parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

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 :

- a. Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi gelombang $\left(\frac{H}{2}\right)$.
- b. Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*).

- c. Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $\left(f = \frac{1}{T}\right)$. Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut ($\theta = 2\pi$) seperti dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Sketsa definisi gelombang linier (*Shore Protection Manual* Volume I, 1984)

Sehingga frekuensi sudut gelombang (σ) yang didefinisikan sebagai berikut :

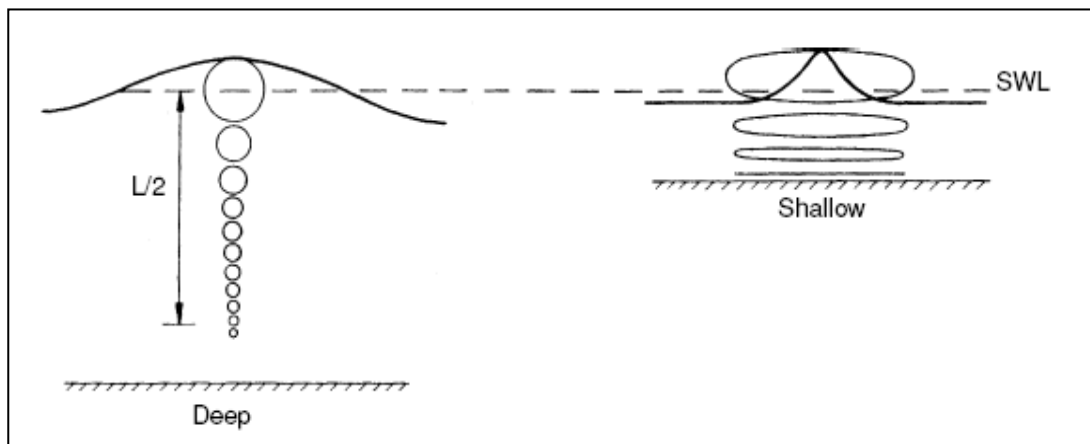
$$\sigma = \frac{2\pi}{T} \text{ atau } \sigma = 2\pi.f \quad (3)$$

Cepat rambat gelombang (c), dimana :

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

Perambatan gelombang

Ketika gelombang menjalar, partikel air bergerak dalam suatu lingkaran vertikal kecil dan tetap pada posisinya selagi bentuk dan energi gelombang berjalan maju. Partikel air di permukaan bergerak dalam suatu lingkaran besar dan membentuk puncak gelombang di puncak lingkaran dan lembah gelombang pada lintasan terendah dibawah permukaan, yang dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Profil permukaan dan gerak orbit partikel air pada penjalaran gelombang (Sorensen, 2006)

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. Keenam peristiwa tersebut adalah :

1. Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
2. Difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindung.
3. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
4. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
5. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.

6. *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surf zone*).

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

C. 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	Kedalaman Relatif $\left(\frac{d}{L}\right)$
Perairan dalam	$\geq \frac{1}{2}$
Perairan transisi	$\frac{1}{20} - \frac{1}{2}$
Perairan dangkal	$\leq \frac{1}{20}$

Sumber : (Triatmodjo, 1999)

Perbandingan antara kedalaman d dan panjang gelombang L disebut kedalaman relatif (*relative depth*). Bila kedalaman relatifnya

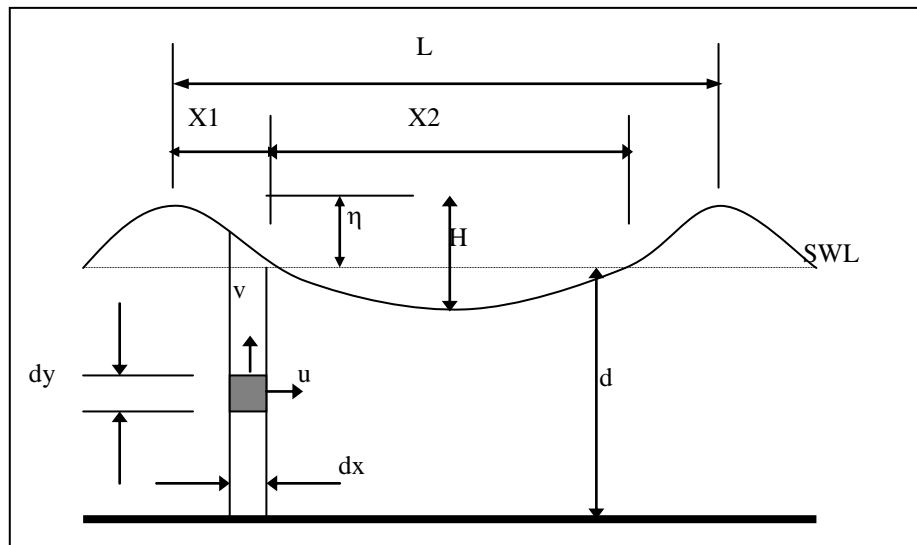
dibawah $1/20$ maka kedalaman adalah kecil dibandingkan dengan panjang gelombang. Gelombang ini disebut Gelombang Laut Dangkal (*shallow water waves*) atau Gelombang Panjang (*long waves*).

Bila perbandingannya lebih besar dari $1/2$ maka disebut Gelombang Laut Dalam (*deep water waves*) atau Gelombang Pendek (*short waves*). Untuk harga perbandingan antara $1/20 < d/L < 1/2$ disebut Gelombang Laut Transisi (*intermediate depth waves*).

D. Energi Gelombang

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Sedangkan energi potensial dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Parameter gelombang yang dianggap tidak mengalami perubahan sepanjang perambatannya adalah periode.

Untuk teori gelombang Airy, jika energy potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Untuk menurunkan persamaan energi gelombang, dipandang suatu elemen berukuran dx , dy dan 1 seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Konsep dasar penurunan rumus energi gelombang

Dari Gambar 10. untuk satu elemen kecil, maka besar energi kinetik adalah:

$$dEk = \frac{1}{2} dm V^2$$

$$= \frac{1}{2} \rho dx dy (u^2 + v^2)$$

$$Ek = \int_0^L \int_{-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy dx \quad (5)$$

$$Ep = \int \rho g (d + \eta) \left(\frac{d + \eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left(\frac{d}{2} \right) \quad (6)$$

$$E = Ek + Ep \quad (7)$$

Untuk teori gelombang Airy, penyelesaian persamaan (5), (6) dan (7) menghasilkan energi gelombang masing-masing:

$$Ek = 1/16 \rho g H^2 L \text{ dan } Ep = 1/16 \rho g H^2 \quad (8)$$

Dimana Ek dan Ep sama besar, sehingga energi total menjadi:

$$E = 1/8 \rho g H^2 L \quad (9)$$

E. Teori Peredaman Energi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak dari laut dalam menuju pantai, maka gelombang tersebut akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang, difraksi, refleksi, dan gelombang pecah (Triatmodjo, 1999).

Refleksi gelombang

Gelombang datang yang mengenai suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di dalam perencanaan bangunan pantai, untuk mendapatkan ketenangan di dalam perairan, maka struktur pemecah gelombang yang baik adalah dapat menyerap energi secara optimal.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang direfleksikan (H_r) terhadap tinggi gelombang datang (H_i).

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (10)$$

dengan :

H_i : tinggi gelombang datang

H_r : tinggi gelombang refleksi

Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total hingga 0 untuk tidak ada refleksi. Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model, koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien refleksi

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

Sumber : (Triatmodjo, 1999)

Pada gelombang amplitudo kecil, elevasi untuk gelombang datang didefinisikan sebagai berikut :

$$\eta = a_1 \cos(kx - \sigma t) \quad (11)$$

dan gelombang refleksinya adalah :

$$\eta = a_2 \cos(kx - \sigma t) \quad (12)$$

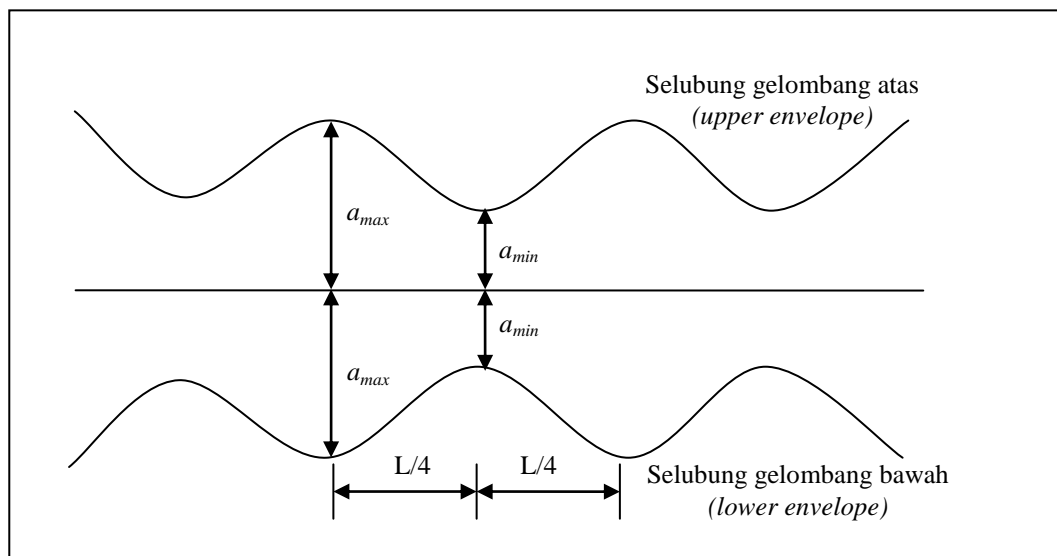
Apabila 2 buah gelombang dengan periode yang sama tetapi berlawanan arah dengan amplitudo a_1 dan a_2 , dengan $a_1 > a_2$, maka gabungan dari profil gelombang tersebut adalah (Horikawa, 1978 dalam Defiana, 2006) :

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = a_1 \cos(kx - \sigma t) + a_2 \cos(kx - \sigma t)$$

$$\eta = (a_1 + a_2)\cos kx\cos\sigma t + (a_1 - a_2)\sin kx\sin\sigma t \quad (13)$$

Persamaan (13) adalah persamaan elevasi muka air untuk gelombang dengan refleksi tidak sempurna (Gambar 11), dimana a_1 adalah amplitudo gelombang datang dengan a_2 adalah gelombang refleksi. Amplitudo gelombang maksimum a_{max} dan amplitudo gelombang minimum a_{min} diberikan oleh persamaan (14) :

$$a_{max} = a_1 + a_2 \text{ dan } a_{min} = a_1 - a_2 \quad (14)$$



Gambar 11. Gelombang berdiri tidak sempurna

Sehingga diperoleh persamaan :

$$H_i = a_{max} + a_{min} = 2a_1$$

$$H_r = a_{max} - a_{min} = 2a_2$$

$$H_i + H_r = 2a_{max} \text{ dan } H_i - H_r = 2a_{min} \quad (15)$$

Tinggi gelombang datang adalah :

$$H_i = \frac{2a_{\max} + 2a_{\min}}{2} = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \quad (16)$$

Tinggi gelombang refleksi adalah :

$$H_r = \frac{2a_{\max} - 2a_{\min}}{2} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2} \quad (17)$$

Tinggi gelombang datang H_i dan refleksi H_r pada model ditentukan berdasarkan tinggi gelombang maksimum H_{\max} dan minimum H_{\min} dari hasil pengukuran tinggi gelombang pada beberapa titik.

Transmisi gelombang

Transmisi gelombang adalah penerusan gelombang melalui suatu bangunan yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan (H_t) terhadap tinggi gelombang datang (H_i).

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (18)$$

dengan :

H_i : tinggi gelombang datang

H_t : tinggi gelombang transmisi

$$H_t = \frac{2a_{\max} + 2a_{\min}}{2} = \frac{H_{t\max} + H_{t\min}}{2} \quad (19)$$

Menurut Horikawa (1978) bahwa besarnya energi gelombang yang didisipasikan (K_d) adalah besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direflesikan :

$$K_d = 1 - K_t - K_r \quad (20)$$

F. Hukum Dasar Model

Sifat sebangun

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototip dalam skala yang lebih kecil. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Yuwono, 1996).

a. Sebangun geometrik.

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototip tetapi berbeda ukuran. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototip adalah sama. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (21)$$

dengan :

n_L : skala panjang

L_p : ukuran panjang prototip

L_m : ukuran panjang model

b. Sebangun kinematik.

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di 2 titik pada model dan prototip pada arah yang sama adalah sama besar. Skala kecepatan diberi notasi n_v , skala percepatan n_a dan skala waktu n_t didefinisikan sebagai berikut :

$$n_v = \frac{v_p}{v_m} = \frac{\left(\frac{L_p}{t_p}\right)}{\left(\frac{L_m}{t_m}\right)} = \frac{L_p t_m}{L_m t_p} = \frac{n_L}{n_t} \quad (22)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{\left(\frac{v_p}{t_p}\right)}{\left(\frac{v_m}{t_m}\right)} = \frac{v_p t_m}{v_m t_p} = \frac{n_L}{n_t n_t} = \frac{n_L}{n_t^2} \quad (23)$$

$$n_t = \frac{t_p}{t_m} \quad (24)$$

c. Sebangun dinamik.

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototip 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.

Angka *Froude*

Penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang, lebih banyak dipengaruhi gaya berat, sehingga dalam penelitian ini akan digunakan kesebangunan *Froude*.

Apabila suatu model dipelajari berdasarkan angka *Froude*, maka pengaruh gaya lain seperti gaya kental dan tegangan permukaan harus dihilangkan dengan membuat model yang besar dan permukaannya halus (Triatmodjo, 1996).

Angka *Froude* adalah akar perbandingan antara gaya inersia dan gaya berat.

$$Fr = \frac{F_I}{F_G} = \frac{\rho v^2 L^2}{\rho L^3 g} = \frac{v^2}{gL}$$

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gL}} \quad (25)$$

Angka *Froude* di model harus sama dengan angka *Froude* pada prototip. Sehingga skala *Froude* $n_{Fr} = 1$.

$$[Fr]_m = [Fr]_p$$

$$\left[\frac{v}{\sqrt{gL}} \right]_m = \left[\frac{v}{\sqrt{gL}} \right]_p \quad (26)$$

$$n_{Fr} = \frac{(Fr)_m}{(Fr)_p} = 1 \quad (27)$$

$$n_{Fr} = \frac{\left(\frac{v_p}{\sqrt{g_p L_p}} \right)}{\left(\frac{v_m}{\sqrt{g_m L_m}} \right)} = \frac{v_p \sqrt{g_m L_m}}{v_m \sqrt{g_p L_p}}$$

Sehingga :

$$n_{Fr} = \frac{n_v}{\sqrt{n_g n_L}} \quad (28)$$

Substitusi nilai n_v pada persamaan (22) ke persamaan (28) sehingga diperoleh :

$$n_{Fr} = \frac{\left(\frac{n_L}{n_t} \right)}{\sqrt{n_g n_L}} = \frac{n_L}{n_t (n_g n_L)^{1/2}} \quad (29)$$

Percepatan gravitasi pada prototip sama dengan pada model, $n_g=1$, sehingga :

$$n_{Fr} = \frac{n_L (n_L)^{-1/2}}{n_t} = \frac{n_L^{1/2}}{n_t} = \frac{\sqrt{n_L}}{n_t} \quad (30)$$

Substitusi nilai n_{Fr} pada persamaan (27) ke persamaan (30) sehingga diperoleh :

$$1 = \frac{\sqrt{n_L}}{n_t} \quad (31)$$

Skala waktu yang memenuhi prinsip kesebangunan *Froude*

$$n_t = \sqrt{n_L} \quad (32)$$

G. Metode Analisis Dimensi

Bilangan tak berdimensi digunakan untuk menyatakan hubungan antar parameter serta dipakai untuk menggambarkan hasil-hasil penelitian. Untuk menentukan bilangan tak berdimensi tersebut dapat dilakukan dengan analisis dimensi.

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) (Yuwono, 1996). Untuk penelitian ini digunakan metode *Langhaar* karena variabel yang berpengaruh relatif sedikit serta metode ini tersusun sistemik.

Bilangan tak berdimensi (π_j) dapat dinyatakan :

$$\pi_j = P_1^{k_1} P_2^{k_2} P_3^{k_3} \dots \dots \dots P_n^{k_n} \quad (33)$$

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 :

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

$$\pi_j = (M^{\alpha_1 k_1 + \alpha_2 k_2 + \dots + \alpha_n k_n}) * (L^{\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \dots + \beta_n k_n}) * (T^{\gamma_1 k_1 + \gamma_2 k_2 + \dots + \gamma_n k_n}) \quad (34)$$

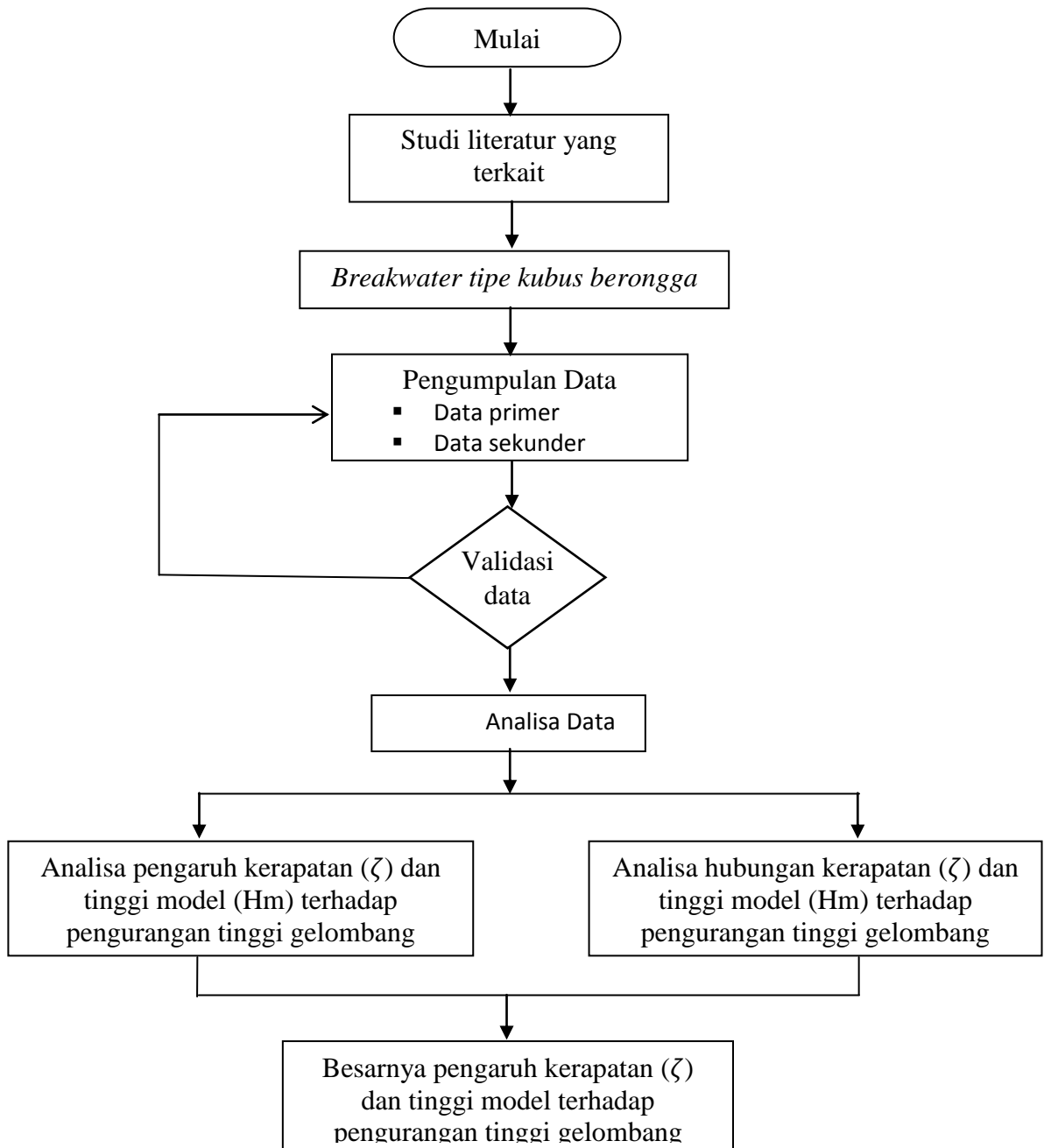
π_j merupakan bilangan tak berdimensi jika :

$$\beta_1 k_1 + \beta_2 k_2 + \dots + \beta_n k_n = 0$$

$$\tau_1 k_1 + \tau_2 k_2 + \dots + \tau_n k_n = 0 \quad (35)$$

H. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian yang dilakukan sebagaimana disajikan dalam bentuk bagan alir pada Gambar 12.



Gambar 12. Kerangka pikir penelitian

I. Hipotesis

Perambatan gelombang melalui *breakwater* dengan bentuk kubus berpori yang terpasang pada perairan, akan mengalami pengurangan energi akibat kerapatan (ζ) dan turbulensi serta sebagian akan direfleksikan, sehingga energi yang ditransmisikan menjadi lebih kecil.

Berdasarkan landasan teori dan tinjauan pustaka, parameter yang berpengaruh pada transmisi gelombang adalah periode (T), tinggi gelombang (H) dan panjang gelombang datang (L), kerapatan model (ζ), tinggi model (Hm) dan kedalaman air (d) dan gravitasi (g).

Hipotesis diatas dapat dinyatakan secara matematis yang didefinisikan pada persamaan 36.

$$K_t = f(T, H, L, \zeta, Hm, d) \quad (36)$$

dengan :

- K_t : koefisien transmisi gelombang
- T : periode gelombang, (detik)
- H : tinggi gelombang, (m)
- L : panjang gelombang, (m)
- (ζ) : kerapatan tiang (m)
- Hm : tinggi model (m)
- d : kedalaman air, (m)