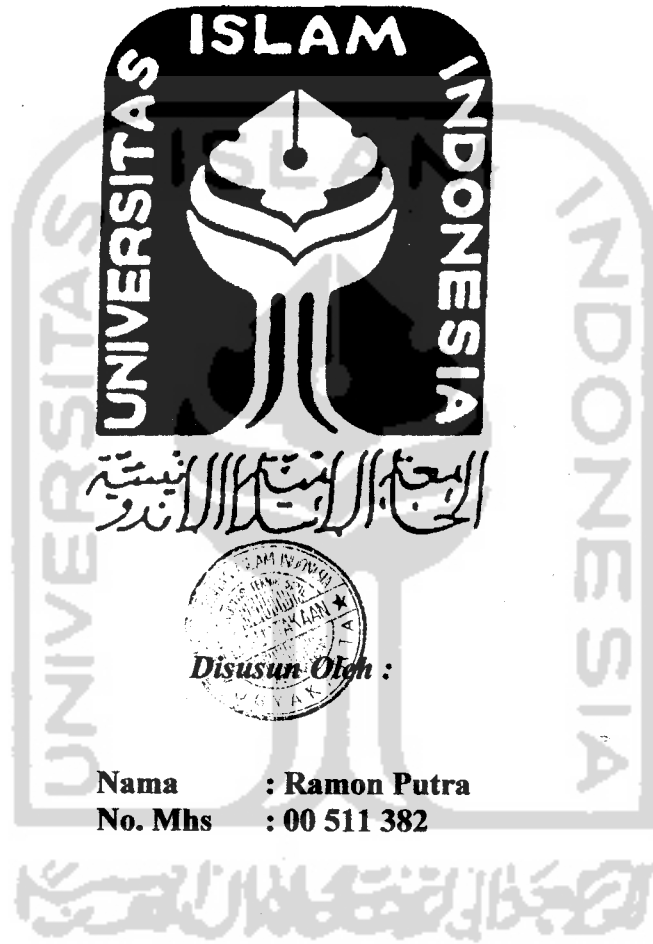


PERPUSTAKAAN FTSP UH  
HADIAH/BELI

TGL. TERIMA : 22-04-2008  
NO. JUDUL : 2855  
NO. INV. : 5100002855001  
NO. INDEK. : 002855

**TUGAS AKHIR**

**MODIFIKASI DINDING DERMAGA VERTIKAL UNTUK  
MEREDUKSI REFLEKSI GELOMBANG**



Nama : Ramon Putra  
No. Mhs : 00 511 382

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
JOGJAKARTA  
2007**


MILIK PERPUSTAKAAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN UH YOGYAKARTA

LEMBAR PENGESAHAN

**MODIFIKASI DINDING DERMAGA  
VERTIKAL UNTUK MEREDUKSI REFLEKSI  
GELOMBANG**



**Ir. Endang Tantrawati, MT**  
**Dosen pembimbing**

  
**Tanggal : 12 - 12 - 2007**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu' alaikum Wr.Wb*

Puji dan syukur senantiasa dipanjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan karunia-Nya baik berupa kenikmatan maupun kesehatan lahir dan batin sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas akhir ini tanpa hambatan yang berarti.

Tugas akhir ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam Pengerjaan tugas akhir ini penyusun telah banyak mendapat bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. DR. Ir. H. Ruzardi, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia,
2. Ir. H. Faisol AM, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
3. Ir. Endang Tantrawati, MT., selaku dosen pembimbing.
4. Karyawan Laboratorium Hidrolika & Hidrologi PSIT UGM.

5. Spesial untuk kedua orang tua ku yang selalu memberikan kasih sayang, semangat, motivasi, uang kuliah dan tidak lupa selalu memberikan doa restu kepada kami sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Temen-temen Seperjuangan satu ALMAMATER (yang tidak dapat disebutkan satu persatu).
7. Anak kos Pahi, Fadil, Ippo, Rora, Haris, Thomas, Sammy, terima kasih untuk segalanya.
8. Anak Kerinci di Yogya, Inul, Dayat, Fikah, Gondo, Deri, Riki, Gindo, terima kasih untuk segalanya.
9. Semua pihak maupun instansi yang terkait yang telah banyak memberikan bantuan pada saat penelitian berjalan sampai terselesaikannya laporan tugas akhir ini.

Dalam penyusunan Laporan ini disadari masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca akan sangat membantu demi perbaikan dikemudian hari. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan bagi siapa saja yang membutuhkan.

*Wabillahittaufiq wal hidayah*

*Wassalaamu'alaikum Wr.Wb*

Yogyakarta, 2007

Penulis

**Ramon Putra**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini ku persembahkan untuk “Tuhan Ke Dua Ku” Ayahanda Ramli dan Ibunda Janisah yang tercinta. Sujud sembah Amon haturkan beriring maaf atas kesalahan selama ini dan terima kasih atas kesabaran dan rezki Allah yang Ayah dan Ama berikan. Satu kata yang menyelimuti Amon dalam menyelesaikan Skripsi ini “Ramon sayang Ayah dan Ama !”.

(Alm) Depati Sabri dan (Alm) Arifin “Terima kasih untuk Allah yang berada disamping mu”

Nenek Hasimah dan One “Osteoporosis selalu melanda kaum manula, biasakan berjalan 1000 langkah setiap hari untuk mencegah osteoporosis” (miss u all)

Bang Ade Chandra “Thank’s bang untuk Zakat Amal nya, when u get married ?, i can’t wait 4ever”. Dek Mike “when i can be an uncle ?, take it easy, keep hard work 4 make it happen” dan Dek Rena “Kenapa yah hanya kita berdua yang Asma ?, tapi jangan kuatir na, itu identitas kita yang menandakan kita anak Ramli”. Ipar ku “Keep protect my one of luvly sisters”

Ria Herdayani Hersan “I thank you for all the love u gave to me. You are all I hope for all I worship and adore”

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>ABSTRAKSI</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>BAB III. LANDASAN TEORI</b>	
3.1 Dermaga .....	7
3.2 Gelombang .....	9
3.3 Teori Gelombang Airy .....	11
3.4 Refleksi gelombang .....	13

3.5 Hukum dasar model .....	22
3.5.1 Sebangun Geometrik .....	22
3.5.2 Sebangun Kinematik .....	23
3.5.3 Sebangun Dinamik .....	24
3.6 Hipotesis .....	26
<b>BAB IV. METODE PENELITIAN</b>	
4.1 Persiapan .....	27
4.2 Tempat dan waktu pelaksanaan .....	27
4.3 Bahan dan alat yang digunakan .....	27
4.4 Persiapan dan pembuatan model .....	30
4.5 Pengujian model .....	33
4.6 Tahap penelitian .....	35
<b>BAB V. ANALISIS HASIL</b>	
5.1 Hasil pengukuran tinggi gelombang .....	37
5.2 Hasil perhitungan koefisien refleksi .....	38
5.3 Hasil perhitungan panjang gelombang .....	40
5.4 Analisis regresi .....	43
<b>BAB VI. PEMBAHASAN</b>	
6.1 Hasil Pengujian .....	47
6.1.1 Pengujian Model M1 dan M6 .....	47
6.1.2 Pengujian Model M2 dan M3 .....	49
6.1.3 Pengujian Model M4 dan M5 .....	50
6.1.4 Pengujian Model M7A dan M7B .....	52

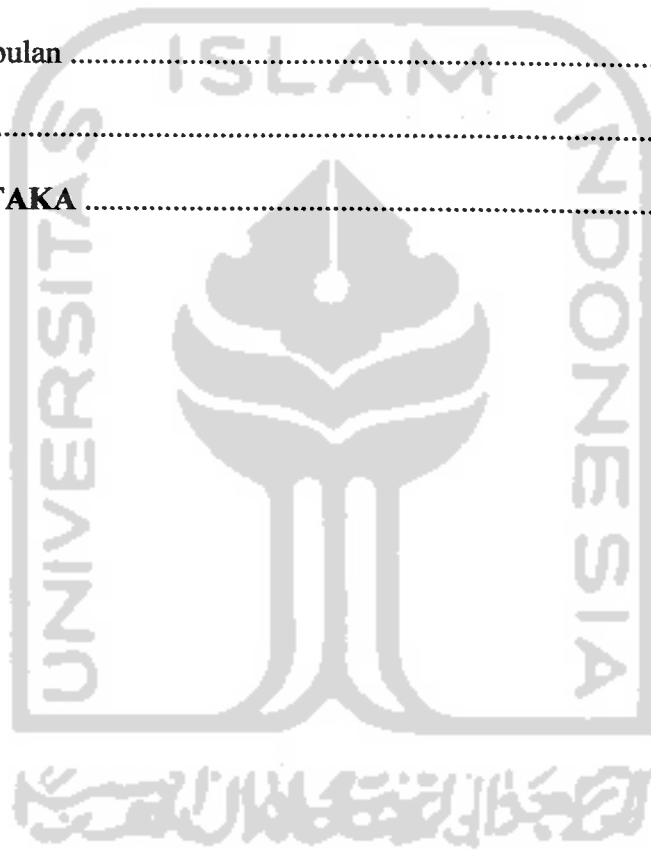
6.1.5 Pengujian Model M8A dan M8B .....	53
6.1.6 Pengujian Model dengan lobang dan rongga .....	54
6.1.7 Pengujian Model dengan dan tanpa isian batu pecah .....	55
6.1.8 Perbandingan Model berlobang .....	56
6.1.9 Perbandingan Model rongga .....	57

**BAB VII. KESIMPULAN DAN SARAN**

7.1 Kesimpulan .....	59
7.2 Saran .....	60

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	61
-----------------------------	----

**LAMPIRAN**





## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Rumus – rumus teori Airy .....	12
Tabel 3.2.	Koefisien refleksi untuk berbagai tipe bangunan .....	21
Tabel 4.1.	Model-model yang diuji .....	32
Tabel 5.1.	Hasil pengukuran M1 Variator 3 Stroke 6 .....	38
Tabel 5.2.	Hasil perhitungan H untuk M1 Variator 3 Stroke 6 .....	39
Tabel 5.4.	Rangkuman hasil penelitian .....	42



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1.	<i>Jetty</i> tipe T (a) <i>Jetty</i> tipe L (b) <i>Wharf</i> (c) .....	8
Gambar 3.2.	Dermaga konstruksi terbuka dan dermaga konstruksi tertutup .....	9
Gambar 3.3.	Jenis gelombang berdasarkan bentuk .....	10
Gambar 3.4.	Bentuk profil gelombang berdasarkan berbagai teori .....	10
Gambar 3.5.	Definisi gelombang berdasarkan teori Airy .....	11
Gambar 3.6.	Sudut refleksi gelombang .....	14
Gambar 3.7.	Profil muka air didepan bangunan vertikal .....	14
Gambar 3.8.	Gelombang berdiri sempurna (clapotis) .....	17
Gambar 3.9.	Gelombang berdiri tidak sempurna .....	18
Gambar 4.1.	Contoh gambar model dinding dermaga .....	28
Gambar 4.2.	Tampak depan model dinding dermaga .....	28
Gambar 4.3.	Saluran gelombang .....	30
Gambar 4.4.	Bagan alir tahapan kegiatan .....	36
Gambar 6.1.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model M1 dan M6 .....	48
Gambar 6.2.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model M2 dan M3 .....	50
Gambar 6.3.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model M4 dan M5 .....	51
Gambar 6.4.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model M7A dan M7B .....	52
Gambar 6.5.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model M8A dan M8B .....	53
Gambar 6.6.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model Lobang dan Rongga .....	54
Gambar 6.7.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model dengan lobang .....	56
Gambar 6.8.	Hubungan $K_r$ dan $H_i/L$ untuk model dengan rongga .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran 1

- Foto 1. Pembangkit gelombang
- Foto 2. Stroke
- Foto 3. Flap
- Foto 4. Variator
- Foto 5. Penelitian Model M2
- Foto 6. Gelombang mengenai Model M3
- Foto 7. Penelitian Model M8A
- Foto 8. Model M8A
- Foto 9. Penelitian Model M8B
- Foto 10. Model M8B
- Foto 11. Model M1
- Foto 12. Model M2
- Foto 13. Model M3
- Foto 14. Model M4
- Foto 15. Model M5
- Foto 16. Model M6
- Foto 17. Model M7
- Foto 18. Model M8

### Lampiran 1

- Tabel 1. Tabel analisis korelasi dan regresi linear  $K_r$  dan  $H_i/L$

## **ABSTRAKSI**

*Gelombang pada kolam labuh dapat menjadi besar karena adanya pantulan dari pemecah gelombang serta struktur bangunan pelabuhan lainnya termasuk dermaga. Permasalahan utama adalah bahwa dinding dermaga konstruksi tertutup berupa dinding vertikal yang menyebabkan terjadinya gelombang refleksi yang besar. Gelombang refleksi ini dapat mengganggu aktivitas bongkar muat dan seringkali berbahaya untuk kapal berukuran kecil. Alternatif untuk menjaga ketenangan gelombang pada kolam labuh adalah dengan membuat dinding dermaga yang mampu mereduksi refleksi gelombang atau dinding dermaga yang memiliki koefisien refleksi rendah.*

*Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari bentuk modifikasi dinding dermaga vertikal yang dapat mereduksi refleksi gelombang. Penelitian ini berupa penelitian laboratorium dan dilaksanakan di laboratorium Hidrologi dan Hidraulika Pusat Studi Ilmu Teknik UGM. Modifikasi dinding vertikal berupa variasi permukaan dinding serta letak dan bentuk lobang.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa dinding dermaga dengan profil siku bergelombang lebih efektif mereduksi refleksi gelombang dibandingkan dengan dinding dermaga vertikal berbidang rata. Perbedaan bentuk bukaan lobang dan rongga tidak terlalu signifikan perbedaannya dalam mereduksi refleksi gelombang, walaupun dinding dengan bukaan lobang sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan bukaan rongga. Isian batu pecah dibelakang dinding mampu mereduksi refleksi gelombang berkisar antara 10-25 % dibandingkan dinding tanpa memiliki isian batu pecah.*

**Kata Kunci :** *Kolam labuh – refleksi – bentuk dinding dermaga.*

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Peranan pelayaran pada sebuah negara kepulauan/maritim seperti Indonesia sangat penting artinya dalam menunjang berbagai aspek kehidupan masyarakat, seperti sosial, ekonomi, pemerintahan, transportasi, pertahanan keamanan dan sebagainya. Untuk mendukung peranan pelayaran tersebut, tentunya diperlukan prasarana yang berupa bangunan-bangunan pelabuhan. Pelabuhan sebagai tempat berlabuhnya kapal-kapal, memiliki berbagai bangunan pendukung dan pelengkap, seperti pemecah gelombang, kolam labuh, menara suar, dermaga dan sebagainya.

Dermaga memiliki fungsi sebagai tempat bersandar kapal untuk melakukan aktifitas bongkar muat, menaik turunkan penumpang dan sebagainya. Ketenangan bersandar kapal tergantung pada gelombang di sekitar dermaga yang pada umumnya terletak pada kolam kolam labuh. Apabila terjadi gelombang yang besar pada kolam labuh dapat mengakibatkan benturan kapal pada dermaga, yang akan dapat mengganggu aktifitas bongkar muat maupun kenyamanan pengguna kapal dan dapat pula mengakibatkan kerusakan pada kapal.

Untuk mengurangi tinggi gelombang dikolam labuh salah satu caranya adalah dengan pembuatan pemecah gelombang. Pemecah gelombang mengurangi energi gelombang dari laut lepas, namun pada kolam labuh belum sepenuhnya dikatakan tenang dari gelombang, hal ini disebabkan masih adanya gelombang

dari laut lepas yang tidak teredam oleh pemecah gelombang atau lolos melalui pintu masuk pelabuhan, sehingga menyebabkan terjadinya gangguan gelombang pada kolam labuh dan dermaga yang secara signifikan akan meningkat akibat adanya refleksi gelombang.

Tinggi gelombang dapat bertambah besar bahkan bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang apabila mengalami refleksi, terutama pada dinding vertikal. Umumnya dinding dermaga di buat vertikal, agar kapal-kapal dapat bersandar dan merapat dengan baik. Akibatnya akan terjadi gelombang refleksi yang cukup besar yang dapat mengganggu aktifitas dermaga.

Refleksi gelombang terjadi karena gelombang membentur suatu bangunan, refleksi dapat berupa refleksi penuh atau sebagian. Refleksi gelombang pada dermaga vertikal mengakibatkan fluktuasi muka air pada kolam labuh yang akan mengganggu ketenangan pada kolam labuh dan mengganggu proses bersandar dan merapatnya kapal pada dermaga.

Sehubungan dengan hal tersebut maka perlu dipikirkan bentuk dinding dermaga vertikal yang bisa mengurangi refleksi gelombang, sehingga dermaga dapat berfungsi sebagai tempat bersandar kapal tanpa diganggu oleh gelombang refleksi yang besar.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan permasalahan utama adalah bagaimana mereduksi refleksi gelombang pada dinding vertikal agar gangguan gelombang pada saat aktivitas pelabuhan dapat dikurangi.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah, mencari bentuk modifikasi dinding dermaga vertikal yang dapat mereduksi refleksi gelombang.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah untuk dapat memberikan masukan kepada perencana pelabuhan khususnya pada pekerjaan bangunan dermaga. Dengan dinding dermaga yang telah dimodifikasi, akan dapat menjadi pilihan untuk merancang dermaga vertikal yang gelombang refleksinya kecil sehingga keadaan kolam labuh relatif lebih tenang.

### 1.5 Batasan Masalah

Untuk memberikan hasil penelitian yang terarah dalam penelitian ini, maka diambil batasan-batasan sebagai berikut :

1. Penelitian dilakukan di laboratorium.
2. Sudut datang gelombang tegak lurus terhadap dinding model.
3. Stabilitas model tidak dicermati.
4. Gelombang yang mengenai model adalah gelombang *regular*.
5. Pengukuran tinggi gelombang pada saat stabil, yaitu pada saat naik turunnya elevasi muka air tetap.
6. Model yang diteliti adalah dinding rata dan bergelombang yang diberi lobang dan rongga dengan isian dan tanpa isian batua pecah dibelakang model

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Mc Bride dkk, 1993 dalam Asrib, A.R (1998) pada penelitian awalnya meninjau disain hidrolis pintu masuk pelabuhan dan menganalisa kasus-kasus praktis dan refleksi gelombang, mengidentifikasi struktur bangunan refleksi rendah berdasarkan data kinerja yang telah ada. Model numerik dan fisik dari pintu masuk pelabuhan menunjukkan bahwa gangguan pada pelabuhan dapat dikurangi jika faktor refleksi gelombang dikurangi hingga menghasilkan  $K_r \leq 0,40$ .

Mc. Bride, 1995 dalam Asrib, A.R. (1998) mencoba menguji kinerja bangunan *kaison* yang berlubang sepanjang kedalaman air dalam merefleksikan gelombang. Ternyata bangunan tersebut relatif lebih sensitif terhadap perubahan muka air. Kemudian dilakukan modifikasi dengan mengisi ruang kosong hingga kedalaman 30 % sampai 50 % dari ketinggian struktur dengan menguji kepekaan terhadap perubahan tinggi muka air. Tiap struktur diuji dengan 2 macam tinggi muka air. Diperoleh bahwa pembatasan volume ruangan dapat meningkatkan  $K_r$ , dimana pengaruh refleksi gelombang terbesar adalah pada saat muka air terendah.

Refleksi gelombang pada dinding vertikal datar juga dikaji dalam penelitian yang dilakukan oleh MC. Bride dkk, 1995 dan Allsop, 1995 dalam Asrib, A.R. (1998) Penelitian tersebut menyatakan bahwa  $K_r$  yaitu akar kuadrat dari perbandingan energi gelombang yang terefleksi dengan energi gelombang



yang datang berada diantara 0,85 dan 0,90 dengan tinggi dan periode gelombang datang menunjukkan pengaruh yang relatif kecil.

Koefisien refleksi untuk beberapa bentuk bangunan selalu diestimasi berdasarkan tes model yang dilakukan di laboratorium, sebab dengan analisis tidak dapat dilakukan untuk menguji refleksi gelombang yang bercampur dengan sebagian gelombang pecah yang diakibatkan oleh struktur tersebut (Goda, 1985)

Tanimoto dkk dalam Goda (1985) telah melakukan pengujian dengan model fisik tentang besarnya koefisien refleksi dari gelombang datang *irregular waves* yang menerjang bangunan beton kaisan yang diberi lobang pada dinding depannya. Hasilnya menunjukkan koefisien refleksi minimum ( $K_r$ ) min = 0,70 apabila lebar relatif lobang mendekati kurang 0,05.

Asrib, A.R (1998) pada thesisnya berjudul "Kajian Bentuk Dinding Dermaga Untuk Mereduksi Refleksi Gelombang", menguji kinerja dinding dermaga vertikal yang menggunakan tiang berbentuk siku, konon sangat efektif untuk mereduksi refleksi gelombang terutama pada gelombang besar dengan periode pendek. Refleksi energi gelombang dipengaruhi oleh bentuk fisik dinding dermaga yang dicirikan oleh lebar bukaan, lebar tiang dan adanya lerengbatu pecah dibelakang dinding. Termasuk oleh sifat gelombang yang dicirikan oleh periode dan tinggi gelombang. Bentuk dinding dermaga dengan posisi siku tiang dibelakang serta menggunakan lereng batu pecah lebih efektif untuk mereduksi refleksi gelombang, dengan efektifitas maksimum penyerapan energi gelombang terjadi pada lebar bukaan relatif lebih sama dengan 0,96. Besarnya reduksi refleksi gelombang akibat adanya pengaruh bentuk tiang dan lereng batu pecah berkisar

antara 8 % - 30 %. Kemudian yang diakibatkan oleh bentuk tiang berkisar antara 34 % - 50 %.



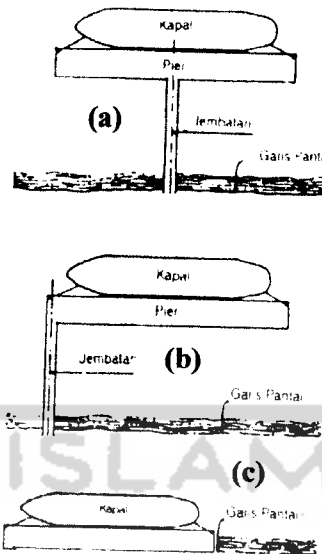
## BAB III

### LANDASAN TEORI

#### 3.1 Dermaga

Menurut standar teknis untuk sarana-sarana pelabuhan di Jepang (OCDI Overseas Coastal Area Development Institute of Japan, 1991), untuk menjaga ketenangan kolam labuh maka perlu dilakukan perencanaan bangunan peredam gelombang yang tepat. Bangunan tersebut diharapkan dapat mengurangi pengaruh dari fenomena laut seperti difraksi, refleksi gelombang dan limpasan gelombang, khususnya di daerah perairan dari pintu masuk pelabuhan menuju ke kolam labuh. Langkah-langkah yang perlu diperhatikan untuk mengamankan ketenangan kolam sesuai dengan ukuran dan jenis kapal tersebut, disamping *incident waves* juga pengaruh dari gelombang pantai dan refleksi gelombang dari dinding pemecah gelombang atau dinding dermaga.

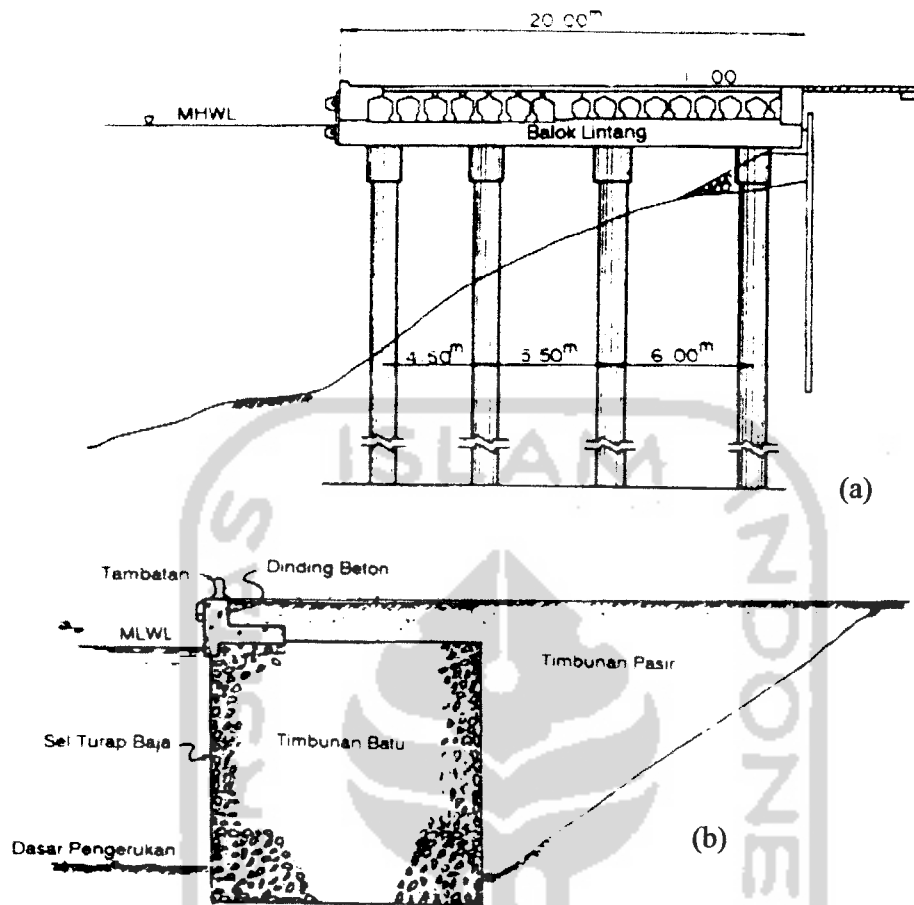
Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat penumpang dan menaik turunkan penumpang. Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe *wharf* dan *jetty*. *Wharf* adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan berimpit dengan garis pantai serta berfungsi sebagai penahan tanah yang ada di belakangnya. Sedangkan *jetty* adalah dermaga yang menjorok ke laut. (Bambang Triatmojo, 2003).



**Gambar 3.1.** *Jetty tipe T (a) Jetty tipe L (b) Wharf (c)*  
 Sumber : *Pelabuhan*, Bambang Triadmojo. 2003

Pemilihan tipe dermaga sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kondisi tanah dasar laut. Pada umumnya tanah di dekat daratan mempunyai daya dukung yang lebih besar dari pada tanah didasar laut yang terdiri dari endapan yang belum padat. Ditinjau dari daya dukung tanah, pembuatan *wharf* lebih menguntungkan. Tetapi jika tanah dasar berupa karang, pembuatan *wharf* akan sangat mahal karena membutuhkan pengerukan untuk memperoleh kedalaman yang cukup. Menurut strukturnya wharf dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu (Bambang Triadmojo.2003) :

1. Dermaga konstruksi terbuka, dimana lantai dermaga didukung oleh tiang-tiang pancang.
2. Dermaga konstruksi tertutup atau solid, seperti dinding massa, kaisan, turap, dan dinding penahan tanah.

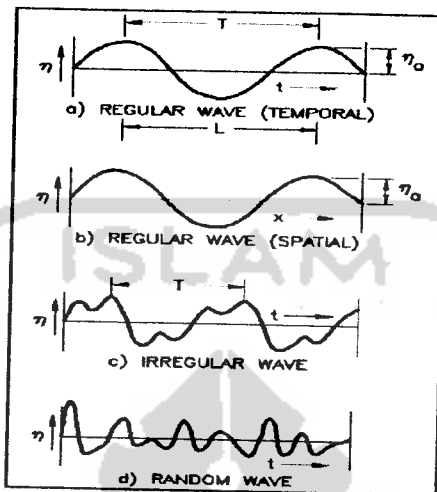


**Gambar 3.2.** Dermaga konstruksi terbuka (a) dan dermaga konstruksi tertutup (b).  
 Sumber : *Pelabuhan*, Bambang Triadmojo. 2003

### 3.2 Gelombang

Gelombang merupakan faktor penting dalam perencanaan pelabuhan, gelombang dilaut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa dilaut (tsunami), kapal yang bergerak dan sebagainya. Pada tulisan ini yang dimaksud dengan gaya gelombang adalah gelombang angin.

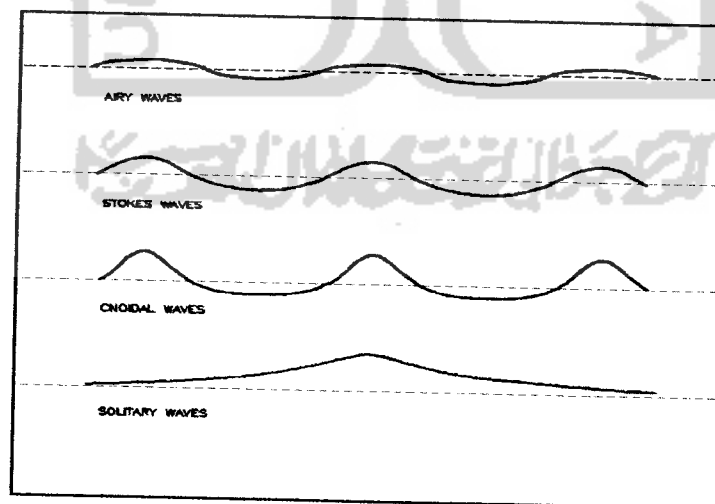
Gelombang berdasarkan bentuknya dapat dibagi 3 (Coastal Engineering Manual. U.S ARMY, 2000). Yaitu *Regular Waves*, *Irregular Waves*, *Random Waves*.



**Gambar 3.3.** Jenis Gelombang Berdasarkan Bentuk

Sumber : *The Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. 2002.

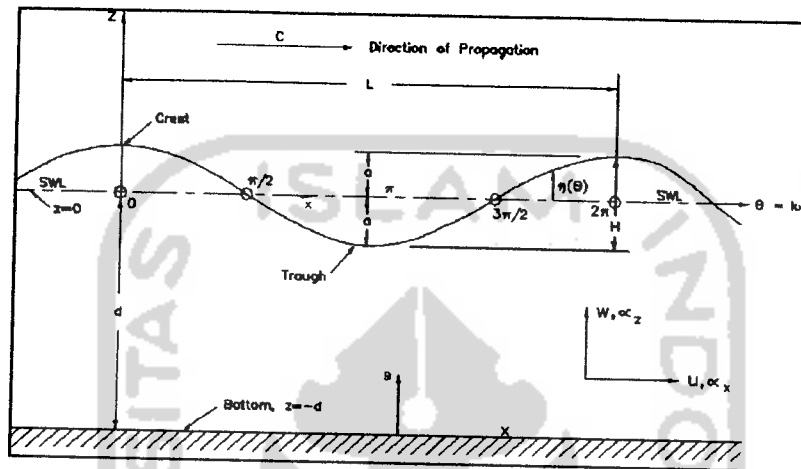
Banyak teori yang menggambarkan tentang gelombang berikut gambaran gelombang berdasarkan bermacam-macam teori (Coastal Engineering Manual. U.S Army Corps of Engineers, 2002) :



**Gambar 3.4.** Bentuk profil gelombang berdasarkan berbagai teori  
 Sumber : *The Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. 2002

### 3.3 Teori Gelombang Airy

Teori gelombang Airy, yang biasa disebut teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil. Merupakan teori dasar yang digunakan dalam perencanaan pelabuhan.



**Gambar 3.5.** Definisi Gelombang berdasarkan teori Airy  
 Sumber : *The Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. 2002

Dalam gambar tersebut gelombang bergerak dengan cepat rambat  $C$  di air dengan kedalaman  $d$ , yang bergerak hanya profil muka airnya saja. Sedangkan partikel air bergerak dalam satu orbit tertutup sehingga tidak bergerak maju.

Beberapa persamaan-persamaan dari teori Airy yang disimpulkan berdasarkan kedalaman dasar laut yang disajikan pada Tabel 3.1

**Tabel 3.1. Rumus-rumus Teori Airy**

Relative Depth	Shallow Water $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	Transitional Water $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Deep Water $\frac{d}{L} < \frac{1}{2}$
1. Wave profile	Same As >	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[ \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$	< Same As
2. Wave celerity	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left( \frac{2\pi d}{L} \right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
3. Wavelength	$L = T\sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left( \frac{2\pi d}{L} \right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
4. Group velocity	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gT}{4\pi}$
5. Water particle velocity			
(a) Horizontal	$u = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{d}} \cos \theta$	$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z-d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$u = \frac{\pi H}{T} e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \cos \theta$
(b) Vertical	$w = \frac{H\pi}{T} \left( 1 + \frac{z}{d} \right) \sin \theta$	$w = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\sinh[2\pi(z-d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$w = \frac{\pi H}{T} e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \sin \theta$
6. Water particle accelerations			
(a) Horizontal	$a_x = \frac{H\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$a_x = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$a_x = 2H \left( \frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \sin \theta$
(b) Vertical	$a_z = -2H \left( \frac{\pi}{T} \right)^2 \left( 1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$a_z = -\frac{g\pi H}{L} \frac{\sinh[2\pi(z-d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$a_z = -2H \left( \frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \cos \theta$
7. Water particle displacements			
(a) Horizontal	$\xi = -\frac{HT}{4\pi} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} \frac{\cosh[2\pi(z-d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \sin \theta$
(b) Vertical	$\zeta = \frac{H}{2} \left( 1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} \cos \theta$
8. Subsurface pressure	$p = \rho g(\eta - z)$	$p = \rho g \eta \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} - \rho g z$	$p = \rho g \eta e^{\left(\frac{2\pi}{L}\right)} - \rho g z$

Sumber : *The Coastal Engineering Manual*. U.S. Army Corps of Engineers. 2002.



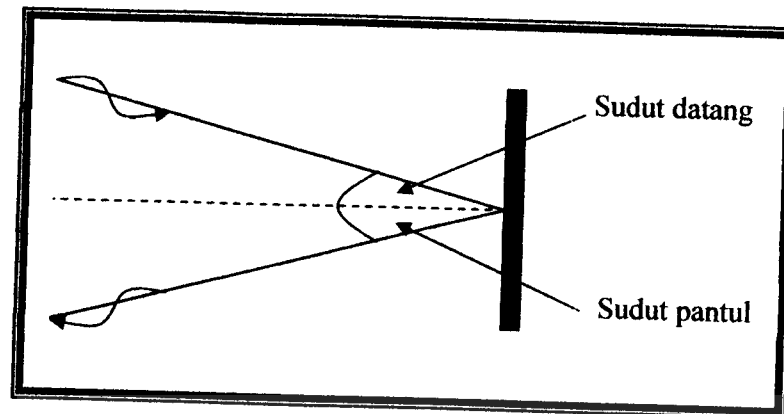
Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi dan pendangkalan gelombang (*shoaling*), difraksi, refleksi dan gelombang pecah.

Refraksi adalah perubahan bentuk gelombang yang disebabkan karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Dilaut dalam gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut, tetapi dilaut transisi dan dangkal dasar laut mempengaruhi gelombang. Refleksi adalah pemantulan gelombang yang mengenai/ membentur suatu bangunan. Difraksi adalah perubahan bentuk gelombang yang terjadi apabila suatu deretan gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan kemudian gelombang datang itu akan membelok disekitar ujung rintangan dan masuk kedaerah terlindung dibelakangnya.

Dilaut dalam bentuk gelombang adalah sinusoidal, namun pada laut transisi dan dangkal puncak gelombang menjadi semakin tajam sementara lembah gelombang semakin landai. Pada suatu kedalaman tertentu puncak gelombang semakin tajam sehingga tidak stabil dan terjadi gelombang pecah.

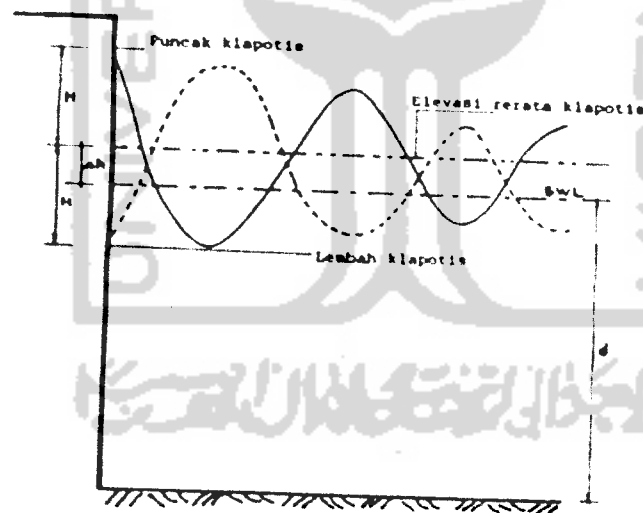
#### **3.4 Refleksi Gelombang**

Proses refleksi gelombang dapat dikatakan menyerupai dengan refleksi cahaya pada kaca, yaitu besarnya sudut refleksi sama dengan besarnya sudut datang.



**Gambar 3.6.** Sudut refleksi gelombang

Gelombang yang datang secara tegak lurus terhadap dinding vertikal akan menimbulkan gaya-gaya yang besarnya tergantung pada karakteristik gelombang. Gelombang datang akan dipantulkan oleh dinding dan menimbulkan gelombang berdiri (*standing waves, clapotis*) didepan bangunan tersebut.



**Gambar 3.7.** Profil muka air didepan bangunan vertikal  
Sumber : *Pelabuhan*, Bambang Triadmojo. 2003

Tinggi gelombang dilokasi bangunan apabila tidak ada bangunan adalah  $H$ . Jika bangunan memantulkan gelombang dengan sempurna, maka tinggi gelombang berdiri didepan bangunan adalah  $2H$ , dan muka air rerata gelombang berdiri berapa pada jarak  $\Delta H$  dari muka air diam.

Gelombang yang membentur suatu rintangan akan di pantulkan sebagian atau seluruhnya. Sebagian dari energi gelombang dipantulkan (refleksi), sebagian dihancurkan (disipasi) dan sebagian lagi diteruskan (transmisi). Refleksi gelombang sangat tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode gelombang, tinggi gelombang, kedalaman air), tipe bangunan pantai (permukaan halus atau kasar, lolos air atau tidak lolos air) dan geometri bangunan pantai (kemiringan, elevasi dan puncak bangunan) (CERC, 1984). Besar refleksi gelombang dapat ditunjukkan dengan koefisien refleksi ( $K_r$ ).

Koefisien Refleksi ( $K_r$ ). Merupakan parameter dari refleksi gelombang yang di definisikan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang terpantul ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), atau akar dari total energi gelombang refleksi ( $E_r$ ) dan energi gelombang datang ( $E_i$ ).

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \dots\dots\dots (3.1)$$

Gelombang yang sampai kepantai dan membentur sebuah bangunan pantai seperti dermaga sebagian energinya akan di refleksikan, sebagian lagi berubah dalam bentuk lain. Besarnya energi gelombang yang di refleksikan dan dihancurkan tergantung dari karakteristik gelombang datang, yaitu tinggi

gelombang datang ( $H_i$ ), periode gelombang ( $T$ ), kedalaman air ( $d$ ) dan bentuk dinding bangunan pantai yang diterjang gelombang..

Gelombang yang membentur dinding vertikal kedap air akan di refleksikan sempurna dengan arah tegak lurus penghalang, dapat ditentukan dari superposisi dua angka gelombang yang mempunyai angka gelombang, periode dan amplitudo yang sama, tetapi berlawanan arah. Menurut teori gelombang amplitudo kecil (Dean RG 1984), gelombang datang dan gelombang refleksi adalah sebagai berikut :

*Gelombang datang*

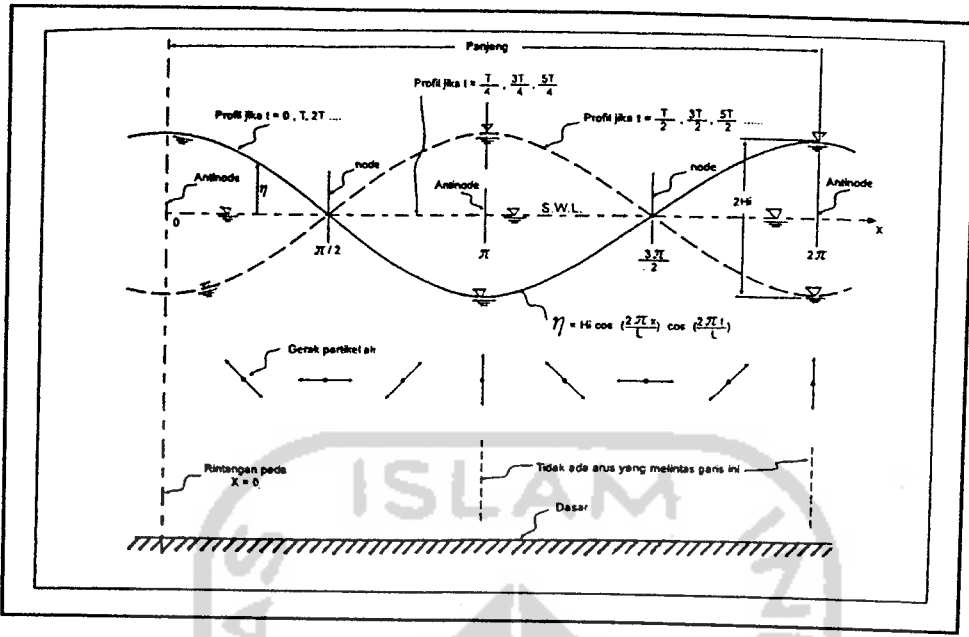
$$\eta_i = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad \dots \dots \dots (3.2)$$

*Gelombang refleksi*

$$\eta_r = \frac{H_r}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad \dots \dots \dots (3.3)$$

Dimana  $k = 2\pi d$   $\sigma = 2\pi T$

Persamaan gelombang tersebut menunjukkan fluktuasi muka air dari gelombang berdiri (standing waves / clapotis) (lihat Gambar 3.8.) yang periodik terhadap waktu ( $t$ ) dan jarak ( $x$ ), apabila  $\cos kx = \cos \sigma t = 1$ , maka tinggi maksimum adalah  $2 H_i$ , yang berarti bahwa tinggi gelombang didepan bangunan vertikal bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang.



Gambar 3.8. Gelombang Berdiri Sempurna (Clapotis)

Sumber : Teknik Pantai, Bambang Triadmojo. 2003

Gabungan dari gelombang datang dan gelombang refleksi

$$\eta_c = \eta_i + \eta_r$$

Apabila  $H_i/2 = H_r/2 = a$ , maka

$$\eta_c = 2a \cos kx \cos \omega t \dots \dots \dots (3.4)$$

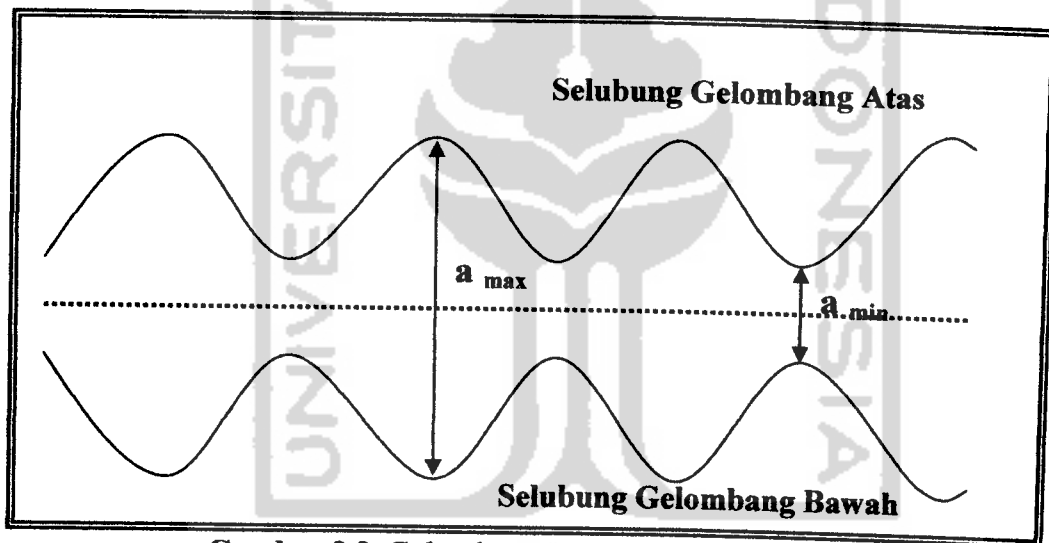
Pada saat  $kx = n \pi$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ), amplitudo muka air maksimum dan disebut *antinodes*, kemudian pada saat  $kx = (n + 1/2)\pi$ , amplitudo muka air sama dengan nol dan disebut *nodes*.

Bila gelombang tidak terrefleksi sempurna dengan  $H_i/2 > H_r/2$  atau  $a_1 > a_2$  dengan periode yang sama, maka gelombang datang dan gelombang terefleksi menjadi :

$$\eta_c = a_1 \cos(kx - \sigma) + a_2 \cos(kx + \omega t) \quad \text{atau}$$

$$\eta_c = (a_1 + a_2) \cos kx \cos \sigma + (a_1 - a_2) \sin kx \sin \omega t \quad \dots\dots\dots(3.5)$$

Bila *nodes* dan *antinodes* dianggap sebagai  $a_{\min}$  dan  $a_{\max}$  maka :



Gambar 3.9. Gelombang Berdiri tidak sempurna

$$a_{\min} = a_1 - a_2 \quad ; \quad a_{\max} = a_1 + a_2$$

$$a_1 = \frac{1}{2}(a_{\max} + a_{\min})$$

$$a_2 = \frac{1}{2}(a_{\max} - a_{\min})$$

$$2a_1 = H_i \text{ maka } H_i = a_{\max} + a_{\min}$$

$$2a_r = Hr \text{ maka } Hr = a_{\max} - a_{\min}$$

Untuk tinggi gelombang datang :

$$Hi + Hr = 2a_{\max} \quad ; \quad Hi - Hr = 2a_{\min}$$

$$Hi = \frac{2a_{\max} + 2a_{\min}}{2} \quad \text{atau}$$

$$Hi = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \quad \dots\dots\dots(3.6)$$

Untuk tinggi gelombang refleksi :

$$Hi + Hr = 2a_{\max} \quad ; \quad Hi - Hr = 2a_{\min}$$

$$Hr = \frac{2a_{\max} - 2a_{\min}}{2} \quad \text{atau}$$

$$Hr = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2} \quad \dots\dots\dots(3.7)$$

Adapun dasarnya koefisien refleksi ( $Kr$ ) didefinisikan sebagai perbandingan gelombang terefleksi ( $Hr$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $Hi$ ).

Besarnya koefisien refleksi :

$$Kr = \frac{Hr}{Hi} \quad \text{atau} \quad Kr = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} + H_{\min}} \quad \dots\dots\dots(3.8)$$

Bedasarkan konservasi energi, maka fluks energi yang datang dan mengenai model akan berubah menjadi energi refleksi dan sebagian lagi menjadi energi terserap. Oleh karena itu keseimbangan energi fluks menjadi :

$$(EC_g)_{datang} = (EC_g)_{refleksi} + (EC_g)_{terserap} \dots\dots\dots(3.9)$$

$$E_i = E_r + E_{terserap} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$\frac{E_i}{E_i} = \frac{E_r}{E_i} + \frac{E_{terserap}}{E_i} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dari persamaan (3.1) maka persamaan (3.11) dapat diubah menjadi :

$$1 = K_r^2 + K_{terserap}^2 \dots\dots\dots(3.12)$$

$$K_r^2 = 1 - K_{terserap}^2$$

$$K_r = 1 - K_{terserap} \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana  $K_{terserap}$  adalah koefisien penyerap akibat adanya lebar bukaan relatif pada dinding dermaga selama terjadinya proses penjalaran gelombang.

Koefisien refleksi bervariasi dari 1 apabila terjadi refleksi sempurna sampai 0 apabila tidak ada refleksi.

Adapun koefisien refleksi untuk berbagai tipe bangunan dapat dilihat pada tabel berikut :



**Tabel 3.2.** Koefisien Refleksi untuk berbagai tipe bangunan

<b>TIPE BANGUNAN</b>	<b><i>K<sub>r</sub></i></b>
<i>Dinding vertikal dengan puncak diatas air</i>	<i>0,70 – 1,00</i>
<i>Dinding vertikal dengan puncak terendam</i>	<i>0,50 – 0,70</i>
<i>Tumpukan batu sisi miring (1:2 s/d 3)</i>	<i>0,30 – 0,60</i>
<i>Tumpukan blok beton</i>	<i>0,30 – 0,50</i>
<b><i>Bangunan vertikal dengan di beri lobang</i></b>	<b><i>0,30 – 0,80</i></b>
<i>Pesisir pantai</i>	<i>0,05 – 0,20</i>

Sumber : *Random Seas and Design of Maritime Structures* ,Goda, Y. 1985.

Gelombang akan direfleksikan penuh apabila mengenai dinding tegak dan tak lolos air, dan akan menghasilkan gelombang berdiri (*Standing waves*) apabila terefleksi secara sempurna. Selain itu, refleksi akan berkurang apabila permukaan dinding tersebut lebih kasar, memiliki kemiringan yang lebih besar (lebih landai) dan mempunyai rongga kelolosan air.

Dalam penelitian ini gelombang datang dianggap tegak lurus pada dinding bangunan, dalam arti bahwa sudut datang gelombang adalah nol. Gelombang yang datang direfleksikan oleh bangunan dan kemudian gelombang direfleksikan lagi oleh pembangkit gelombang sehingga kondisi refleksi menjadi sangat kompleks dan sulit untuk diamati dengan tepat. Oleh sebab itu, refleksi gelombang yang terjadi pada model dapat diukur dengan persamaan (3.8) (Hughes, 1993)

### 3.5 Hukum dasar model

Beberapa masalah yang berhubungan dengan fluida kadang-kadang sulit untuk bisa diselesaikan dengan analitis, sehingga diperlukan suatu pengamatan atau percobaan. Pengamatan langsung dilapangan akan memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar. Untuk mengatasi masalah tersebut percobaan dapat dilakukan dengan membuat model yang lebih kecil di laboratorium. Pengamatan ini dinamakan dengan studi model. Dengan dibuatnya suatu model maka akan diperkirakan kelakuan suatu konstruksi yang akan dibangun sehingga dapat di ketahui lebih dini kekurangannya untuk dapat diperbaiki pada *prototipe* yang akan dibuat.

Studi model harus memperhatikan proses fisik yang akan ditirukan, sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan yang ada di *prototipe*. Kesebangunan yang dimaksud adalah sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik.

#### 3.5.1 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila bentuk model dan bentuk prototipe sebangun. Hal ini berarti bahwa perbandingan semua ukuran panjang antara model dan prototipe harus sebanding, dengan skala perbandingan.

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(3.14)$$

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$L_p$  = ukuran di prototipe

$L_m$  = ukuran di model

Dalam kaitannya dengan kesebangunan geometrik, ada dua jenis model yaitu model distorsi (*distorted*) dan model tak distorsi (*undisrtorted model*). Model tak distorsi adalah model dengan skala panjang horisontal dan vertikal sama, sedangkan model distorsi adalah model dengan skala panjang horisontal dan vertikal tidak sama.

### 3.5.2 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik dipenuhi jika aliran pada model dan prototipe sebangun. Hal ini berarti bahwa kecepatan aliran di titik-titik yang sama pada model dan prototipe mempunyai arah yang sama dan sebanding. Berdasarkan kesebangunan kinematik, dapat didefinisikan nilai-nilai skala berikut :

- Skala waktu :  $n_T = \frac{T_p}{T_m}$  .....(3.15)

- Skala kecepatan :

$$n_U = \frac{U_p}{U_m} = \frac{L_p/T_p}{L_m/T_m} = \frac{L_p/L_m}{T_p/T_m} = \frac{n_L}{n_T} \text{ .....(3.16)}$$

- Skala percepatan :

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{L_p / T_p^2}{L_m / T_m^2} = \frac{nL}{n_r^2} \dots\dots\dots(3.17)$$

### 3.5.3 Sebangun Dinamik

Pada bangunan pantai, proses fisik yang terjadi sangat ditentukan oleh gaya akibat percepatan gravitasi (Vries, 1977). Oleh karena itu kriteria kesebangunan yang harus dipenuhi adalah kriteria sebangun dinamik menurut kondisi bilangan Froude yang diekspresikan sebagai rasio antara gaya inerti dan gaya gravitasi

$$F_r^2 = \frac{(\rho L^3)(U^2 / L)}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL} \dots\dots\dots(3.18)$$

Dengan :

$F_r$  = Bilangan Froude

$U$  = Kecepatan aliran (m/det)

$g$  = Percepatan gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$\rho$  = Rapat massa (Kg/m<sup>3</sup>)

$L$  = Panjang spesifik (m)

Dengan demikian apa bila gaya gravitasi dan gaya inerti memegang peranan penting dalam permasalahan, maka ratio kedua gaya tersebut pada model dan *prototipe* harus sama

$$nF_r = \frac{nU}{nL^{1/2}} = 1 \quad \text{atau} \quad nF_r = \frac{(F_r)_p}{(F_r)_m} = 1 \quad \dots\dots\dots(3.19)$$

Dengan  $n$  = Skala model

Pengujian model untuk kajian refleksi gelombang terhadap bentuk bangunan pantai dilakukan dengan *undistorted model*, yaitu model dengan skala horisontal sama dengan skala vertikal, sehingga berdasarkan kriteria tersebut diperoleh :

$$nH = n_d = n_L \quad \dots\dots\dots(3.20)$$

Dengan :

$nH$  = tinggi gelombang

$n_d$  = kedalaman air

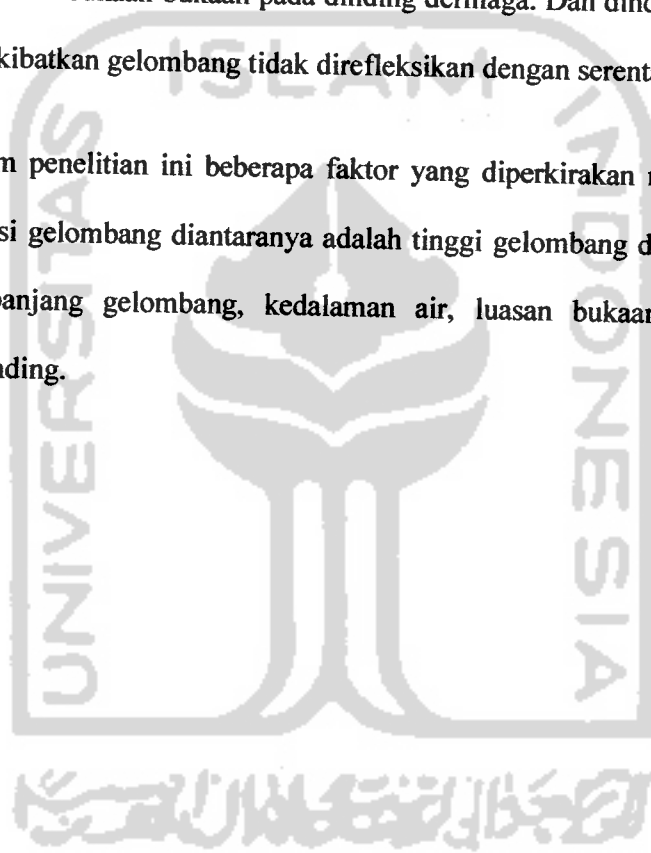
$n_L$  = panjang spesifik

Penggunaan skala model dalam studi sifatnya tidak mengikat sehingga dalam hal ini skala model dapat dipilih sedemikian rupa sehingga sesuai dengan kemampuan alat dalam membangkitkan gelombang dan diperkirakan realistis di *prototipe*.

### 3.6 Hipotesis

Dinding dermaga vertikal dan rata dapat menyebabkan refleksi gelombang yang sangat besar. Diduga apabila dinding dermaga dibuat tidak rata serta mempunyai bukaan dengan luasan tertentu, koefisien refleksi yang didapat akan lebih kecil, karena gelombang tidak seluruhnya direfleksikan tetapi sebagian diteruskan melalui bukaan-bukaan pada dinding dermaga. Dan dinding yang tidak rata mengakibatkan gelombang tidak direfleksikan dengan serentak.

Dalam penelitian ini beberapa faktor yang diperkirakan mempengaruhi reduksi refleksi gelombang diantaranya adalah tinggi gelombang datang, periode gelombang, panjang gelombang, kedalaman air, luasan bukaan dan bentuk permukaan dinding.



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Persiapan**

Penelitian model fisik di laboratorium menyangkut studi literatur, persiapan alat, mengetahui prinsip kerja alat, kalibrasi alat, persiapan bahan dan tenaga kerja, pembuatan model dan pembuatan lembar kerja untuk data pengujian model.

#### **4.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan**

##### **4.2.1 Tempat ( Lokasi )**

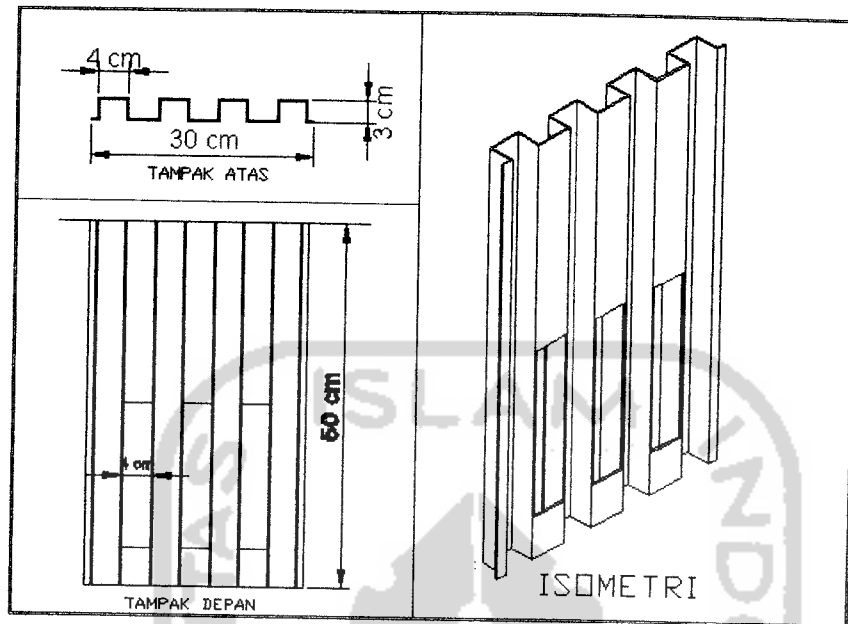
Lokasi penelitian Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi, Pusat Studi Ilmu Teknik, Pusat Antar Universitas, UGM.

##### **4.2.2 Waktu**

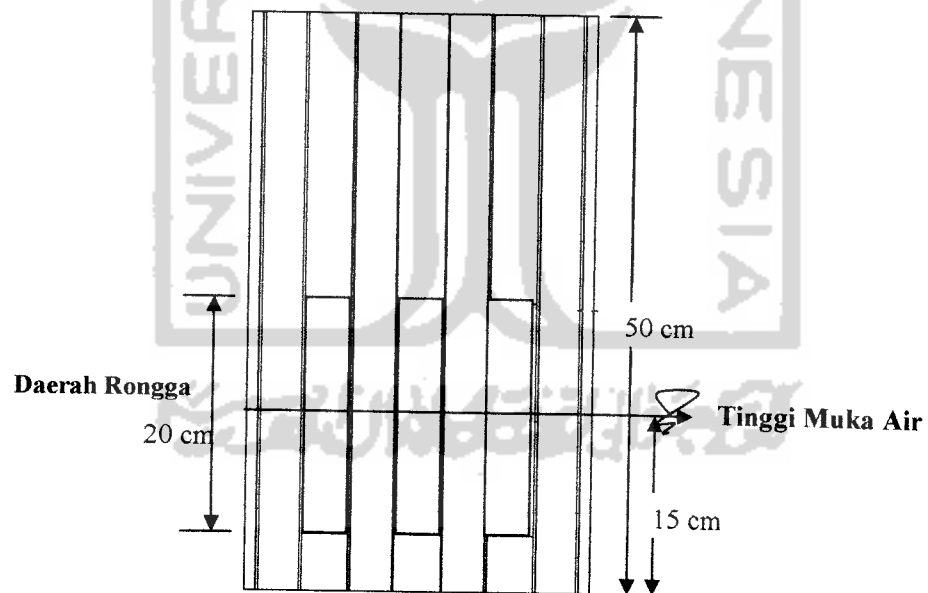
Pelaksanaan Penelitian dilakukan pada minggu ke-4 bulan Juli s/d Agustus 2007.

#### **4.3 Bahan dan alat yang digunakan**

Model dinding vertikal dermaga terbuat dari bahan plat besi dengan ukuran yang disesuaikan dengan fasilitas laboratorium yang ada. Tinggi model dinding dibuat lebih tinggi gelombang maksimum agar tidak terjadi limpasan gelombang (*overtopping*). Model dinding vertikal dermaga dibuat berongga / berlobang dan terbuat besi dengan ukuran seperti terlihat di **Gambar 4.1**



**Gambar 4.1 Contoh Gambar Model Dinding Dermaga**



**Gambar 4.2. Tampak Depan Model Dinding Dermaga**

Tinggi daerah rongga dibuat berdasarkan, tinggi gelombang klapotis yang bisa mencapai 2 kali lipat tinggi gelombang datang. Oleh karena itu tinggi rongga

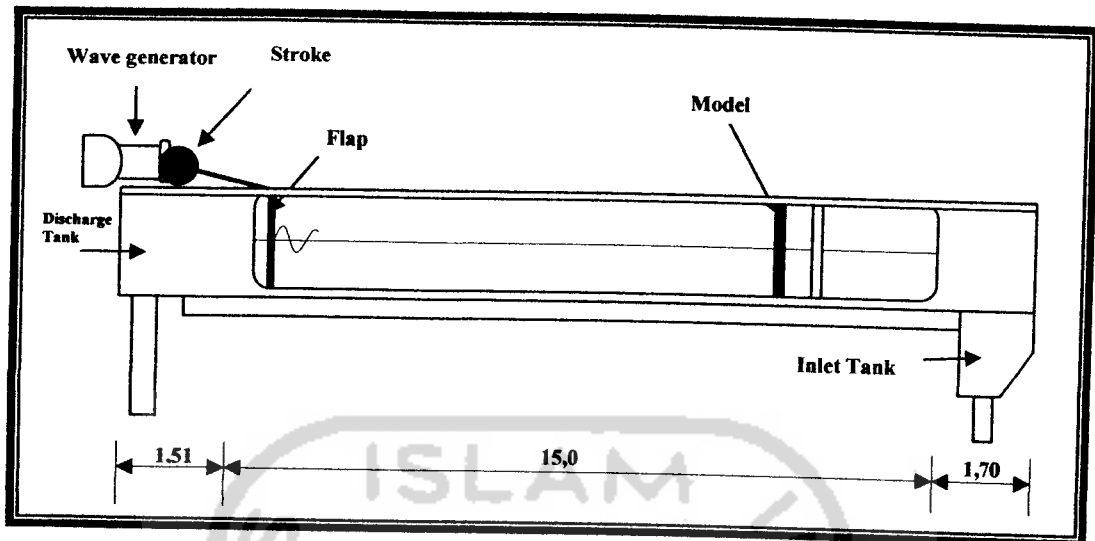


effektif diatas muka air tidak boleh kurang dari  $1 \frac{1}{3}$  sampai  $1 \frac{1}{2}$  kali tinggi gelombang maksimum, dan kedalaman dibawah muka air terendah kedasar bangunan tidak kurang dari  $1 \frac{1}{4}$  sampai  $1 \frac{1}{2}$  kali atau lebih baik sekitar 2 kali gelombang maksimum.

Pada kolam labuh biasanya tinggi gelombang kritis pada saat bongkar muat berkisar antara 0,30 m – 1,5 m. Diambil tinggi maksimum 1,5 m yang telah diskalakan menjadi 5 cm. Sehingga didapat tinggi daerah jagaan 2 kali 5 cm dari atas muka air, dan 2 kali 5 cm dari bawah muka air. Sedangkan luasan rongga di dapat dari persentase luasan daerah rongga. Pada model pengujian kali ini, luas rongga 40 % dari luasan daerah rongga

Adapun alat yang digunakan :

1. Saluran gelombang (*Flume*), berupa saluran dengan dinding terbuat dari *flexiglass* dan alat pembangkit gelombang (*wave generator*) buatan Armfield Technical Education Co.Ltd, Ringwood, Hampshire, England. Dengan spesifikasi sebagai berikut : panjang 18,10 m, lebar 0,30 m dan tinggi 0,45 m.
2. Meteran kain/plastik untuk mengukur tinggi gelombang dan kedalaman.
3. *Stop Watch*, untuk mengukur waktu periode gelombang.
4. Kamera Foto, untuk mengambil foto percobaan.
5. Tabel pencatat data elevasi muka air dan alat-alat tulis.



Gambar 4.3. Saluran Gelombang

#### 4.4 Persiapan dan Pembuatan Model

Dalam penelitian ini diumpamakan prototipe dinding dermaga adalah dinding profil bergelombang dengan mengisi tumpukan batu pecah pada sisi dalam dinding dan tanpa batu pecah dengan maksud membuat jenis *wharf* tertutup atau solid, dengan isian batu pecah dan kosong.

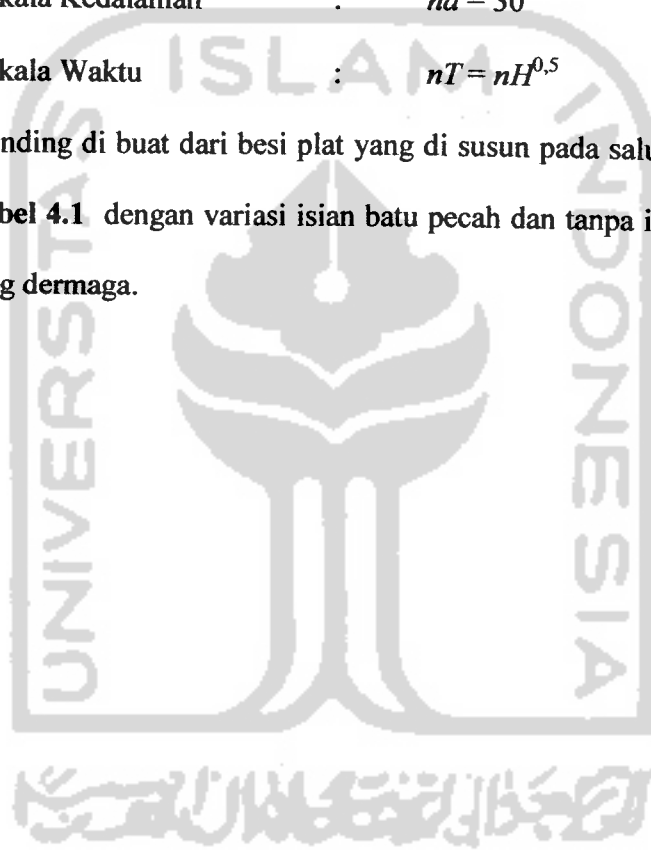
Kedalaman kolam labuh pada umumnya minimal adalah 4.50 m dan tinggi gelombang kritis saat bongkar muat berkisar antara 0,30 m – 1,50 m. Dari data pengujian dengan kedalaman ( $d$ ) = 15 cm diperoleh tinggi gelombang yang terjadi berkisar antara 1 cm – 5 cm.

Berdasarkan hal tersebut maka, skala model yang digunakan adalah 1 : 30. Sesuai dengan dasar-dasar penyekalaan model kesebangunan dinamik berdasarkan

bilangan Froude, maka hubungan antara model dan prototipe dinyatakan dengan besaran skala tanpa distorsi (*Undistorted model*) sebagai berikut :

- Skala tinggi gelombang :  $nH = 30$
- Skala Panjang :  $nL = 30$
- Skala Kedalaman :  $nd = 30$
- Skala Waktu :  $nT = nH^{0,5}$

Model dinding di buat dari besi plat yang di susun pada saluran gelombang (*flume*) seperti Tabel 4.1 dengan variasi isian batu pecah dan tanpa isian batu pecah di belakang dinding dermaga.



Tabel 4.1. Model - model yang diuji

No	Model	Gambar			Keterangan	
		Tampak Samping	Tampak Atas	Tampak depan		
1	M 1				1. Dinding bergelombang 2. Polos tanpa lobang dan rongga	
2	M 2				1. Dinding bergelombang 2. Lobang sejajar	
3	M3				1. Dinding bergelombang 2. Lobang zigzag	
4	M4				1. Dinding bergelombang 2. Tiga rongga pada sisi belakang	
5	M5				1. Dinding bergelombang 2. Tiga rongga pada sisi belakang	
6	M6				1. Dinding polos 2. Tanpa lobang dan rongga	
7	M7	A				1. Dinding polos 2. Lobang zigzag
		B				1. Dinding polos 2. Lobang zigzag

No	Model	Gambar			Keterangan	
		Tampak Samping	Tampak Atas	Tampak depan		
8	M8	A				1. Dinding polos 2. memiliki rongga
		B				1. Dinding polos 2. memiliki rongga

#### 4.5 Pengujian Model

Pelaksanaan penelitian untuk setiap seri pengujian adalah sebagai berikut :

1. Model dinding dermaga dipasang secara vertikal.
2. Saluran gelombang (*Flume*) kemudian diisi air dengan kedalaman 15 cm..
3. Model selanjutnya dikenai gelombang yang dibangkitkan dari alat pembangkit gelombang mulai dari tinggi gelombang yang kecil, berangsur-angsur membesar. Dengan cara menaikkan nilai variator dan nilai stroke.
4. Setelah pengujian satu model kemudian dilanjutkan dengan model berikutnya.

Kedalaman air yang digunakan adalah 15 cm. Pengukuran data tinggi gelombang dalam pengujian dilakukan pada saat stabil di dua lokasi sepanjang (A) 4 meter dan (B) 2 meter, serta jarak masing-masing titik pengamatan adalah 10 cm. Lokasi pengukuran A terletak pada 15 cm didepan model dengan 40 titik pengamatan ke arah flap, dan lokasi pengukuran B terletak 55 cm dari flap dengan 20 titik pengamatan ke arah model.

Untuk memperoleh tinggi gelombang ( $H$ ) dan periode gelombang ( $T$ ) yang bervariasi disaluran dilakukan dengan pengujian untuk berbagai nilai simpangan dari gerak flap (*Stroke*) dan kecepatan putaran motor (*variator*) dari pembangkit gelombang. Besarnya *variator* yang diambil adalah antara 2t, 3t, 4t, sedangkan besar stroke antara 3 cm dan 6 cm.

Rata-rata pengulangan untuk masing-masing tinggi gelombang yang diperoleh sebanyak 10 kali. Periode gelombang diambil berdasarkan rata-rata pengukuran sebanyak 6 kali pada saat awal dan akhir pengukuran dengan rerata sepuluh kali putaran motor pembangkit gelombang.

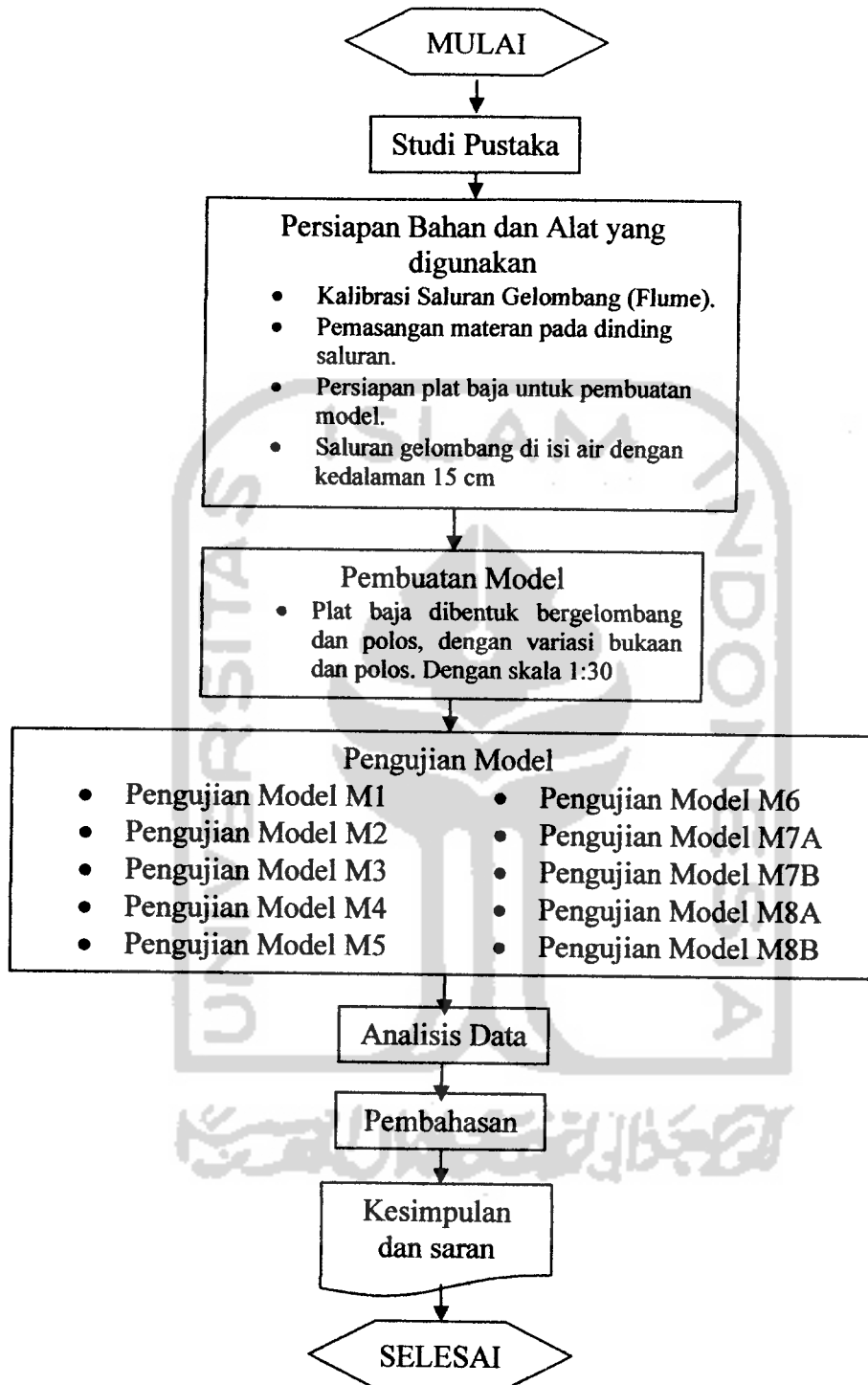
Data yang dikumpulkan pada saat pengujian adalah periode gelombang ( $T$ ), kedalaman air ( $d$ ), tinggi gelombang ( $H$ ). Data tinggi gelombang dimasukkan kedalam tabel untuk kemudian dihitung tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan gelombang minimum ( $H_{min}$ ) sehingga dapat diperoleh besarnya tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dengan menggunakan rumus (3.9) dan (3.10). Selanjutnya berdasarkan  $H_i$  dan  $H_r$  tersebut dihitung besarnya nilai koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan menggunakan rumus (3.11).

Disamping pengamatan tersebut diatas, juga dilakukan pengambilan gambar (foto) yang dilakukan sebelum pengujian dan selama pengujian berlangsung.

#### 4.6 Tahap Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian ini akan ditentukan untuk mempermudah proses penyelesaian, agar langkah-langkah pada setiap tahapan dapat berjalan dengan sistematis dan sesuai dengan jadwal. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.5**





**Gambar 4.4 Bagan alir Tahapan Kegiatan**



## BAB V

### ANALISIS HASIL

#### 5.1 Hasil Pengukuran Tinggi Gelombang

Tinggi Gelombang datang ( $H_i$ ) dan Gelombang refleksi ( $H_r$ ) diperoleh berdasarkan hasil pengamatan dilokasi yang telah ditentukan titik-titik pengamatannya pada saluran gelombang. Dari hasil pengamatan di tiap titik lokasi pengamatan diambil tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ), sedangkan untuk penentuan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) berdasarkan persamaan (3.6) dan (3.7). Besarnya koefisien refleksi ditentukan melalui persamaan (5.7). Hasil pengamatan dan perhitungan tinggi gelombang datang dan refleksi disajikan dalam bentuk tabel yang terdapat pada lampiran 2

Tinggi gelombang diukur pada penelitian dengan mengambil titik ukur sebanyak 70 titik. Diambil contoh perhitungan untuk M1 variator 3 stroke 6. Hasil data penelitian disajikan dalam **Tabel 5.1**

**Tabel 5.1 Hasil Pengukuran M1 Variator 3 Stroke 6**

Periode : 1,77 detik					
Kedalaman : 0,15 m					
No Titik Ukur	H max (Cm)	H min (Cm)	No Titik Ukur	H max (Cm)	H min (Cm)
1	17	13,5	36	17,1	13,2
2	17	13,5	37	17,2	13,2
3	17,1	13,5	38	17,2	13,1
4	17	13,4	39	17,3	13,4
5	17,2	13,3	40	17,3	13,2
6	17	13,5	41	17,3	13,4
7	17,2	13,4	42	17,2	13,4
8	17,3	13,4	43	17,1	13,2
9	17,4	13,5	44	17,1	13,2
10	17,3	13,4	45	17,2	13,1
11	17,3	13,2	46	17,2	13
12	17,3	13,4	47	17,1	13,1
13	17,3	13,5	48	17,1	13,2
14	17,2	13,2	49	17,2	13,2
15	17,2	13,2	50	17	13,1
16	17,1	13,1	51	16,9	13
17	17,1	13,4	52	16,8	13,2
18	17	13,4	53	17	13,1
19	17	13,2	54	17	13,5
20	17	13,4	55	17,2	14
21	17,3	13,2	56	16,8	14,3
22	17,3	13,2	57	16,2	14,5
23	17,2	13,4	58	15,7	15
24	17,1	13,4	59	15,8	15
25	17,2	13,3	60	16	14,8
26	17,2	13,4	61	16,3	15
27	17,3	13,3	62	16,4	14,6
28	17	13,4	63	16,6	14,5
29	17,1	13,4	64	16,4	14
30	17	13,4	65	16,5	13,8
31	17,1	13,2	66	16,8	13,6
32	17,2	13	67	17	13,5
33	17	13	68	17,1	13,2
34	17	13	69	17,3	13
35	17,1	13	70	17,5	13

## 5.2 Hasil Perhitungan Koefisien Refleksi

Dari hasil pengukuran pada 70 titik seperti yang tertuang dalam Tabel 5.1 dicari nilai H untuk setiap titik pengukuranyang di dapat dari :

$$H = H_{\max} - H_{\min} \dots\dots\dots(5.1)$$

**Tabel 5.2 Hasil Perhitungan H untuk M1 Variator 3 Stroke 6**

No	H max (Cm)	H min (Cm)	H (Cm)
1	17	13,5	3,5
2	17	13,5	3,5
3	17,1	13,5	3,6
4	17	13,4	3,6
5	17,2	13,3	3,9
6	17	13,5	3,5
7	17,2	13,4	3,8
8	17,3	13,4	3,9
9	17,4	13,5	3,9
10	17,3	13,4	3,9
11	17,3	13,2	4,1
12	17,3	13,4	3,9
13	17,3	13,5	3,8
14	17,2	13,2	4
15	17,2	13,2	4
16	17,1	13,1	4
17	17,1	13,4	3,7
18	17	13,4	3,6
19	17	13,2	3,8
20	17	13,4	3,6
21	17,3	13,2	4,1
22	17,3	13,2	4,1
23	17,2	13,4	3,8
24	17,1	13,4	3,7
25	17,2	13,3	3,9
26	17,2	13,4	3,8
27	17,3	13,3	14
28	17	13,4	3,6
29	17,1	13,4	3,7
30	17	13,4	3,6
31	17,1	13,2	3,9
32	17,2	13	4,2
33	17	13	4
34	17	13	4
35	17,1	13	4,1

No	H max (Cm)	H min (Cm)	H (Cm)
36	17,1	13,2	3,9
37	17,2	13,2	4
38	17,2	13,1	4,1
39	17,3	13,4	3,9
40	17,3	13,2	4,1
41	17,3	13,4	3,9
42	17,2	13,4	3,8
43	17,1	13,2	3,9
44	17,1	13,2	3,9
45	17,2	13,1	4,1
46	17,2	13	4,2
47	17,1	13,1	4
48	17,1	13,2	3,9
49	17,2	13,2	4
50	17	13,1	3,9
51	16,9	13	3,9
52	16,8	13,2	3,6
53	17	13,1	3,9
54	17	13,5	3,5
55	17,2	14	3,2
56	16,8	14,3	2,5
57	16,2	14,5	1,7
58	15,7	15	0,7
59	15,8	15	0,8
60	16	14,8	1,2
61	16,3	15	1,3
62	16,4	14,6	1,8
63	16,6	14,5	2,1
64	16,4	14	2,4
65	16,5	13,8	2,7
66	16,8	13,6	3,2
67	17	13,5	3,5
68	17,1	13,2	3,9
69	17,3	13	4,3
70	17,5	13	4,5

Nilai  $H$  di *sorting* (mengurutkan nilai tertinggi hingga nilai terendah) untuk mendapatkan  $H_{max}$  dan  $H_{min}$ , pada perhitungan diatas didapat  $H_{max} = 4,5$  cm dan  $H_{min} = 0,7$  cm.

Untuk mencari tinggi gelombang datang dan refleksi menggunakan rumus (3.6) dan (3.7)

$$H_i = \frac{H_{max} + H_{Min}}{2} \dots \dots \dots (3.6)$$

$$H_i = \frac{4,5 + 0,7}{2} = 2,6 \text{ cm}$$

$$H_r = \frac{H_{max} - H_{Min}}{2} \dots \dots \dots (3.7)$$

$$H_r = \frac{4,5 - 0,7}{2} = 1,9 \text{ cm}$$

Untuk menghitung koefisien refleksi ( $K_r$ ) menggunakan persamaan (3.8)

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \frac{1,9}{2,6} = 0,73076923$$

### 5.3 Hasil Perhitungan Panjang Gelombang

Panjang gelombang ( $L$ ) ditentukan berdasarkan periode gelombang ( $T$ ) yang diperoleh dari hasil perataan waktu putar piringan pengatur stroke pembangkit gelombang. Panjang gelombang di laut dalam mempunyai bentuk persamaan :

$$L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \dots \dots \dots (5.2)$$

Sedangkan pada kedalaman tertentu ( $d$ ), panjang gelombang dihitung berdasarkan persamaan :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \dots\dots\dots(5.3)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \dots\dots\dots(5.4)$$

Untuk menentukan panjang gelombang pada digunakan tabel c-1, yaitu tabel yang menyatakan fungsi dari  $d/L$  untuk pertambahan nilai  $d/L_0$  (Triatmodjo,1996)..

Pada penelitian M1 untuk Vektor 3 stroke 6 didapat periode gelombang ( $T$ ) 1.77 detik dan diketahui kedalaman 0,15 m

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = \frac{9,81 \cdot 1,77^2}{2\pi} = 4,887324 \text{ m}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,15}{4,887324} = 0,030692$$

Dengan tabel A-1 untuk nilai  $d/L_0$  didapat nilai  $d/L$  (dengan interpolasi)

$$\frac{d}{L} = \frac{(0,07261-0,07135) \times (0,030692-0,03) + ((0,031-0,03) \times 0,07135)}{(0,07261-0,07135)}$$

$$\frac{d}{L} = 0,072221$$

$$L = 2,076945 \text{ m}$$

$$\frac{H_i}{L} = \frac{0,026}{2,076945} = 0,01251839 \text{ m}$$

Hasil  $K_r$  dan  $Hi/L$  yang didapat diterapkan pada grafik  $K_r$  vs  $Hi/L$  pada Gambar 6.1 sampai dengan Gambar 6.9, pada bab VI

**Tabel 5.4. Rangkuman hasil penelitian**

Peneliti : RAMON PUTRA Kedalaman Air : 15 cm  
Tempat : LAB. HH PSIT UGM

No.	Model	Stroke	Variator	T (Periode) (detik)	H max. (cm)	H min. (cm)	Hr (cm)	Hi (cm)	L (m)	Hi/L	Koefisien Refleksi
1	M1	3	2	2,886	1,3	0,3	0,5	0,8	3,4577487	0,00231364	0,625
			3	1,855	2,4	0,4	1	1,4	2,18322119	0,00641254	0,71428571
			4	1,373	3,4	0,6	1,4	2	1,57551933	0,01269423	0,7
		6	2	2,904	2,5	0,5	1	1,5	3,47983639	0,00431055	0,66666667
			3	1,77	4,5	0,7	1,9	2,6	2,07694473	0,01251839	0,73076923
			4	1,37	5,4	0,8	2,3	3,1	1,57171911	0,01972363	0,74193548
2	M2	3	2	2,882	1,5	0,5	0,5	1	3,45282258	0,00289618	0,5
			3	1,803	2,4	0,7	0,85	1,55	2,11833296	0,00731707	0,5483871
			4	1,334	2,8	0,8	1	1,8	1,52558688	0,01179874	0,55555556
		6	2	2,87	2,6	0,8	0,9	1,7	3,43800553	0,00494473	0,52941176
			3	1,608	3,7	1,1	1,3	2,4	2,12460729	0,01129621	0,54166667
			4	1,373	4,2	1,1	1,55	2,65	1,57551933	0,01681985	0,58490566
3	M3	3	2	2,907	1,5	0,4	0,55	0,95	3,48350496	0,00272714	0,57894737
			3	1,831	2,3	0,6	0,85	1,45	2,0894805	0,00693952	0,5862069
			4	1,339	3,3	0,8	1,25	2,05	1,53204097	0,01338084	0,6097561
		6	2	2,853	2,7	0,7	1	1,7	3,41691542	0,00497525	0,58823529
			3	1,795	3,4	0,9	1,25	2,15	2,11958902	0,01014348	0,58139535
			4	1,378	4,2	1	1,6	2,6	1,58190284	0,0164359	0,61538462
4	M4	3	2	2,853	1,7	0,4	0,65	1,05	3,41691542	0,00307295	0,61904762
			3	1,78	2,3	0,5	0,9	1,4	2,0894805	0,00670023	0,64285714
			4	1,289	3,1	0,6	1,25	1,85	1,46783994	0,01260355	0,67567568
		6	2	2,907	2,4	0,5	0,95	1,45	3,48350496	0,00416247	0,65517241
			3	1,804	3	0,6	1,2	1,8	2,11958902	0,00849221	0,66666667
			4	1,317	4,5	0,8	1,85	2,65	1,50389847	0,01762087	0,69811321
5	M5	3	2	2,88	1,5	0,4	0,55	0,95	3,4503571	0,00275334	0,57894737
			3	1,877	2,2	0,6	0,8	1,4	2,22316047	0,00629734	0,57142857
			4	1,289	2,8	0,7	1,05	1,75	1,46783994	0,01192228	0,6
		6	2	2,907	2,3	0,6	0,85	1,45	3,48350496	0,00416247	0,5862069
			3	1,833	3	0,7	1,15	1,85	2,15587157	0,00858122	0,62162162
			4	1,323	4,2	0,9	1,65	2,55	1,51157756	0,01686979	0,64705882

Peneliti : RAMON PUTRA  
Tempat : LAB. HH PSIT UGM

Kedalaman Air : 15 cm

No.	Model	Stroke	Variator	T (Periode) (detik)	H max. (cm)	H min. (cm)	Hr (cm)	Hi (cm)	L (m)	Hi/L	Koefisien Refleksi
6	M6	3	2	2,934	2	0,3	0,85	1,15	3,51635856	0,00327043	0,73913043
			3	1,855	2,5	0,3	1,1	1,4	2,18154369	0,00641747	0,78571429
			4	1,34	3,5	0,4	1,55	1,95	1,54964771	0,01258351	0,79487179
		6	2	2,808	2,5	0,4	1,05	1,45	3,36155458	0,00431348	0,72413793
			3	1,764	4,6	0,5	2,05	2,55	2,06939401	0,01232245	0,80392157
			4	1,343	5,4	0,5	2,45	2,95	1,55359832	0,01898818	0,83050847
7	M7A	3	2	2,886	1,2	0,4	0,4	0,8	3,4577487	0,00231364	0,5
			3	1,805	2	0,6	0,7	1,3	2,11833296	0,0061369	0,53846154
			4	1,344	3	0,8	1,1	1,9	1,53848723	0,01234979	0,57894737
		6	2	2,912	1,9	0,5	0,7	1,2	3,48961117	0,00343878	0,58333333
			3	1,808	3,1	0,6	1,25	1,85	2,12460729	0,00870749	0,67567568
			4	1,313	5	1	2	3	1,51055045	0,01986031	0,66666667
	M7B	3	2	2,886	1,5	0,7	0,4	1,1	3,4577487	0,00318126	0,36363636
			3	1,77	2,5	0,8	0,85	1,65	2,07694473	0,00794436	0,51515152
			4	1,322	3,5	0,9	1,3	2,2	1,51057347	0,01456401	0,59090909
		6	2	2,874	3	1	1	2	3,44295099	0,00580897	0,5
			3	1,792	4,2	1,2	1,5	2,7	2,10447664	0,01282979	0,55555556
			4	1,31	5	1,4	1,8	3,2	1,49490612	0,02140603	0,5625
8	M8A	3	2	2,861	1,7	0,5	0,6	1,1	3,42685467	0,00320994	0,54545455
			3	1,77	2,2	0,6	0,8	1,4	2,07694473	0,00674067	0,57142857
			4	1,7	3,4	0,7	1,35	2,05	1,51029955	0,01357347	0,65853659
		6	2	2,904	3,1	0,7	1,2	1,9	3,47983639	0,00546003	0,63157895
			3	1,79	4	0,8	1,6	2,4	2,10195519	0,01141794	0,66666667
			4	1,352	5,1	0,9	2,1	3	1,54876384	0,01937029	0,7
	M8B	3	2	2,938	1,2	0,5	0,35	0,85	3,52120071	0,00241395	0,41176471
			3	1,831	2	0,7	0,65	1,35	2,15337415	0,00626923	0,48148148
			4	1,339	3,5	0,9	1,3	2,2	1,53204097	0,01435993	0,59090909
		6	2	2,881	3	0,8	1,1	1,9	3,45159004	0,00550471	0,57894737
			3	1,766	4	1	1,5	2,5	2,07191335	0,01206614	0,6
			4	1,341	5,2	1,2	2	3,2	1,53462163	0,02085205	0,625

#### 5.4 Analisis Regresi

Grafik hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$  diregresikan secara linear sederhana pangkat 1 agar dapat mewakili dari titik-titik sebaran, dan memudahkan untuk membaca dan memprediksi hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$ . Regresi linear menggunakan program SPSS 15.

Dari analisis dengan SPSS 15, syarat kelayakan persamaan korelasi dapat mewakili sebaran variabel adalah jika hubungan antar variabel mendekati 1 dan tingkat signifikansi korelasi kecil dan sama dengan 0,05.

#### 5.4.1 Analisis regresi dan Korelasi M1

Berdasarkan hasil analisis regresi dan korelasi, M1 memiliki hubungan antar variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$  yang dihitung dengan koefisien korelasi adalah 0.838 mendekati 1, hal ini menunjukkan hubungan yang sangat terkait antara  $Kr$  dan  $Hi/L$ . Semakin meningkat nilai  $Hi/L$  maka nilai  $Kr$  juga akan ikut meningkat. Tingkat signifikansi koefisien korelasi adalah  $0.019 < 0.05$ , berarti tingkat korelasi antar  $Kr$  dan  $Hi/L$  sangat nyata. Dengan persamaan regresi linear  $Y = 0,642+5,63X$ .

#### 5.4.2 Analisis regresi dan Korelasi M2

Koefisien korelasi antar variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$  adalah 0,927 mendekati 1, dan tingkat signifikansi koefisien korelasi adalah 0,002 praktis mendekati 0, berarti tingkat korelasi kedua variabel menunjukkan hubungan keterkaitan. Dari analisis regresi didapat persamaan regresi  $Y = 0,496+5,114X$ .

#### 5.4.3 Analisis Regresi dan Korelasi M3

Korelasi antar variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$  pada M3 sebesar 0.869, tingkat signifikansi koefisien korelasi adalah  $0.012 < 0.05$ . ini menunjukkan hubungan keterkaitan antar kedua variabel tersebut. Persamaan regresi yang diperoleh dari hitungan analisis regresi adalah  $Y = 0,570+2,566X$ .



#### 5.4.4 Analisis Regresi dan Korelasi M4

Hubungan antar variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$  pada model M4 sangat terkait ini ditunjukkan dengan nilai korelasi antar variabel sebesar 0.914 dan tingkat signifikansi koefisien korelasi sebesar 0.005 jauh lebih kecil dari 0.05, dengan persamaan regresi  $Y = 0,620+4,545X$ .

#### 5.4.5 Analisis Regresi dan Korelasi M5

Pada M5 hubungan antar variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$  juga sangat terkait dan persamaan regresi  $Y = 0,562+4,621X$  dapat mewakili keterkaitan kedua variabel tersebut, karena nilai korelasi kedua variabel sebesar 0.846 dan signifikansi koefisien korelasi 0,017.

#### 5.4.6 Analisis Regresi dan Korelasi M6

Nilai korelasi  $Kr$  dengan  $Hi/L$  sebesar 0,917 dan signifikansi koefisien korelasi 0,005 menunjukkan persamaan regresi  $Y = 0,721+6,132X$  dapat mewakili hubungan keterkaitan antara variabel  $Kr$  dan  $Hi/L$ .

#### 5.4.7 Analisis Regresi dan Korelasi M7A

M7 memiliki nilai korelasi antar variabel 0.687, tingkat signifikansi koefisien korelasi 0.066 dan persamaan regresi  $Y = 0,526+7,318X$ .



#### 5.4.8 Analisis Regresi dan Korelasi M7B

Hubungan antara *Kr* dan *Hi/L* pada M7B sebesar 0,779 dan tingkat koefisien korelasi 0,034, dengan persamaan regresi yang dapat mewakili keterkaitan antara kedua variabel  $Y = 0,411 + 9,470X$ .

#### 5.4.9 Analisis Regresi dan Korelasi M8A

Korelasi antar variabel *Kr* dan *Hi/L* pada M8A sebesar 0,88, tingkat signifikansi koefisien korelasi adalah 0,027. ini menunjukkan hubungan keterkaitan antar kedua variabel tersebut. Persamaan regresi yang diperoleh dari hitungan analisis regresi adalah  $Y = 0,542 + 8,712X$ .

#### 5.4.10 Analisis Regresi dan Korelasi M8B

Dari hasil analisis regresi, M8B memiliki korelasi antar variabel sebesar 0,804 dan tingkat signifikansi korelasi 0,027 dengan persamaan regresi  $Y = 0,448 + 9,781X$ .

Pada analisis SPSS 15 variabel dependent atau variabel tergantung atau variabel yang akan diprediksi adalah *Kr* dan variabel independent atau variabel bebas adalah *Hi/L*. Hasil output analisis SPSS selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.

## BAB VI

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Hasil Pengujian Model

Hasil penelitian selanjutnya ditabulasikan dan digambarkan dalam bentuk hubungan antara parameter yang dominan, yaitu hubungan antara  $Kr$  dan  $Hi/L$  untuk setiap modelnya.

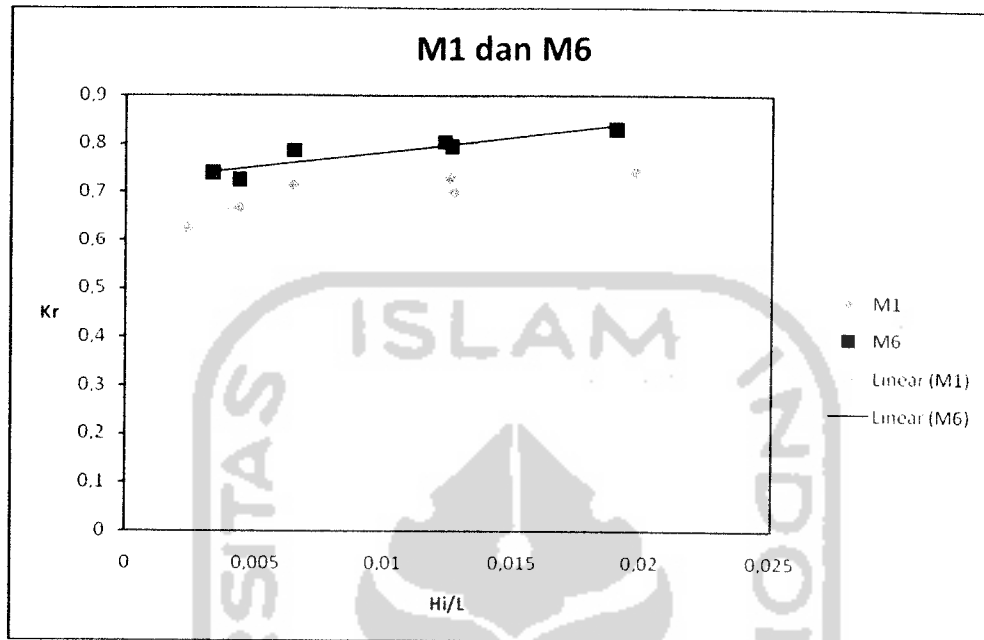
Pengujian dilakukan untuk mengetahui efektifitas bentuk tiap-tiap model dinding gelombang dalam mereduksi refleksi gelombang datang. Adapun pembahasan dari masing-masing hasil pengujian yang telah dilakukan dijelaskan sebagai berikut.

##### 6.1.1 Pengujian Model M1 dan M6.

Dari perbandingan hasil uji dua buah model yang sama polos (tanpa lobang dan rongga) namun hanya berbeda pada bentuk penampang profil dinding, M1 model dinding yang berpenampang siku dan M6 model dinding yang berpenampang datar/biasa.

Dari hasil pengujian didapat bahwa M1 lebih efektif mereduksi refleksi gelombang, hal ini disebabkan bentuk profil dinding yang bersiku. Dimana ada

bagian depan dinding yang tidak rata, yang mengakibatkan gelombang tidak pecah dengan serentak.



**Gambar 6.1 Hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$  untuk model M1 dan M6**

Dari Gambar 6.1 diperoleh perbandingan antara M1 dan M6, M1 selalu berada relatif sejajar dibawah M6

Semakin tinggi  $Hi/L$  maka semakin besar koefisien refleksi ( $Kr$ ), ini menunjukkan bahwa pada setiap kenaikan  $Hi/L$  energi gelombang yang direfleksikan semakin besar bila dibandingkan dengan energi gelombang yang terserap. Apabila energi gelombang yang terefleksi lebih besar dibandingkan dengan energi yang terserap maka koefisien refleksi ( $Kr$ ) menjadi semakin besar.

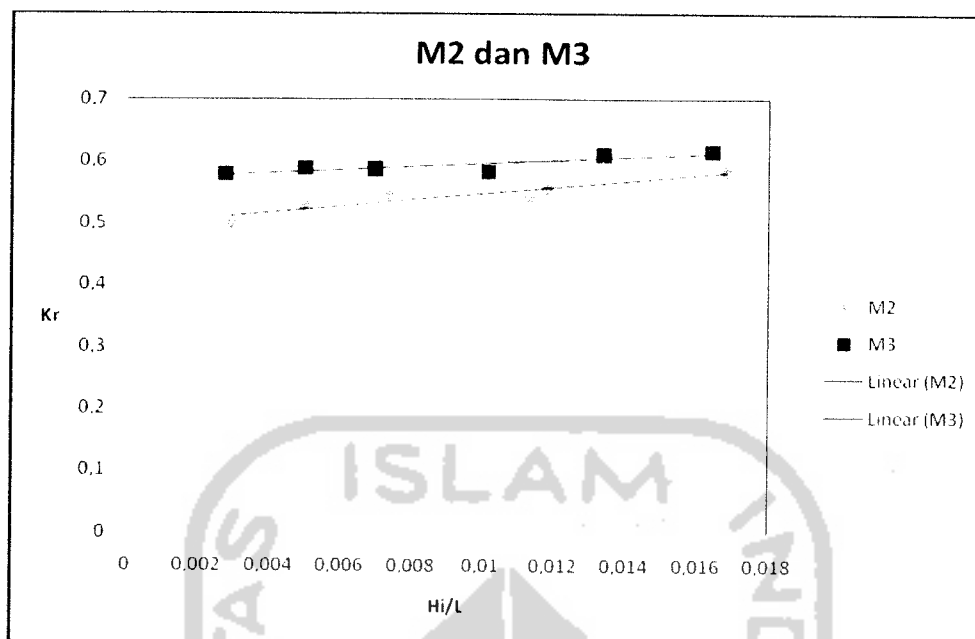
Adanya perbedaan bentuk dinding pada M1 dan M6 ternyata berpengaruh terhadap usaha untuk mereduksi refleksi gelombang datang, terutama pada M1 model yang telah dimodifikasi memiliki kemampuan mereduksi gelombang yang lebih baik jika di bandingkan dengan dinding datar (M6). Hal ini ditunjukkan oleh perbandingan efektifitas penyerapan penyerapan energi gelombang, yang di gambarkan pada Gambar 6.1.

#### 6.1.2 Pengujian Model M2 dan M3

Model M2 dan M3 merupakan model yang berpenampang bersiku dan memiliki persentase luas lobang yang sama, yakni 22 %. Namun yang membedakan kedua model adalah bentuk susunan lobang. M2 susunan lobang berbaris sejajar, dan M3 model dengan susunan lobang yang zig-zag.

Dari perbandingan 2 model tersebut didapat perbandingan koefisien refleksi M2 sedikit lebih mampu mereduksi refleksi gelombang jika dibandingkan dengan M3.

Pada Gambar 6.2, menunjukan pada kondisi  $Hi/L$  yang semakin rendah, maka perbedaan kemampuan mereduksi gelombang pada M2 dan M3 terlihat semakin berbeda dan pada  $Hi/L$  yang tinggi kemampuan M2 dan M3 dalam mereduksi gelombang mendekati sama, maka dapat dikemukakan bahwa M2 memiliki kemampuan mereduksi refleksi lebih baik pada  $Hi/L$  yang rendah.



**Gambar 6.2 Hubungan  $K_r$  dan  $H_i/L$  untuk model M2 dan M3**

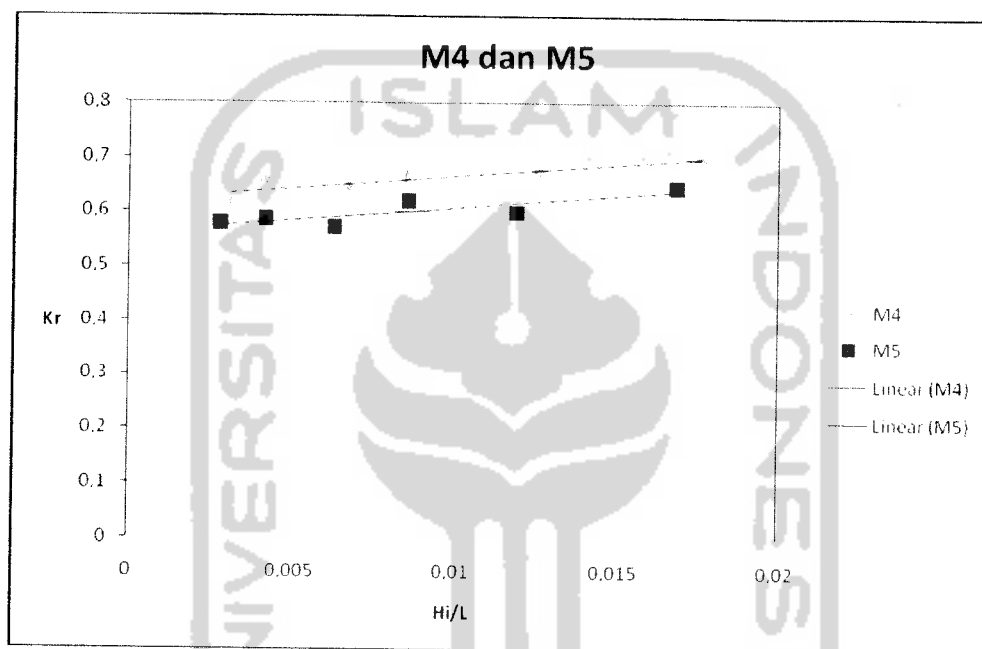
Pada Gambar 6.2, menunjukkan pada kondisi  $H_i/L$  yang semakin rendah, maka perbedaan kemampuan mereduksi gelombang pada M2 dan M3 terlihat semakin berbeda dan pada  $H_i/L$  yang tinggi kemampuan M2 dan M3 dalam mereduksi gelombang mendekati sama, maka dapat dikemukakan bahwa M2 memiliki kemampuan mereduksi refleksi lebih baik pada  $H_i/L$  yang rendah.

### 6.1.3 Pengujian Model M4 Dan M5

Model M4 dan M5 merupakan model yang berpenampang bersiku dan memiliki persentase luas rongga yang sama, yakni 22 %. Namun yang membedakan

kedua model adalah jumlah rongga, pada model M4 memiliki 3 rongga pada sisi belakang dinding, dan M4 memiliki 4 rongga pada sisi depan dinding.

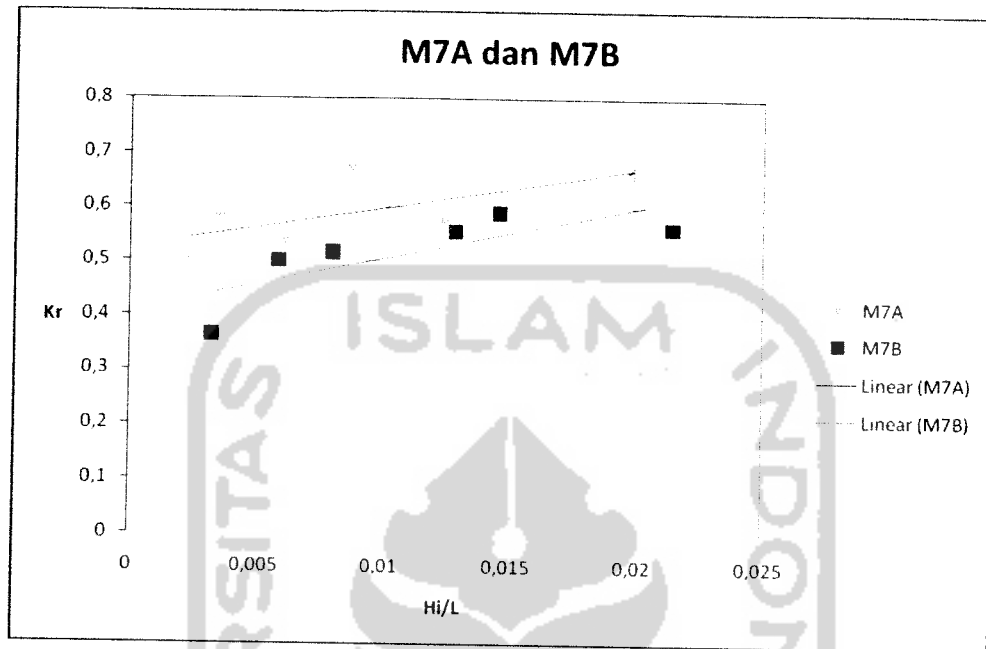
Dari Gambar 6.3 pada  $Hi/L$  rendah, kemampuan M5 mereduksi gelombang lebih baik dibandingkan M4, ini terlihat dari garis linear M5 yang selalu berada sejajar dibawah M4.



**Gambar 6.3. Hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$  untuk model M4 dan M5**

Hal ini disebabkan karena kemampuan M5 mentransmisikan gelombang yang lebih baik, yang disebabkan rongga yang ada pada dinding gelombang. Sebagian gelombang tidak langsung terefleksi namun di transmisikan terlebih dahulu.

#### 6.1.4 Pengujian Model M7A dan M7B



**Gambar 6.4. Hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$  untuk model M7A dan M7B**

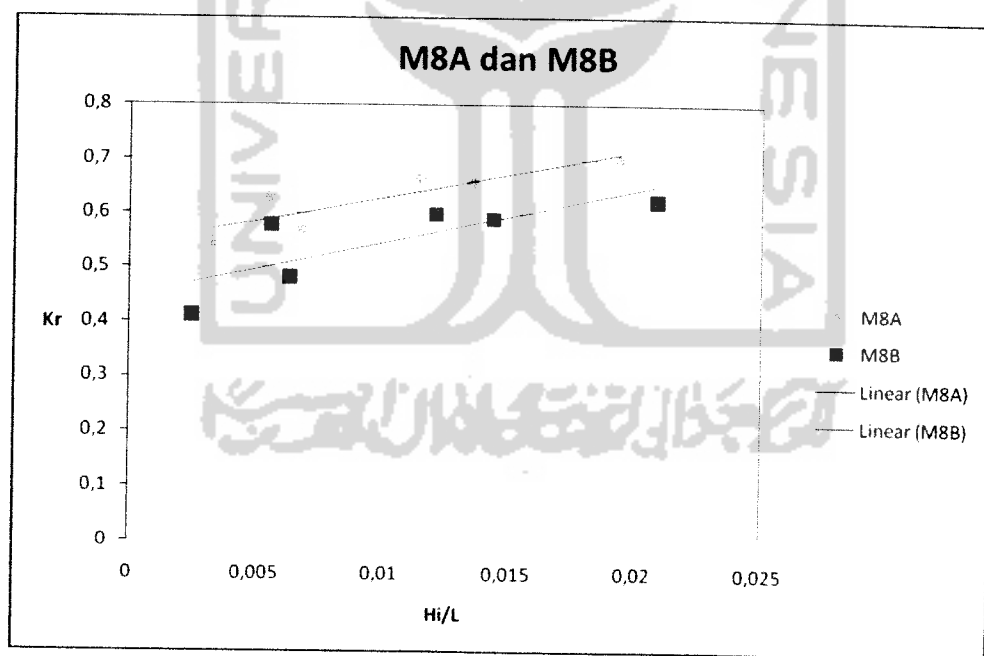
M7A dan M7B model dinding dengan permukaan berlobang dengan persen lobang 10 % namun yang membedakan pada model M7B pada belakang dinding di beri batu pecah dengan diameter butir 1 cm. Pada uji perbandingan kedua model di dapat bahwa model dengan batu pecah (M7B) memiliki kinerja peredaman refleksi gelombang yang lebih baik, namun M7B pada setiap peningkatan  $Hi/L$  kenaikan  $Kr$  cenderung sedikit lebih besar, ini terlihat pada garis linear M7B yang sedikit lebih terjal.



Dengan menggunakan batu pecah pada belakang model, ternyata mampu menurunkan koefisien refleksi gelombang, pada model ini batu pecah menurunkan koefisien refleksi gelombang sekitar 28 - 17%. Fluks energi gelombang yang mengenai model dinding dermaga sebagian akan mengalami kehilangan energi akibat peredaman. Sebagian lagi fluks energi yang tidak dapat diteruskan oleh model dinding dermaga tersebut akan menyebabkan terjadinya gelombang refleksi.

Lobang pada M7B, mengakibatkan adanya transmisi gelombang, dan batu pecah mengakibatkan terjadinya gelombang dispersi (pecah) dan tertransmisi melalui celah-celah batu pecah.

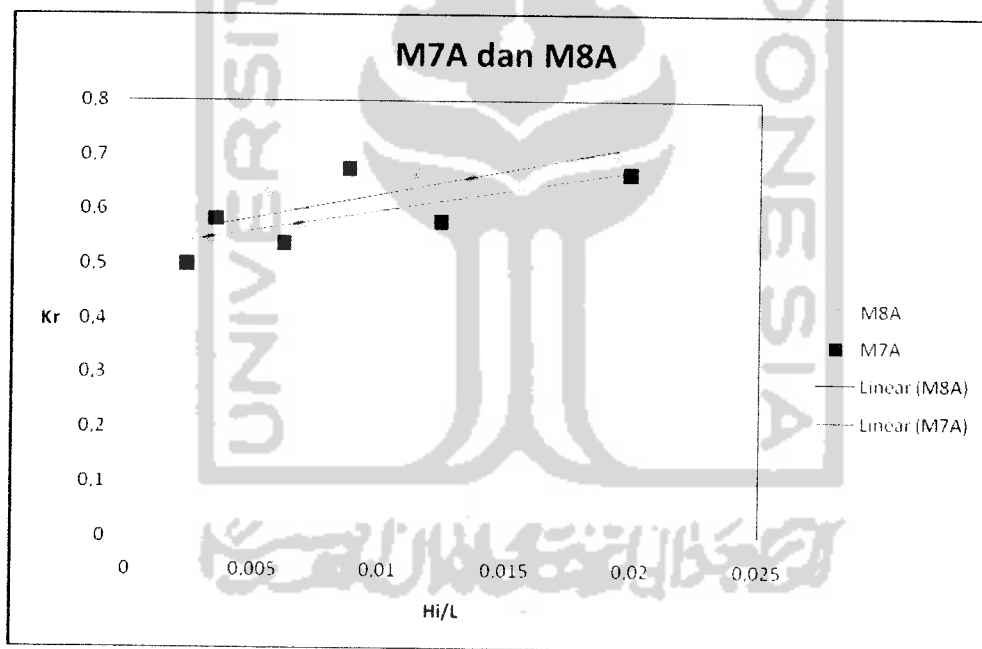
#### 6.1.5 Pengujian Model M8A dan M8B



**Gambar 6.5. Hubungan  $K_r$  dan  $H_i/L$  untuk model M8A dan M8B**

Perbandingan M8A dan M8B yang merupakan model dengan rongga dan memiliki persen luasan rongga 10 %, namun yang membedakan pada M8B diberi isian batu pecah sebagai tambahan peredam gelombang. Pada perbandingan 2 model ini, efektifitas maksimum peredaman refleksi gelombang terjadi pada model M8B yang diberi batu pecah pada belakang model. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6.5 dimana M8B mampu mereduksi refleksi sekitar 25 - 10% lebih baik dibandingkan model tanpa isian batu pecah (M8A).

#### 6.1.6 Perbandingan Model dengan Lobang dan Rongga



Gambar 6.6. Hubungan  $K_r$  dan  $H_i/L$  untuk model Lobang dan rongga

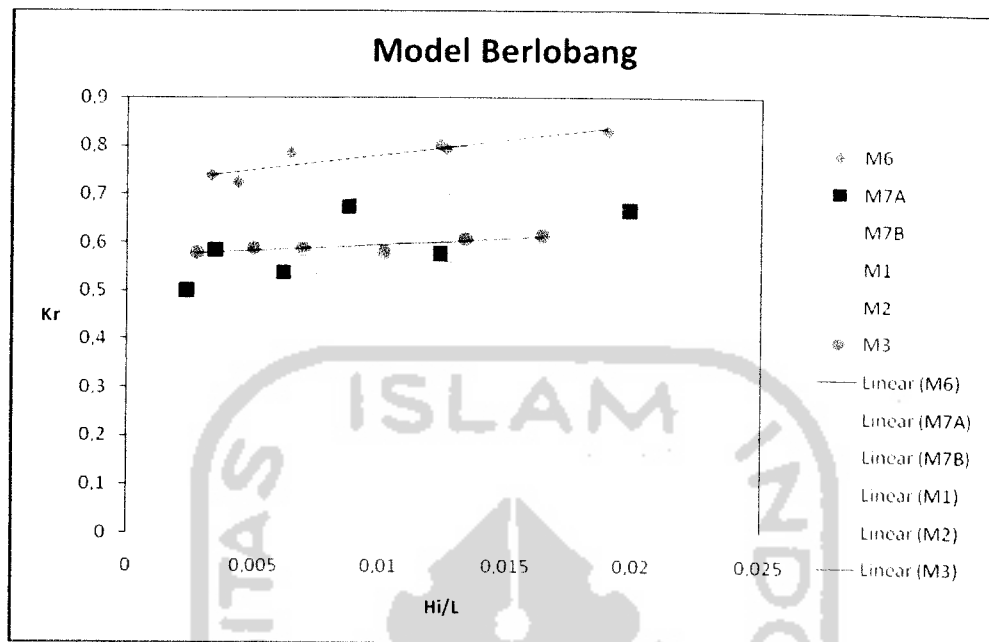
Pada Gambar 6.6, perbandingan kedua model relatif sedikit, namun model M7A lebih efektif meredam refleksi gelombang berkisar antara 2 – 9 %. Semakin besar  $H/L$  maka perbedaan kedua model juga semakin besar, ini terlihat pada garis linear M8A yang lebih terjal dibandingkan garis linear M7A.

#### 6.1.7 Perbandingan Model dengan isian batu pecah dan tanpa batu pecah.

Pada Gambar 6.4 dan Gambar 6.5, terlihat adanya penurunan koefisien refleksi gelombang pada model yang menggunakan batu pecah. Aliran gelombang datang diteruskan (transmisi) oleh rongga dan lobang pada dinding model mengenai batu pecah, energi gelombang akan diteruskan melalui celah-celah batu pecah dan mengalami gesekan pada permukaan batu pecah yang mengakibatkan terjadinya kehilangan energi atau gelombang pecah.

Pada model dengan lobang dan rongga, gelombang datang yang diteruskan (transmisi) melalui lobang-lobang dan rongga-rongga pada dinding, direfleksikan oleh dinding tegak dibelakang model dan kemudian akan direfleksikan lagi oleh model. Sehingga pada ruang antara model dan dinding tegak dibelakang terjadi kepungan gelombang, dimana gelombang yang masuk antara dua dinding itu mengalami berkali-kali refleksi gelombang. Kondisi ini menyebabkan bertambahnya energi gelombang yang terefleksi keluar dari lobang dan rongga sehingga dapat mempengaruhi koefisien refleksi.

### 6.1.8 Perbandingan tiap Model berlobang.



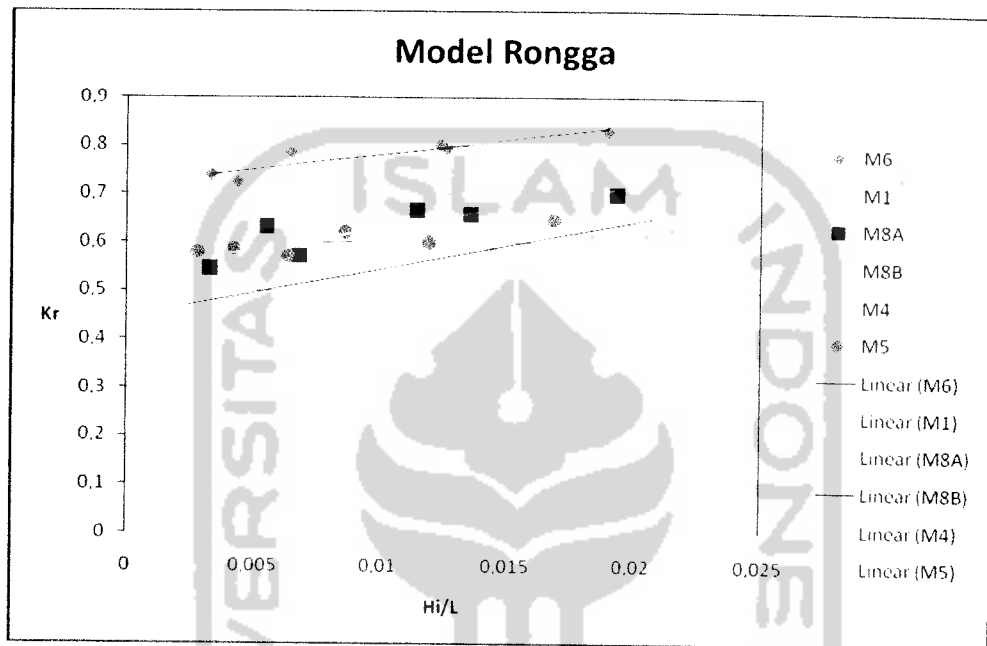
**Gambar 6.7. Hubungan  $Kr$  dan  $Hi/L$  untuk Model dengan Lobang**

Perbandingan tiap model dengan lobang, didapat model M7B dengan model lobang 10 % lebih efektif mereduksi refleksi gelombang, karena di pengaruhi oleh isian batu pecah, namun perbandingan peningkatan  $Kr$ , pada setiap kenaikan  $Hi/L$  lebih besar dibandingkan model M2.

Model M2 dengan modifikasi dan lobang 22 % efektif mereduksi refleksi gelombang jika dibandingkan dengan model-model berlobang yang tanpa diisi batu pecah di belakang dinding dermaga. Hal ini menunjukkan bentuk modifikasi dinding dan luasan bukaan mempengaruhi refleksi gelombang. Garis linear pada model

modifikasi cenderung lebih datar dibandingkan dengan model isian batu pecah yang memiliki garis linear yang terjal.

#### 6.1.9 Perbandingan tiap Model rongga.



**Gambar 6.8. Hubungan  $K_r$  dan  $H_i/L$  untuk Model dengan Lobang**

Perbandingan tiap model rongga menunjukkan model M8B lebih efektif mereduksi refleksi gelombang, hal ini disebabkan karena isian batu pecah di belakang dinding gelombang. Namun pada model-model dinding tanpa isian batu pecah, model M5 dengan luasan rongga dan profil dinding siku bergelombang lebih efektif mereduksi refleksi gelombang, dikarenakan luasan rongga, jumlah rongga dan profil dinding. Jumlah rongga dan luasan rongga memungkinkan dinding dibelakang rongga

untuk memtransmisikan kembali gelombang yang telah ditransmisikan oleh dinding dermaga.



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

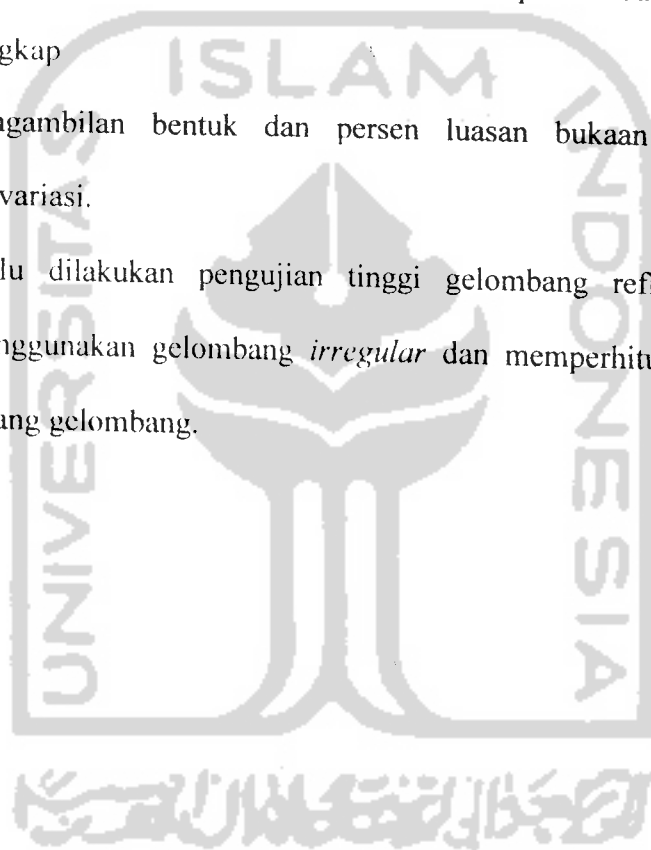
Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka disimpulkan beberapa hal menyangkut bentuk dinding dermaga yang dapat mereduksi refleksi gelombang yang terjadi sebagai berikut ini :

1. Bentuk dinding dermaga yang berpenampang dengan profil siku bergelombang lebih efektif mereduksi refleksi gelombang jika dibandingkan dengan dinding dermaga konvensional yang datar.
2. Dinding dermaga berlobang sedikit lebih efektif mereduksi refleksi gelombang sebesar 2 – 9 % dibandingkan dinding berongga.
3. Susunan lobang pada dinding dermaga tidak signifikan pengaruhnya dalam mereduksi refleksi gelombang.
4. Dinding dermaga dengan pengisian batu pecah dibelakangnya mampu mereduksi refleksi gelombang berkisar antara 25 – 10 % dibandingkan tanpa penggunaan batu pecah.
5. Refleksi gelombang dipengaruhi oleh bentuk fisik dinding dermaga yang dicirikan oleh bentuk profil penampang dinding, bentuk dan luasan bukaan serta adanya batu pecah dibelakang dinding dermaga. Kemudian juga oleh sifat gelombang yang dicirikan oleh periode, panjang gelombang dan tinggi gelombang.

## 7.2 Saran

Beberapa masalah yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut mengenai modifikasi dinding dermaga untuk mereduksi refleksi gelombang adalah:

1. Perlu di lakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi stroke dan variator yang lebih banyak, untuk mendapatkan data yang lebih lengkap
2. Pengambilan bentuk dan persen luasan bukaan yang lebih bervariasi.
3. Perlu dilakukan pengujian tinggi gelombang refleksi dengan menggunakan gelombang *irregular* dan memperhitungkan sudut datang gelombang.





## DAFTAR PUSTAKA

Asrib, A.R. 1998. *Kajian Bentuk Dinding Dermaga Untuk Mereduksi Refleksi Gelombang*. Tesis, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Program Pascasarjana Universitas Gadjah Mada.

Coastal Engineering Research Center. 1984. *Shore Protection Manual Volume I and II*. Washington. Coastal Engineering Research Center.

Goda, Y. 1985. *Random Seas and Design of Maritime Structures*. Jepang: University of Tokyo Press.

Hughes, S.A., 1993. *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*, Vol. 7, World Scientific Publishing CO.Pte.Ltd, USA

McConnel, K.J., Allshop N.W.H & Ethelston D.M., 1996, *Wave Reflection From Coastal Structure : Development and Application of New Approaches*, Proc 10th APD IAHR Congress, Langkawi

OCDI. 1991. *Technical Standards for Port and Harbour Facilities in Japan*, Jepang, Port and Harbour Research Institute, Ministry of Transport..

Triadmojo, B. 2003. *Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triadmojo, B. 2003. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

U.S. Army Corps of Engineers. 2002. *The Coastal Engineering Manual*. Washington. U.S. Army Corps of Engineers.

Vries, M.D. 1977. *Scale Models in Hydraulics Engineering*. Delft, Netherland:  
International Institute for Hydraulics and Environmental Eng.



# LAMPIRAN



Lampiran 1



Foto 1. Pembangkit Gelombang

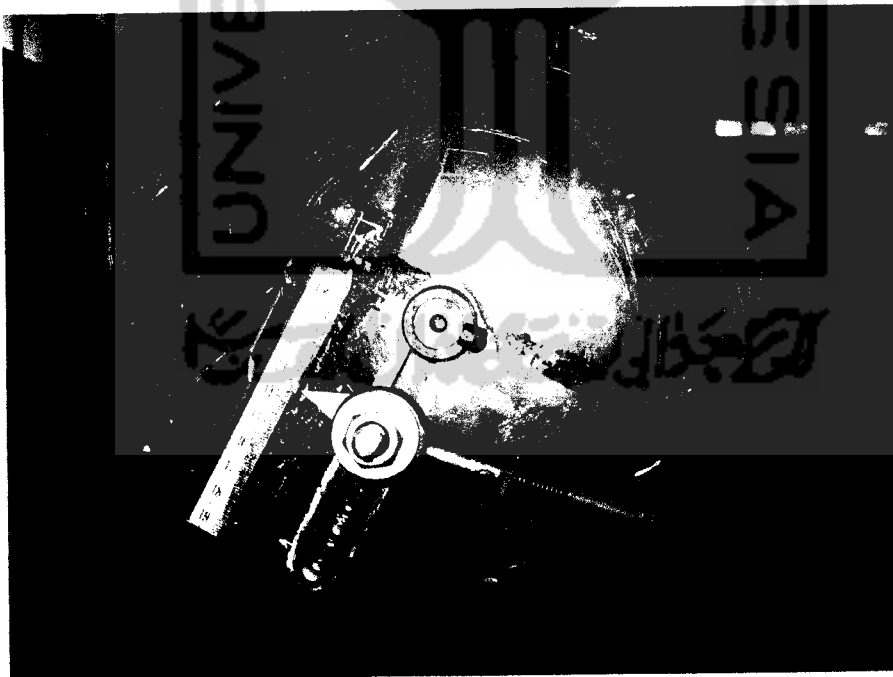


Foto 2. Stroke



Foto 3. Flap

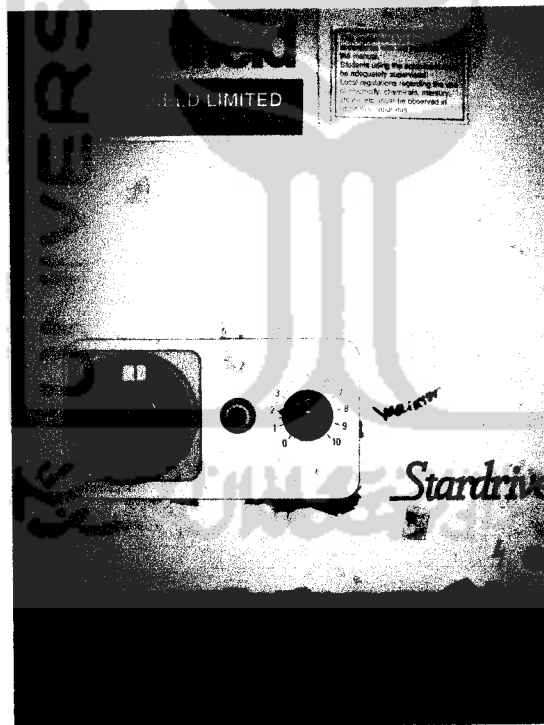


Foto 4. Variator



Foto 5. Penelitian Model M2



Foto 6. Gelombang Mengenai Model

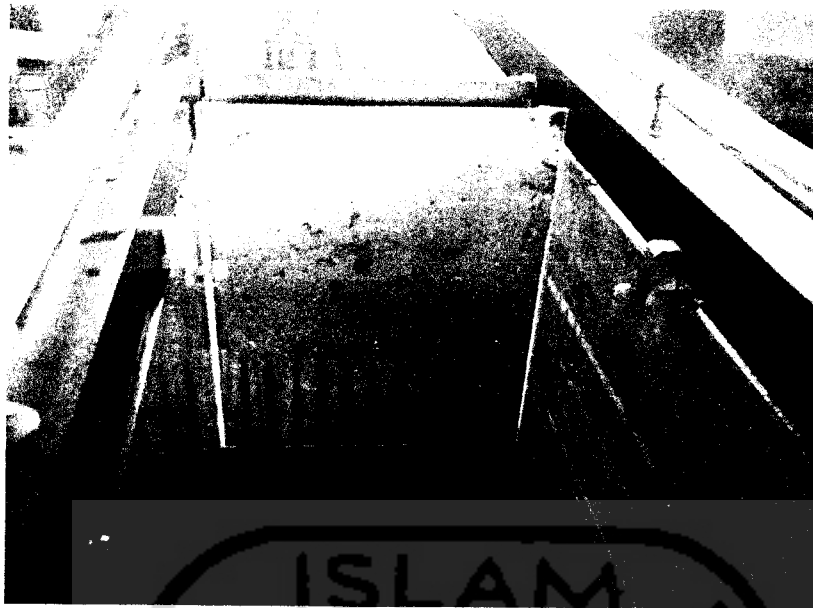


Foto 7. Penelitian Model M8A (Tanpa isian batu pecah)



Foto 8. Model M8A

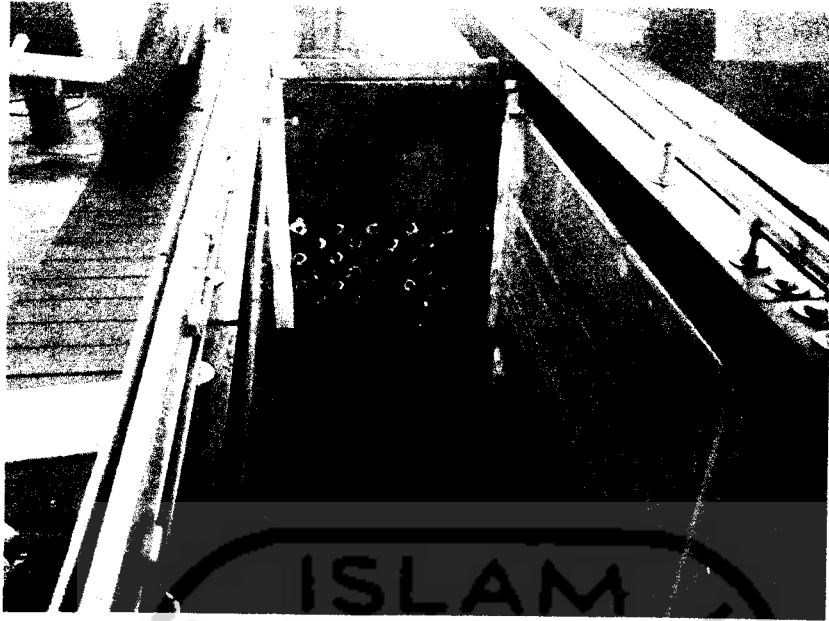


Foto 9. Penelitian Model M8B (dengan isian batu pecah)

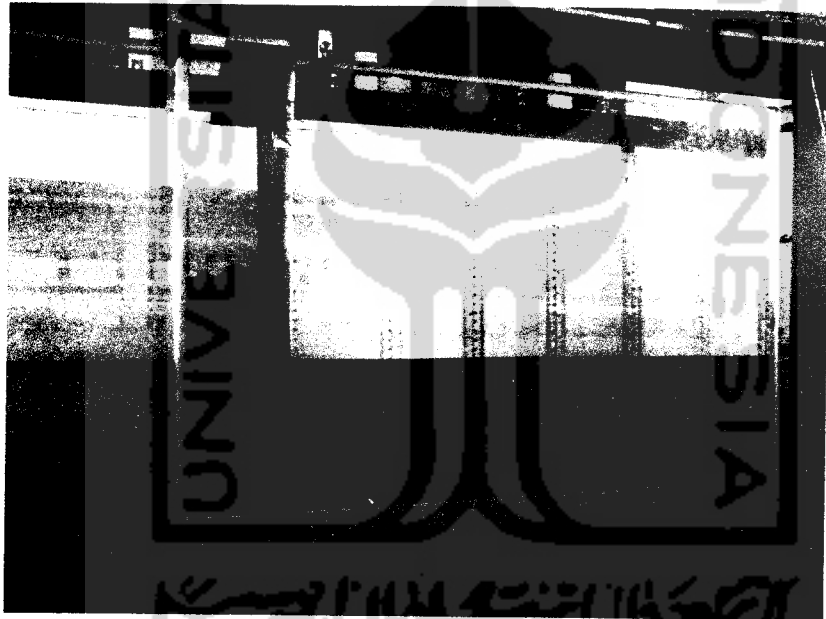


Foto 10. Model M8B





Foto 11 . Model M1

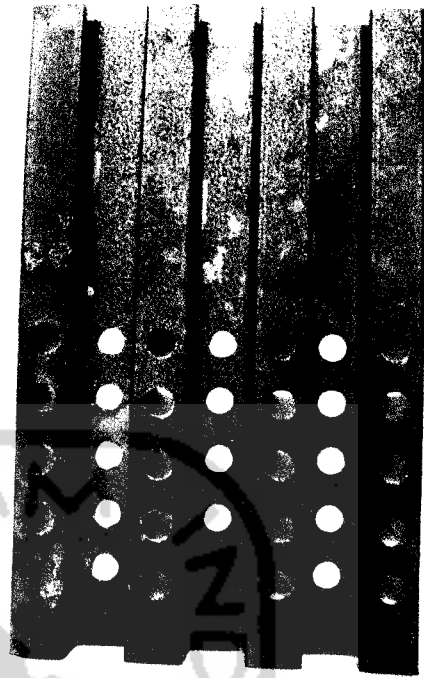


Foto 12. Model M2

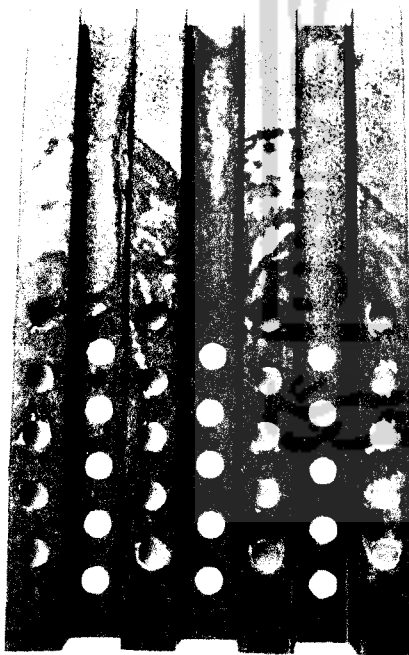


Foto 13. Model M3

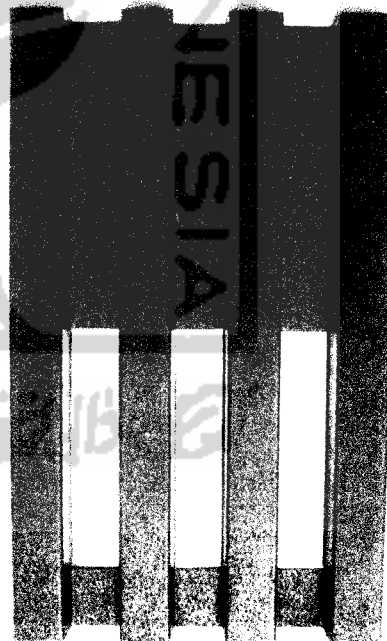


Foto 14. Model M4

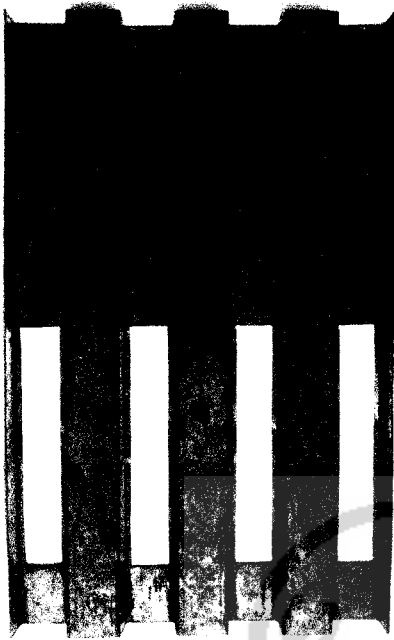


Foto 15. Model M5



Foto 16. Model M6

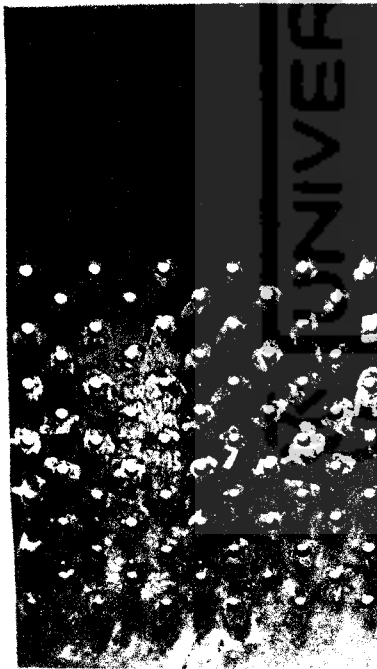


Foto 17. Model M7

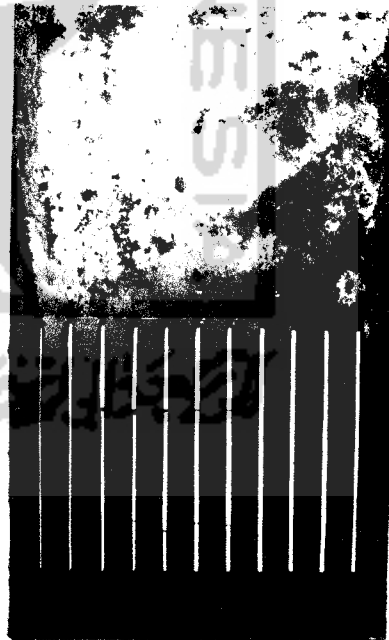


Foto 18. Model M8

ANALISIS KORELASI DAN REGRESI LINEAR Kr DAN Hi/L

	M1		M2		M3		M4		M5	
	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L
Pearson Correlation	1	0,838	1	0,927	1	0,869	1	0,914	1	0,846
Sig. (2-tailed)		0,019		0,004		0,012		0,005		0,017
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pearson Correlation	0,838	1	0,927	1	0,869	1	0,914	1	0,846	1
Sig. (2-tailed)	0,019		0,002		0,012		0,005		0,017	
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Persamaan Linear	Y = 0,642+5,633X		Y = 0,496+5,114X		Y = 0,570+2,566X		Y = 0,620+4,545X		Y = 0,562+4,621X	

	M6		M7A		M7B		M8A		M8B	
	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L	Kr	Hi/L
Pearson Correlation	1	0,917	1	0,687	1	0,779	1	0,88	1	0,804
Sig. (2-tailed)		0,005		0,066		0,034		0,01		0,027
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Pearson Correlation	0,917	1	0,687	1	0,779	1	0,88	1	0,804	1
Sig. (2-tailed)	0,005		0,066		0,034		0,01		0,027	
N	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Persamaan Linear	Y = 0,721+6,132X		Y = 0,526+7,318X		Y = 0,411+9,470X		Y = 0,542+8,712X		Y = 0,448+9,781X	

**Correlations**

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,838
	Tinggi per panjang gelombang	,838	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,019
	Tinggi per panjang gelombang	,019	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t		Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error	
1	(Constant)	,642	,021		30,858		,000
	Tinggi per panjang gelombang	5,633	1,834	,838	3,071		,037

a. Dependent Variable: Koefisien Refleksi

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,007	1	,007	9,430	,037(a)
	Residual	,003	4	,001		
	Total	,010	5			

a. Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b. Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,927
	Tinggi per panjang gelombang	,927	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,004
	Tinggi per panjang gelombang	,004	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

## Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,496	,011		46,501	,000
	Tinggi per panjang gelombang	5,114	1,037	,927	4,933	,008

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	1	,003	24,337	,008(a)
	Residual	,001	4	,000		
	Total	,004	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,869
	Tinggi per panjang gelombang	,869	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,012
	Tinggi per panjang gelombang	,012	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

## Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,570	,008		75,895	,000
	Tinggi per panjang gelombang	2,566	,731	,869	3,507	,025

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,001	1	,001	12,302	,025(a)
	Residual	,000	4	,000		
	Total	,001	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,914
	Tinggi per panjang gelombang	,914	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,005
	Tinggi per panjang gelombang	,005	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

## Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,620	,010		60,743	,000
	Tinggi per panjang gelombang	4,545	1,009	,914	4,503	,011

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	1	,003	20,279	,011(a)
	Residual	,001	4	,000		
	Total	,004	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

M5

**Correlations**

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,846
	Tinggi per panjang gelombang	,846	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi	.	,017
	Tinggi per panjang gelombang	,017	.
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,562	,014		39,825	,000
	Tinggi per panjang gelombang	4,621	1,454	,846	3,178	,034

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,003	1	,003	10,100	,034(a)
	Residual	,001	4	,000		
	Total	,004	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi



## Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,917
	Tinggi per panjang gelombang	,917	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,005
	Tinggi per panjang gelombang	,005	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

## Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,721	,015		48,549	,000
	Tinggi per panjang gelombang	6,132	1,335	,917	4,592	,010

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,007	1	,007	21,089	,010(a)
	Residual	,001	4	,000		
	Total	,008	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

M7A

**Correlations**

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,687
	Tinggi per panjang gelombang	,687	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,066
	Tinggi per panjang gelombang	,066	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t		Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error	
1	(Constant)	,526	,041		12,797		,000
	Tinggi per panjang gelombang	7,318	3,869	,687	1,892		,132

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,011	1	,011	3,578	,132(a)
	Residual	,013	4	,003		
	Total	,024	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

M7B

**Correlations**

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,779
	Tinggi per panjang gelombang	,779	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,034
	Tinggi per panjang gelombang	,034	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,411	,048		8,594	,001
	Tinggi per panjang gelombang	9,470	3,816	,779	2,482	,068

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,020	1	,020	6,159	,068(a)
	Residual	,013	4	,003		
	Total	,033	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,880
	Tinggi per panjang gelombang	,880	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,010
	Tinggi per panjang gelombang	,010	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

## Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,542	,027		20,287	,000
	Tinggi per panjang gelombang	8,712	2,351	,880	3,706	,021

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

## ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,014	1	,014	13,735	,021(a)
	Residual	,004	4	,001		
	Total	,018	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi

M8B

Correlations

		Koefisien Refleksi	Tinggi per panjang gelombang
Pearson Correlation	Koefisien Refleksi	1,000	,804
	Tinggi per panjang gelombang	,804	1,000
Sig. (1-tailed)	Koefisien Refleksi		,027
	Tinggi per panjang gelombang	,027	
N	Koefisien Refleksi	6	6
	Tinggi per panjang gelombang	6	6

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	,448	,043		10,317	,000
	Tinggi per panjang gelombang	9,781	3,621	,804	2,701	,054

a Dependent Variable: Koefisien Refleksi

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	,022	1	,022	7,294	,054(a)
	Residual	,012	4	,003		
	Total	,034	5			

a Predictors: (Constant), Tinggi per panjang gelombang

b Dependent Variable: Koefisien Refleksi