

33194/H/08



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



RSKe  
627.24  
Per  
m-1  
2008

FINAL PROJECT - LL1327

**NUMERICAL MODEL of SUBMERGED BREAKWATER TO  
REDUCE THE WAVES ENERGY WITH FLOW 3D**

IBRAHIM MAHBUB PERKASA  
REG. 4302 100 029

Supervisors

Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M.Eng

Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institute Technology of Sepuluh Nopember

Surabaya 2008

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	14-10-2008
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	232365

**MODEL NUMERIK SUBMERGED BREAKWATER UNTUK  
MEREDUKSI ENERGI GELOMBANG DENGAN FLOW 3D**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Progran Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**IBRAHIM MAHBUB PERKASA**

NRP. 4302 100 029

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M. Eng ..... (Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Wahyudi, M. Sc ..... (Pembimbing 2)



SURABAYA, 1 AGUSTUS 2008



# MODEL NUMERIK SUBMERGED BREAKWATER UNTUK MEREDUKSI ENERGI GELOMBANG DENGAN FLOW 3D

**Nama Mahasiswa** : Ibrahim Mahbub Perkasa  
**NRP** : 4302 100 029  
**Jurusan** : Teknik Kelautan FTK – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M. Eng  
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

## Abstrak

*Breakwater merupakan bangunan penahan gelombang yang sangat efektif untuk digunakan sebagai pelindung pantai terhadap erosi dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Sebuah bangunan penahan gelombang harus didesign sesuai dengan kondisi lingkungan daerah yang akan dibangun. Bangunan penahan gelombang juga digunakan untuk melindungi daerah-daerah pariwisata. Submerge breakwater adalah bangunan pelindung pantai dimana seluruh strukturnya tercelup air atau berada di bawah permukaan air. Selain menghindarkan pantai dari erosi akibat hempasan gelombang laut, penggunaan submerge breakwater tidak menghalangi pemandangan sehingga tidak mengurangi keindahan laut sehingga tetap bisa menjaga aspek-aspek keindahan pantai. Secara teknis penelitian ini dilakukan untuk mengetahui redaman gelombang yang terjadi pada submerged breakwater kantong pasir, dimana seluruh strukturnya tenggelam. Simulasi model dilakukan dengan software FLOW 3D untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dan nilai tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dengan variasi lebar puncak serta freeboard breakwater, kemudian membandingkan nilai-nilai gelombang tersebut untuk mendapatkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terkecil. Adapun untuk mengetahui pengaruh wave steepness dilakukan perubahan pada tinggi gelombang dan periodenya. Dari hasil perbandingan tersebut, lebar puncak dan freeboard terkecil yang memberikan redaman terbesar.*

**Kata-kata kunci** : *Submerged breakwater, kantong pasir, Koefisien Transmisi ( $K_t$ ).*

# NUMERICAL MODEL of SUBMERGED BREAKWATER TO REDUCE THE WAVES ENERGY WITH FLOW 3D

**Nama Mahasiswa** : Ibrahim Mahbub Perkasa  
**NRP** : 4302 100 029  
**Department** : Ocean Engineering FTK – ITS  
**Supervisors** : Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M. Eng  
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

## Abstract

*Breakwater is a wave blocks construction effectively used to prevent shore from erosion by dissipating the wave energy before it can reach the coastal areas. A breakwater should be designed perfectly suitable with the environmental characteristics. It is also used for tourism objects conservation. Submerged breakwater is a kind of breakwater which all the structures dip into the water or located under the water surface. Besides preventing the shore from erosion due sea wave hurl, the use of submerged breakwater do not block the scenery hence keeping the aesthetics and natural beauty aspects. Technically, this study conducted to evaluate the wave attenuation on submerged breakwater sand-filled bags where all the structures immersed. The simulation models were developed using FLOW 3D software to generate the wave transmission ( $H_t$ ) and wave incoming values ( $H_i$ ) with top width variation and freeboard breakwater, and to compare those values to obtain the lowest transmission coefficients ( $K_t$ ). In order to observe the influences of wave steepness, there have changing on the wave height and period. From the comparison, come to conclusion that the lowest top width and freeboard contributes highest wave attenuation*

**Keywords** : *Submerged breakwater, Sand-filled bags, Transmission Coefficients ( $K_t$ )*



## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala kesempatan, kemudahan, karunia, rahmat, rizki serta hidayah-Nya yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Hanya dengan izin dan rahmad-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Model Numerik Submerged Breakwater untuk Mereduksi Gelombang dengan Flow 3D”**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan serta dorongan moral maupun materi dari banyak pihak baik yang secara langsung maupun tidak langsung. Kepada bapak Dr. Ir. Haryo Dwito Armono, M.Eng dan bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc selaku dosen pembimbing TA atas segala bimbingannya penulis mengucapkan terima kasih. Bapak. Ir. Murdjito, M.Sc, M.Eng. selaku ketua jurusan Teknik Kelautan FTK-ITS dan bapak Dr. Ir. M. Musta'in, M.Sc. Penulis merasa terima kasih banyak kepada dosen, teman dan karyawan yang telah mendorong penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa karya ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga penulis senantiasa membuka diri untuk masukan dan kritik demi tercapainya kesempurnaan penelitian selanjutnya. Akhir kata, penulis berharap semoga karya penelitian ini dapat memberikan kontribusi dan sumbangan bagi dunia ilmu pengetahuan, industri bangunan pantai, dan terutama bagi penulis sendiri.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 30 Juli 2008

Ibrahim Mahbub Perkasa

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis tidak terlepas dari bantuan moral maupun material dari banyak pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Papa dan Mama tercinta yang selalu memberikan kasih dan sayangnya serta do'a yang tulus yang tiada henti. Kak Ayi dan Kak Uwi serta Eki yang selalu memberikan dorongan dan semangat. Atiek, yang sudah mau menunggu dengan sabar tanpa protes atas lamanya kelulusan penulis. Segala perhatian yang diberikan oleh Sindia Amiria di Jakarta walaupun hanya melalui telepon, tapi selalu memberikan semangat seakan-akan berada disamping penulis. Mas Jenik '97 atas waktu dan tenaganya dalam mengembangkan dari sisi *soft skill* dan kemampuan *self-independence*. Pak Rudy Daeng dan Pak Edard Daeng atas visi dan misi hidup yang diberikan. Komunitas lantai empat Satrio '99, Aryo '98, Rohmat '99, Medy '98, Ro'uf '98, Panggi '98, Breh '99, Ferry '99, Da'in '97 atas bimbingannya. Teman-teman 2000 Jaelani, Deni, Sita, Randy. Teman-teman 2001 Zedy, Zaky, Abe, Dimas atas kerja samanya dan persahabatan yang menarik. Teman-teman Poseidon 2002 Fahmi, Mbak Mel, Robby, Ichsan, Kaban dan Via, Luthfi, Iwan D., serta Yudis (memberikan semangat di akhir-akhir waktu), *Power Rangers*, Wildan, Astrid, Lilah. Teman-teman 2003, Penyo, Eril, Rizal, Angga, Agustin, Deni, Agus, Ace, Dono, Rendro, David, Ferry, Nita. Teman-teman 2005, Aril, Rizal, Prast, Habib, Iwan, Joe, Alissa, Sandy, Fiska, Rara, Kurn, Ria. Pegawai T. Kelautan ITS : Bu Lis, Pak Tomo, Pak Teguh, Mas joko, Mas Arif, Cak No, Mas Suhud. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu terima kasih atas kenangan yang diberikan selama ini semoga kita diberkati tuhan selalu. Amin.

Surabaya, 30 Juli 2008

Ibrahim Mahbub perkasa



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
UCAPAN TERIMA KASIH .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian .....	2
1.4. Manfaat Penelitian .....	3
1.5. Ruang Lingkup Permasalahan .....	3
1.6. Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Umum .....	5
2.2. Gelombang.....	6
2.2. Transmisi Gelombang.....	11
2.4. Submerge Breakwater.....	14
2.5. Pemodelan Dengan Flow 3D .....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	21
3.1. Alur Metodologi Penelitian .....	21
3.2. Langkah-langkah Pengerjaan.....	22
3.3. Data Untuk Pemodelan .....	23
3.4. Pemodelan Flow 3D .....	34

3.5. Validasi Menggunakan Flow 3D .....	27
BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1. Proses Pemodelan .....	31
4.2. Data yang Digunakan .....	32
4.3. Pemodelan Submerge Breakwater .....	34
4.3.1. Mesh/Grid .....	34
4.3.2. Penempatan Obstacle .....	36
4.3.3. <i>Wave Tank/Flume Tank</i> dan Lokasi Penempatan <i>Probe</i> .....	38
4.4. Validasi Model .....	38
4.4.1. Model Gelombang Regular pada <i>Wave Tank</i> dengan Flow 3D .....	38
4.4.2. Koefisien Gelombang Transmisi pada Kantong Pasir .....	41
4.5. Simulasi Model .....	44
4.5.1. Hasil Pemodelan Gelombang Transmisi .....	44
4.5.2. Pengaruh <i>Wave Steepnes</i> Terhadap Koefisien Transmisi .....	47
4.5.3. Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi masing-masing Metode .....	55
BAB V PENUTUP .....	59
5.1. Kesimpulan .....	59
5.2. Saran .....	59
DAFTAR PUSTAKA .....	60
LAMPIRAN .....	63
BIODATA PENULIS .....	76



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Profil Gelombang (Triatmodjo, 1999) .....	8
Gambar 2.2. Wave Steepness (Open University, 1989) .....	9
Gambar 2.3. Bentuk Gerakan Partikel di Berbagai Kedalaman Air .....	10
Gambar 2.4. Transmisi gelombang .....	11
Gambar 2.5. Gelombang Transmisi pada <i>Submerged Breakwater</i> dan <i>Overtopping</i> .....	14
Gambar 2.6. <i>Submerge Breakwater</i> (Haris, 2000).....	15
Gambar 3.1. Alur Metodologi Penelitian .....	21
Gambar 3.2. Model <i>submerged breakwater</i> menggunakan bantal .....	23
Gambar 3.3. FLOW 3D.....	25
Gambar 3.4. Hasil <i>Output</i> Kerapatan Grid yang Tinggi .....	26
Gambar 3.5. Perbandingan Tampilan Gelombang dgn Kerapatan Grid yg Berbeda ...	26
Gambar 3.6. Prepin Pada Flow 3D .....	27
Gambar 3.7. <i>Tools</i> Untuk Mengatur <i>Output</i> Flow 3D .....	28
Gambar 3.8. Proses <i>Running</i> Program Flow 3D .....	29
Gambar 4.1. Simulasi <i>Wave Tank</i> pada Flow 3D .....	35
Gambar 4.2. Penampang <i>Shoreline</i> Dengan <i>Slope</i> 1/10 .....	36
Gambar 4.3. Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.2 m.....	37
Gambar 4.4. Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.6 m.....	37
Gambar 4.5. Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.8 m.....	37
Gambar 4.6. Detail Flume, Posisi Model dan Penampang <i>Probe</i> (Fatnanta, 2007) .....	38
Gambar 4.7. Profil Gelombang pada <i>Probe</i> 1 dengan H=0.1 m dan T=2.0 det.....	39
Gambar 4.8. Profil Gelombang pada <i>Probe</i> 2 dengan H=0.1 m dan T=2.0 det.....	39
Gambar 4.9. Profil Gelombang pada <i>Probe</i> 3 dengan H=0.1 m dan T=2.0 det.....	39
Gambar 4.10. Profil Gelombang pada <i>Probe</i> 4 dengan H=0.1 m dan T=2.0 det .....	40

Gambar 4.11 Perbandingan Koefisien Transmisi Model Fisik dan Model Numerik Kantong Pasir Solid pada Kedalaman air $h=0.8$ m ( $z/h=0.1$ ) .....	42
Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.2 m pada Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	49
Gambar 4.13 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.4 m pada Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	49
Gambar 4.14 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.5 m pada Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	50
Gambar 4.15 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pd Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pd Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	51
Gambar 4.16 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 80 di Titik Tinjau 4 (metode 1) pd Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pd Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	51
Gambar 4.17 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dgn Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pd Freeboard 0.2 m .....	52
Gambar 4.18 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dgn Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pd Freeboard 0.4 m .....	53
Gambar 4.19 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dgn Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pd Freeboard 0.5 m .....	53
Gambar 4.20 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m di Titik Tinjau 4 (metode 2) pd Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pd Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	54
Gambar 4.21 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 2) pd Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pd Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	55



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Variasi Data Lingkungan Untuk Validasi.....	32
Tabel 4.2	Variasi Data Lingkungan Penelitian.....	33
Tabel 4.3	Penempatan Koordinat Tiap-tiap <i>Mesh Wave Tank</i> 3D.....	34
Tabel 4.4	Penempatan Koordinat Tiap-tiap <i>Mesh Wave Tank</i> 2D.....	34
Tabel 4.5	Pembagian <i>Mesh</i> untuk Setiap Daerah Komputasi <i>Wave Tank</i> 3D.....	35
Tabel 4.6	Pembagian <i>Mesh</i> untuk Setiap Daerah Komputasi <i>wave Tank</i> 2D.....	35
Tabel 4.7	Koordinat Titik Berat Penempatan Model <i>Breakwater</i> Pada Flow3D.....	36
Tabel 4.8	Lokasi Penempatan <i>Probe</i> pada Flow 3D.....	38
Tabel 4.9	Rekaman Tinggi Gelombang pada <i>Wave Tank</i> dengan Flow 3D.....	40
Tabel 4.10	Hasil Kalibrasi Model Fisik dan Model Numerik Kantong Pasir Solid Kedalaman air $h=0.8(z/h=0.1)$ .....	42
Tabel 4.11	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m.....	44
Tabel 4.12	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m.....	44
Tabel 4.13	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m.....	44
Tabel 4.14	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m.....	45
Tabel 4.15	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m.....	45
Tabel 4.16	Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m.....	45
Tabel 4.17	Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.2.....	45
Tabel 4.18	Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.2.....	46
Tabel 4.19	Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.4.....	46
Tabel 4.20	Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.4.....	46
Tabel 4.21	Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.5.....	47
Tabel 4.22	Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.5.....	47
Tabel 4.23	Perbandingan Nilai Kt di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Setiap <i>Wave Steepness</i> ( $H/gT^2$ ).....	48
Tabel 4.24	Perbandingan Nilai Kt di Titik Tinjau 4 (metode 2) pada Setiap <i>Wave Steepness</i> .....	52

Tabel 4.25 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.2 m .....	57
Tabel 4.26 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.4 m .....	57
Tabel 4.27 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.5 m .....	57



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Ada Sejalan dengan meningkatnya eksplorasi sumber daya alam kelautan dan pembangunan daerah pantai, seperti pelabuhan, kompleks industri dan daerah wisata kelautan pada beberapa tahun terakhir ini, maka diperlukan pemahaman penanganan daerah pantai secara benar. Penanganan yang keliru pada daerah pantai akan menimbulkan masalah seperti erosi dan polusi pantai.

Permasalahan yang sering muncul pada daerah pantai adalah erosi pantai yang terutama disebabkan oleh aktivitas gelombang laut. *Breakwater* adalah salah satu struktur penahan gelombang dimana struktur tersebut berfungsi sebagai peredam energi gelombang pada area tertentu dan juga untuk menanggulangi erosi pantai. Bangunan ini biasanya dibuat untuk melindungi pelabuhan dan juga digunakan untuk melindungi daerah pantai terhadap gelombang. *Breakwater* juga bisa dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

*Submerge breakwater* adalah bangunan pelindung pantai dimana seluruh strukturnya tercelup air atau berada di bawah permukaan air. Penggunaan *submerge breakwater* ini mempunyai banyak keuntungan. Selain menghindarkan pantai dari erosi akibat hempasan gelombang laut, penggunaan *submerge breakwater* tidak menghalangi pemandangan sehingga tidak mengurangi keindahan laut. *Submerge breakwater* umumnya menggunakan tipe *rubble mound* yaitu struktur yang terdiri dari lapisan batuan.

Pada banyak buku manual atau hand book Teknik Pantai ditampilkan struktur penahan gelombang yang tidak ekonomis apabila dilaksanakan pada daerah-daerah pantai berpasir yang terpencil serta terbatas fasilitas infrastrukturnya maupun sumber material konstruksi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah keterbatasan infrastruktur dan sumber material tersebut adalah penggunaan kantong pasir sebagai penahan gelombang.

Kelebihan kantong pasir sebagai penahan gelombang adalah sedikit dalam penggunaan material, dapat memanfaatkan material setempat, misalnya pasir laut, hal ini tentu lebih ekonomis dari pada mendatangkan material dari daerah lain serta dapat dilaksanakan dengan peralatan yang terbatas.

Selain permasalahan tersebut diatas, paradigma tentang rekayasa perlindungan pantai berdasarkan pendekatan ramah lingkungan (*soft shore protection*), seperti penahan gelombang kantong pasir tipe *submerged* pada saat ini perlu didukung sebab tidak mempunyai dampak buruk terhadap ekologi di daerah tersebut (Black and Mead, 1999 dalam Hiliau, 2003), serta pada saat ini material batu semakin mahal dan sulit diperoleh (Hornsey, 2003). Pada lokasi pariwisata, penggunaan penahan gelombang tipe *subaerial* atau *seawall* dapat mengganggu pemandangan serta menyulitkan aktivitas masyarakat pantai (Black, 2001).

Secara teknis, kantong pasir ini akan dimodelkan sebagai *submerged breakwater* dimana seluruh strukturnya tercelup air atau berada di bawah permukaan air. Dan dengan menggunakan *software* FLOW3D akan didapatkan nilai gelombang transmisi dari beberapa konfigurasi penempatan elemen kantong pasir yang menghasilkan redaman yang paling besar. Elemen kantong pasir yang digunakan adalah bentuk silinder dan kubus.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Permasalahan yang menjadi bahan kajian tugas akhir ini antara lain:

1. Menghitung besarnya nilai koefisien transmisi gelombang yang melewati struktur kantong pasir tipe tenggelam (*submerged*)
2. Bagaimanakah pengaruh lebar puncak, *freeboard* dan *wave steepness* pada konfigurasi struktur kantong pasir terhadap besarnya nilai koefisien transmisi?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai yaitu:

1. Mengetahui koefisien transmisi gelombang struktur penahan gelombang kantong pasir tipe tenggelam (*submerged*).



2. Mengetahui pengaruh lebar puncak, *freeboard* dan *wave steepness* terhadap besarnya nilai koefisien transmisi.

#### **1.4. Manfaat Penelitian**

Memberikan pedoman/informasi kepada masyarakat khususnya yang bekerja dalam bidang rekayasa pantai tentang perilaku penahan gelombang kantong pasir tipe tenggelam sehingga diharapkan *soft shore protection* tersebut dapat diterapkan di lapangan secara efisien dan efektif.

Dengan digunakan kantong pasir sebagai penahan gelombang diharapkan terjadi pengurangan penggunaan material batu, kayu atau *coral* untuk pembangunan *shore protection*, sehingga akan menurunkan kegiatan penambangan batu atau *coral* yang sering mendatangkan dampak negatif terhadap lingkungan (Black, 2001, Hiliau, 2003).

#### **1.5. Ruang Lingkup Penelitian**

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari pembahasan yang melebar sehingga dilakukan asumsi sebagai berikut:

1. Model kantong pasir yang digunakan pada penelitian ini dimodelkan secara 2 dimensi.
2. Menggunakan gelombang regular.
3. Menggunakan 2 variasi konfigurasi elemen kantong pasir yang dianalisa.
4. Gesekan dasar laut (*bottom friction*) diabaikan.
5. Koefisien refleksi dan koefisien energi *loss* diabaikan dan yang diperhatikan hanya koefisien transmisi.
6. Gaya angkat diabaikan.
7. Karung pembungkus kantong pasir diasumsikan tidak akan cacat.

#### **1.6. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini dimulai dengan pendahuluan pada bab satu yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan.

Dasar teori dan tinjauan pustaka yang menjadi sumber referensi dalam tugas akhir ini dijelaskan pada bab dua. Secara rinci bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir, dasar-dasar teori, rumus-rumus dan code yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini dicantumkan dalam bab ini.

Bab tiga pada penulisan laporan tugas akhir ini menerangkan tentang metodologi penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir. Penjelasan pemodelan yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir juga dicantumkan dalam bab ini.

Seluruh hasil analisa penelitian pada tugas akhir ini akan dibahas dan diterangkan pada bab empat. Bab ini akan membahas pengolahan data hasil dari *output* pemodelan hingga menghasilkan kesimpulan yang menjadi tujuan dari tugas akhir. Dimana kesimpulan beserta saran yang diperlukan untuk penelitian lebih lanjut dari tugas akhir akan diterangkan pada bab lima.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA


#### 2.1. Umum

Ditinjau Seiring dengan banyaknya pemanfaatan wilayah pesisir untuk berbagai kepentingan, maka gangguan terhadap lingkungan pantai menjadi besar. Oleh karena itu, diperlukannya suatu perlindungan pantai yang tepat yang dimana dapat dilaksanakan di lokasi terpencil dengan biaya yang ekonomis tanpa mengurangi fungsi sebagai penahan gelombang serta yang tidak memberikan dampak yang buruk terhadap lingkungan sekitar. Salah satunya adalah *breakwater*.

Beberapa hal yang biasanya dipelajari dalam pembuatan *breakwater* yaitu *water level* dan *datum*, angin, gelombang, arus, struktur tanah, konstruksi material, kondisi es (daerah yang mempunyai musim dingin dan bersalju), perubahan aris pantai dan lain sebagainya. Karakteristik lingkungan yang berbeda-beda inilah yang membuat banyak penelitian untuk mendapatkan *breakwater* yang sesuai dengan kondisi pantai, lingkungan serta kegunaannya pada masing-masing daerah di muka bumi ini.

Berbagai macam bentuk dari *submerged breakwater* telah dianalisa untuk mendapatkan penahan gelombang yang efektif dan sesuai dengan kebutuhan dari lokasi penempatan *breakwater* tersebut.

Di Gold's Coast, *mega sand containers* digunakan sebagai *submerged artificial reef* dimana *sand bag* digunakan sebagai penahan dan pengontrol laju transportasi pasir (Heerten, 2000). Begitu pula pada Dockweiler Beach El Segundo California, kantong pasir terbuat dari *geotextile*, telah berhasil digunakan *submerged artificial reef* yang berfungsi untuk memodifikasi karakteristik gelombang pecah (Borrero, 2001). Studi mengenai kemudahan dalam pelaksanaan pemakaian kantong pasir (*geo containers*) sebagai pencegah abrasi pantai juga dilakukan oleh de Groot (2004), riset dilakukan di laboratorium dan di lapangan serta mengembangkan model matematis untuk menampilkan simulasi perilaku *geocontainers* tersebut.



Corbett (2005), telah melakukan pengujian model fisik sand-filled submerged breakwater di Deagon Hydraulic Laboratory. Pengujian terhadap penampang susunan kantong pasir yang tampak pada Gambar 2.2, dilakukan dengan menggunakan gelombang monochromatic dengan tinggi gelombang bervariasi antara 0.5 sampai 2.0m, dimana periode gelombang dibuat konstan 10 detik serta posisi crest 1.0 dan 1.5m di bawah muka air. Tujuan penelitian tersebut untuk mengetahui hubungan perilaku gelombang pecah terhadap kestabilan struktur, serta pengaruh berat kantong pasir terhadap kemudahan dalam pelaksanaan.

## 2.2. Gelombang

Tujuan Gelombang dapat dibedakan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya yaitu gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin dimana jika tiupan angin ini terakumulasi pada daerah yang luas dapat mengakibatkan gelombang yang memiliki panjang gelombang yang cukup besar. Jenis yang kedua adalah gelombang pasang surut yang ditimbulkan oleh gaya tarikan benda-benda langit terutama matahari dan bulan terhadap bumi. Dan jenis yang ketiga adalah gelombang *tsunami* yang terjadi akibat letusan gunung berapi atau gempa di laut, serta gelombang dengan penyebab pembangkitan yang lainnya.

Gelombang yang ada di laut sangatlah kompleks karena ketidak-linierannya, tiga dimensi serta mempunyai bentuk yang acak (suatu deret gelombang mempunyai tinggi gelombang dan periode yang berbeda), sehingga memerlukan penyederhanaan dalam pemodelan numerik. Teori yang paling sederhana dalam menggambarkan gelombang di alam adalah teori gelombang linier atau teori gelombang Airy. Teori gelombang amplitudo kecil yang dikembangkan oleh Airy, mendasarkan pada anggapan bahwa tinggi gelombang sangat kecil terhadap panjangnya atau kedalaman airnya.

Asumsi-asumsi yang digunakan pada teori gelombang linier menurut U.S Army Corps of Engineers (1984) adalah :

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massanya konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan.
3. Gaya Coriolis (akibat perputaran bumi) diabaikan.



4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.
5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.
6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan impermiabel sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silindris yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah 2 dimensi.

Gelombang linier diturunkan dari persamaan kontinuitas untuk aliran tak berotasi yaitu menggunakan persamaan Laplace

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (2.1)$$

Dengan  $u = \frac{\partial \phi}{\partial x}$  dan  $v = \frac{\partial \phi}{\partial y}$

Kondisi batas di dasar laut dari persamaan Laplace, kecepatan vertikalnya = 0

$$v = \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \text{ di } y = -d \quad (2.2)$$

Kondisi batas pada permukaan air diperoleh dari persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap

$$\frac{\partial \phi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{P}{\rho} = 0 \quad (2.3)$$

Bila persamaan tersebut dilinierkan, dengan mengabaikan  $u^2$  dan  $v^2$  pada permukaan  $y = \eta$  serta mengambil tekanan dipermukaan adalah nol (tekanan atmosfer), maka persamaan Bernoulli menjadi :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y = \eta} \quad (2.4)$$

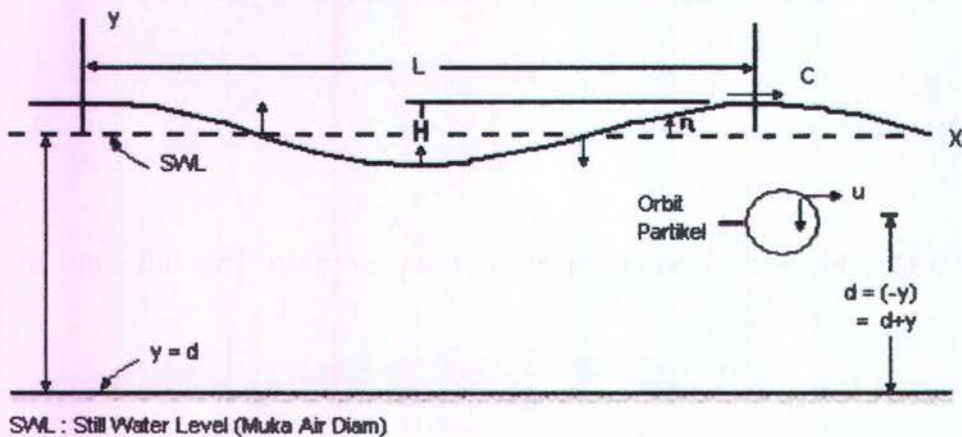
Dengan anggapan bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman maka kondisi batas  $y = 0$  adalah sama dengan di  $y = \eta$  maka,

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \phi}{\partial t} \Big|_{y=0} \quad (2.5)$$

Pengkondisian kondisi batas dari permukaan dan mengeliminasi salah satu yang tidak diketahui, maka  $\eta$  menjadi :

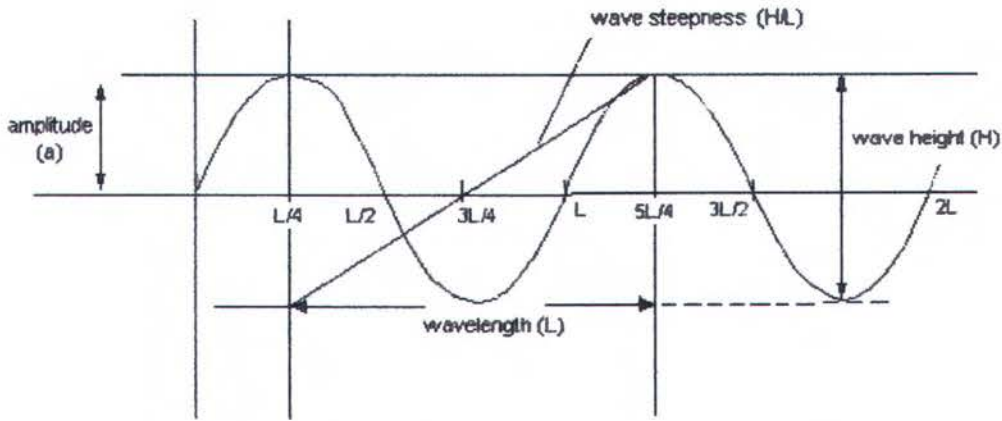
$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + g \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \Big|_{y=0} \quad (2.6)$$

Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan sedangkan periode gelombang ( $T$ ) adalah interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya sebagaimana yang terlihat pada Gambar 2.1 sehingga didapatkan kecepatan rambat gelombang adalah  $C = L/T$  dan angka gelombang  $k = 2\pi/L$ .



Gambar 2.1 Profil Gelombang (Triatmodjo, 1999)





Gambar 2.2 Wave Steepness (Open University, 1989)

*Wave Steepness* adalah perbandingan antara tinggi gelombang dan panjang gelombang ( $H/L$ ). Frekuensi ( $\sigma$ ) adalah jumlah puncak gelombang yang melalui satu titik dalam satu detik sehingga  $\sigma = 2\pi/T$  yang ditunjukkan pada Gambar 2.2.

Gelombang juga diklasifikasikan menurut kedalaman airnya pada 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, gelombang air transisi dan gelombang air dalam.

Batasan ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang ( $d/L$ ).

**a. Gelombang di laut dangkal jika  $d/L \leq 1/20$**

Dengan nilai  $\tanh(2\pi d/L) = 1.0$  maka

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad \text{dan} \quad L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2.7)$$

dimana  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  sehingga nilai  $L_0 = 1,56 T^2$

**b. Gelombang di laut transisi jika  $1/20 < d/L < 1/2$**

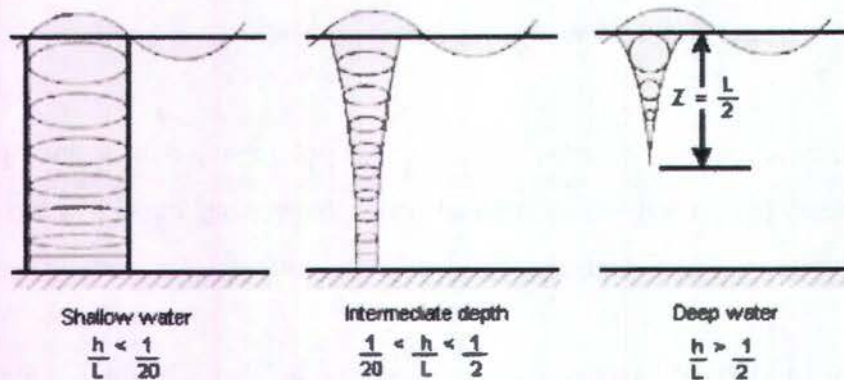
Dengan nilai  $\tanh(2\pi d/L) = 2\pi d/L$  maka

$$C = \sqrt{gd} \quad \text{dan} \quad L = \sqrt{gd}T = CT \quad (2.8)$$

c. Gelombang di laut dalam jika  $d/L \geq \frac{1}{2}$

$$\frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.9)$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.10)$$



Gambar 2.3. Bentuk Gerakan Partikel di Berbagai Kedalaman Air (Triatmodjo, 99)

Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran pada seluruh kedalaman di laut dalam. Di laut transisi dan dangkal, lintasan partikel berbentuk elips. Semakin besar dalam kedalamannya, maka bentuk elips semakin pipih dan pergerakan partikel di dasar laut adalah horizontal.

Gelombang yang menjalar di atas *submerged breakwater* sebagian energi akan dipantulkan, sebagian akan diteruskan atau ditransmisikan dan sisanya akan terdispersi atau hancur lewat pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar laut dan lain-lain.



### 2.3. Transmisi Gelombang

Setelah mengalami proses gelombang pecah, gelombang akan mengalami transmisi gelombang yaitu penerusan gelombang oleh bangunan pantai. Adapun parameter transmisi gelombang  $K_t$  (Koefisien Transmisi) adalah sebagai berikut

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \quad (2.11)$$

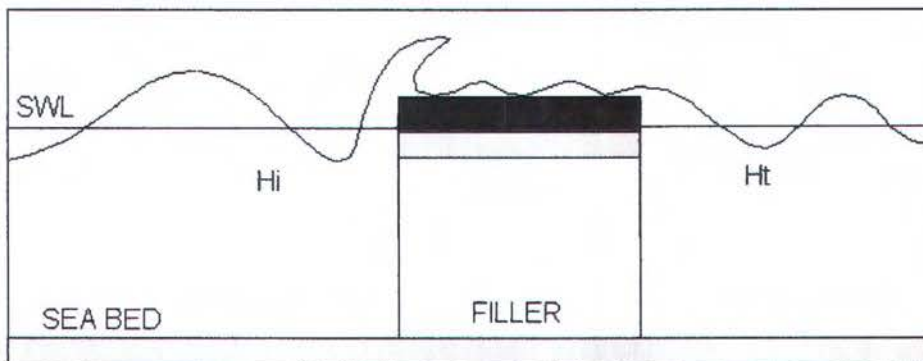
dimana :

$E_t$  = Energi Gelombang Transmisi ( $\text{joule/m}^2$ ),

$E_i$  = Energi Gelombang Datang ( $\text{joule/m}^2$ ),

$H_i$  = Tinggi gelombang datang (m),

$H_t$  = Tinggi gelombang transmisi (m).



Gambar 2.4 Transmisi gelombang

Pada Gambar 2.4 di atas juga menjelaskan bahwa  $H_i$  adalah tinggi gelombang datang sebelum mengenai struktur dan  $H_t$  adalah tinggi gelombang setelah melewati struktur. Pada umumnya tinggi gelombang setelah mengenai struktur lebih kecil daripada gelombang datang sebelum mengenai struktur.

Pada bangunan *non-overtopping*, transmisi gelombang diakibatkan oleh hampasan volume air yang melimpas di atas mercu bangunan. Sedangkan pada bangunan *overtopping*, transmisi gelombang merupakan gabungan dari kontribusi *overtopping* dan perembesan air melalui bangunan. Pada struktur bangunan di bawah permukaan air,

parameter yang penting untuk menentukan besarnya transmisi gelombang adalah perbandingan antara elevasi puncak bangunan terhadap muka air diam dengan kedalaman air. Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan gelombang pendek, selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh *wave steepness* (Sollitt and Cross, 1972). Makin besar harga dimensi *wave steepness* ( $H_i/gT^2$ ) maka makin kecil harga koefisien Transmisi (Kinog, 2000).

Pengetahuan mengenai gelombang transmisi untuk *breakwater* biasanya berasal dari analisa model fisik karena penyelidikan dengan cara model fisik lebih mudah dan relatif lebih murah untuk dilakukan, seperti terlihat pada Gambar 2.4 dimana peneliti-peneliti melakukan analisa gelombang transmisi pada *submerged breakwater* dan *overtopping structure*.

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan menimbulkan gelombang yang disebabkan oleh pemindahan energinya ke air. Tinggi dan periode dipengaruhi oleh kecepatan angin, lamanya angin berhembus dan jarak seret gelombang. Perjalanan gelombang ke pantai akan membawa energi yang besar berasal dari daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*) dan akan dihancurkan di pantai.

Berdasarkan teori gelombang linier dari airy, energi total gelombang besarnya sama dengan jumlah energi kinetik dan energi potensial (Dean dan Dalrymple, 1984).

$$E_k = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.12)$$

$$E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.13)$$

Sehingga energi total didapat :

$$E = E_k + E_p \quad (2.14)$$

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 L \quad (2.15)$$



Dengan :

$E_k$  = Energi kinetik per satuan lebar per panjang gelombang,

$E_p$  = Energi potensial per satuan lebar per panjang gelombang,

$E$  = Energi gelombang rata-rata persatuan luas,

$P_w$  = rapat massa air,

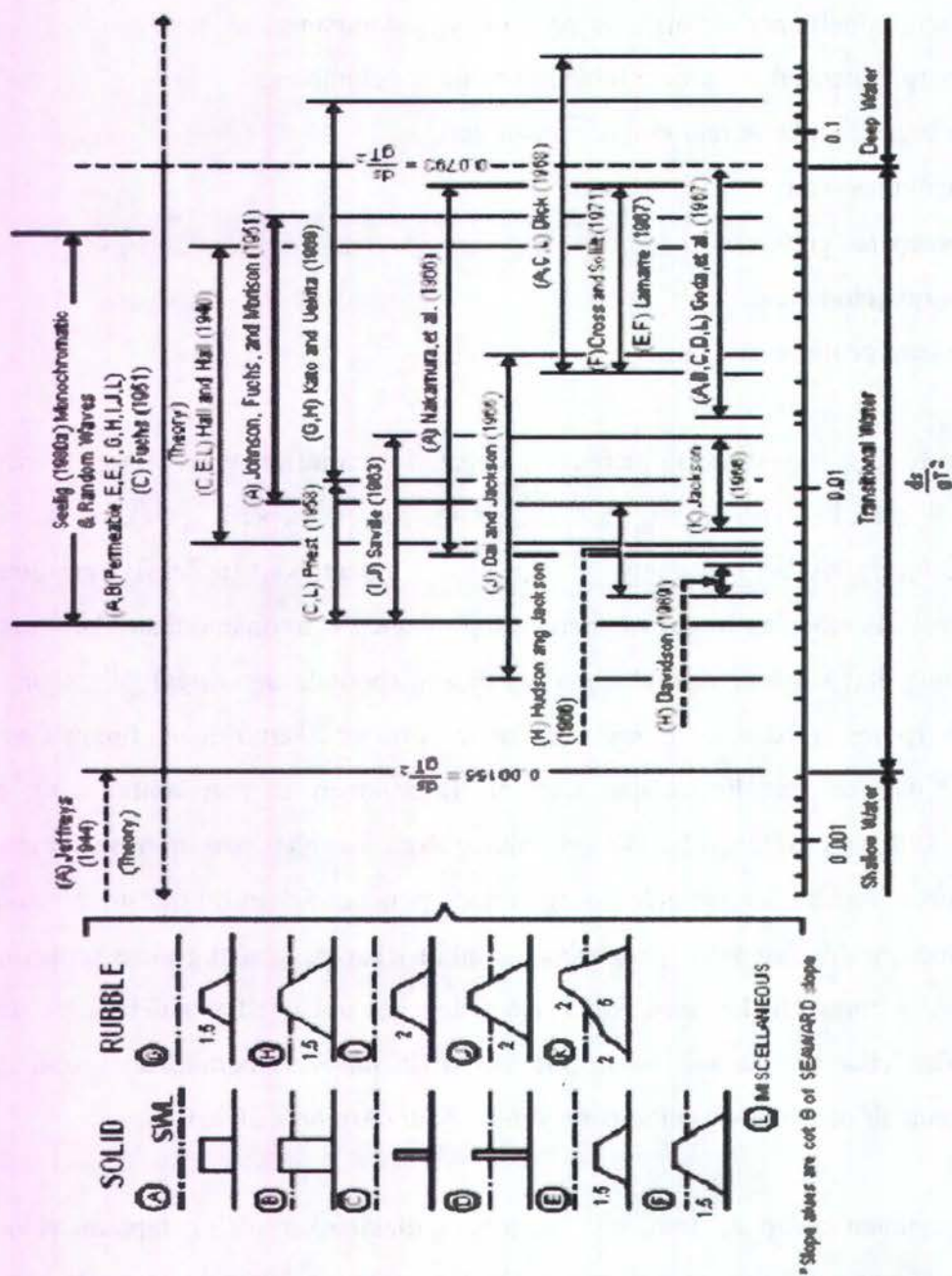
$g$  = Percepatan gravitasi,

$H$  = Tinggi gelombang,

$L$  = Panjang gelombang

Apabila pada saat gelombang menjalar mengalami suatu rintangan, sebagian energinya akan dihancurkan (disipasi) melalui proses-proses seperti gesekan, turbulensi, gelombang pecah dan sebagainya. Sisanya akan dipantulkan (refleksi) dan diteruskan (transmisi). Pembagian besarnya energi yang dihancurkan, dipantulkan, dan diteruskan tergantung dari karakter gelombang yang datang (periode dan tinggi gelombang), tipe struktur (porositas dan kekasaran), geometri struktur (kemiringan, tinggi dan lebar puncak) dan keadaan lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai. Bruun (1981) menyatakan bahwa gelombang akan menghasilkan transmisi yang lebih besar dibandingkan dengan gelombang periode pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh lebar penghalang. Makin lebar penghalang akan semakin kecil gelombang transmisi dan sebaliknya. Koefisien transmisi ( $K_t = H_t/H_i$ ) juga semakin kecil jika lebar penghalang (*hemispherical artificial reef*) bertambah sesuai dengan kedalaman air dan periode gelombang yang terjadi (Armono, 2006).

Pada bangunan kedarif, transmisi gelombang diakibatkan oleh hempasan volume air yang melimpas di atas mercu bangunan (*overtopping*). Pada bangunan berongga, transmisi gelombang merupakan gabungan dari kontribusi *overtopping* dan perembesan air, parameter yang paling penting untuk menentukan besarnya transmisi gelombang adalah perbandingan antara elevasi puncak bangunan terhadap muka air dengan kedalaman air. Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan dengan gelombang pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (*wave steepness*) (Massie, 1986).



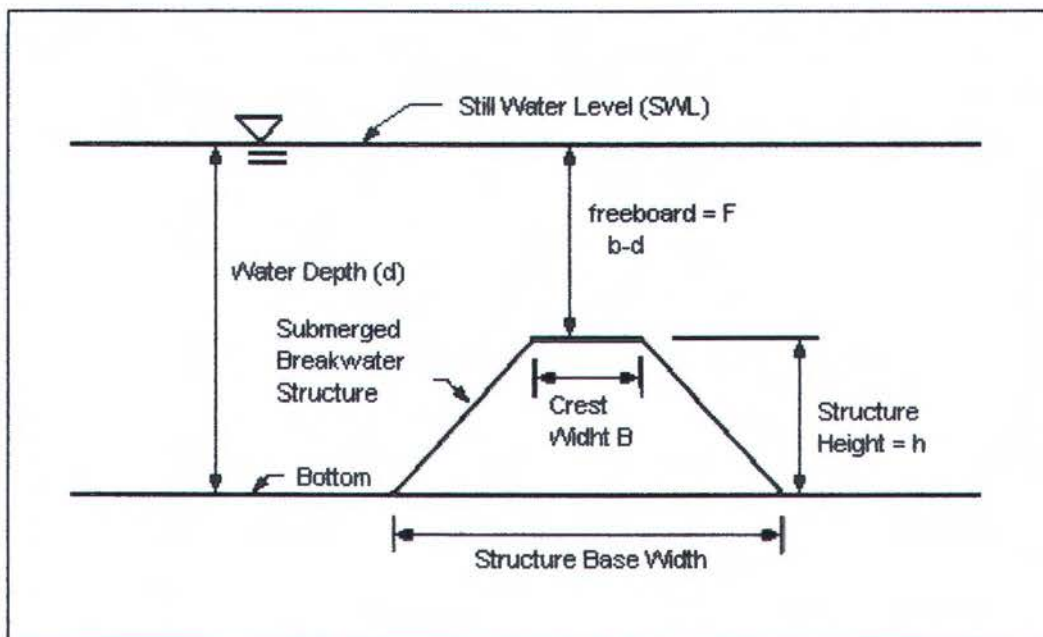
Gambar 2.5 Penelitian Transmisi Gelombang pada Berbagai Bentuk Struktur Pantai (U.S. Army Corps of Engineers, 1984)

### 2.4. Submerged Breakwater

Kebutuhan *Submerge Breakwater* adalah bangunan pelindung pantai dengan ambang terendam yang berfungsi untuk mengurangi energi gelombang pada suatu daerah



tertentu. Selain digunakan untuk melindungi pelabuhan, bangunan ini juga digunakan untuk melindungi daerah pantai terhadap gelombang. Bangunan ini biasa dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Gambar di bawah ini menjelaskan istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian mengenai *submerge breakwater*, dimana *freeboard* ( $F$ ) adalah jarak antara *breakwater* dengan permukaan air, *crest width* ( $B$ ) merupakan lebar puncak *breakwater*, tinggi bangunan ( $h$ ) adalah ketinggian *breakwater* dari dasar laut, dan kedalaman air ( $d$ ) adalah jarak antara permukaan air dengan dasar laut.



Gambar 2.6 *Submerge Breakwater* (Haris, 2000)

Pemecah gelombang ambang rendah terendam yang stabil statis (*statically stable submerged breakwater*). Disebutkan juga, bahwa stabilitas konstruksi akan bertambah dengan semakin berkurangnya tinggi puncak struktur (Van der Meer 1994). Konstruksi pemecah gelombang ambang rendah adalah suatu konstruksi yang diharapkan dapat berfungsi sebagai peredam energi gelombang, atau dengan kata lain dapat menirukan fungsi terumbu karang pantai sebagai peredam energi gelombang. Konstruksi ini nantinya juga dapat diharapkan sebagai alternative perlindungan pantai yang menggantikan fungsi terumbu karang pantai yang sudah rusak.

*Breakwater* dibagi menjadi 2 macam menurut letaknya sebagaimana diutarakan oleh U.S. Army Corps of Engineers (1984) yaitu :

**a. shore-connected**

*Shore-connected* (pemecah gelombang sambung pantai) adalah struktur yang melindungi daerah pantai, pelabuhan, *anchorage* atau basin (daerah sungai) dari hempasan gelombang dan erosi. *Breakwater* untuk keperluan navigasi dibangun untuk menciptakan air yang tenang di daerah pelabuhan dimana hal ini berguna dalam pengoperasian kapal, penambatan kapal serta untuk keperluan fasilitas pelabuhan lainnya. Tipe yang biasa digunakan oleh *breakwater* jenis ini adalah *rubblemound*.

**b. offshore breakwater**

*Offshore breakwater* adalah suatu struktur yang dibangun di kedalaman air 1,5 m sampai 8 m. Kegunaan dari *offshore breakwater* ini sama dengan *breakwater* jenis *shore-connected*, yang membedakan hanya letaknya saja.

Tipe *offshore breakwater* ini juga biasa menggunakan *rubblemound*. Variasi lainnya menggunakan *breakwater* terapung, tapi menurut Halez (1981) jenis ini tidak dianjurkan untuk pantai terbuka karena memberikan hanya sedikit pengurangan energi pada gelombang dengan periode yang lama. Pemilihan tipe *breakwater* pada jenis ini sangat mengutamakan faktor ekonomis karena membutuhkan material yang sangat banyak akibat kedalaman airnya.

## 2.5. Pemodelan dengan Flow 3D

Faktor Nichols dan Hirt pada tahun 1975 merupakan peneliti yang pertama kali menyelesaikan algoritma metode Volume of fluid (SOLA\_VOF) dan mengembangkan lebih jauh lagi metode ini pada tahun 1981. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian dimana pendekatan Metode Euler digunakan untuk menyelesaikan kondisi batas permukaan mengingat pendekatan Lagrangian tidak bisa digunakan.

Persamaan 2 dimensi fluida yang diselesaikan adalah persamaan Navier-Stokes sebagai berikut :



$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[ uA_x \frac{\partial u}{\partial x} + vA_y \frac{\partial u}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[ uA_x \frac{\partial v}{\partial x} + vA_y \frac{\partial v}{\partial y} \right] = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + g_x + f_x \quad (2.17)$$

dimana :

- u dan v = kecepatan fluida dalam arah koordinat kartesian (x,y)
- A<sub>x</sub> dan A<sub>y</sub> = daerah terbuka fraksional pada aliran dalam axis x dan y
- V<sub>F</sub> = volume terbuka fraksional pada aliran
- t = waktu
- P = tekanan
- ρ = densitas air laut
- f<sub>x</sub> dan f<sub>y</sub> = percepatan viskositas
- g<sub>x</sub> dan g<sub>y</sub> = percepatan gravitasi dalam axis x dan y

Karena air laut diasumsikan *Incompressible*, maka harus memenuhi persamaan

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (2.18)$$

Tetapi untuk mengijinkan pengaruh *compressibility* terbatas maka persamaan 2.16 di atas diulang oleh persamaan kontinuitas umum (Hirt dan Nichols 1981 dalam Flow Science 1995) menjadi :

$$\frac{V_F}{\rho c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial vA_x}{\partial x} + \frac{\partial uA_y}{\partial y} = 0 \quad (2.19)$$

dimana c adalah kecepatan bunyi adiabatik. Dalam Flow3D variabel dependen dibuat dalam persamaan diatas, disusun grid yang teratur. Kemudian untuk mendefinisikan fluida secara lokal dalam ruang, sebuah fungsi waktu VOF yang dependen adalah sebagai berikut :

$$\frac{\partial F}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[ A_x u \frac{\partial F}{\partial x} + A_y v \frac{\partial F}{\partial y} \right] = 0 \quad (2.20)$$

F adalah pecahan volume. Fungsi F juga digunakan untuk mengidentifikasi *mesh cell* yang memuat kerapatan densitas fluida. Sebuah sel fluida akan memiliki nilai F nol., satu, atau pecahan. Untuk sebuah kasus dimana hanya fluida tunggal yang digunakan, sel dengan nilai F nol akan kosong atau tidak ada materi sama sekali; sel fluida bernilai satu. Sebuah sel *interface* atau sel batas permukaan didefinisikan sebagai sel yang mengandung nilai F bukan nol dan paling tidak berdekatan yang mengandung nilai F nol. Metode ini juga memiliki kapabilitas untuk mendefinisikan rintangan sel dimana fluida tidak dapat bergerak.

Prosedur dasar untuk memperoleh sebuah penyelesaian dalam langkah waktu tambahan  $\Delta t$  menurut Nichols dan Hirt (1981) adalah sebagai berikut :

1. Pendekatan secara eksplisit penyelesaian persamaan Navier Stokes (persamaan 2.16 dan 2.17) digunakan untuk perkiraan awal atau nilai dari tahap sebelumnya).
2. Untuk memenuhi persamaan kontinuitas (persamaan 2.19), tekanan diperhitungkan secara iterasi biasa dalam masing-masing sel dan perubahan kecepatan yang dipengaruhi oleh perubahan masing-masing tekanan ditambahkan pada perhitungan kecepatan yang dihitung pada tahap pertama atau sebelumnya.
3. Pada akhirnya fungsi F yang mendefinisikan daerah fluida, diperbaharui dengan menggunakan persamaan untuk memberikan konfigurasi fluida yang baru.

Pada tahap masing-masing, kondisi batas yang cocok harus diterapkan pada semua kondisi *mesh*, kondisi batas dan kondisi internal.

### **Manfaat, Kelebihan dan Kelemahan Flow3D**

Flow3D dapat digunakan untuk banyak penelitian dan pemodelan yang berhubungan dengan fluida. Dalam penelitian ini, Flow3D digunakan untuk memodelkan perairan laut yang dikhususkan pada perairan dangkal menuju pantai. Output yang dihasilkan dari hasil running Flow3D dapat berupa kondisi tekanan perairan, sedimentasi,



kecepatan partikel gelombang, tinggi permukaan perairan, dan *turbulence*. Seperti halnya *software* lainnya, Flow3D memiliki kelebihan dan kelemahan.

**Kelebihan *Software* Flow3D :**

1. Sangat mudah untuk memahami dan membuat konfigurasi input untuk sebuah pemodelan.
2. Pengamatan hasil running model dapat dilihat secara visual disetiap posisi yang dibutuhkan dan bisa menampilkan output dalam bentuk film dengan perintah *Make AVI*.

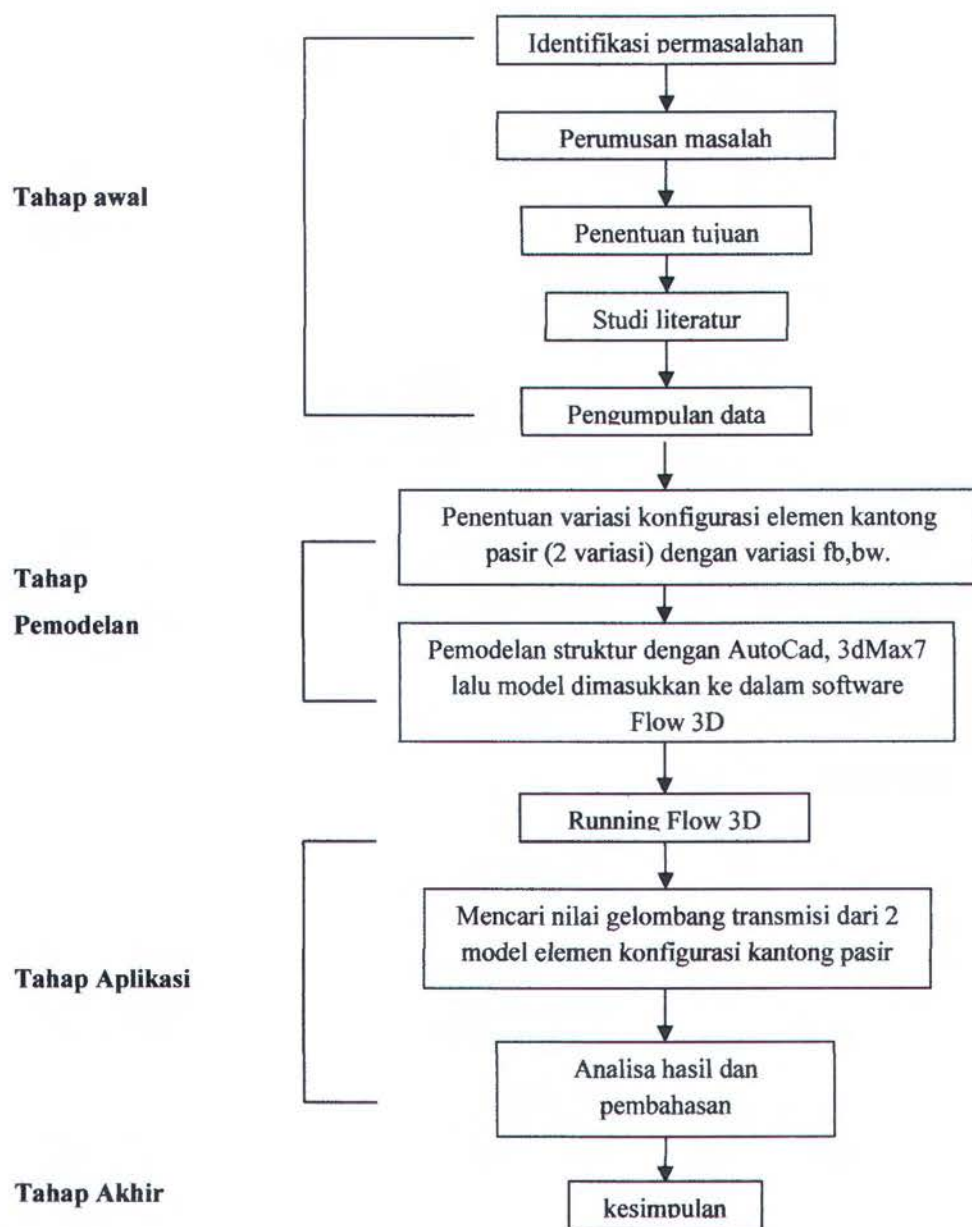
**Kelemahan *Software* Flow3D :**

1. Untuk mendapatkan hasil yang detail, *mesh/grid* yang dibuat harus rapat. Semakin rapat *mesh/grid*, maka running akan membutuhkan waktu yang semakin lama.
2. Untuk mendapatkan output berupa teks pada titik tinjau yang diinginkan, kita harus menginputkan titik tinjau tersebut diawal pengkonfigurasi model.
3. Vektor pada output yang berupa visual muncul di setiap node model. Semakin rapat *mesh/grid*, vektor akan semakin rapat sehingga pengamatan arah gerakan partikel gelombang lebih sulit dilakukan.
4. Pemodelan yang menggunakan model solid 3 dimensi, membutuhkan prosedur yang rumit ketika menginputkan koordinat model solid.
5. Untuk menggantikan pemodelan solid pada Flow3D, kita dapat menggunakan bantuan *software* AutoCad 2004 dan 3Dsmx7 untuk mendapatkan bentuk model solid dengan file ber-ekstension STL. Kelemahan pada poin ini adalah untuk mendapatkan ekspor file bentuk STL yang sempurna, peneliti harus menggunakan komputer dengan *processor* tipe AMD.

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan dalam menyelesaikan masalah penelitian ini dapat digambarkan dalam Diagram Alir (Flow Chart) pengerjaan sebagai berikut :



Gambar 3.1. Alur Metodologi Penelitian



Berikut Tahapan-Tahapan dari Metodolgi Penelitian:

### 1. Tahap Awal

Pada tahap awal penelitian, kita menentukan objek yang akan diteliti dengan memperhatikan manfaat yang akan didapatkan dari penelitian tersebut. Setelah menetapkan objek yang akan diteliti, dilanjutkan dengan menetapkan permasalahan yang dibahas dan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Untuk pondasi pengetahuan dan teori-teori pendukung diperlukan kajian literatur dalam bentuk jurnal, hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya maupun *text book*.

### 2. Tahap Pemodelan

Tahap ini dibagi menjadi 4 tahapan, pada tahap yang pertama kita menentukan 2 variasi konfigurasi elemen *breakwater*. Selanjutnya dilakukan pemodelan objek *breakwater* tersebut dengan menggunakan software AutoCad 2004 yang menghasilkan file dengan extension DWG. Tahap berikutnya file dengan extension DWG tersebut diekspor ke bentuk STL dengan menggunakan software 3Dsmx7. Dan tahap yang terakhir, data-data awal dari penelitian dimodelkan dengan bantuan *Software Flow 3D* dengan memasukkan *boundary condition* serta memodelkan variabel-variabel lain yang diperlukan dalam pemodelan ini.

### 3. Tahap Aplikasi

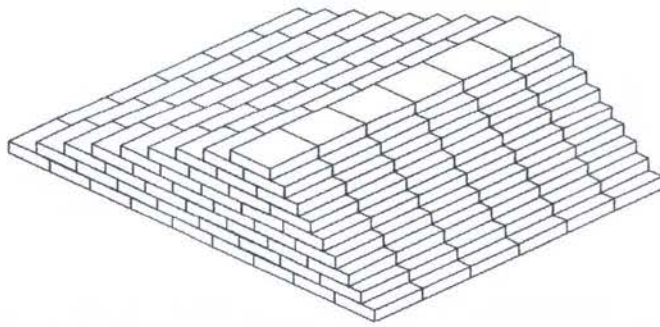
Setelah melakukan running *Software Flow3D*, kita mencari nilai gelombang transmisi dari 2 variasi konfigurasi kantong pasir yang dimodelkan. Serta menganalisa hasil atau *output* yang didapat untuk mencapai tujuan yaitu nilai koefisien transmisi.

### 4. Tahap Akhir

Tahap ini merupakan tahap pengambilan kesimpulan akhir atas penelitian yang dilakukan dari hasil yang telah didapatkan.

#### 3.2 Langkah-langkah pengerjaan

1. membuat *lay out* bentuk *submerged breakwater* yang akan diteliti.
2. Membuat model *submerged breakwater* dengan bantuan *Software AutoCad 2005* yang nantinya menghasilkan file dengan ekstensi DWG.



Gambar 3.2 Model *Submerged Breakwater* Menggunakan Kantong Pasir

3. Agar dapat dibaca oleh *Software* utama dalam tugas akhir ini (Flow3D), model *breakwater* dengan ekstensi DWG perlu diekspor kedalam bentuk STL dengan bantuan *Software 3Dsmax7 (version 7)*.
4. Selanjutnya dilakukan pemodelan *wave tank* dengan menggunakan *Software Flow3D* dengan memasukkan *boundary condition* dan serta memodelkan variabel-variabel lain yang diperlukan dalam pemodelan ini.
5. Pemodelan dengan Flow3D dilakukan 2 tahap, yaitu untuk kalibrasi 3 kali pada tahap pertama dan untuk kondisi menggunakan *breakwater* yang akan diteliti dengan 2 variasi konfigurasi yang berbeda pada tahap kedua.
6. Setelah dibuat pemodelannya, maka dilakukan *running* dengan *finish time* 30 detik untuk masing-masing model.
7. Kemudian dilakukan analisa gelombang transmisi terhadap masing-masing konfigurasi *breakwater*.
8. Suatu konfigurasi *breakwater* menghasilkan redaman gelombang yang baik apabila nilai koefisien transmisinya paling kecil diantara konfigurasi yang lainnya yang dianalisa.

### 3.3 Data untuk pemodelan

Adapun data-data model fisik yang digunakan untuk keperluan model numeris dalam tugas akhir ini adalah :

#### a. Data Model Numerik

##### *Wave Tank*

Panjang	=	20.3 m
Lebar	=	2.3 m



Tinggi	=	2.5 m
Berat jenis Air	=	1025.0 kg/m <sup>3</sup>

**Data Lingkungan**

T ( periode gelombang )	=	1 dtk;1.5dtk;2.0 dtk
H ( tinggi gelombang )	=	0.05 m; 0.07 m;0.1 m

**Data breakwater**

Freeboard (h-d)	=	0.0 m; 0.05 m; 0.10 m
Lebar puncak (bw)	=	0.2 m; 0.6 m; 0.8 m

**b. Data Model Fisik**

**Wave Tank**

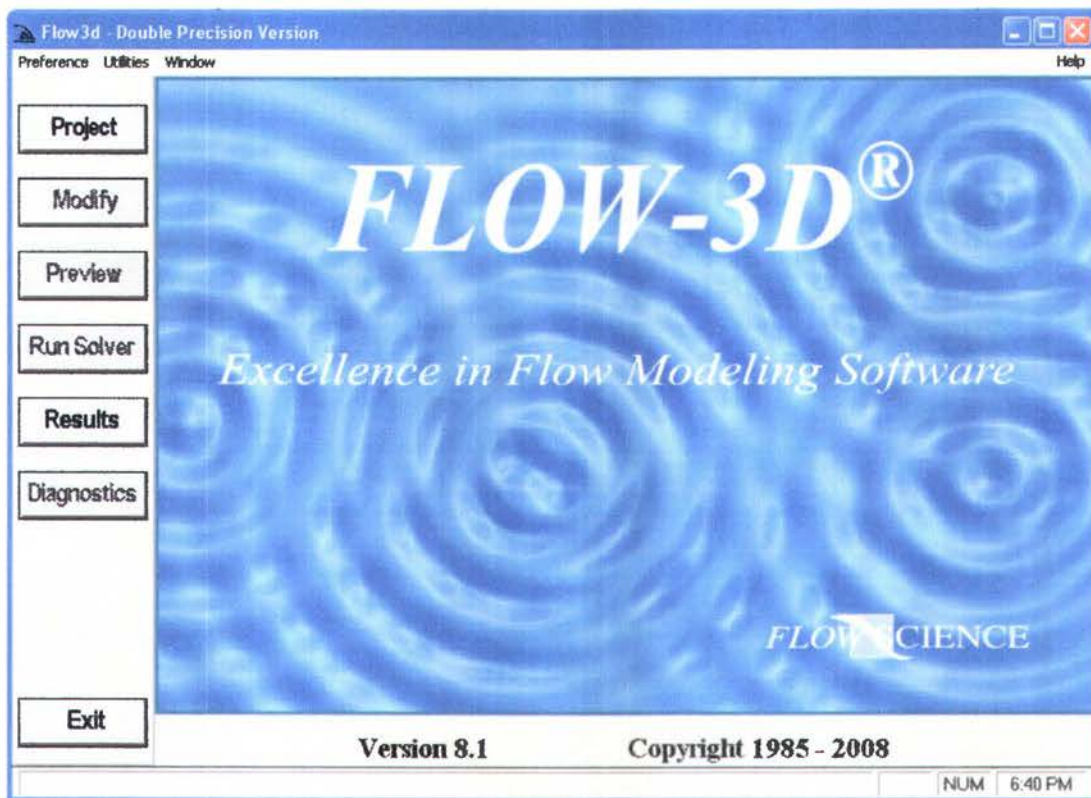
Panjang	=	14 m
Lebar	=	2 m
Tinggi	=	1.5 m
Berat jenis Air	=	1000 kg/m <sup>3</sup>
Kedalaman Air	=	0.8 m
Slope/Kemiringan Tanah	=	1/ 10

**Kantong Pasir :**

Panjang (l)	=	0.19 m
Lebar (b)	=	0.16 m
Tebal (d)	=	0.05 m

**3.4 Pemodelan Flow 3D**

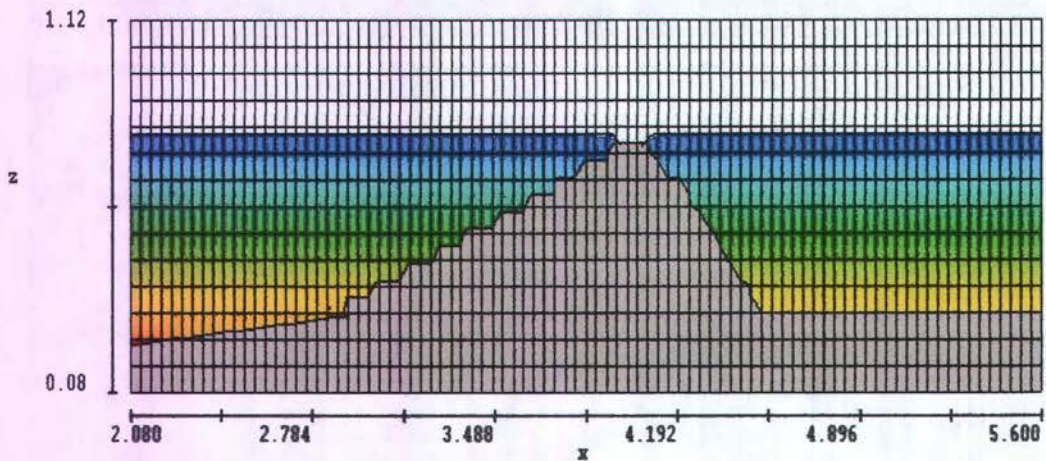
Pemodelan *Submerged breakwater* dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Flow3D. *Software* ini merupakan *Computational Fluid Dynamic* dengan menggunakan metode VOF (*Volume of Fluid*). Dalam tugas akhir ini data-data serta ukuran dari *wave tank* dan ukuran *submerged breakwater* sebagai kalibrasi dan validasi menggunakan percobaan fisik yang dilakukan oleh Fatnanta (2007).



Gambar 3.3 FLOW 3D

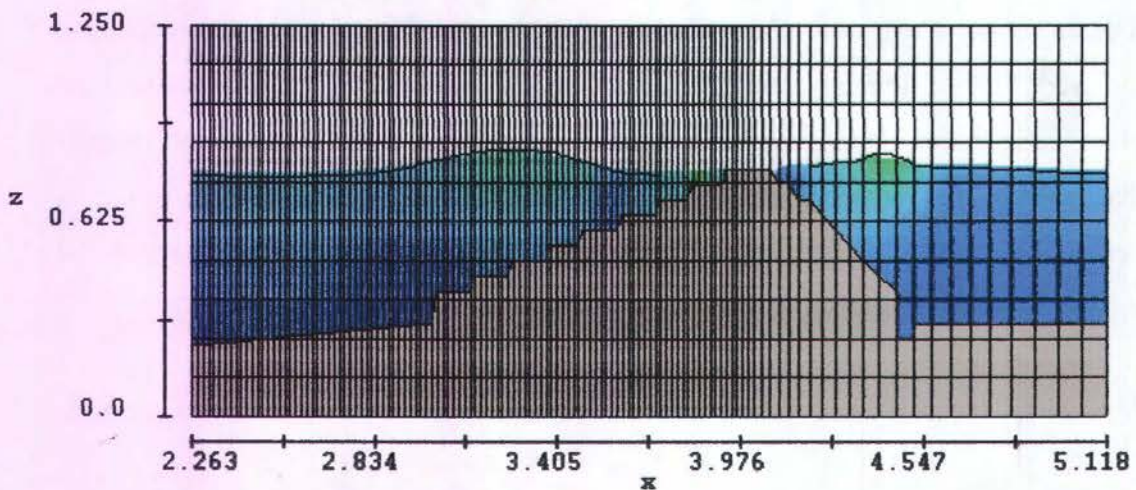
Pembuatan model *wave tank* dimulai dengan membuat grid-grid yang sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Kerapatan grid yang tinggi akan menghasilkan tampilan yang halus serta memberikan data gelombang yang lebih terinci karena pembacaan data oleh *software* akan lebih banyak dan detail. Dalam *running* program, memerlukan *time step* yang kecil untuk mendapatkan data yang diinginkan. Gambar 3.4 berikut menunjukkan pembagian grid di daerah komputasi.





Gambar 3.4 Hasil *Output* Kerapatan Grid yang Tinggi

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa pada daerah didekat breakwater kantong pasir., gridnya lebih rapat dari pada daerah yang lain. Hal ini berguna untuk memberikan data gelombang yang lebih terinci sehingga hasil yang diperoleh lebih detail. Kerapatan grid lebih diutamakan di daerah probe karena letak dari empat buah titik pengambilan data, tiga titik berada didepan breakwater dan satu titik di belakang breakwater.



Gambar 3.5 Perbandingan Tampilan Gelombang dengan Kerapatan Grid yang Berbeda

Sebagaimana yang terlihat di gambar 3.5 bisa dibedakan kehalusan hasil dari grid yang rapat, sedangkan daerah dibelakang model terlihat kasar. Semakin halus hasilnya, maka semakin valid data yang kita dapatkan. Data gelombang nantinya dalam Flow 3D dimasukkan ke dalam file prepin. Prepin ini merupakan kumpulan seluruh input data,



mulai dari time step yang diinginkan, data gelombang sampai penentuan letak dari titik pengambilan data. Contoh tampilan prepin dalam Flow 3D ditunjukkan dalam gambar 3.6 berikut ini.

```

File : prepin.fin
Surf Similarity Equal to 0.264
Submerge breakwater geotextille use sand bag as an armour smooth surface(solid)
$zput
  remark='units are aks',
  twfin=30.0.    remark='set finish time',
  gz=-9.81.    remark='coefficient of gravity force',
  ipdis=1.    remark='uniform hydrostatic pressure',
  itb=1.    remark='free surface tracking enabled',
  prtdt=1000.0. remark='limit in hd3out',
  hpltdt=1.    remark='set interval for history plot',
  pltdt=1.    remark='time interval between spatial plots in flsgrf/flsplt',
  iadiz=1.    remark='pressure iteration use line implicit methods',
  iadix=1.
  iadiy=1.
  epsadj=1.    remark='active multiplier for calculated pressure iteration converg
  nmat=1.    remark='number of materials',
  ifvis=0.    remark='k-ε turbulence model. viscosity flag.set 0 for no turbulenc
  dum1=3.14159. remark='dum1 is wave angular frequency, T=2.0 sec',
  dum2=1.295642. remark='dum2 is wave number, L=4.84947617m',
  dum3=0.1.    remark='dum3 is wave Height, H=0.1m',
  isolid=0.
  apltdt=30.    tedit(1)=30.
Send
$limits
  irpr=1.    remark='print window maximum x cell index',
  jbkpr=1.
  ktpr=1.
Send
$props
  rho=1000.0. remark='water density',
  mu=0.001.    remark='water coefficient dynamic viscosity',
  mul=0.001.
Send
  
```

Gambar 3.6 Prepin pada Flow 3D

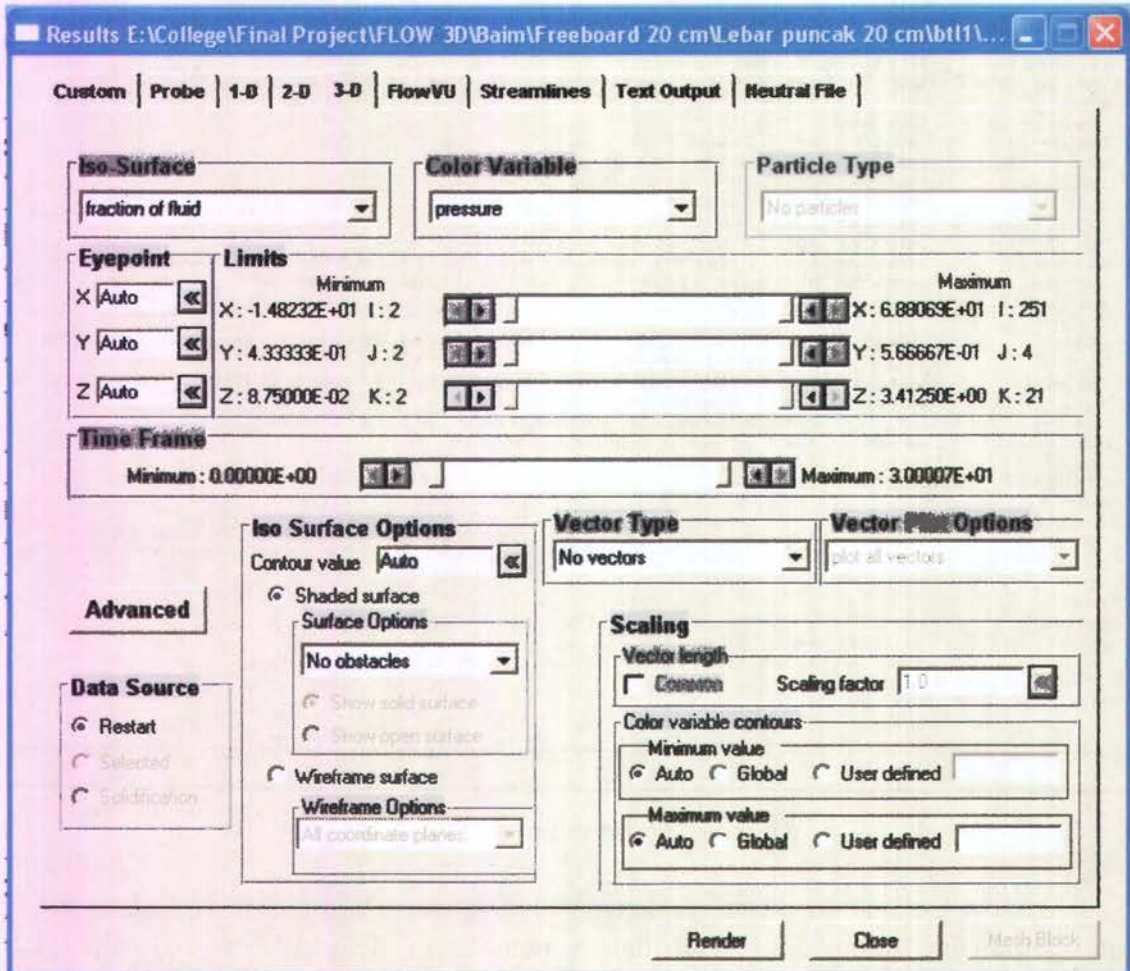
Data gelombang yang diinginkan dalam pemodelan dengan flow 3D diperoleh berdasarkan koordinat titik tinjau(*probe*) yang didefinisikan dalam prepin file diatas. Ada 4 titik pengambilan data yaitu titik 1 (-0.3, 0.5, 0.8), titik 2 (-0.1, 0.5, 0.8), titik 3 (0.0, 0.5, 0.8), titik 4 (9.7, 0.5, 0.8) seperti yang ditampilkan pada gambar 4.6.

### 3.5 Validasi menggunakan *Flow 3D*

Dalam penelitian ini perlu dilakukan validasi untuk mengetahui apakah kondisi sebuah *wave tank* dan model *breakwater sand bag* yang dimodelkan di dalam Flow3D sesuai dengan kondisi *wave tank* dan *breakwater sand bag* pada pemodelan fisik, maka perlu

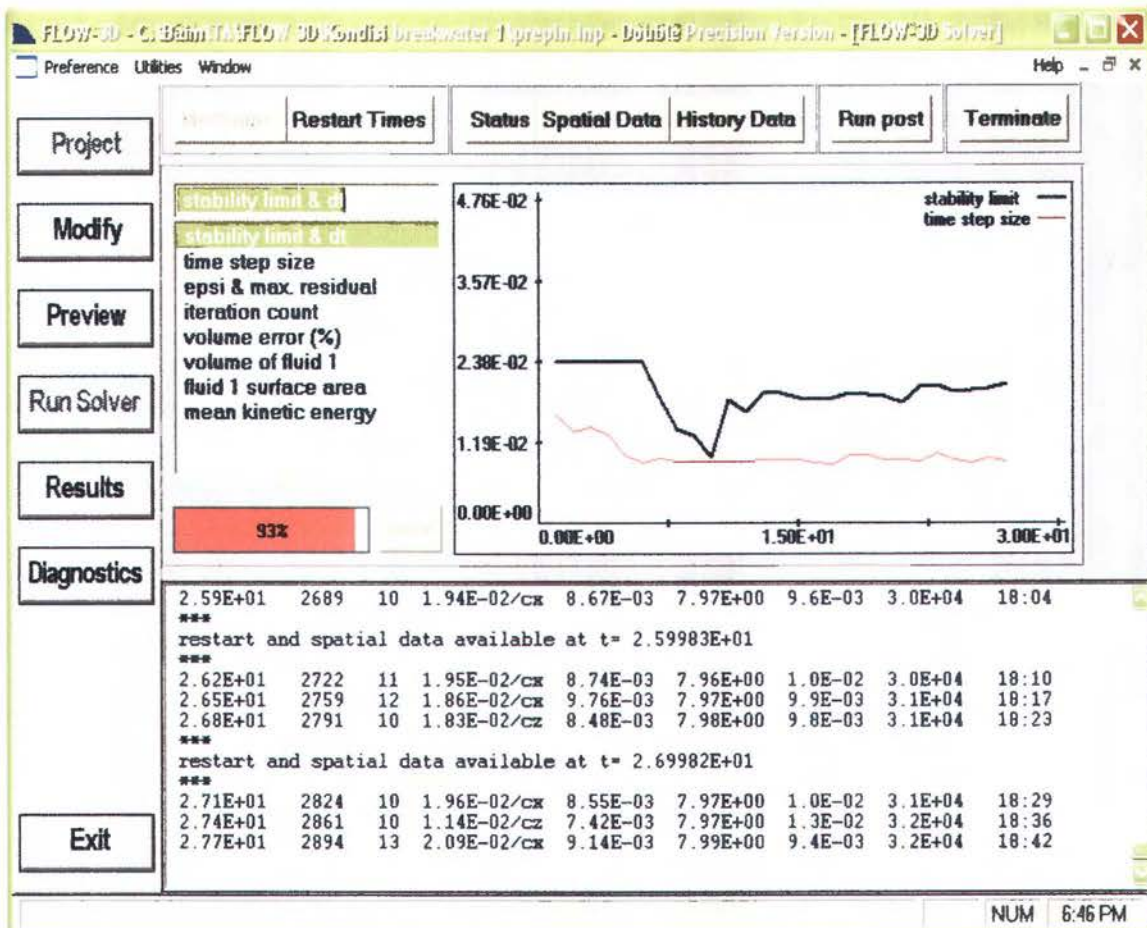


adanya perbandingan pada beberapa parameter antara model fisik pada penelitian yang sudah pernah dilakukan dan model numeris yang dibuat pada Flow3D. Parameter yang dipilih untuk perbandingan adalah nilai koefisien transmisi dengan  $H/gT^2$  antara penelitian fisik (Fatnanta, 2007) yang memodelkan *breakwater* kantong pasir yang diujikan di kolam gelombang (*wave tank*).



Gambar 3.7 Tools untuk Mengatur *Output* Flow 3D

Dengan memasukkan data yang dibutuhkan, program akan merunning data tersebut untuk setiap *breakwater* dan menghasilkan gelombang yang dibangkitkan oleh pembangkit gelombang sesuai data kemudian menjaral ke arah *breakwater* yang telah dimodelkan dalam mesh atau grid-grid yang telah disiapkan sebelumnya.



Gambar 3.8 Proses Running Program Flow 3D

Ketika gelombang bergerak akan direkam oleh titik pengambilan data. Untuk validasi ini data output dari titik pengambilan data pertama dan kedua saja yang digunakan. Apabila hasil dari perekam data tidak sesuai dengan nilai  $K_t$  yang ada pada penelitian sebelumnya (Fatnanta, 2007), maka akan diulang lagi proses entry data dan running dimulai dari awal lagi. Ketidaksamaan atau ketidaksesuaian data yang dihasilkan model numerik dikarenakan banyak hal. Kesalahan-kesalahan yang sering terjadi adalah kurang kecilnya grid yang dirancang sehingga data yang terekam tidak spesifik dan rinci. Tidak jarang kesalahan juga terjadi pada pembuatan kemiringan tanah dasar laut dan kemiringan breakwater serta input data gelombang.



## BAB IV

### ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Proses Pemodelan

Proses pemodelan pada penelitian ini dibagi mejadi 3 tahap, yaitu :

##### 1. Tahap 1

Pada tahap 1, pemodelan dilakukan dengan memodelkan *sand bag breakwater* menggunakan *software* AutoCad 2005 dan digunakan satuan meter untuk *unit lengthnya* sehingga ketika dimasukkan ke dalam model *Flow 3D* bisa langsung menyesuaikan dengan satuan mks. Model elemen *sand bag breakwater* yang dibuat pada tahap ini berbentuk bantal, model elemen bisa dilihat pada gambar 1.1. Model *sand bag breakwater* yang dibuat pada *software* ini berbentuk file dengan ekstension DWG.

##### 2. Tahap 2

Model *sand bag breakwater* dengan file DWG ini diimpor ke dalam *software* 3Dsmx7. Didalam tahap ini, model diberi skala kembali sesuai dengan ukuran yang kita inginkan sehingga ketika diimpor ke dalam flow 3D ukuran model sesuai dengan perencanaan dan ditempatkan pada koordinat (0,0,0.241) sehingga memudahkan proses penempatan gugus *breakwater* dalam pemodelan Flow3D. Konfigurasi dapat dilihat pada gambar 4.2, 4.3 dan gambar 4.5.

Agar dapat dibaca oleh Flow3D sebagai elemen solid, maka konfigurasi model harus disimpan dalam bentuk *stereolite file* dengan ekstensi STL dan nama file diganti dengan STLF02.inp. Apabila jumlah model yang diimpor untuk digunakan lebih dari 1, maka nama file selanjutnya bisa diberi STLF03.inp dan seterusnya sesuai dengan urutan data *obstacle* pada file input.

##### 3. Tahap 3

Selanjutnya, pada tahap ini dilakukan pemodelan dengan bantuan *software* Flow3D dengan menyusun konfigurasi batas kondisi yang ingin dimodelkan seperti konfigurasi

jumlah *mesh/grid*, frekuensi gelombang, *wave number*, letak model *breakwater*, letak titik yang akan dinalisa, penentuan *Finish Time running* program, dll. *File input* yang telah disusun sesuai dengan kebutuhan kemudian disimpan dengan nama *prepin.inp*. Untuk mengetahui apakah *file input* yang disusun sudah benar, kita bisa menggunakan perintah *preview*. Setelah pengecekan *file input* dijalankan, maka *prepin* siap di-*running* dengan menggunakan perintah *Run Solver*. *Running Program* pada penelitian ini dijalankan sebanyak 27 kali, yaitu *running* untuk kalibrasi dengan kondisi *breakwater* pada hasil penelitian fisik (Fatnanta, 2007) sebanyak 3 kali, dan untuk kondisi *breakwater* yang akan diteliti dengan 2 variasi konfigurasi struktur dan 4 variasi gelombang yang berbeda dilakukan *running* sebanyak 4 kali masing-masing konfigurasi.

#### 4.2. Data yang Digunakan

Data yang digunakan ketika proses penginputan model adalah:

##### 1. Data untuk Kalibrasi

- a. *Finish Time* = 30 sekon
- b.  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- c.  $d = 0.8 \text{ m}$

##### 2. Data Lingkungan untuk Kalibrasi

Variasi data lingkungan dapat dilihat pada tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Variasi Data Lingkungan untuk Validasi

No.	Freeboard (m)	Lebar Puncak (m)	Tinggi Gelombang (m)	Periode (s)	Kedalaman (m)
1	0	0.2	0.1	0.2	0.8
2	0	0.2	0.2	1.5	0.8
3	0.45	0.6	0.1	0.2	0.8
4	0.45	0.6	0.2	1.5	0.8
5	0.4	0.8	0.1	0.2	0.8
6	0.4	0.8	0.2	1.5	0.8

Dari tabel 4.1 diatas jelas ditampilkan bahwa ada 3 kondisi variasi lebar puncak (Bw), *freeboard* (Fb), dan ada 2 variasi tinggi gelombang (H), dan periode gelombang (T)



serta kedalaman yang tetap. Data ini didapatkan dari penelitian fisik yang pernah dilakukan sebelumnya (Fatnanta, 2007).

### 3. Data untuk Model Numerik

- a. *Finish Time* = 30 sekon
- b.  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- c.  $d = 1 \text{ m}; 1.2 \text{ m}; 1.3 \text{ m}$
- d. lebar puncak(bw) = 0.2 m; 0.8 m

### 4. Data Lingkungan untuk Model Numerik

Variasi data lingkungan dapat dilihat pada tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2 Variasi Data Lingkungan Penelitian

No. Test	Freeboard (m)	Lebar Puncak (m)	Tinggi Gelombang (m)	Periode (s)	Kedalaman (m)
1	0.2	0.2	0.1	2	1
2	0.2	0.2	0.15	1.7	1
3	0.2	0.2	0.2	1.5	1
4	0.2	0.2	0.25	1	1
5	0.2	0.8	0.1	2	1
6	0.2	0.8	0.15	1.7	1
7	0.2	0.8	0.2	1.5	1
8	0.2	0.8	0.25	1	1
9	0.4	0.2	0.1	2	1.2
10	0.4	0.2	0.15	1.7	1.2
11	0.4	0.2	0.2	1.5	1.2
12	0.4	0.2	0.25	1	1.2
13	0.4	0.8	0.1	2	1.2
14	0.4	0.8	0.15	1.7	1.2
15	0.4	0.8	0.2	1.5	1.2
16	0.4	0.8	0.25	1	1.2
17	0.5	0.2	0.1	2	1.3
18	0.5	0.2	0.15	1.7	1.3
19	0.5	0.2	0.2	1.5	1.3
20	0.5	0.2	0.25	1	1.3
21	0.5	0.8	0.1	2	1.3

22	0.5	0.8	0.15	1.7	1.3
23	0.5	0.8	0.2	1.5	1.3
24	0.5	0.8	0.25	1	1.3

Dalam proses pengerjaan penelitian ini dilakukan sebanyak 24 kali running seperti yang ditampilkan pada tabel 4.2 diatas. Dengan variasi pada lebar puncak (Bw) hanya 2 variasi yaitu 0.2 m dan 0.8 m dan variasi pada jarak SWL (*Still Water Level*) dengan lebar puncak (Bw) atau disebut *freeboard* juga 3 variasi yaitu 0.2 m, 0.4 m, 0.5 m. Dan adapun juga variasi pada tinggi gelombang (H) 0.1 m dan 0.17 m, serta variasi pada periode gelombang (T) 3.2 s dan 1.7 s

### 4.3. Pemodelan *Submerged Breakwater*

#### 4.3.1 *Mesh/Grid*

##### 1. *Wave Tank*

Untuk setiap kondisi *wave tank*, digunakan konfigurasi pemodelan grid yang sama sehingga dapat dilakukan perbandingan parameter yang diinginkan pada titik yang sama. Koordinat dan jumlah grid yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.3, 4.4, 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.3 Penempatan Koordinat Tiap-tiap *mesh Wave Tank 3D*

	X				Y		Z	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(1)	(2)
Koord.Grid	-3.3	4.0	7.1	19.7	0.0	1.0	0.0	1.5

Tabel 4.4 Penempatan Koordinat Tiap-tiap *mesh Wave Tank 2D*

	X				Y		Z	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(1)	(2)	(1)	(2)
Koord.Grid	-3.3	4.0	7.1	19.7	0.4	0.6	0.0	1.5

Pada 4.3 dn 4.4 adalah *meshing* masing-masing *wave tank* tiga dimensi dan dua dimensi. Yang berbeda hanya pada sumbu Y saja, jika pada tiga dimensi jarak sumbu Y adalah 1 m sedangkan jarak sumbu Y pada dua dimensi 0.2 m. Pada *wave tank* tiga



dimensi koordinat sumbu Y dimulai dari (0,0,0) sedangkan dua dimensi dimulai dari koordinat (0,0,4,0).

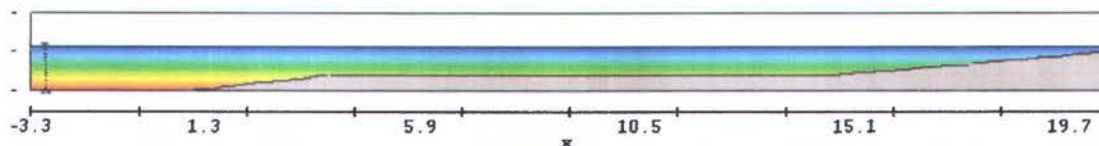
Tabel 4.5 Pembagian *Mesh* untuk Setiap Daerah Komputasi *Wave Tank 3D*

Pembagian Daerah	Jumlah <i>Mesh</i>	Total <i>Mesh</i>
px(1)	50	300
px(2)	100	
px(3)	100	
px(4)	50	
py(1) - py(2)	30	30
pz(1) - pz(2)	30	30

Tabel 4.6 Pembagian *Mesh* untuk Setiap Daerah Komputasi *wave Tank 2D*

Pembagian Daerah	Jumlah <i>Mesh</i>	Total <i>Mesh</i>
px(1)	50	300
px(2)	100	
px(3)	100	
px(4)	50	
py(1) - py(2)	10	10
pz(1) - pz(2)	30	30

Dari input *meshing* dan pembagian total *mesh/grid* seperti diatas maka simulasi daerah komputasi *wave tank* pada flow 3D dapat dilihat pada gambar 4.1 di bawah ini:

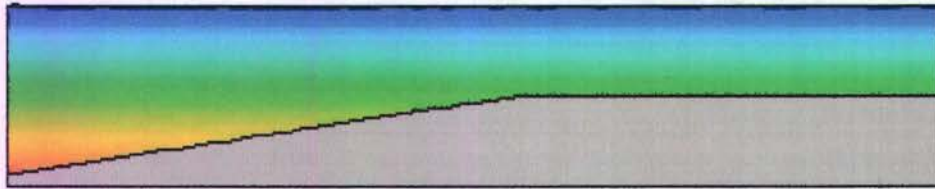


Gambar 4.1 Simulasi *Wave Tank* pada Flow 3D

### 4.3.2 Penempatan *Obstacle*

#### *Shoreline*

Untuk setiap kondisi *wave tank*, digunakan konfigurasi pemodelan *shoreline* yang sama karena menggunakan *slope/kemiringan* yang sama yaitu 1/10. Pemodelan *shoreline* dengan *slope* 1/10 dilakukan dengan menginputkan koordinat  $cx = -0.1$ ,  $cz = 1$ ,  $zh = 0.3$ ,  $xl = 0.0$  dan  $xh = 11.7$  pada daerah input *obstacle* 1.



Gambar 4.2 Penampang *Shoreline* dengan *Slope* 1/10

#### **Breakwater kantong pasir**

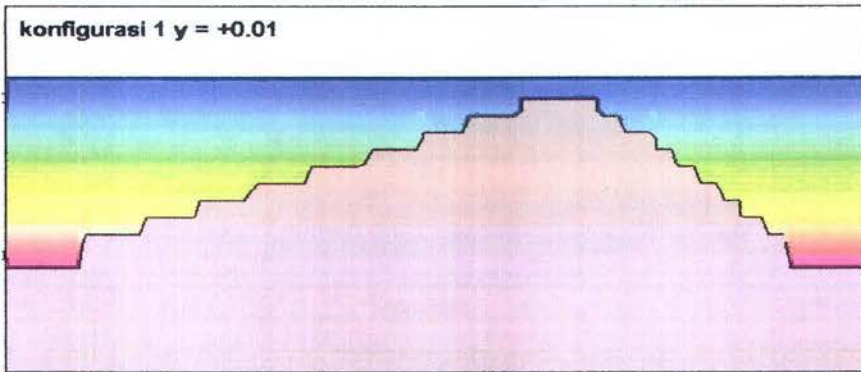
Variasi model breakwater akan diinputkan sesuai dengan kondisi lingkungan yang diinginkan. Setelah semua parameter sudah sesuai, maka tentukan penempatan *obstacle* yang akan diletakkan sesuai penelitian ini. Dengan menentukan koordinat (0,0,0.24) pada 3dmax7 ketika diimpor ke flow 3D dia akan menyesuaikan dengan koordinat (0,0,0.24). Setelah itu kita geser ke arah sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z dengan perintah *trnx*, *trny*, *trnz* pada *command line* sesuai dengan lokasi yang kita inginkan tadi. Dan jumlah grid yang rapat juga akan mempengaruhi bentuk stereolite yang diimpor.

Tabel 4.7 Koordinat Titik Penempatan Model Breakwater pada Flow3D

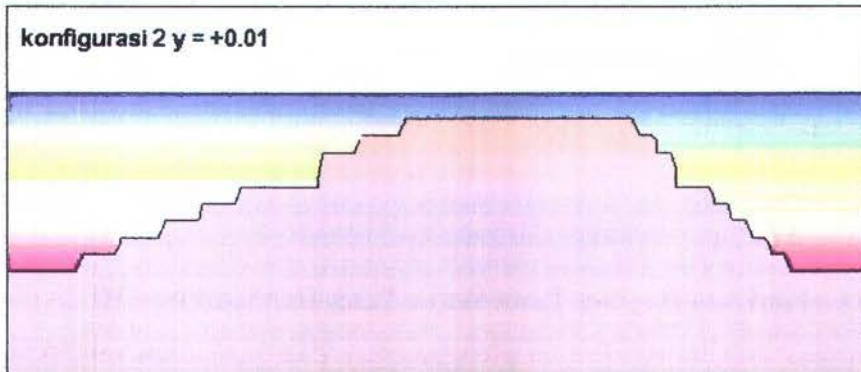
	Konfigurasi		
	1	2	3
X	3.0	3.5	4.0
Y	0.5	0.5	0.5
Z	0.525	0.525	0.525



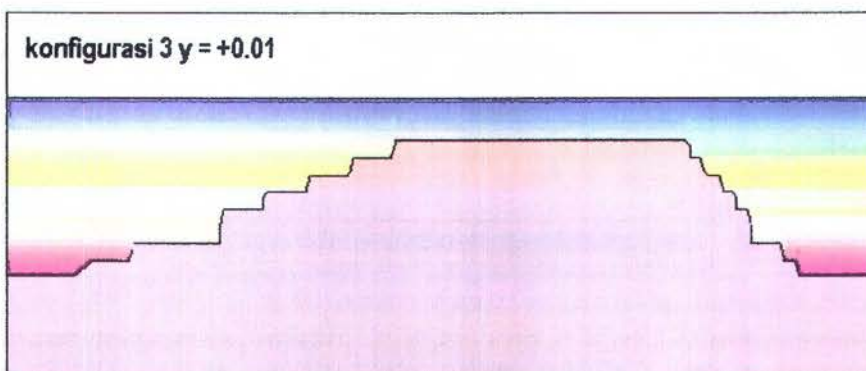
Secara visual, bentuk konfigurasi *submerge breakwater* dengan flow 3D



Gambar 4.3 Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.2 m



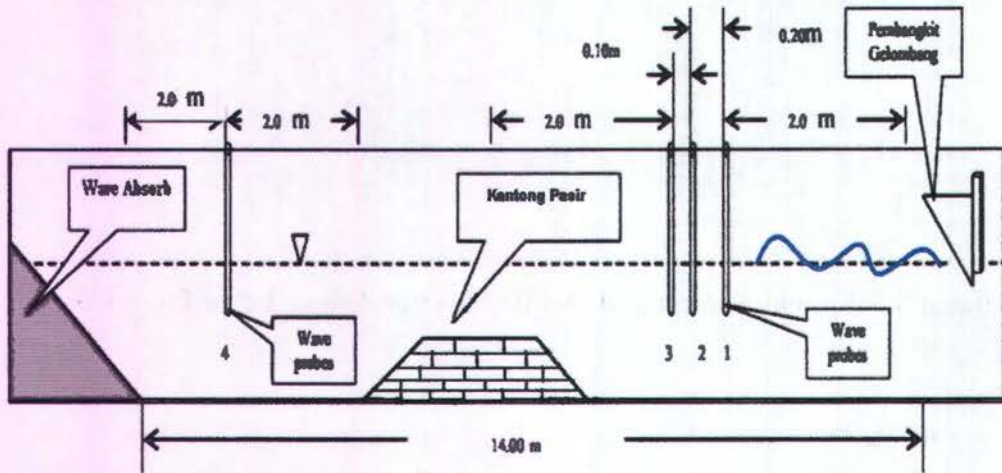
Gambar 4.4 Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.6 m



Gambar 4.5 Tampak Samping Model Breakwater dengan Lebar Puncak 0.8 m

### 4.3.3 Wave Tank/Flume Tank Dan Lokasi Penempatan Probe

Pada penelitian ini juga memodelkan wave tank ke dalam flow 3D. Wave tank yang dimodelkan adalah wave tank yang digunakan oleh peneliti sebelumnya. Model fisik wave bisa dilihat pada gambar 4.6 di bawah ini.



Gambar 4.6 Detail Flume, Posisi Model dan Penempatan Probe (Fatnanta, 2007)

## 4.4. Validasi Model

### 4.4.1 Model Gelombang Reguler Pada Wave Tank Dengan Flow 3D

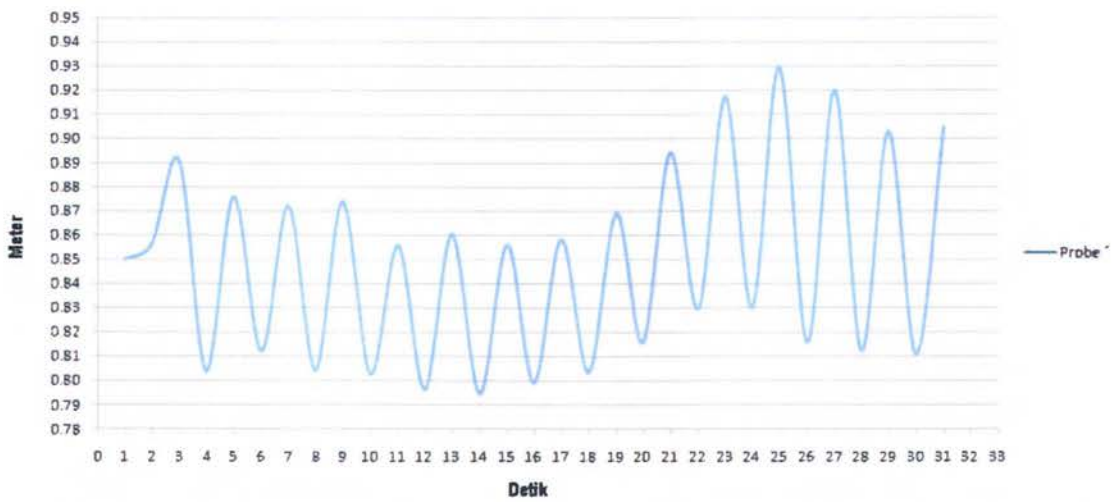
Sebelum *software* dikalibrasi, dengan menggunakan data penelitian yang telah disusun, maka analisa karakteristik gelombang dalam *wave tank* tanpa breakwater dapat dilakukan terlebih dahulu. Simulasi gelombang yang dilakukan menggunakan tinggi gelombang (H) 0.1 m dan periode gelombang (T) 2.0 detik dengan *finish time* 30 detik.

Tabel 4.8 Lokasi Penempatan Probe pada Flow 3D

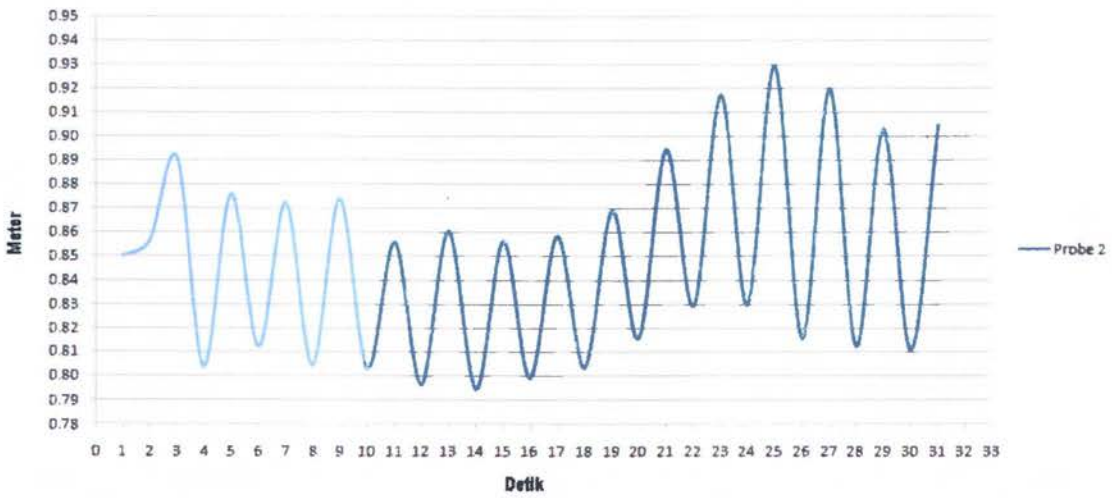
Penempatan probe	Sumbu X			
	1	2	3	4
	-0.3	-0.1	0.0	9.7

Lokasi penempatan probe dibagi 2, probe 1, 2, 3 didekat pembangkit gelombang dan probe 4 di dekat peredam gelombang. Gambar-gambar dibawah ini adalah output dari simulasi gelombang pada wave tank dengan flow 3D.

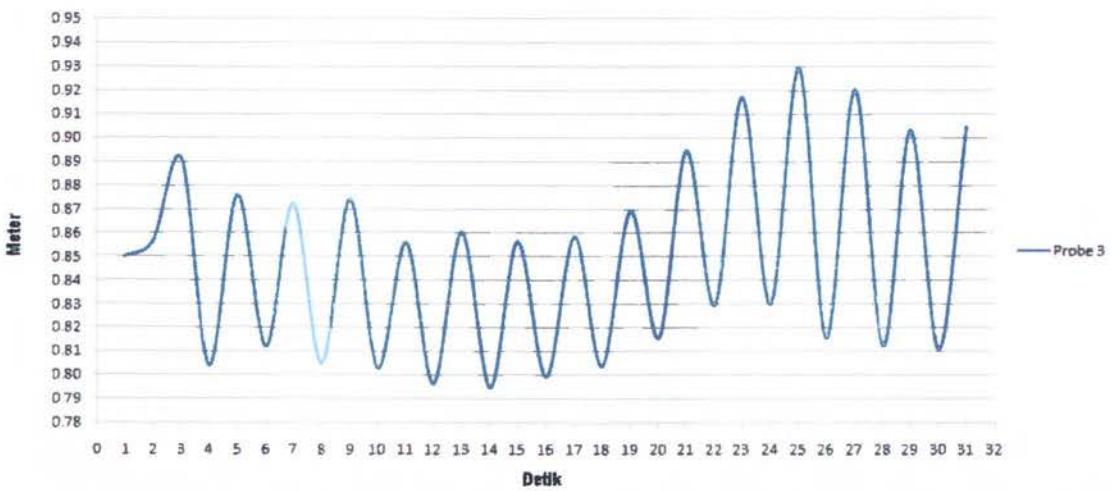




Gambar 4.7 Profil Gelombang pada Probe 1 dengan  $H=0.1$  meter dan  $T=2.0$  detik

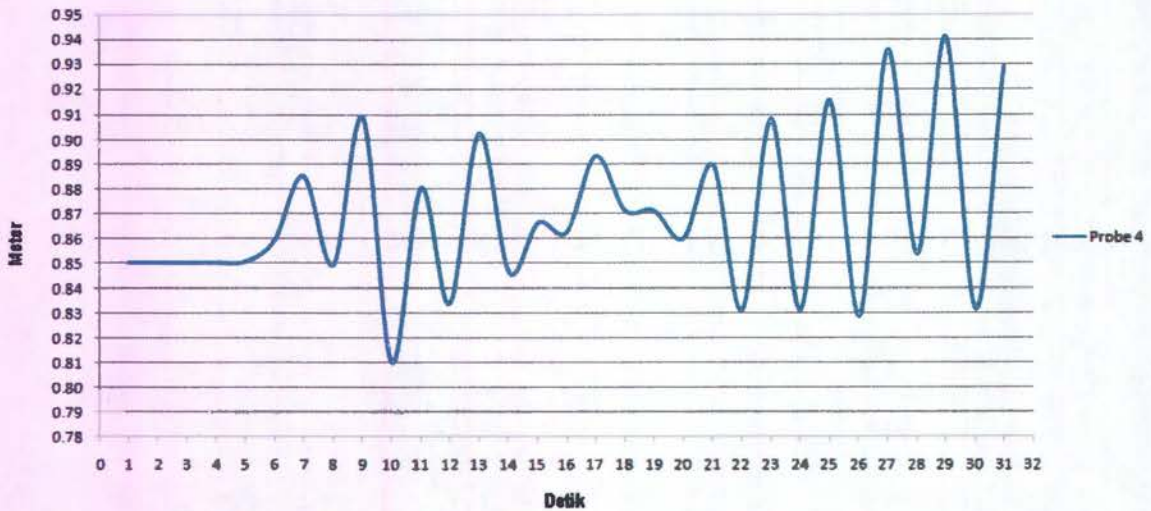


Gambar 4.8 Profil Gelombang pada Probe 2 dengan  $H=0.1$  meter dan  $T=2.0$  detik



Gambar 4.9 Profil Gelombang pada Probe 3 dengan  $H=0.1$  meter dan  $T=2.0$  detik

Bisa kita lihat dari gambar 4.7, 4.8 dan 4.9 bahwa pada probe 1, 2 dan 3 memiliki profil gelombang yang sama. Ini menunjukkan bahwa gelombang yang terjadi adalah gelombang reguler. Dan pada penelitian ini gelombang yang digunakan adalah gelombang reguler. Dan kita dapat melihat rekaman gelombang pada probe 4 dari gambar 4.10 di bawah ini:



Gambar 4.10 Profil Gelombang pada Probe 4 dengan  $H=0.1$  meter dan  $T=2.0$  detik

Dari gambar 4.9 di atas dapat kita lihat telah terjadi deformasi gelombang. Yang disebabkan adanya *slope* (dapat dilihat pada gambar 4.2) dan telah terjadi pemantulan gelombang dari peredam gelombang menuju ke arah pembangkit gelombang dengan waktu tertentu sesuai dengan periode gelombang yang terjadi. Model simulasi *wave tank* dapat dilihat pada gambar 4.1 di atas. Ketika gelombang datang bertemu dengan gelombang pantul terjadi perubahan karakteristik gelombang terutama pada tinggi gelombang yang terekam oleh *probe*. Untuk berapa besar nilai tinggi gelombang yang terekam oleh *probe* dan detik ke berapa terjadi perubahan karakteristik tinggi gelombang, dapat dilihat pada tabel 4.9 di bawah ini :



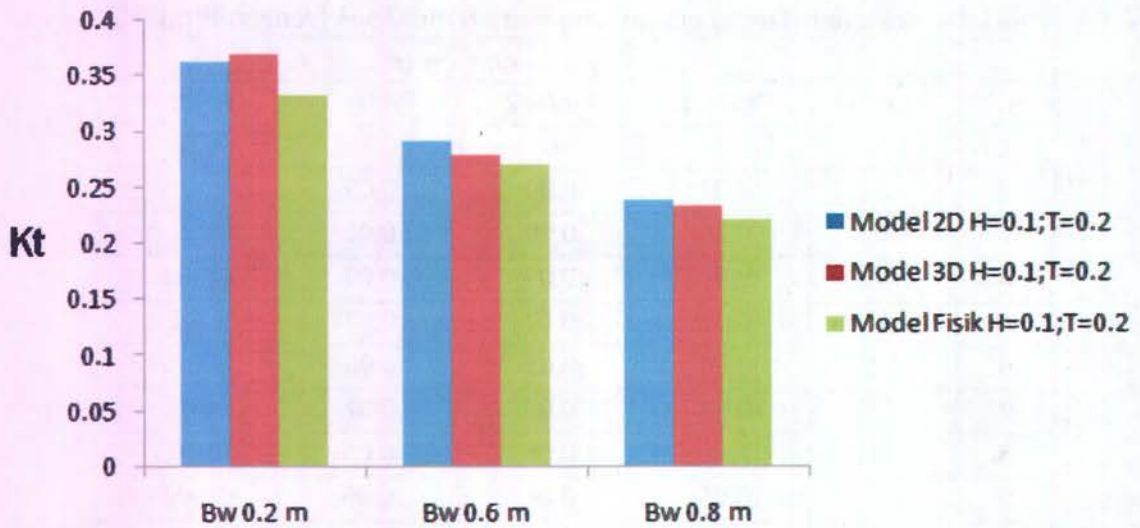
Tabel 4.9 Rekaman Tinggi gelombang Pada *Wave Tank* Dengan Flow 3D

No.	T (detik)	Tinggi Gelombang (m)			
		Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
1	0	0	0	0	0
2	2	0.09	0.09	0.09	0
3	4	0.06	0.06	0.06	0
4	6	0.07	0.07	0.07	0.03
5	8	0.07	0.07	0.07	0.1
6	10	0.05	0.05	0.05	0.05
7	12	0.07	0.07	0.07	0.05
8	14	0.06	0.06	0.06	0.005
9	16	0.06	0.06	0.06	0.02
10	18	0.05	0.05	0.05	0.01
11	20	0.06	0.06	0.06	0.06
12	22	0.09	0.09	0.09	0.08
13	24	0.11	0.11	0.11	0.08
14	26	0.11	0.11	0.11	0.08
15	28	0.09	0.09	0.09	0.11

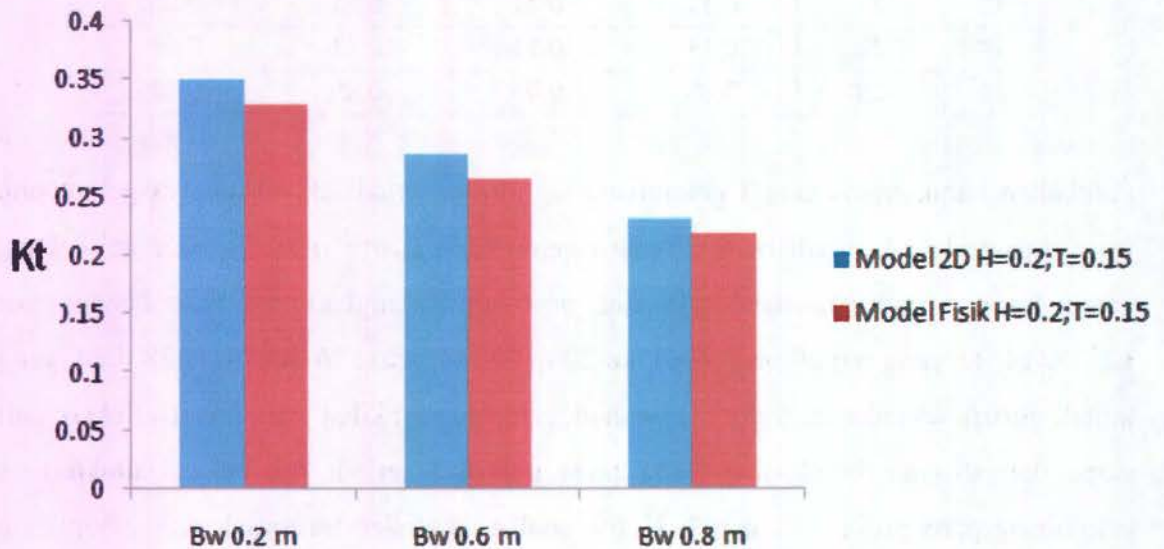
Perubahan karakteristik tinggi gelombang signifikan terjadi akibat adanya gelombang yang dipantulkan kembali oleh peredam gelombang (*wave absorb*) pada gelombang nomor 5 yang terjadi pada detik ke-8 (lihat *probe 4*). Sedangkan pada gelombang nomor 12, 13, 14, 15 yang terjadi pada detik ke-22 detik, 24 detik, 26 detik dan 28 detik yang terjadi justru sebaliknya, yaitu perubahan gelombang akibat pantulan (refleksi) dari slope dan struktur breakwater yang pada akhirnya terjadi perubahan karakteristik gelombang pada probe 1, 2 dan 3. Untuk analisa koefisien transmisi ( $K_t$ ), gelombang hasil pantulan tersebut tidak diperhitungkan.

#### 4.4.2 Koefisien Gelombang Transmisi Pada Kantong Pasir

Untuk mengetahui keandalan model numerik, maka dipertimbangkanlah untuk membuat perbandingan variasi gelombang koefisien transmisi antara model fisik (Fatnanta, 2007) dan model numerik kantong pasir (validasi model) sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 4.11 berikut:



Gambar 4.11 Perbandingan Koefisien Transmisi Model Fisik dan Model Numerik Kantong Pasir Solid dengan  $H=0.1;T=0.2$  pada Kedalaman air  $h=0.8$  m ( $z/h=0.1$ )



Gambar 4.12 Perbandingan Koefisien Transmisi Model Fisik dan Model Numerik Kantong Pasir Solid dengan  $H=0.2;T=0.15$  pada Kedalaman air  $h=0.8$  m ( $z/h=0.1$ )

Pada gambar 4.11 dan 4.12 diatas menunjukkan perbandingan koefisien transmisi gelombang antara model fisik (Fatnanta, 2007) dan numerik kantong pasir solid 2D dan 3D pada kedalaman air  $h=0.8$  m ( $z/h=0.1$ ). Dan untuk data masing-masing model dapat dilihat pada tabel 4.1, untuk model 2D dan model fisik ada 2 variasi untuk masing-masing konfigurasi dan untuk model 3D hanya 1 variasi. Yang dimana pada konfigurasi 0.2 m ditampilkan pada gambar 4.3, konfigurasi bw 0.6 m pada gambar 4.4 dan konfigurasi bw 0.8 m pada gambar 4.5. Dari gambar tersebut kita dapat mengetahui



perbedaan model fisik dan model numerik. Maka terdapat tiga koefisien transmisi (Kt) yang berbeda secara jelas sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil Kalibrasi Model Fisik dan Model Numerik Kantong Pasir Solid Kedalaman air  $h=0.8(z/h=0.1)$

No.	Fb(m)	Bw(m)	Model 2D	Model 3D	Model Fisik (Ferry,2007)	Kalibrasi Fisik - 2D (%)	Perbedaan 2D - 3D (%)
1	0.0	0.2	0.362	0.370	0.333	8.41	0.27
2	0.0	0.2	0.351	-	0.329	6.38	-
3	0.05	0.6	0.292	0.279	0.271	7.74	6.81
4	0.05	0.6	0.286	-	0.266	7.51	-
5	0.1	0.8	0.239	0.233	0.221	8.14	3.43
6	0.1	0.8	0.231	-	0.219	5.47	-

Seperti yang disajikan pada tabel 4.10 ditunjukkan koefisien transmisi (Kt) yang diperoleh dari hasil *running* dengan Flow 3D dengan  $h=0.8$  m ( $z/h=0.1$ ) dengan *Freeboard* (Fb) dan lebar puncak (Bw) yang bervariasi. Pada tabel diatas juga kita bisa melihat ternyata hasil dari model 2D tidak terlalu besar perbedaannya dengan dibandingkan model 3D, tetapi pada model 3D tidak kita bahas karena pada batasan masalah yang dianalisa adalah model 2D.

Pada model Bw 0.2 m koefisien transmisi (Kt) sebesar 0.362 dan 0.351 (model numerik) dengan freeboard 0.0 m. Koefisien transmisi tersebut mendekati Kt model fisik 0.333 dan 0.329, sehingga memiliki kalibrasi 8.41% dan 6.38%. Artinya, hasil keandalan selisih koefisien transmisi tersebut cukup baik.

Koefisien transmisi (Kt) pada model Bw 0.6 m sebesar 0.292 dan 0.286 (model numerik) yang dimana model Bw 0,6 m tinggi strukturnya lebih kecil dari yang model Bw 0.2 m yaitu 0.45 m ( $Fb=0.05m$ ) dengan lebar puncak lebih besar yaitu 0.6 m. Koefisien transmisi tersebut sangat mendekati Kt model fisik 0.271 dan 0.266, sehingga memiliki kalibrasi 7.74% dan 7.51%. Bisa dikatakan hasil keandalan selisih koefisien sangat baik.

Dan pada model Bw 0.8 m dimana variasi struktur dengan *freeboard* (Fb) lebih kecil dari model struktur Bw 0.6 m sebesar 0.1 m dan lebar puncak (Bw) lebih besar yaitu 0.8 m. Koefisien transmisi (Kt) pada model Bw 0.8 m sebesar 0.239 dan 0.231 (model numerik) yang dimana juga mendekati koefisien transmisi (Kt) model fisik yang sebesar 0.221 dan 0.219. Artinya, hasil keandalan kalibrasi koefisien tersebut baik yaitu sebesar 8.14% dan 5.47%.

Dengan hasil koefisien transmisi (Kt) yang didapat dengan menggunakan software Flow 3D, yang dimana konfigurasi wave tank dan parameter gelombang yang sama dengan percobaan fisik (Fatnanta, 2007) serta model kantong pasir dan struktur *submerge breakwater* yang sama pula maka dapat disimpulkan bahwa *wave tank* pada pemodelan ini sudah tervalidasi.

#### 4.5. Simulasi Model

##### 4.5.1 Hasil Pemodelan Gelombang Transmisi

Dari hasil running Flow3D, kita bisa mendapatkan data tinggi gelombang pada 4 titik tinjau yang sudah ditetapkan. Output yang diperoleh dapat berupa gambar, grafik dan berupa teks. Analisa gelombang transmisi dilakukan dengan 2 cara, yaitu:

##### 1. Metode 1

Dengan cara membandingkan antara tinggi gelombang dalam *wave tank* tanpa breakwater  $H_i$  dan tinggi gelombang dalam *wave tank* dengan breakwater  $H_t$ . Analisa dengan cara ini dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang pada probe 4. Hasil analisa gelombang transmisi dengan cara ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

##### a. Freeboard 0.2 m

Tabel 4.11 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m

Nilai	No. Test 1	No. Test 2	No. Test 3	No. Test 4
Tinggi gelombang datang ( $H_i$ )	0.1055 m	0.1444 m	0.2075 m	0.1400 m
Tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ )	0.0939 m	0.0939 m	0.0863 m	0.0550 m
Koeffisien transmisi (Kt)	0.8908 m	0.6503 m	0.4157 m	0.3929 m



Tabel 4.12 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m

Nilai	No Test 5	No Test 6	No Test 7	No Test 8
Tinggi gelombang datang (Hi)	0.1055 m	0.1444 m	0.2075 m	0.1400 m
Tinggi gelombang transmisi (Ht)	0.0938 m	0.0889 m	0.0733 m	0.0313 m
Koefisien transmisi (Kt)	0.8890 m	0.6154 m	0.3534 m	0.2232 m

**b. Freeboard 0.4 m**

Tabel 4.13 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m

Nilai	No. Test 9	No. Test 10	No. Test 11	No. Test 12
Tinggi gelombang datang (Hi)	0.1000 m	0.1140 m	0.1267 m	0.0750 m
Tinggi gelombang transmisi (Ht)	0.1200 m	0.1200 m	0.1225 m	0.0500 m
Koefisien transmisi (Kt)	1.2000 m	1.0526 m	0.9671 m	0.6667 m

Tabel 4.14 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m

Nilai	No. Test 13	No. Test 14	No. Test 15	No. Test 16
Tinggi gelombang datang (Hi)	0.1000 m	0.1211 m	0.1013 m	0.0750 m
Tinggi gelombang transmisi (Ht)	0.1150 m	0.1264 m	0.0950 m	0.0450 m
Koefisien transmisi (Kt)	1.1500 m	1.0434 m	0.9383 m	0.6000 m

**c. Freeboard 0.5 m**

Tabel 4.15 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.2 m

Nilai	No. Test 17	No. Test 18	No. Test 19	No. Test 20
Tinggi gelombang datang (Hi)	0.0900 m	0.1067 m	0.1500 m	0.0700 m
Tinggi gelombang transmisi (Ht)	0.1100 m	0.1175 m	0.1633 m	0.0700 m
Koefisien transmisi (Kt)	1.2222 m	1.1016 m	1.0889 m	1.0000 m

Tabel 4.16 Koefisien Transmisi Lebar Puncak 0.8 m

Nilai	No. Test 21	No. Test 22	No. Test 23	No. Test 24
Tinggi gelombang datang (Hi)	0.0900 m	0.1067 m	0.1514 m	0.0700 m
Tinggi gelombang transmisi (Ht)	0.1000 m	0.1100 m	0.1560 m	0.0500 m
Koefisien transmisi (Kt)	1.1111 m	1.0313 m	1.0302 m	0.7143 m

## 2. Metode 2

Cara yang kedua adalah dengan membandingkan antara tinggi gelombang yang terjadi sebelum breakwater dengan tinggi gelombang yang sudah melewati breakwater sebagai hambatan. Untuk setiap konfigurasi, perbandingan dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang pada titik tinjau 1, 2 dan 3 (Hi) dengan titik tinjau 4 (Ht). Hasil analisa gelombang transmisi dengan cara ini dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

### a. Freeboard 0.2 m

#### Lebar Puncak 0.2 m

Tabel 4.17 Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.2

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
1	0.0939 m	0.0943 m	0.0943 m	0.0879 m	0.9963	0.9963	1.0692	1.0206
2	0.1090 m	0.1573 m	0.1582 m	0.1745 m	0.6931	0.6891	0.6245	0.6689
3	0.0863 m	0.2090 m	0.1770 m	0.1810 m	0.4127	0.4873	0.4765	0.4588
4	0.0833 m	0.2400 m	0.2200 m	0.2300 m	0.3472	0.3788	0.3623	0.3628

#### Lebar Puncak 0.8 m

Tabel 4.18 Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.2

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
5	0.0938 m	0.1236 m	0.1331 m	0.1307 m	0.7587	0.7045	0.7172	0.7268
6	0.0889 m	0.1533 m	0.1618 m	0.1591 m	0.5797	0.5493	0.5587	0.5626
7	0.0733 m	0.1950 m	0.1690 m	0.1800 m	0.3761	0.4339	0.4074	0.4058
8	0.0313 m	0.2300 m	0.0800 m	0.0800 m	0.1359	0.3906	0.3906	0.3057



**b. Freeboard 0.4 m****Lebar Puncak 0.2 m**

Tabel 4.19 Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.4

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
9	0.1200 m	0.1150 m	0.1100 m	0.1200 m	1.0435	1.0909	1.0000	1.0448
10	0.1200 m	0.1725 m	0.1656 m	0.1667 m	0.6957	0.7248	0.7200	0.7135
11	0.1225 m	0.2270 m	0.1990 m	0.2000 m	0.5396	0.6156	0.6125	0.5892
12	0.0500 m	0.1400 m	0.0900 m	0.0800 m	0.3571	0.5556	0.6250	0.5126

**Lebar Puncak 0.8 m**

Tabel 4.20 Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.4

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
13	0.1150 m	0.1050 m	0.1050 m	0.1300 m	1.0952	1.0952	0.8846	1.0250
14	0.1264 m	0.1791 m	0.1782 m	0.1764 m	0.7056	0.7092	0.7165	0.7104
15	0.0950 m	0.1820 m	0.1800 m	0.1920 m	0.5220	0.5278	0.4948	0.5148
16	0.0450 m	0.0850 m	0.1100 m	0.1100 m	0.5294	0.4091	0.4091	0.4492

**c. Freeboard 0.5 m****Lebar Puncak 0.2 m**

Tabel 4.21 Koefisien Transmisi Bw 0.2; Fb 0.5

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
17	0.1100 m	0.1000 m	0.1050 m	0.1100 m	1.1000	1.0476	1.0000	1.0492
18	0.1200 m	0.1433 m	0.1333 m	0.1300 m	0.8372	0.9000	0.9231	0.8868
19	0.1633 m	0.1990 m	0.1870 m	0.1930 m	0.8208	0.8734	0.8463	0.8468
20	0.0700 m	0.1150 m	0.1100 m	0.1100 m	0.6087	0.6364	0.6364	0.6271

**Lebar Puncak 0.8 m**

Tabel 4.22 Koefisien Transmisi Bw 0.8; Fb 0.5

No. Test	Ht	Hi			Koefisien Transmisi (Kt)			Kt Rata-rata (Kt)
	H4	H1	H2	H3	Kt1	Kt2	Kt3	
21	0.1000 m	0.0900 m	0.1050 m	0.0950 m	1.1111	0.9524	1.0526	1.0387
22	0.1100 m	0.1325 m	0.1260 m	0.1250 m	0.8302	0.8730	0.8800	0.8611
23	0.1560 m	0.1860 m	0.1970 m	0.2040 m	0.8387	0.7919	0.7647	0.7984
24	0.0500 m	0.0900 m	0.0750 m	0.0800 m	0.5556	0.6667	0.6250	0.6157

**4.5.2 Pengaruh Wave Steepness Terhadap Koefisien Transmisi**

Dalam menganalisa wave steepness kita akan meninjau sama seperti perhitungan metode 2 diatas. Dimana kita akan membandingkan tinggi gelombang transmisi yang didapat dari titik tinjau 4 dengan tinggi gelombang datang yang didapat dari titik tinjau 1, 2 dan 3 yang disusun secara sejajar lurus. Sebetulnya peletakan titik tinjau dikakukan dengan dibuat sejajar adalah untuk menghitung refleksi gelombangnya, pada penelitian fisik (Fatnanta, 2007), Namun pada penelitian numeris ini dibatasi hanya menghitung koefisien transmisi gelombang saja.

**1. Metode 1**

Nilai koefisien transmisi diperoleh dari membandingkan nilai Ht (titik tinjau 4) ada kantong pasir dengan nilai Ht (titik tinjau 4) wave tank tanpa kantong pasir. Setelah itu hasil koefisien transmisi (kt) di rata-rata dan Perbandingannya bisa dilihat dari tabel 4.23 dan gambar 4.12 di bawah ini:

Tabel 4.23 Perbandingan Nilai Kt di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Setiap *Wave Steepness* ( $H/gT^2$ )

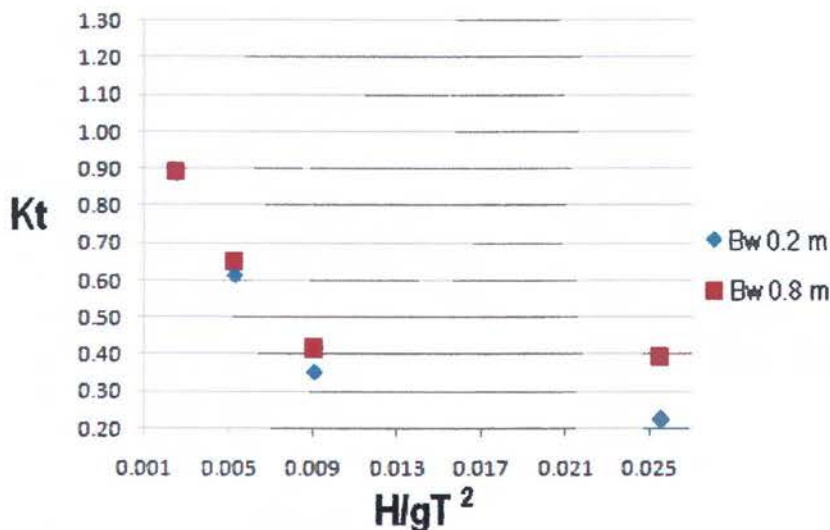
Wave Steepness	Koefisien Transmisi(Kt)					
	Bw 20; Fb 20	Bw 20; Fb 40	Bw 20; Fb 50	Bw 80; Fb 20	Bw 80; Fb 40	Bw 80; Fb 50
0.00255	0.8908	1.2000	1.2222	0.8890	1.1500	1.1111
0.00529	0.6503	1.0526	1.1016	0.6154	1.0434	1.0313
0.00906	0.4157	0.9671	1.0889	0.3534	0.9383	1.0302
0.02548	0.3929	0.6667	1.0000	0.2232	0.6000	0.7143



Pada tabel 4.23 diatas dibagi berdasarkan lebar puncak, dapat dilihat dengan lebar puncak yang sama dan diuji dengan empat karakteristik gelombang dan tiga variasi freeboard. Ternyata bisa kita perhatikan, semakin bertambah kedalaman (h) semakin kecil besar nilai koefisien transmisi (armono, 2006). Dan semakin besar wave steepness semakin kecil nilai koefisien transmisi yang terjadi (Kinog, 2000).

### Freeboard 0.2 m

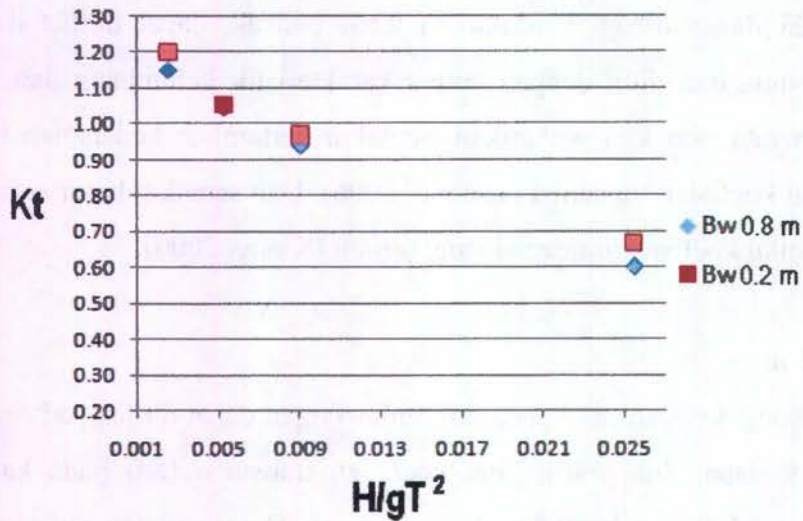
Perbandingan koefisien transmisi pada titik tinjau empat dapat dilihat pada gambar 4.12, yang dimana terdapat dua grafik nilai koefisien transmisi (Kt) pada kantong pasir dengan lebar puncak 0.2 m dan 0.8 m dengan tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama persis pada freeboard yang sama.



Gambar 4.12 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.2 m pada Setiap *Wave Steepness*

### Freeboard 0.4 m

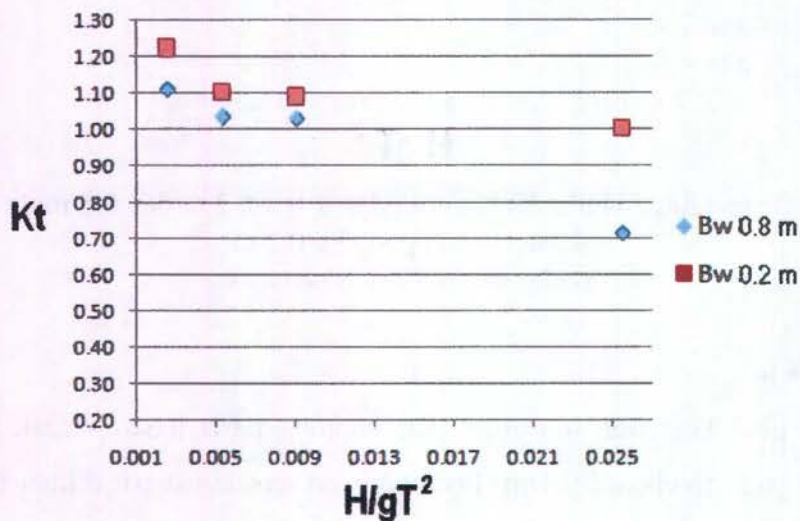
Perbandingan nilai koefisien transmisi (Kt) kantong pasir lebar puncak (Bw) 0.2 m dengan 0.8 m pada freeboard 0.4 m. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 dibawah ini:



Gambar 4.13 Perbandingan Nilai  $K_t$  Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.4 m pada Setiap *Wave Steepness*

#### Freeboard 0.5 m

Perbandingan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) kantong pasir lebar puncak (Bw) 0.2 m dengan 0.8 m pada freeboard 0.5 m dengan tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama persis pada freeboard yang sama. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.14 dibawah ini:

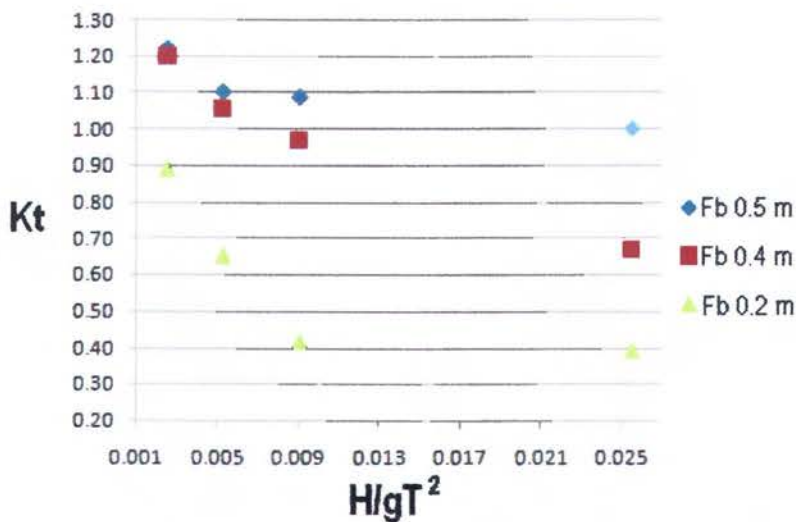


Gambar 4.14 Perbandingan Nilai  $K_t$  Kantong Pasir Bw 0.2 m dan 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.5 m pada Setiap *Wave Steepness*



### Lebar puncak 0.2 m

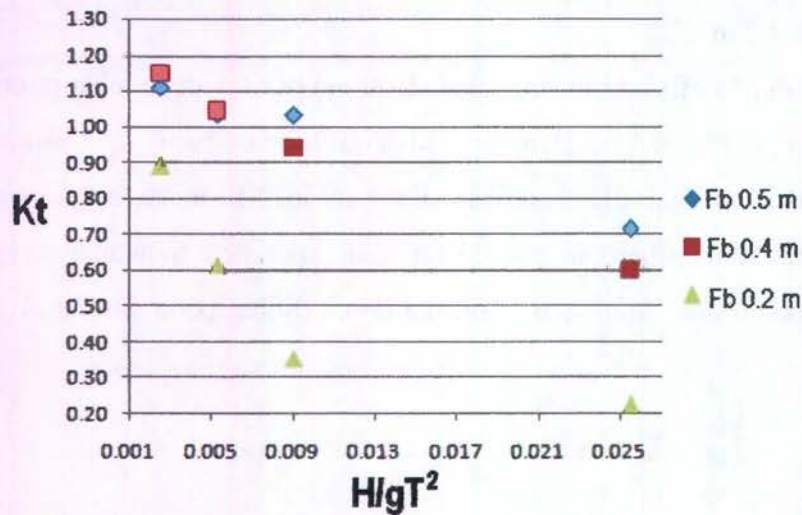
Perbandingan nilai koefisien transmisi pada kantong pasir dengan lebar puncak 20 cm di freeboard 0.2 m, 0.4 m, 0.5 m. Dengan karakteristik gelombang yang sama yang sudah di tentukan dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Ternyata semakin besar jarak freeboard semakin memberikan perbedaan nilai koefisien transmisi yang signifikan pula. Perbandingan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar 4.15 di bawah ini:



Gambar 4.15 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pada Setiap *Wave Steepness*

### Lebar Puncak 0.8 m

Perbandingan nilai koefisien transmisi pada kantong pasir dengan lebar puncak 80 cm di freeboard 0.2 m, 0.4 m, 0.5 m dengan karakteristik gelombang yang sama. Semakin besar jarak freeboard maka semakin besar pula selisih nilai koefisien transmisinya (Kt). Perbandingan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar 4.16 di bawah ini:



Gambar 4.16 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 1) pada Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pada Setiap *Wave Steepness*

## 2. Metode 2

Data koefisien transmisi yang diambil adalah hasil analisa yang membandingkan tinggi gelombang pada titik tinjau 1, 2 dan 3 ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang pada titik tinjau 4 ( $H_t$ ), dan perbandingannya dapat dilihat pada tabel 4.24.

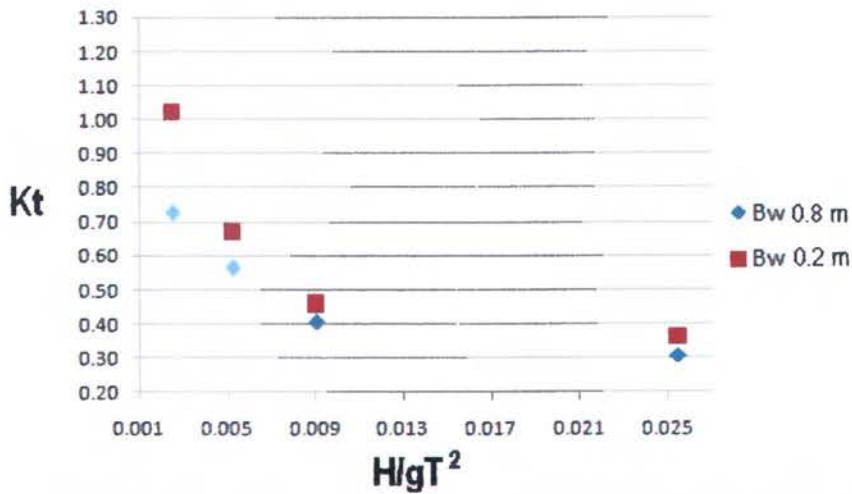
Tabel 4.24 Perbandingan Nilai Kt di Titik Tinjau 4 (metode 2) pada Setiap *Wave Steepness*

Wave Steepness	Koefisien Transmisi (Kt)					
	Bw 20; Fb 20	Bw 20; Fb 40	Bw 20; Fb 50	Bw 80; Fb 20	Bw 80; Fb 40	Bw 80; Fb 50
0.00255	1.0206	1.0448	1.0492	0.7268	1.0250	1.0387
0.00529	0.6689	0.7135	0.8868	0.5626	0.7104	0.8611
0.00906	0.4588	0.5892	0.8468	0.4058	0.5148	0.7984
0.02548	0.3628	0.5126	0.6271	0.3057	0.4492	0.6157

### Freeboard 0.2 m

Perbandingan koefisien transmisi pada titik tinjau empat dapat dilihat pada gambar 4.24, yang dimana terdapat dua grafik nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada kantong pasir dengan lebar puncak 0.2 m dan 0.8 m dengan tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama persis pada freeboard yang sama.

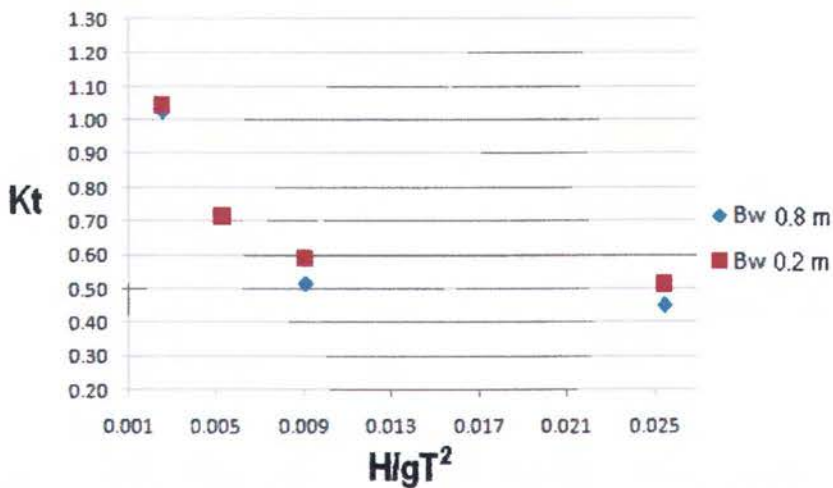




Gambar 4.17 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dengan Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pada Freeboard 0.2 m

#### Freeboard 0.4 m

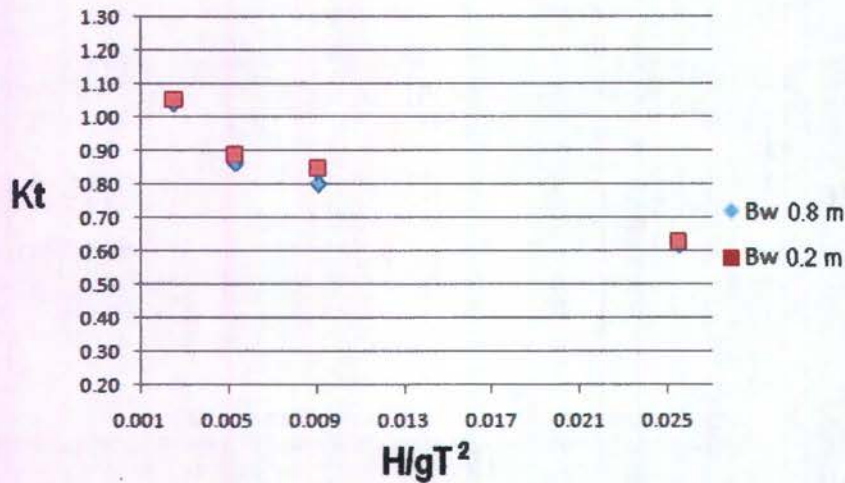
Gambar 4.18 menunjukkan pengaruh lebar puncak (Bw) terhadap koefisien transmisi (Kt) Pada freeboard 0.4 m. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.18 dibawah ini:



Gambar 4.18 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dengan Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pada Freeboard 0.4 m

#### Freeboard 0.5 m

Perbandingan nilai koefisien transmisi (Kt) kantong pasir lebar puncak (Bw) 0.2 m dengan 0.8 m pada freeboard 0.5 m . Dapat dilihat pada gambar 4.19 dibawah ini:



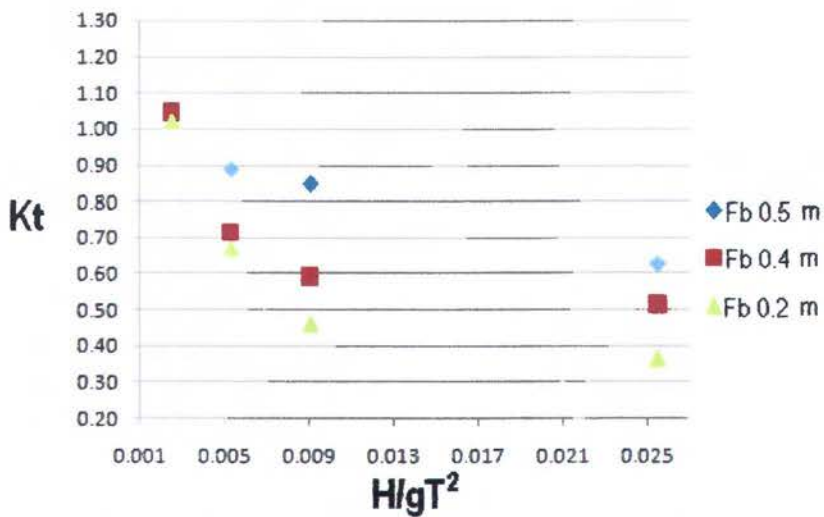
Gambar 4.19 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Kantong Pasir Pada Titik Tinjau 4 (Metode 2) Dengan Lebar Puncak (Bw) 0.2 m dan 0.8 m Pada Freeboard 0.5 m

Dari gambar 4.17, 4.18 dan 4.19 diatas terlihat hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan wave steepness ( $H/gT^2$ ). Semakin besar wave steepness maka semakin kecil koefisien transmisi ( $K_t$ ) (Sollitt and Cross, 1972). Kita juga bisa melihat perbedaan lebar puncak (Bw) juga mempengaruhi besarnya koefisien taransmisi ( $K_t$ ), semakin lebar puncak breakwater semakin kecil pula koefisien transmisi ( $K_t$ ) (Kinog, 2000).

#### Lebar Puncak 0.2 m

Perbandingan nilai koefisien transmisi pada kantong pasir dengan lebar puncak 0.2 m di freeboard 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m dengan karakteristik gelombang yang sama yang sudah di tentukan ternyata semakin besar jarak freeboard maka semakin besar pula selisih nilai koefisien transmisinya ( $K_t$ ). Dari Perbandingan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar 4.20 di bawah ini:

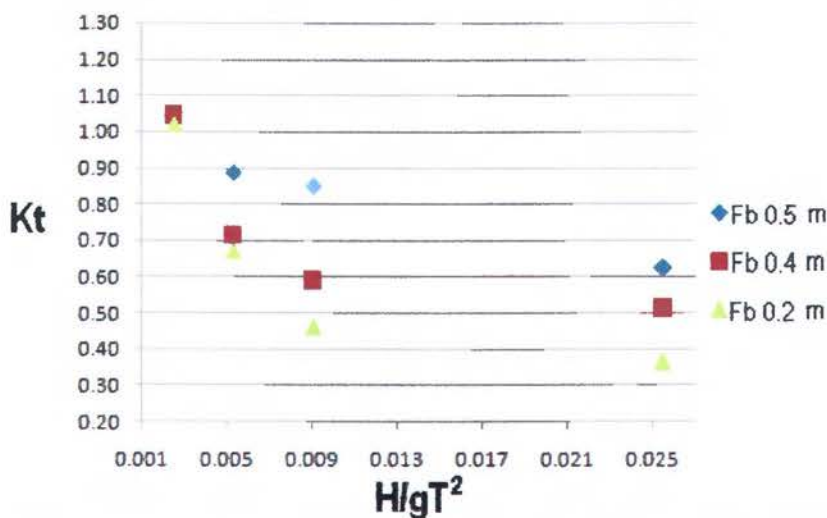




Gambar 4.20 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.2 m di Titik Tinjau 4 (metode 2) pada Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pada Setiap *Wave Steepness*

#### Lebar Puncak 0.8 m

Perbandingan nilai koefisien transmisi pada kantong pasir dengan lebar puncak 0.8 m di freeboard 0.2 m, 0.4 m, 0.5 m dengan karakteristik gelombang yang sama dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Ternyata semakin besar jarak freeboard semakin memberikan perbedaan nilai koefisien transmisi yang signifikan pula. Perbandingan nilai koefisien transmisi dapat dilihat pada gambar 4.21 di bawah ini:



Gambar 4.21 Perbandingan Nilai Kt Kantong Pasir Bw 0.8 m di Titik Tinjau 4 (metode 2) pada Fb 0.2 m, 0.4 m dan 0.5 m pada Setiap *Wave Steepness*

Pada gambar 4.20 dan 4.21 koefisien transmisi pada freeboard 0.5 m cenderung sangat rapat dengan trend koefisien transmisi masing-masing lebar puncak. Terutama pada wave steepness 0.001 dan 0.0255, trend masing-masing  $K_t$  sangat rapat. Susunan lebar puncak yang lebar ini berarti sangat berpengaruh sekali terhadap besar kecilnya koefisien transmisi dan kehalusan trend koefisien transmisi yang akan melewati struktur breakwater tersebut seperti yang ditampilkan pada gambar 4.12, 4.13, 4.14, 4.17, 4.18 dan 4.19. Freeboard juga berpengaruh sekali terhadap besar kecilnya koefisien transmisi ( $K_t$ ), artinya semakin tinggi jarak freeboard maka semakin kecil pula pengaruh breakwater terhadap gelombang yang akan direduksi. Seperti yang terlihat pada gambar 4.15, 4.16, 4.20 dan 4.21.

#### 4.5.3 Perbandingan Nilai Koefisien Transmisi Masing-masing Metode

Untuk mengetahui mana yang lebih efektif dan efisien dalam mereduksi gelombang maka perlu dilakukan perbandingan nilai koefisien transmisi antara lebar puncak 0.2 m dan 0.8 m dengan metode 1 dan metode 2. Maka dari tabel-tabel dibawah ini dapat kita ketahui besarnya selisih ( $\Delta K_t$ ) yang terkecil hingga yang terbesar. Semakin besar selisih maka semakin bagus performa breakwater dalam mereduksi gelombang. Dari masing-masing tabel ternyata tabel freeboard 0.4 m dan 0.5 m selisih yang terjadi kecil dibanding freeboard 0.2 m. Ini menunjukkan pengaruh dari tingkat kedalaman semakin tinggi maka semakin tidak efektif breakwater mereduksi gelombang. Dalam tujuan penelitian ini adalah ingin mendapatkan konfigurasi breakwater yang dapat mereduksi gelombang sekecil-kecilnya. Range nilai koefisien transmisi yang idealnya terjadi pada submerged breakwater adalah 0 – 1. Tetapi jika kita lihat nilai koefisien transmisi pada freeboard 0.4 m dan 0.5 m ada yang mencapai  $K_t > 1$ , itu disebabkan terjadinya amplifikasi gelombang dibelakang breakwater akibat gelombang yang mengenai *wave absorb* (peredam gelombang) dan dipantulkan kembali sehingga menabrak gelombang yang melewati breakwater selanjutnya dan terekam oleh probe sehingga yang terjadi nilai  $H_t > H_i$ .



Tabel 4.25 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.2 m

Wave Steepness	Metode 1			Metode 2		
	Bw 0.2; Fb 0.2	Bw 0.8; Fb 0.2	$\Delta$ Kt	Bw 0.2; Fb 0.2	Bw 0.8; Fb 0.2	$\Delta$ Kt
0.00255	0.8908	0.8890	0.0018	1.0206	0.7268	0.2938
0.00529	0.6503	0.6154	0.0350	0.6689	0.5626	0.1063
0.00906	0.4157	0.3534	0.0622	0.4588	0.4058	0.0530
0.02548	0.3929	0.2232	0.1696	0.3628	0.3057	0.0571

Tabel 4.26 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.4 m

Wave Steepness	Metode 1			Metode 2		
	Bw 0.2; Fb 0.4	Bw 0.8; Fb 0.4	$\Delta$ Kt	Bw 0.2; Fb 0.4	Bw 0.8; Fb 0.4	$\Delta$ Kt
0.00255	1.2000	1.1500	0.0500	1.0448	1.0250	0.0198
0.00529	1.0526	1.0434	0.0093	0.7135	0.7104	0.0031
0.00906	0.9671	0.9383	0.0288	0.5892	0.5148	0.0744
0.02548	0.6667	0.6000	0.0667	0.5126	0.4492	0.0634

Tabel 4.27 Selisih Nilai Koefisien Transmisi (Kt) Masing-masing Metode Pada Freeboard 0.5 m

Wave Steepness	Metode 1			Metode 2		
	Bw 0.2; Fb 0.5	Bw 0.8; Fb 0.5	$\Delta$ Kt	Bw 0.2; Fb 0.5	Bw 0.8; Fb 0.5	$\Delta$ Kt
0.00255	1.2222	1.1111	0.1111	1.0492	1.0387	0.0105
0.00529	1.1016	1.0313	0.0703	0.8868	0.8611	0.0257
0.00906	1.0889	1.0302	0.0587	0.8468	0.7984	0.0484
0.02548	1.0000	0.7143	0.2857	0.6271	0.6157	0.0114

Dari tabel 25, 26, 27 diatas bisa melihat bahwa selisih terkecil nilai koefisien transmisi terjadi pada freeboard 0.4 m dan 0.5 m. Ini menunjukkan bahwa pada freeboard 0.4 m dan 0.5 m nilai koefisien transmisi (Kt) kantong pasir pada masing-masing lebar puncak (Bw) tidak terlalu jauh beda besarnya, artinya pengaruh freeboard lebih dominan daripada lebar puncak pada freeboard 0.4 dan 0.5 m.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil pemodelan wave tank terhadap submerged breakwater kantong pasir dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan nilai gelombang transmisi yang didapatkan bahwa semakin besar lebar puncak dari *breakwater* maka redaman yang dihasilkan akan semakin besar, dan semakin pendek *freeboard* maka semakin besar gelombang yang direduksi yaitu *breakwater* dengan lebar puncak 0.8 m dan *freeboard* 0.2 m memberikan nilai  $K_t$  0.2232 (metode 1) dan 0.3057 (metode 2).
2. Semakin besar *wave steepness* maka nilai  $K_t$  semakin kecil . Semakin besar lebar puncak maka *overtopping* akan semakin kecil sehingga memberikan redaman semakin besar. Semakin tebal *freeboard* maka semakin kecil redaman yang diberikan *breakwater* kantong pasir terhadap gelombang yang melewatinya, maka nilai koefisien transmisi semakin besar.

#### 5.2 Saran

1. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut terhadap refleksi gelombang dari *submerged breakwater* kantong pasir ini, serta bentuk-bentuk *armor* lain dari *submerged breakwater* untuk mendapatkan pemecah gelombang yang lebih efektif dan ekonomis.
2. Perlu ditinjau lagi pengaruh lebar puncak dengan lebih variasi terhadap redaman gelombang serta pengaruh kedalaman muka air dan tinggi struktur terhadap koefisien transmisi gelombang.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R. (2005), "Pemodelan Pola Arus Pada Sekitar Terumbu Buatan Dengan Bentuk Kubah Dan Kubus". **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Kelautan-FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Armono, H.D. (2006), "**The Study Of Parameter Influence On Wave Transmission Through Hemispherical Artificial Reefs**", Ocean Eng., Dept., Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Black, K.P., 2001, "Artificial surfing reefs for control and amenity : theory and application". *Challenges for 21<sup>st</sup> Century in Coastal Sciences, Engineering and Environmental. Journal of Coastal research Special Issues, 34,1-14 (ICS 2000 New Zealand)*
- Borrero Jose C, 2001, "Pratte's Ree 1<sup>st</sup> Quarter Monitoring Report" *Monitoring Report, Dockweiler Beach in El Segundo California.*
- Corbett, B.B., 2005, Tomlinson, R.B, Jackson, L.A., "Reef Breakwater for Coastal Protection Safety Aspects and Tolerances", *Proceedings of the 17<sup>th</sup> Australian Coastal & Ocean Engineering Conference 21-23<sup>rd</sup> September 2005, Adelaide, Australia.*
- Dean R.G and R.A. Dalrymple (1984). **Coastal Processes with Engineering Applications**. In Pres.
- Dharma I.G.B.S. (1994), "Unjuk Kerja Terumbu Buatan (*Artificial Reef*) Sebagai Peredam Energi Gelombang". **Tesis**, Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Fatnanta, F. (2007), "Kajian Transmisi dan Stabilitas Penahan Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam (*Submerged*) Terhadap Variasi Gelombang dan Penampang Struktur". , Rancangan Usulan Penelitian untuk Disertasi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Galvin, C.J. (1968). "Breakwater Type Classification on The Three Laboratory Beaches", **Journal of Geophysical Research**, Vol.73. No.12, pp.3651-3659
- Georg Herteen, L.A Jackson, et al, 2000, "New Development With Mega Sand Containers of Non Woven Needle-Punched Geotextiles for The Construction of

- Coastal Structure”, *International Conference on Coastal Engineering 2000-Sidney Australia*.
- Georg Herteen et al, 2002b, “Case studies showing the growth and development of geotextile sand containers : an Australian perspective”, *Geotextile and Geomembrance* 20, pp321-342, Elsevier.
- Halez, L.Z (1981). “Floating Breakwater : State of the Art Literature review”, **Coastal Engineering Research Center US. Army Engineers Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.**
- Haris. (2000). “**Submerged Breakwater Theory**”.<URL: <http://www.scientific.go.id/beach.cgi?article&124689>.
- Hiliau W., Philips D., 2003, “*Artificial surfing Reef Construction*”, *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Surfing Reef Symposium, Raglan, New Zealand, p378-397.*
- Jentsje W. Van der Meer and Ivar F. R. Daement, 1994, “Stability and wave transmission rubble-mound structures”, **Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering**, Vol. 120 No.1, 1994.
- Kinog, K. (2004), “**Pengamanan Pantai Dengan Breakwater Tenggelam**”, *Teknik Sipil, ITB, Bandung.*
- Kustinaningrum, D. (2006), “Analisa Pengaruh Sudut Pada Submerged Breakwater Bentuk Segitiga Terhadap Redaman Gelombang Dengan Flow 3D”. **Tugas Akhir**, Jurusan Teknik Kelautan-FTK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Massie, W.W., 1984, **Coastal Engineering.**
- Mundra , I.W. (1995), “Kajian Stabilitas Statis Terumbu Buatan (*Artificial reef*) Sebagai Peredam Energi Gelombang”. **Tesis**, Jurusan Ilmu-ilmu Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- M.B de Groot, M. Klein Breteler, E. Berendse, 2004, “Fesibility of Geocontainers at The Sea Shore” *Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Conference National Civil Engineering Laboratory, Lisbon, Portugal, 19-24 September 2004.*
- Nichols, B. D. and Hirt, C. W. (1981). SOLA-VOF: A Solution Algorithm for Transient Fluid Flow with Multiple Free Boundaries. **Los Alamos Scientific Laboratory Report. LA-8355. 119p.**



- Smith, E. R and Kraus, N. C (1990). "Laboratory Study on Macro-Features of Wave Breaking Over Bars and Artificial Reefs. Report no.90-12, **Coastal Engineering Research Center Us**. Department of Army Corps of Engineers. Washington.
- Sollitt C.K. and Cross R.H., (1972). "Waves Reflection and Transmission on Permeable Breakwater". Report no.147, **Coastal Engineering Research Center Us**. Department of Army Corps of Engineers. Washington.
- Triadmodjo, B. (1999). **Teknik Pantai**. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- U.S.Army Corps of Engineers. (1984). "The Shore Protectin Manual Vol I and II", **Coastal Engineering Research Center US**. Department of Army Corps of Engineers, Washington.
- W.P., Hornsey, L.A. Jackson, et al, 2003, "Large Sand-filled Geotextile Containers as a Construction Aid over Poor Quality Marine Clay", Australasian Coastal & Ocean Engineering Conference 2003-Auckland New Zealand.



LAMPIRAN A

*INPUT PEMODELAN SOFTWARE*



Prepin Wave Tank Tanpa Breakwater

```

Submerge breakwater geotextille use
sand bag as an armour smooth
surface(solid)
$Xput
  remark='units are mks',
  twfin=30.0, remark='set      finish
time',
  gz=-9.81,  remark='coefficient of
gravity force',
  ipdis=1,   remark='uniform
hydrostatic pressure',
  itb=1,     remark='free      surface
tracking enabled',
  prtdt=1000.0, remark='limit in
hd3out',
  hpltdt=1., remark='set interval for
history plot',
  pltdt=1., remark='time  interval
between      spatial      plots      in
flsgrf/flsplt',
  iadiz=1,   remark='pressure
iteration use line implicit methods',
  iadix=1,
  iadiy=1,
  epsadj=1., remark='active
multiplier for calculated pressure
iteration convergence',
  nmat=1,    remark='number      of
materials',
  ifvis=0,   remark='k-e turbulence
model, viscosity flag,set 0 for no
turbulence',
  dum1=3.14159, remark='dum1 is
wave angular frequency, T=2.0 sec',
  dum2=1.295642, remark='dum2 is
wave number, L=4.84947617m',
  dum3=0.1,   remark='dum3 is wave
Height, H=0.1m',
  isolid=0,
  apltdt=30., tedit(1)=30.,
$send
$limits
  irpr=1,     remark='print      window
maximum x cell index',
  jbkpr=1,
  ktpr=1,
$send
$props
  rhof=1000.0, remark='water density',
  remark='water coefficient
dynamic viscosity',
  mul=0.001,
$send
flht=0.85,   remark='water depth'
$bcdata
  wl=6,       remark='specified
velocity boundary condition, in this
case 0',
  wr=2,       remark='rigid      wall
boundary condition, set 3 for
continuative bc',
  wt=1,       remark='symmetry  plane
boundary condition',
  wb=1,
  wbk=1,
  wf=1,
  flht1=0.85,

```

```

$send
$send
$smesh
  nxcelt=110,
  remark='total      cell      at      x
direction',
  px(1)=-3.3,      nxcell(1)=20,
  remark='fine:
50_40:90,40_80:90,80_90:10',
  px(2)=4.0,      nxcell(2)=60,
  px(3)=7.1,      nxcell(3)=30,
  px(4)=19.7,
  nycelt=20,
  py(1)=0.0,      nycell(1)=20,
  py(2)=1.0,
  nzcelt=20,
  pz(1)=0.0,      nzcell(1)=20,
  pz(2)=1.5,
$send
$obs
  nob=2,
  remark='number of obstacle',
  iob(1)=1,      cx(1)=-0.1, cz(1)=1.0,
  remark='define shoreline',
  zh(1)=0.3, xl(1)=0.0, xh(1)=19.7,

  iob(2)=2,      cx(2)=-0.075, cz(2)=1.0,
  trnx(2)=9.7,
$send
$fl
  flht=0.85,
$send
$bf
$send
$temp
$send
$grafic
  xloc(1)=-0.3,      yloc(1)=0.5,
  zloc(1)=0.8,
  xloc(2)=-0.1,      yloc(2)=0.5,
  zloc(2)=0.8,
  xloc(3)=0.0,      yloc(3)=0.5,
  zloc(3)=0.8,
  xloc(4)=9.7,      yloc(4)=0.5,
  zloc(4)=0.8,
$send
$parts
$send

```



## LAMPIRAN B

*OUTPUT PEMODELAN SOFTWARE*



Hasil Output Validasi Nomor 1

time	ht1	ht2	ht3	ht4
0.01	8.5000E-01	8.5000E-01	8.5000E-01	8.5000E-01
1.00	8.5596E-01	8.5596E-01	8.5596E-01	8.5000E-01
2.00	8.8842E-01	8.8842E-01	8.8842E-01	8.5000E-01
3.00	8.0564E-01	8.0564E-01	8.0564E-01	8.5000E-01
4.00	8.8224E-01	8.8224E-01	8.8224E-01	8.5010E-01
5.00	8.1426E-01	8.1426E-01	8.1426E-01	8.5347E-01
6.00	8.8322E-01	8.8322E-01	8.8322E-01	8.7822E-01
7.00	8.1440E-01	8.1440E-01	8.1440E-01	8.5080E-01
8.00	8.6542E-01	8.6542E-01	8.6542E-01	8.5783E-01
9.00	8.3026E-01	8.3026E-01	8.3026E-01	8.5582E-01
10.00	8.8332E-01	8.8332E-01	8.8332E-01	8.8131E-01
11.00	8.0263E-01	8.0263E-01	8.0263E-01	8.5554E-01
12.00	8.7057E-01	8.7057E-01	8.7057E-01	8.8564E-01
13.00	8.1058E-01	8.1058E-01	8.1058E-01	8.3398E-01
14.00	8.6525E-01	8.6525E-01	8.6525E-01	8.7983E-01
15.00	8.1712E-01	8.1712E-01	8.1712E-01	8.5092E-01
16.00	8.4290E-01	8.4290E-01	8.4290E-01	9.1686E-01
17.00	8.0516E-01	8.0516E-01	8.0516E-01	8.5205E-01
18.01	8.4670E-01	8.4670E-01	8.4670E-01	9.0945E-01
19.00	8.0902E-01	8.0902E-01	8.0902E-01	8.4839E-01
20.00	8.5714E-01	8.5714E-01	8.5714E-01	9.1154E-01
21.00	8.2178E-01	8.2178E-01	8.2178E-01	8.3457E-01
22.00	8.6625E-01	8.6625E-01	8.6625E-01	9.0325E-01
23.00	8.1388E-01	8.1388E-01	8.1388E-01	8.4732E-01
24.00	8.7341E-01	8.7341E-01	8.7341E-01	8.8323E-01
25.00	8.1428E-01	8.1428E-01	8.1428E-01	8.4373E-01
26.00	8.6649E-01	8.6649E-01	8.6649E-01	9.1880E-01
27.00	8.3208E-01	8.3208E-01	8.3208E-01	8.4196E-01
28.00	8.6768E-01	8.6768E-01	8.6768E-01	9.3896E-01
29.00	8.1884E-01	8.1884E-01	8.1884E-01	8.5356E-01
30.01	8.5912E-01	8.5912E-01	8.5912E-01	8.6727E-01

Hasil Output Dari Validasi Nomor 2

time	ht1	ht2	ht3	ht4
0.01	8.0000E-01	8.0000E-01	8.0000E-01	8.0000E-01
1.00	8.0827E-01	8.0393E-01	8.0393E-01	8.0000E-01
2.00	8.3100E-01	8.4061E-01	8.4061E-01	8.0000E-01
3.00	7.5788E-01	7.6705E-01	7.6705E-01	8.0000E-01
4.00	8.4781E-01	8.6649E-01	8.6649E-01	8.0000E-01
5.00	7.6017E-01	7.5748E-01	7.5748E-01	8.0036E-01
6.00	8.3239E-01	8.5635E-01	8.5635E-01	8.1309E-01
7.00	7.5496E-01	7.5753E-01	7.5753E-01	8.2044E-01
8.00	8.3298E-01	8.6291E-01	8.6291E-01	7.9923E-01
9.00	7.6424E-01	7.6558E-01	7.6558E-01	8.4013E-01
10.00	8.3475E-01	8.4449E-01	8.4449E-01	7.7541E-01
11.00	7.5362E-01	7.5747E-01	7.5747E-01	8.2840E-01
12.00	8.3575E-01	8.6320E-01	8.6320E-01	7.8349E-01
13.00	7.5515E-01	7.5262E-01	7.5262E-01	8.3100E-01
14.00	8.2994E-01	8.4435E-01	8.4435E-01	7.8422E-01
15.00	7.5268E-01	7.5141E-01	7.5141E-01	8.2163E-01
16.00	8.3142E-01	8.3501E-01	8.3501E-01	7.8644E-01
17.00	7.6328E-01	7.4353E-01	7.4353E-01	8.3234E-01
18.00	8.1008E-01	8.4775E-01	8.4775E-01	7.8786E-01
19.00	7.8248E-01	7.6217E-01	7.6217E-01	8.4109E-01
20.00	8.2033E-01	8.3030E-01	8.3030E-01	7.9230E-01
21.00	7.6054E-01	7.6413E-01	7.6413E-01	8.1363E-01
22.00	8.3146E-01	8.6026E-01	8.6026E-01	7.9559E-01
23.00	7.5672E-01	7.6699E-01	7.6699E-01	8.4683E-01
24.00	8.3377E-01	8.6299E-01	8.6299E-01	8.0531E-01
25.00	7.6109E-01	7.5462E-01	7.5462E-01	8.3734E-01
26.00	8.2736E-01	8.6277E-01	8.6277E-01	7.8325E-01
27.00	7.6598E-01	7.6735E-01	7.6735E-01	8.2105E-01
28.00	8.2927E-01	8.6720E-01	8.6720E-01	8.0015E-01
29.00	7.7643E-01	7.6934E-01	7.6934E-01	8.5974E-01
30.00	8.4171E-01	8.6276E-01	8.6276E-01	7.8800E-01



Hasil Output Validasi Nomor 3

time	ht1	ht2	ht3	ht4
0.01	8.0000E-01	8.0000E-01	8.0000E-01	8.0000E-01
1.00	8.0830E-01	8.0395E-01	8.0395E-01	8.0000E-01
2.00	8.2911E-01	8.3906E-01	8.3906E-01	8.0000E-01
3.00	7.6104E-01	7.6820E-01	7.6820E-01	8.0000E-01
4.00	8.4428E-01	8.6103E-01	8.6103E-01	8.0000E-01
5.00	7.5765E-01	7.6264E-01	7.6264E-01	8.0052E-01
6.00	8.5990E-01	8.7508E-01	8.7508E-01	8.1506E-01
7.00	7.5723E-01	7.6276E-01	7.6276E-01	8.2110E-01
8.00	8.3000E-01	8.4925E-01	8.4925E-01	7.9997E-01
9.00	7.5830E-01	7.6565E-01	7.6565E-01	8.4560E-01
10.00	8.2163E-01	8.4175E-01	8.4175E-01	7.8191E-01
11.00	7.5135E-01	7.4950E-01	7.4950E-01	8.3245E-01
12.00	8.2899E-01	8.6531E-01	8.6531E-01	7.8195E-01
13.00	7.5481E-01	7.5063E-01	7.5063E-01	8.3581E-01
14.00	8.2657E-01	8.4885E-01	8.4885E-01	7.8919E-01
15.00	7.5782E-01	7.6001E-01	7.6001E-01	8.2755E-01
16.00	8.4220E-01	8.5713E-01	8.5713E-01	7.7990E-01
17.00	7.5534E-01	7.5165E-01	7.5165E-01	8.4144E-01
18.00	8.3933E-01	8.5966E-01	8.5966E-01	7.9575E-01
19.00	7.5994E-01	7.5670E-01	7.5670E-01	8.2507E-01
20.00	8.4746E-01	8.7058E-01	8.7058E-01	7.9021E-01
21.00	7.5743E-01	7.5588E-01	7.5588E-01	8.1701E-01
22.00	8.4420E-01	8.7639E-01	8.7639E-01	8.0244E-01
23.00	7.7517E-01	7.7145E-01	7.7145E-01	8.3404E-01
24.00	8.4237E-01	8.7302E-01	8.7302E-01	7.8371E-01
25.00	7.7036E-01	7.7603E-01	7.7603E-01	8.3319E-01
26.00	8.5012E-01	8.8214E-01	8.8214E-01	7.9124E-01
27.00	7.7462E-01	7.6688E-01	7.6688E-01	8.1976E-01
28.00	8.4692E-01	8.7708E-01	8.7708E-01	7.9250E-01
29.00	7.7305E-01	7.6908E-01	7.6908E-01	8.3690E-01
30.00	8.6152E-01	8.8212E-01	8.8212E-01	7.9612E-01

Hasil Output Wave Tank Tanpa Breakwater

Time	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4
0	8.50E-01	8.50E-01	8.50E-01	8.50E-01
1	8.56E-01	8.56E-01	8.56E-01	8.50E-01
2	8.91E-01	8.91E-01	8.91E-01	8.50E-01
3	8.04E-01	8.04E-01	8.04E-01	8.50E-01
4	8.76E-01	8.76E-01	8.76E-01	8.50E-01
5	8.12E-01	8.12E-01	8.12E-01	8.59E-01
6	8.72E-01	8.72E-01	8.72E-01	8.85E-01
7	8.04E-01	8.04E-01	8.04E-01	8.49E-01
8	8.74E-01	8.74E-01	8.74E-01	9.09E-01
9	8.03E-01	8.03E-01	8.03E-01	8.10E-01
10	8.56E-01	8.56E-01	8.56E-01	8.80E-01
11	7.96E-01	7.96E-01	7.96E-01	8.34E-01
12	8.60E-01	8.60E-01	8.60E-01	9.02E-01
13	7.94E-01	7.94E-01	7.94E-01	8.46E-01
14	8.56E-01	8.56E-01	8.56E-01	8.66E-01
15	7.99E-01	7.99E-01	7.99E-01	8.63E-01
16	8.58E-01	8.58E-01	8.58E-01	8.93E-01
17	8.03E-01	8.03E-01	8.03E-01	8.71E-01
18	8.69E-01	8.69E-01	8.69E-01	8.71E-01
19	8.16E-01	8.16E-01	8.16E-01	8.60E-01
20	8.94E-01	8.94E-01	8.94E-01	8.90E-01
21	8.30E-01	8.30E-01	8.30E-01	8.31E-01
22	9.17E-01	9.17E-01	9.17E-01	9.08E-01
23	8.30E-01	8.30E-01	8.30E-01	8.31E-01
24	9.29E-01	9.29E-01	9.29E-01	9.16E-01
25	8.16E-01	8.16E-01	8.16E-01	8.29E-01
26	9.20E-01	9.20E-01	9.20E-01	9.36E-01
27	8.12E-01	8.12E-01	8.12E-01	8.53E-01
28	9.03E-01	9.03E-01	9.03E-01	9.41E-01
29	8.11E-01	8.11E-01	8.11E-01	8.32E-01
30	9.05E-01	9.05E-01	9.05E-01	9.29E-01



Hasil Output No test 1

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99889E-01	9.99923E-01	9.99931E-01	1.00000E+00
1.0	9.72180E-01	9.75617E-01	9.76802E-01	1.00000E+00
2.0	1.08290E+00	1.10274E+00	1.09744E+00	9.99999E-01
3.0	9.45777E-01	9.31260E-01	9.32831E-01	9.99907E-01
4.0	1.09190E+00	1.07941E+00	1.08251E+00	9.97607E-01
5.0	9.41892E-01	9.39441E-01	9.40121E-01	9.91132E-01
6.0	1.06587E+00	1.06823E+00	1.06595E+00	1.07548E+00
7.0	9.42432E-01	9.45296E-01	9.46105E-01	9.65958E-01
8.0	1.06074E+00	1.04400E+00	1.04111E+00	1.12762E+00
9.0	9.50538E-01	9.54845E-01	9.57273E-01	9.54290E-01
10.0	1.03378E+00	1.03130E+00	1.02933E+00	1.10059E+00
11.0	9.48133E-01	9.51013E-01	9.56005E-01	9.52938E-01
12.0	1.03425E+00	1.02668E+00	1.02374E+00	1.03902E+00
13.0	9.48378E-01	9.51763E-01	9.55304E-01	9.47172E-01
14.0	1.03760E+00	1.02821E+00	1.02338E+00	1.04062E+00
15.0	9.53120E-01	9.57138E-01	9.56597E-01	9.57979E-01
16.0	1.04161E+00	1.03531E+00	1.03300E+00	1.03753E+00
17.0	9.57076E-01	9.57484E-01	9.55965E-01	9.55359E-01
18.0	1.04400E+00	1.03527E+00	1.03305E+00	1.04986E+00
19.0	9.59846E-01	9.53910E-01	9.52603E-01	9.56118E-01
20.0	1.04426E+00	1.03909E+00	1.03664E+00	1.04243E+00
21.0	9.50711E-01	9.51897E-01	9.52422E-01	9.64202E-01
22.0	1.04383E+00	1.03552E+00	1.03237E+00	1.10034E+00
23.0	9.55717E-01	9.54391E-01	9.52444E-01	9.65867E-01
24.0	1.04311E+00	1.03504E+00	1.03225E+00	1.05093E+00
25.0	9.57351E-01	9.52909E-01	9.52317E-01	9.67988E-01
26.0	1.03504E+00	1.02621E+00	1.02411E+00	1.08154E+00
27.0	9.51350E-01	9.53561E-01	9.53032E-01	9.66437E-01
28.0	1.04297E+00	1.03144E+00	1.02845E+00	1.06982E+00
29.0	9.54673E-01	9.56089E-01	9.54020E-01	9.63710E-01
30.0	1.03829E+00	1.03423E+00	1.03301E+00	1.06205E+00

Hasil Output No test 2

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99845E-01	9.99893E-01	9.99905E-01	1.00000E+00
1.0	9.99145E-01	9.96331E-01	9.95758E-01	1.00000E+00
2.0	9.82755E-01	1.00768E+00	1.01720E+00	1.00000E+00
3.0	1.10604E+00	1.01468E+00	1.00010E+00	9.99946E-01
4.0	9.22754E-01	9.35138E-01	9.40271E-01	1.00025E+00
5.0	1.10406E+00	1.13081E+00	1.13850E+00	1.11848E+00
6.0	9.16838E-01	9.11453E-01	9.11259E-01	9.96691E-01
7.0	9.91346E-01	1.02610E+00	1.03823E+00	1.13574E+00
8.0	9.99801E-01	9.64551E-01	9.54845E-01	9.67270E-01
9.0	9.11506E-01	9.22528E-01	9.27691E-01	1.06992E+00
10.0	1.14541E+00	1.13829E+00	1.14158E+00	9.54315E-01
11.0	8.94725E-01	8.95665E-01	8.97240E-01	1.02632E+00
12.0	1.02744E+00	1.07166E+00	1.08502E+00	9.92210E-01
13.0	9.54277E-01	9.30059E-01	9.25543E-01	9.75999E-01
14.0	9.39112E-01	9.50468E-01	9.62521E-01	1.16203E+00
15.0	1.13168E+00	1.03723E+00	1.02102E+00	9.52707E-01
16.0	9.24441E-01	9.22093E-01	9.20860E-01	1.04786E+00
17.0	1.07218E+00	1.12088E+00	1.13593E+00	9.66665E-01
18.0	9.36503E-01	9.21483E-01	9.19152E-01	9.94191E-01
19.0	9.70423E-01	9.98172E-01	1.00724E+00	1.04086E+00
20.0	1.04970E+00	1.00234E+00	9.90765E-01	9.58813E-01
21.0	9.15848E-01	9.21441E-01	9.24363E-01	1.05938E+00
22.0	1.09862E+00	1.13302E+00	1.14213E+00	9.68478E-01
23.0	9.09865E-01	9.02239E-01	9.01379E-01	9.92340E-01
24.0	9.96132E-01	1.02932E+00	1.04081E+00	1.02337E+00
25.0	9.92635E-01	9.58835E-01	9.50824E-01	9.72902E-01
26.0	9.24260E-01	9.37803E-01	9.42772E-01	1.08910E+00
27.0	1.12813E+00	1.14356E+00	1.14222E+00	9.57501E-01
28.0	9.05354E-01	9.02884E-01	9.02923E-01	1.00447E+00
29.0	1.03801E+00	1.06880E+00	1.07892E+00	9.87412E-01
30.0	9.64438E-01	9.39371E-01	9.33886E-01	9.82938E-01



Hasil Output No test 3

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99930E-01	9.99950E-01	9.99956E-01	1.00000E+00
1.0	1.11835E+00	1.07236E+00	1.05957E+00	1.00000E+00
2.0	9.12716E-01	9.21979E-01	9.27080E-01	1.00000E+00
3.0	1.04328E+00	1.08317E+00	1.08995E+00	1.00013E+00
4.0	1.15273E+00	1.03495E+00	1.01043E+00	1.01562E+00
5.0	8.64602E-01	8.77197E-01	8.83493E-01	1.06258E+00
6.0	1.04673E+00	1.06911E+00	1.07975E+00	9.82903E-01
7.0	1.05119E+00	9.59358E-01	9.42863E-01	1.04955E+00
8.0	8.78832E-01	9.07295E-01	9.17741E-01	1.01345E+00
9.0	1.04716E+00	1.10067E+00	1.10061E+00	9.65949E-01
10.0	1.11978E+00	1.03651E+00	1.00026E+00	1.02828E+00
11.0	8.50857E-01	8.55659E-01	8.63997E-01	9.78777E-01
12.0	1.09180E+00	1.12840E+00	1.14298E+00	9.94671E-01
13.0	1.02591E+00	9.65259E-01	9.68161E-01	1.04078E+00
14.0	8.98990E-01	8.90009E-01	8.94731E-01	1.05038E+00
15.0	1.04900E+00	1.12978E+00	1.15034E+00	9.66089E-01
16.0	1.04572E+00	9.54185E-01	9.58147E-01	1.10392E+00
17.0	9.06977E-01	9.33775E-01	9.66073E-01	9.74815E-01
18.0	1.00359E+00	1.04774E+00	1.06303E+00	9.67743E-01
19.0	1.16060E+00	9.80020E-01	9.62381E-01	1.07147E+00
20.0	9.01449E-01	9.16388E-01	9.21288E-01	9.77767E-01
21.0	1.02783E+00	1.08010E+00	1.10058E+00	9.79104E-01
22.0	1.05441E+00	9.69801E-01	9.59520E-01	1.06307E+00
23.0	8.95219E-01	8.99887E-01	8.97426E-01	1.03334E+00
24.0	9.79902E-01	1.05155E+00	1.07743E+00	9.65515E-01
25.0	1.01831E+00	9.26557E-01	9.08844E-01	1.04415E+00
26.0	8.93325E-01	9.04271E-01	9.07118E-01	1.01519E+00
27.0	9.91444E-01	1.04796E+00	1.06470E+00	9.71083E-01
28.0	1.18158E+00	9.96662E-01	9.74206E-01	1.07092E+00
29.0	9.02068E-01	9.37742E-01	9.45886E-01	1.00288E+00
30.0	1.00165E+00	1.04775E+00	1.04977E+00	1.03252E+00

Hasil Output No test 4

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99849E-01	9.99885E-01	9.99906E-01	1.00000E+00
1.0	1.20584E+00	1.04216E+00	1.03242E+00	1.00000E+00
2.0	9.87867E-01	9.48124E-01	9.41848E-01	1.00000E+00
3.0	9.66191E-01	9.58939E-01	9.59629E-01	1.00018E+00
4.0	9.92440E-01	9.83016E-01	9.80607E-01	1.02150E+00
5.0	9.79282E-01	9.64507E-01	9.58508E-01	1.08468E+00
6.0	9.61708E-01	9.42817E-01	9.39178E-01	1.08181E+00
7.0	1.02668E+00	9.40964E-01	9.31047E-01	1.08771E+00
8.0	1.01048E+00	9.26685E-01	9.04600E-01	1.09360E+00
9.0	9.70945E-01	9.17631E-01	9.15970E-01	1.08168E+00
10.0	1.05159E+00	9.17020E-01	9.15830E-01	1.06814E+00
11.0	1.10341E+00	9.13514E-01	9.10196E-01	1.04124E+00
12.0	1.03714E+00	9.16514E-01	9.09193E-01	1.02974E+00
13.0	1.01842E+00	9.13565E-01	9.05965E-01	1.03755E+00
14.0	1.03965E+00	9.15704E-01	9.10050E-01	1.02423E+00
15.0	1.08900E+00	9.14546E-01	9.05214E-01	1.15333E+00
16.0	1.04063E+00	8.96111E-01	8.89190E-01	1.04353E+00
17.0	1.05318E+00	9.24321E-01	9.05681E-01	1.01871E+00
18.0	1.06387E+00	9.13990E-01	9.09795E-01	1.02696E+00
19.0	1.02876E+00	9.05740E-01	8.95791E-01	1.02089E+00
20.0	1.05421E+00	9.22210E-01	9.14309E-01	1.01964E+00
21.0	1.09598E+00	9.15260E-01	9.10584E-01	1.01752E+00
22.0	1.15153E+00	9.14796E-01	9.05534E-01	1.02655E+00
23.0	1.10738E+00	9.11678E-01	8.98241E-01	1.04892E+00
24.0	1.04810E+00	8.95175E-01	8.86347E-01	1.03738E+00
25.0	1.08753E+00	9.16509E-01	9.03383E-01	1.01709E+00
26.0	1.06480E+00	8.98959E-01	8.89850E-01	9.87742E-01
27.0	1.09643E+00	9.04709E-01	8.95435E-01	9.91161E-01
28.0	1.09046E+00	9.16624E-01	9.04643E-01	9.89729E-01
29.0	1.06650E+00	8.99441E-01	8.89620E-01	1.00890E+00
30.0	1.05183E+00	8.87418E-01	8.79183E-01	1.10114E+00



Hasil Output No test 5

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99817E-01	9.99873E-01	9.99888E-01	1.00000E+00
1.0	9.71688E-01	9.75150E-01	9.76326E-01	1.00000E+00
2.0	1.05952E+00	1.09631E+00	1.08667E+00	9.99997E-01
3.0	9.36605E-01	9.39843E-01	9.36476E-01	9.99785E-01
4.0	1.07026E+00	1.08585E+00	1.08115E+00	9.96690E-01
5.0	9.38216E-01	9.32205E-01	9.32903E-01	9.92507E-01
6.0	1.06781E+00	1.07511E+00	1.07908E+00	1.04309E+00
7.0	9.43751E-01	9.41236E-01	9.40482E-01	9.72802E-01
8.0	1.06677E+00	1.07120E+00	1.07184E+00	1.10604E+00
9.0	9.39587E-01	9.37380E-01	9.37796E-01	9.43652E-01
10.0	1.06082E+00	1.05735E+00	1.05618E+00	1.10895E+00
11.0	9.38854E-01	9.32350E-01	9.32947E-01	9.53512E-01
12.0	1.05858E+00	1.06205E+00	1.06260E+00	1.06626E+00
13.0	9.40012E-01	9.37588E-01	9.36739E-01	9.75554E-01
14.0	1.06510E+00	1.06115E+00	1.06126E+00	1.07239E+00
15.0	9.44499E-01	9.38801E-01	9.38046E-01	9.67923E-01
16.0	1.06831E+00	1.06650E+00	1.06564E+00	1.05994E+00
17.0	9.32476E-01	9.29266E-01	9.29178E-01	9.39150E-01
18.0	1.06810E+00	1.07508E+00	1.07390E+00	1.04104E+00
19.0	9.15753E-01	9.09453E-01	9.09744E-01	9.50961E-01
20.0	1.08015E+00	1.08760E+00	1.08462E+00	1.09740E+00
21.0	9.22433E-01	9.19461E-01	9.20933E-01	9.32353E-01
22.0	1.05590E+00	1.06656E+00	1.06803E+00	1.04521E+00
23.0	9.42399E-01	9.40887E-01	9.40940E-01	9.48815E-01
24.0	1.03807E+00	1.05142E+00	1.05135E+00	1.09032E+00
25.0	9.44673E-01	9.40526E-01	9.41200E-01	9.62151E-01
26.0	1.03060E+00	1.03873E+00	1.03558E+00	1.08253E+00
27.0	9.34647E-01	9.29526E-01	9.26864E-01	9.61726E-01
28.0	1.04354E+00	1.04850E+00	1.04763E+00	1.05077E+00
29.0	9.42955E-01	9.39033E-01	9.37649E-01	9.59873E-01
30.0	1.07398E+00	1.06453E+00	1.06112E+00	1.03322E+00

Hasil Output No test 6

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99751E-01	9.99809E-01	9.99843E-01	1.00000E+00
1.0	1.00121E+00	9.98726E-01	9.97459E-01	9.99999E-01
2.0	9.72484E-01	1.00309E+00	1.04834E+00	9.99875E-01
3.0	1.09830E+00	1.04992E+00	1.03073E+00	9.99976E-01
4.0	9.14476E-01	9.19483E-01	9.27619E-01	1.04002E+00
5.0	1.12213E+00	1.14082E+00	1.14442E+00	1.00307E+00
6.0	9.22970E-01	9.13639E-01	9.10407E-01	1.11939E+00
7.0	9.94697E-01	1.02196E+00	1.04234E+00	9.56878E-01
8.0	1.01096E+00	9.81013E-01	9.62959E-01	1.03630E+00
9.0	9.22020E-01	9.29727E-01	9.37045E-01	9.82207E-01
10.0	1.13994E+00	1.13743E+00	1.12379E+00	9.66373E-01
11.0	9.05422E-01	9.04259E-01	9.04707E-01	1.10145E+00
12.0	1.02356E+00	1.04992E+00	1.06708E+00	9.63960E-01
13.0	9.58426E-01	9.38433E-01	9.28020E-01	1.03116E+00
14.0	9.35773E-01	9.49910E-01	9.62500E-01	9.66355E-01
15.0	1.12510E+00	1.09161E+00	1.05285E+00	9.65651E-01
16.0	9.02765E-01	9.06088E-01	9.09182E-01	1.03854E+00
17.0	1.05940E+00	1.08406E+00	1.10126E+00	9.47581E-01
18.0	9.29357E-01	9.17554E-01	9.11094E-01	1.12201E+00
19.0	9.54574E-01	9.73232E-01	9.88644E-01	9.48745E-01
20.0	1.06341E+00	1.02324E+00	9.97103E-01	9.92711E-01
21.0	9.07127E-01	9.14373E-01	9.19656E-01	9.85938E-01
22.0	1.09375E+00	1.10941E+00	1.11876E+00	9.67674E-01
23.0	9.04165E-01	9.00336E-01	8.99856E-01	1.15741E+00
24.0	9.88021E-01	1.00787E+00	1.02496E+00	9.54112E-01
25.0	9.96767E-01	9.62039E-01	9.45106E-01	1.00207E+00
26.0	9.23994E-01	9.28310E-01	9.34636E-01	9.67236E-01
27.0	1.12021E+00	1.12598E+00	1.11863E+00	9.64292E-01
28.0	9.04509E-01	9.02226E-01	9.02260E-01	1.12063E+00
29.0	1.01932E+00	1.04738E+00	1.06535E+00	9.51114E-01
30.0	9.56809E-01	9.36899E-01	9.27810E-01	1.06519E+00



Hasil Output No test 7

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99892E-01	9.99925E-01	9.99934E-01	1.00000E+00
1.0	1.08641E+00	1.06381E+00	1.05732E+00	1.00000E+00
2.0	8.99472E-01	9.09841E-01	9.14904E-01	1.00000E+00
3.0	1.04993E+00	1.09490E+00	1.11094E+00	1.00035E+00
4.0	1.08112E+00	1.00278E+00	9.85868E-01	1.01394E+00
5.0	8.93948E-01	9.01740E-01	9.05114E-01	1.10504E+00
6.0	1.00305E+00	1.08320E+00	1.10773E+00	9.95837E-01
7.0	1.07149E+00	9.81878E-01	9.65538E-01	1.03420E+00
8.0	8.86874E-01	8.96622E-01	9.00867E-01	1.10734E+00
9.0	1.02131E+00	1.06247E+00	1.07684E+00	9.76455E-01
10.0	1.06597E+00	9.72359E-01	9.54493E-01	1.01361E+00
11.0	8.84144E-01	8.95656E-01	9.00666E-01	1.12117E+00
12.0	1.02083E+00	1.06201E+00	1.07617E+00	9.75893E-01
13.0	1.07139E+00	9.78404E-01	9.57580E-01	9.99160E-01
14.0	8.85952E-01	8.96632E-01	9.01247E-01	1.11149E+00
15.0	1.02062E+00	1.06049E+00	1.07425E+00	9.65520E-01
16.0	1.07196E+00	9.79168E-01	9.60339E-01	9.93748E-01
17.0	8.84390E-01	8.96162E-01	9.01011E-01	1.13653E+00
18.0	1.02452E+00	1.06476E+00	1.07883E+00	9.51510E-01
19.0	1.09679E+00	9.88845E-01	9.69170E-01	1.00765E+00
20.0	8.85783E-01	8.96966E-01	9.01743E-01	1.13591E+00
21.0	1.01828E+00	1.05782E+00	1.07104E+00	9.57389E-01
22.0	1.07935E+00	9.81177E-01	9.60290E-01	9.88975E-01
23.0	8.83437E-01	8.94047E-01	8.98479E-01	1.15124E+00
24.0	1.01838E+00	1.05874E+00	1.07170E+00	9.64184E-01
25.0	1.06530E+00	9.72493E-01	9.54211E-01	9.87085E-01
26.0	8.80654E-01	8.92537E-01	8.97356E-01	1.12905E+00
27.0	1.01448E+00	1.05571E+00	1.06850E+00	9.72860E-01
28.0	1.09540E+00	9.92914E-01	9.71905E-01	1.00471E+00
29.0	8.88364E-01	8.96343E-01	9.00166E-01	1.12451E+00
30.0	1.01349E+00	1.05180E+00	1.06491E+00	9.74637E-01

Hasil Output No test 8

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	9.99809E-01	9.99854E-01	9.99880E-01	1.00000E+00
1.0	1.20307E+00	1.03894E+00	1.03046E+00	1.00000E+00
2.0	1.04608E+00	9.57874E-01	9.47399E-01	9.99999E-01
3.0	9.66694E-01	9.59652E-01	9.59066E-01	1.00029E+00
4.0	9.70498E-01	9.54512E-01	9.53073E-01	1.03671E+00
5.0	9.95236E-01	9.55391E-01	9.50783E-01	1.05747E+00
6.0	9.51850E-01	9.39065E-01	9.35866E-01	1.09502E+00
7.0	1.12518E+00	9.43878E-01	9.41055E-01	1.06098E+00
8.0	1.05837E+00	9.34905E-01	9.30507E-01	1.06521E+00
9.0	1.09790E+00	9.19885E-01	9.18920E-01	1.08911E+00
10.0	1.09951E+00	9.18710E-01	9.16531E-01	1.10744E+00
11.0	1.09474E+00	9.18269E-01	9.15263E-01	1.09171E+00
12.0	1.07347E+00	9.18182E-01	9.18237E-01	1.11324E+00
13.0	1.09198E+00	9.17342E-01	9.14740E-01	1.09216E+00
14.0	1.09857E+00	9.14885E-01	9.13374E-01	1.09586E+00
15.0	1.08747E+00	9.09863E-01	9.08317E-01	1.10032E+00
16.0	1.09389E+00	9.15841E-01	9.12909E-01	1.11822E+00
17.0	1.08620E+00	9.10870E-01	9.08698E-01	1.08863E+00
18.0	1.08709E+00	9.09516E-01	9.07045E-01	1.10531E+00
19.0	1.07285E+00	9.02412E-01	9.01538E-01	1.06991E+00
20.0	1.08340E+00	9.05129E-01	9.04220E-01	1.06785E+00
21.0	1.08881E+00	9.01440E-01	8.99935E-01	1.07144E+00
22.0	1.09127E+00	9.04807E-01	9.01988E-01	1.05961E+00
23.0	1.09511E+00	9.09347E-01	9.05728E-01	1.11030E+00
24.0	1.08904E+00	9.07818E-01	9.05328E-01	1.08429E+00
25.0	1.09110E+00	9.08103E-01	9.05142E-01	1.06361E+00
26.0	1.10358E+00	9.11720E-01	9.07129E-01	1.10911E+00
27.0	1.09409E+00	9.07080E-01	9.04590E-01	1.05579E+00
28.0	1.09327E+00	9.16496E-01	9.12406E-01	1.07526E+00
29.0	1.08839E+00	9.15731E-01	9.12427E-01	1.13056E+00
30.0	1.09837E+00	9.22779E-01	9.16716E-01	1.13393E+00



Hasil Output No test 9

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19985E+00	1.19989E+00	1.19990E+00	1.20E+00
1.0	1.16705E+00	1.17069E+00	1.17194E+00	1.20E+00
2.0	1.27535E+00	1.29497E+00	1.28341E+00	1.20E+00
3.0	1.12998E+00	1.12826E+00	1.12914E+00	1.20E+00
4.0	1.27221E+00	1.28471E+00	1.28707E+00	1.19E+00
5.0	1.13352E+00	1.12880E+00	1.12864E+00	1.21E+00
6.0	1.26023E+00	1.27168E+00	1.27485E+00	1.23E+00
7.0	1.13364E+00	1.13167E+00	1.13201E+00	1.17E+00
8.0	1.25953E+00	1.26231E+00	1.26066E+00	1.20E+00
9.0	1.14897E+00	1.14678E+00	1.14610E+00	1.17E+00
10.0	1.25048E+00	1.25302E+00	1.25235E+00	1.21E+00
11.0	1.13343E+00	1.13014E+00	1.12963E+00	1.16E+00
12.0	1.27189E+00	1.26105E+00	1.25925E+00	1.23E+00
13.0	1.13664E+00	1.13029E+00	1.12878E+00	1.16E+00
14.0	1.27148E+00	1.29036E+00	1.28919E+00	1.21E+00
15.0	1.14190E+00	1.14263E+00	1.14293E+00	1.15E+00
16.0	1.26607E+00	1.26007E+00	1.26081E+00	1.21E+00
17.0	1.13492E+00	1.13367E+00	1.13420E+00	1.16E+00
18.0	1.25120E+00	1.24913E+00	1.24872E+00	1.20E+00
19.0	1.13952E+00	1.13660E+00	1.13550E+00	1.16E+00
20.0	1.26689E+00	1.26750E+00	1.26611E+00	1.20E+00
21.0	1.14381E+00	1.13895E+00	1.13760E+00	1.16E+00
22.0	1.27227E+00	1.26171E+00	1.26031E+00	1.21E+00
23.0	1.13795E+00	1.13534E+00	1.13476E+00	1.16E+00
24.0	1.26784E+00	1.26044E+00	1.26002E+00	1.20E+00
25.0	1.13984E+00	1.13672E+00	1.13691E+00	1.17E+00
26.0	1.26617E+00	1.26037E+00	1.25951E+00	1.20E+00
27.0	1.14082E+00	1.13588E+00	1.13421E+00	1.16E+00
28.0	1.26542E+00	1.25730E+00	1.25655E+00	1.20E+00
29.0	1.14281E+00	1.13754E+00	1.13602E+00	1.17E+00
30.0	1.26169E+00	1.25359E+00	1.25206E+00	1.20E+00

Hasil Output No test 10

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19977E+00	1.19983E+00	1.19985E+00	1.20000E+00
1.0	1.19422E+00	1.19197E+00	1.19155E+00	1.20000E+00
2.0	1.17894E+00	1.20162E+00	1.20878E+00	1.19999E+00
3.0	1.30419E+00	1.21906E+00	1.20461E+00	1.19955E+00
4.0	1.11119E+00	1.12107E+00	1.12500E+00	1.20289E+00
5.0	1.30758E+00	1.32308E+00	1.32788E+00	1.28393E+00
6.0	1.12776E+00	1.12741E+00	1.12767E+00	1.17131E+00
7.0	1.17105E+00	1.19537E+00	1.20537E+00	1.30418E+00
8.0	1.22654E+00	1.18835E+00	1.17981E+00	1.14458E+00
9.0	1.09025E+00	1.09663E+00	1.09969E+00	1.20464E+00
10.0	1.36230E+00	1.41110E+00	1.39456E+00	1.18691E+00
11.0	1.06104E+00	1.06160E+00	1.06660E+00	1.17092E+00
12.0	1.25919E+00	1.31438E+00	1.32313E+00	1.33838E+00
13.0	1.14851E+00	1.14798E+00	1.13446E+00	1.14578E+00
14.0	1.10940E+00	1.11759E+00	1.12055E+00	1.23967E+00
15.0	1.42355E+00	1.30646E+00	1.27889E+00	1.13779E+00
16.0	1.04384E+00	1.04707E+00	1.05177E+00	1.18230E+00
17.0	1.28218E+00	1.33202E+00	1.36727E+00	1.21273E+00
18.0	1.09582E+00	1.09638E+00	1.09174E+00	1.13345E+00
19.0	1.16100E+00	1.17563E+00	1.18131E+00	1.28291E+00
20.0	1.31409E+00	1.21538E+00	1.19484E+00	1.14908E+00
21.0	1.08232E+00	1.11167E+00	1.12343E+00	1.19272E+00
22.0	1.30114E+00	1.30920E+00	1.32374E+00	1.22325E+00
23.0	1.10922E+00	1.08604E+00	1.08609E+00	1.12371E+00
24.0	1.18989E+00	1.21223E+00	1.21881E+00	1.34002E+00
25.0	1.21754E+00	1.17896E+00	1.17490E+00	1.16440E+00
26.0	1.10322E+00	1.10750E+00	1.11130E+00	1.22729E+00
27.0	1.37432E+00	1.40632E+00	1.40975E+00	1.29547E+00
28.0	1.07401E+00	1.07272E+00	1.07935E+00	1.17472E+00
29.0	1.28838E+00	1.30450E+00	1.31064E+00	1.31749E+00
30.0	1.28823E+00	1.25691E+00	1.24839E+00	1.16259E+00



Hasil Output No test 11

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19988E+00	1.19991E+00	1.19992E+00	1.20000E+00
1.0	1.27597E+00	1.25972E+00	1.25453E+00	1.20000E+00
2.0	1.09053E+00	1.09361E+00	1.09798E+00	1.20001E+00
3.0	1.25158E+00	1.29500E+00	1.31212E+00	1.20112E+00
4.0	1.35462E+00	1.18458E+00	1.17165E+00	1.23224E+00
5.0	1.08402E+00	1.09108E+00	1.09495E+00	1.26129E+00
6.0	1.25013E+00	1.31352E+00	1.33442E+00	1.22705E+00
7.0	1.17547E+00	1.11425E+00	1.10067E+00	1.18117E+00
8.0	1.07769E+00	1.10017E+00	1.10846E+00	1.26498E+00
9.0	1.18995E+00	1.23435E+00	1.25298E+00	1.16791E+00
10.0	1.36279E+00	1.20479E+00	1.18447E+00	1.17325E+00
11.0	1.03596E+00	1.04641E+00	1.05209E+00	1.33129E+00
12.0	1.26800E+00	1.30140E+00	1.32167E+00	1.13905E+00
13.0	1.20491E+00	1.18777E+00	1.15859E+00	1.22491E+00
14.0	1.06300E+00	1.07426E+00	1.08152E+00	1.38753E+00
15.0	1.24333E+00	1.29024E+00	1.30236E+00	1.13761E+00
16.0	1.26316E+00	1.18850E+00	1.17526E+00	1.14926E+00
17.0	1.07276E+00	1.08037E+00	1.08447E+00	1.28803E+00
18.0	1.21829E+00	1.27958E+00	1.30135E+00	1.17086E+00
19.0	1.26446E+00	1.16842E+00	1.15390E+00	1.16631E+00
20.0	1.08241E+00	1.09095E+00	1.09308E+00	1.24307E+00
21.0	1.23515E+00	1.26396E+00	1.27443E+00	1.20294E+00
22.0	1.29881E+00	1.20826E+00	1.18457E+00	1.15408E+00
23.0	1.06366E+00	1.10056E+00	1.11249E+00	1.23903E+00
24.0	1.19892E+00	1.23948E+00	1.25132E+00	1.19193E+00
25.0	1.30527E+00	1.26102E+00	1.21014E+00	1.14995E+00
26.0	1.04705E+00	1.06324E+00	1.07117E+00	1.23957E+00
27.0	1.24906E+00	1.27641E+00	1.27205E+00	1.17331E+00
28.0	1.34008E+00	1.15076E+00	1.13324E+00	1.20005E+00
29.0	1.04667E+00	1.05431E+00	1.06415E+00	1.27697E+00
30.0	1.24526E+00	1.26997E+00	1.27639E+00	1.22341E+00

Hasil Output No test 12

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19985E+00	1.19989E+00	1.19990E+00	1.20000E+00
1.0	1.25735E+00	1.22561E+00	1.22124E+00	1.20000E+00
2.0	1.18801E+00	1.13965E+00	1.13815E+00	1.19999E+00
3.0	1.18830E+00	1.15452E+00	1.14630E+00	1.20063E+00
4.0	1.17755E+00	1.16595E+00	1.15956E+00	1.27225E+00
5.0	1.15485E+00	1.14043E+00	1.13469E+00	1.25381E+00
6.0	1.13844E+00	1.14268E+00	1.14093E+00	1.24974E+00
7.0	1.13818E+00	1.13402E+00	1.13005E+00	1.24319E+00
8.0	1.12374E+00	1.13382E+00	1.13240E+00	1.24215E+00
9.0	1.12141E+00	1.12524E+00	1.12364E+00	1.22770E+00
10.0	1.11752E+00	1.12550E+00	1.12537E+00	1.21918E+00
11.0	1.12774E+00	1.14648E+00	1.13163E+00	1.21777E+00
12.0	1.11040E+00	1.11507E+00	1.11183E+00	1.21910E+00
13.0	1.12571E+00	1.11904E+00	1.11629E+00	1.20426E+00
14.0	1.11169E+00	1.10129E+00	1.10255E+00	1.21348E+00
15.0	1.11268E+00	1.11529E+00	1.11609E+00	1.20249E+00
16.0	1.12267E+00	1.10662E+00	1.10609E+00	1.21414E+00
17.0	1.12198E+00	1.10059E+00	1.09853E+00	1.20253E+00
18.0	1.09358E+00	1.07893E+00	1.08092E+00	1.20566E+00
19.0	1.13677E+00	1.11136E+00	1.10601E+00	1.20179E+00
20.0	1.11879E+00	1.11689E+00	1.11009E+00	1.20754E+00
21.0	1.12092E+00	1.09289E+00	1.08654E+00	1.20789E+00
22.0	1.13892E+00	1.10762E+00	1.10893E+00	1.20536E+00
23.0	1.11553E+00	1.10513E+00	1.10340E+00	1.20911E+00
24.0	1.11846E+00	1.10613E+00	1.10585E+00	1.20439E+00
25.0	1.09857E+00	1.09422E+00	1.09888E+00	1.19787E+00
26.0	1.12490E+00	1.10982E+00	1.11347E+00	1.21394E+00
27.0	1.12108E+00	1.10875E+00	1.10854E+00	1.25073E+00
28.0	1.12478E+00	1.10547E+00	1.10041E+00	1.24984E+00
29.0	1.13052E+00	1.10961E+00	1.10413E+00	1.25851E+00
30.0	1.13554E+00	1.11855E+00	1.11585E+00	1.27763E+00



Hasil Output No test 13

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19975E+00	1.19982E+00	1.19984E+00	1.20000E+00
1.0	1.16968E+00	1.17280E+00	1.17389E+00	1.20000E+00
2.0	1.28610E+00	1.29613E+00	1.28761E+00	1.19997E+00
3.0	1.13493E+00	1.13767E+00	1.13741E+00	1.19890E+00
4.0	1.26339E+00	1.27316E+00	1.28240E+00	1.19178E+00
5.0	1.13176E+00	1.13387E+00	1.12887E+00	1.20324E+00
6.0	1.27019E+00	1.27698E+00	1.28373E+00	1.23621E+00
7.0	1.12839E+00	1.12286E+00	1.12509E+00	1.16464E+00
8.0	1.26978E+00	1.28441E+00	1.29266E+00	1.26374E+00
9.0	1.13548E+00	1.13492E+00	1.13414E+00	1.15394E+00
10.0	1.26873E+00	1.27713E+00	1.27895E+00	1.22782E+00
11.0	1.13267E+00	1.12915E+00	1.12881E+00	1.15575E+00
12.0	1.26667E+00	1.27715E+00	1.27959E+00	1.24854E+00
13.0	1.13302E+00	1.12814E+00	1.12751E+00	1.16627E+00
14.0	1.26874E+00	1.27795E+00	1.28066E+00	1.24083E+00
15.0	1.13480E+00	1.13066E+00	1.13005E+00	1.16646E+00
16.0	1.26979E+00	1.27846E+00	1.28078E+00	1.23983E+00
17.0	1.13806E+00	1.13259E+00	1.13211E+00	1.16712E+00
18.0	1.26823E+00	1.27591E+00	1.27796E+00	1.23374E+00
19.0	1.13781E+00	1.13277E+00	1.13008E+00	1.17382E+00
20.0	1.27349E+00	1.27991E+00	1.28125E+00	1.23110E+00
21.0	1.13802E+00	1.13365E+00	1.13210E+00	1.17069E+00
22.0	1.26791E+00	1.27426E+00	1.27481E+00	1.23619E+00
23.0	1.13317E+00	1.12639E+00	1.12600E+00	1.17355E+00
24.0	1.27000E+00	1.27507E+00	1.27607E+00	1.22905E+00
25.0	1.14064E+00	1.13431E+00	1.13330E+00	1.17625E+00
26.0	1.26256E+00	1.26966E+00	1.27137E+00	1.22036E+00
27.0	1.13894E+00	1.13475E+00	1.13324E+00	1.16207E+00
28.0	1.26864E+00	1.27403E+00	1.27676E+00	1.22497E+00
29.0	1.13696E+00	1.13011E+00	1.12927E+00	1.16818E+00
30.0	1.26149E+00	1.26881E+00	1.27042E+00	1.23875E+00

Hasil Output No test 14

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19963E+00	1.19973E+00	1.19976E+00	1.20000E+00
1.0	1.19938E+00	1.19607E+00	1.19533E+00	1.20000E+00
2.0	1.18131E+00	1.23107E+00	1.25137E+00	1.19998E+00
3.0	1.30211E+00	1.24976E+00	1.23091E+00	1.19951E+00
4.0	1.10519E+00	1.12108E+00	1.12721E+00	1.20264E+00
5.0	1.32814E+00	1.35412E+00	1.35606E+00	1.24860E+00
6.0	1.11743E+00	1.10760E+00	1.10599E+00	1.19407E+00
7.0	1.20373E+00	1.23841E+00	1.25068E+00	1.28365E+00
8.0	1.23005E+00	1.19098E+00	1.17920E+00	1.11451E+00
9.0	1.10651E+00	1.12326E+00	1.13032E+00	1.24215E+00
10.0	1.34268E+00	1.33094E+00	1.31864E+00	1.21284E+00
11.0	1.09563E+00	1.09101E+00	1.09089E+00	1.14060E+00
12.0	1.23012E+00	1.26821E+00	1.28213E+00	1.35421E+00
13.0	1.16599E+00	1.13451E+00	1.12656E+00	1.13765E+00
14.0	1.12166E+00	1.14594E+00	1.15504E+00	1.23141E+00
15.0	1.32138E+00	1.28339E+00	1.26845E+00	1.20100E+00
16.0	1.08805E+00	1.08911E+00	1.09077E+00	1.13634E+00
17.0	1.26169E+00	1.31029E+00	1.31710E+00	1.29253E+00
18.0	1.13559E+00	1.10706E+00	1.10070E+00	1.14972E+00
19.0	1.16105E+00	1.18941E+00	1.20019E+00	1.24944E+00
20.0	1.27610E+00	1.23099E+00	1.21816E+00	1.17811E+00
21.0	1.09652E+00	1.10540E+00	1.11002E+00	1.15472E+00
22.0	1.31641E+00	1.33404E+00	1.33741E+00	1.27649E+00
23.0	1.11003E+00	1.09624E+00	1.09356E+00	1.12539E+00
24.0	1.19017E+00	1.22505E+00	1.23605E+00	1.31036E+00
25.0	1.22088E+00	1.18221E+00	1.17023E+00	1.16803E+00
26.0	1.10574E+00	1.12222E+00	1.12934E+00	1.19634E+00
27.0	1.32809E+00	1.32236E+00	1.31360E+00	1.23931E+00
28.0	1.09843E+00	1.09531E+00	1.09573E+00	1.16176E+00
29.0	1.25744E+00	1.29438E+00	1.30569E+00	1.38974E+00
30.0	1.21884E+00	1.18509E+00	1.17611E+00	1.14832E+00



Hasil Output No test 15

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19982E+00	1.19987E+00	1.19988E+00	1.20000E+00
1.0	1.27569E+00	1.25923E+00	1.25480E+00	1.20000E+00
2.0	1.08840E+00	1.10261E+00	1.10891E+00	1.20003E+00
3.0	1.28300E+00	1.33191E+00	1.35563E+00	1.20185E+00
4.0	1.27952E+00	1.19428E+00	1.17481E+00	1.23605E+00
5.0	1.08489E+00	1.09522E+00	1.10044E+00	1.26352E+00
6.0	1.24012E+00	1.28001E+00	1.29749E+00	1.19521E+00
7.0	1.25069E+00	1.17763E+00	1.16229E+00	1.22584E+00
8.0	1.08138E+00	1.09333E+00	1.09812E+00	1.41759E+00
9.0	1.22526E+00	1.27117E+00	1.28730E+00	1.17118E+00
10.0	1.26616E+00	1.18713E+00	1.17031E+00	1.14126E+00
11.0	1.07701E+00	1.08879E+00	1.09368E+00	1.32778E+00
12.0	1.22448E+00	1.26204E+00	1.27634E+00	1.20129E+00
13.0	1.26263E+00	1.18177E+00	1.16430E+00	1.13017E+00
14.0	1.07547E+00	1.08675E+00	1.09140E+00	1.30043E+00
15.0	1.22265E+00	1.26270E+00	1.27705E+00	1.21042E+00
16.0	1.25879E+00	1.18123E+00	1.16394E+00	1.14182E+00
17.0	1.07498E+00	1.08725E+00	1.09302E+00	1.28970E+00
18.0	1.22062E+00	1.25945E+00	1.27359E+00	1.20466E+00
19.0	1.26133E+00	1.18088E+00	1.16373E+00	1.13227E+00
20.0	1.07857E+00	1.08918E+00	1.09380E+00	1.28384E+00
21.0	1.21708E+00	1.25298E+00	1.26692E+00	1.20904E+00
22.0	1.25423E+00	1.18061E+00	1.16393E+00	1.13897E+00
23.0	1.07473E+00	1.08568E+00	1.09006E+00	1.28685E+00
24.0	1.22168E+00	1.25865E+00	1.27293E+00	1.21597E+00
25.0	1.25358E+00	1.18001E+00	1.16297E+00	1.11627E+00
26.0	1.07965E+00	1.08936E+00	1.09352E+00	1.27974E+00
27.0	1.21898E+00	1.25494E+00	1.26981E+00	1.23701E+00
28.0	1.26260E+00	1.18240E+00	1.16623E+00	1.15046E+00
29.0	1.06525E+00	1.07544E+00	1.07983E+00	1.30789E+00
30.0	1.20924E+00	1.24856E+00	1.26256E+00	1.22551E+00

Hasil Output No test 16

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.19979E+00	1.19985E+00	1.19986E+00	1.20000E+00
1.0	1.36132E+00	1.24600E+00	1.23972E+00	1.20000E+00
2.0	1.25740E+00	1.14318E+00	1.13548E+00	1.20000E+00
3.0	1.17797E+00	1.15436E+00	1.15251E+00	1.20164E+00
4.0	1.19013E+00	1.15213E+00	1.14892E+00	1.26863E+00
5.0	1.22755E+00	1.14137E+00	1.13418E+00	1.25767E+00
6.0	1.25282E+00	1.13656E+00	1.13155E+00	1.30979E+00
7.0	1.22520E+00	1.14025E+00	1.13381E+00	1.28189E+00
8.0	1.18212E+00	1.14129E+00	1.13494E+00	1.24833E+00
9.0	1.18992E+00	1.14378E+00	1.13709E+00	1.24292E+00
10.0	1.27539E+00	1.14505E+00	1.13803E+00	1.24942E+00
11.0	1.26718E+00	1.14695E+00	1.13998E+00	1.32433E+00
12.0	1.21076E+00	1.14593E+00	1.13943E+00	1.27798E+00
13.0	1.23385E+00	1.14473E+00	1.13856E+00	1.24654E+00
14.0	1.22224E+00	1.14589E+00	1.13861E+00	1.30114E+00
15.0	1.27619E+00	1.14155E+00	1.13381E+00	1.24050E+00
16.0	1.17284E+00	1.14433E+00	1.13942E+00	1.29701E+00
17.0	1.30873E+00	1.13685E+00	1.13035E+00	1.24637E+00
18.0	1.23253E+00	1.13179E+00	1.12649E+00	1.28782E+00
19.0	1.22013E+00	1.12505E+00	1.12002E+00	1.28783E+00
20.0	1.31871E+00	1.13040E+00	1.12567E+00	1.29699E+00
21.0	1.28211E+00	1.12204E+00	1.11654E+00	1.29747E+00
22.0	1.27597E+00	1.11814E+00	1.11332E+00	1.29405E+00
23.0	1.29968E+00	1.12067E+00	1.11560E+00	1.34165E+00
24.0	1.31320E+00	1.12373E+00	1.11892E+00	1.20347E+00
25.0	1.33587E+00	1.12588E+00	1.12077E+00	1.28044E+00
26.0	1.27151E+00	1.11273E+00	1.10687E+00	1.28926E+00
27.0	1.29624E+00	1.10267E+00	1.09841E+00	1.30467E+00
28.0	1.29464E+00	1.11807E+00	1.11483E+00	1.34839E+00
29.0	1.25167E+00	1.11676E+00	1.11238E+00	1.37381E+00
30.0	1.33140E+00	1.14513E+00	1.14117E+00	1.35180E+00



**Hasil Output No test 17**

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.02	1.2998E+00	1.2998E+00	1.2999E+00	1.3000E+00
1.00	1.2699E+00	1.2725E+00	1.2735E+00	1.3000E+00
1.99	1.3921E+00	1.3864E+00	1.3796E+00	1.2999E+00
3.00	1.2349E+00	1.2107E+00	1.2085E+00	1.2982E+00
4.00	1.3829E+00	1.3669E+00	1.3679E+00	1.2903E+00
5.00	1.2610E+00	1.2478E+00	1.2460E+00	1.3005E+00
5.99	1.3762E+00	1.3648E+00	1.3657E+00	1.3475E+00
6.99	1.2388E+00	1.2491E+00	1.2536E+00	1.2371E+00
8.00	1.3608E+00	1.3361E+00	1.3401E+00	1.2791E+00
8.99	1.2387E+00	1.2258E+00	1.2208E+00	1.3254E+00
10.00	1.3724E+00	1.3767E+00	1.3794E+00	1.3394E+00
11.01	1.2066E+00	1.2167E+00	1.2226E+00	1.2610E+00
12.00	1.3736E+00	1.3818E+00	1.3741E+00	1.3492E+00
12.99	1.2305E+00	1.2037E+00	1.1997E+00	1.2695E+00
14.01	1.3453E+00	1.3575E+00	1.3698E+00	1.3436E+00
15.00	1.2156E+00	1.2308E+00	1.2360E+00	1.2564E+00
16.01	1.3711E+00	1.3829E+00	1.3795E+00	1.3264E+00
17.00	1.2490E+00	1.2305E+00	1.2365E+00	1.2470E+00
18.00	1.3684E+00	1.3847E+00	1.3870E+00	1.3398E+00
19.00	1.2249E+00	1.2069E+00	1.2044E+00	1.2533E+00
20.00	1.3779E+00	1.3813E+00	1.3925E+00	1.3259E+00
21.00	1.2284E+00	1.2342E+00	1.2356E+00	1.2582E+00
22.00	1.3654E+00	1.3830E+00	1.3857E+00	1.3278E+00
23.00	1.2402E+00	1.2291E+00	1.2316E+00	1.2551E+00
24.00	1.3860E+00	1.3891E+00	1.3938E+00	1.3204E+00
25.00	1.2349E+00	1.2289E+00	1.2298E+00	1.2473E+00
26.00	1.3717E+00	1.3977E+00	1.3886E+00	1.3267E+00
27.00	1.2199E+00	1.2205E+00	1.2207E+00	1.2465E+00
28.00	1.3806E+00	1.3943E+00	1.3970E+00	1.3422E+00
29.00	1.2111E+00	1.2065E+00	1.2090E+00	1.2625E+00
30.01	1.3557E+00	1.3898E+00	1.3895E+00	1.3330E+00

PARADIGMA 1100 111  
E31

Hasil Output No test 18

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.02	1.2997E+00	1.2997E+00	1.2998E+00	1.3000E+00
1.00	1.2986E+00	1.2956E+00	1.2949E+00	1.3000E+00
2.00	1.2877E+00	1.3319E+00	1.3481E+00	1.2999E+00
3.00	1.4029E+00	1.3765E+00	1.3644E+00	1.2992E+00
4.00	1.1942E+00	1.2087E+00	1.2152E+00	1.3038E+00
5.00	1.4192E+00	1.4394E+00	1.4479E+00	1.3381E+00
6.00	1.2431E+00	1.2343E+00	1.2343E+00	1.2990E+00
7.00	1.3013E+00	1.3295E+00	1.3388E+00	1.3664E+00
8.00	1.4190E+00	1.3595E+00	1.3412E+00	1.1993E+00
9.01	1.1825E+00	1.2090E+00	1.2258E+00	1.3429E+00
9.99	1.4629E+00	1.4513E+00	1.4460E+00	1.2944E+00
11.00	1.1903E+00	1.1886E+00	1.1890E+00	1.2461E+00
12.00	1.3375E+00	1.3765E+00	1.3770E+00	1.4936E+00
13.00	1.3064E+00	1.2700E+00	1.2577E+00	1.2189E+00
13.99	1.2248E+00	1.2467E+00	1.2543E+00	1.3683E+00
15.00	1.4595E+00	1.4259E+00	1.4164E+00	1.2716E+00
15.99	1.1693E+00	1.2367E+00	1.2177E+00	1.2600E+00
17.00	1.3747E+00	1.4128E+00	1.4225E+00	1.4640E+00
18.00	1.2493E+00	1.2434E+00	1.2364E+00	1.1984E+00
19.00	1.2435E+00	1.2836E+00	1.2931E+00	1.4319E+00
20.00	1.4367E+00	1.4044E+00	1.3903E+00	1.2693E+00
21.00	1.1741E+00	1.1848E+00	1.1902E+00	1.2615E+00
22.00	1.4363E+00	1.4466E+00	1.4404E+00	1.3497E+00
23.01	1.2155E+00	1.1996E+00	1.1962E+00	1.2325E+00
24.00	1.3120E+00	1.3305E+00	1.3357E+00	1.3819E+00
25.00	1.3946E+00	1.3321E+00	1.3229E+00	1.2345E+00
26.00	1.1763E+00	1.2051E+00	1.2143E+00	1.3244E+00
27.00	1.4937E+00	1.4597E+00	1.4545E+00	1.3308E+00
28.00	1.1651E+00	1.1558E+00	1.1571E+00	1.2690E+00
29.00	1.3593E+00	1.3793E+00	1.3903E+00	1.4890E+00
30.00	1.3097E+00	1.2610E+00	1.2508E+00	1.2318E+00



Hasil Output No test 19

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.02	1.2998E+00	1.2999E+00	1.2999E+00	1.3000E+00
1.00	1.3701E+00	1.3552E+00	1.3512E+00	1.3000E+00
2.00	1.1831E+00	1.1975E+00	1.2045E+00	1.3001E+00
3.00	1.3599E+00	1.4073E+00	1.4233E+00	1.3029E+00
4.00	1.3815E+00	1.3117E+00	1.2925E+00	1.3403E+00
5.00	1.1808E+00	1.1917E+00	1.1962E+00	1.3585E+00
6.00	1.3345E+00	1.3805E+00	1.3964E+00	1.2914E+00
7.00	1.3689E+00	1.2965E+00	1.2816E+00	1.2727E+00
8.00	1.1792E+00	1.1920E+00	1.1967E+00	1.4638E+00
9.00	1.3267E+00	1.3622E+00	1.3741E+00	1.2793E+00
10.00	1.3756E+00	1.3064E+00	1.2864E+00	1.2502E+00
11.00	1.1717E+00	1.1807E+00	1.1853E+00	1.4132E+00
12.00	1.3189E+00	1.3584E+00	1.3712E+00	1.2847E+00
13.00	1.3855E+00	1.3218E+00	1.3038E+00	1.2364E+00
14.00	1.1737E+00	1.1811E+00	1.1853E+00	1.3788E+00
15.00	1.3251E+00	1.3678E+00	1.3826E+00	1.3116E+00
16.00	1.3652E+00	1.3048E+00	1.2876E+00	1.2381E+00
17.00	1.1694E+00	1.1761E+00	1.1798E+00	1.3602E+00
18.00	1.3236E+00	1.3667E+00	1.3807E+00	1.3547E+00
19.00	1.3698E+00	1.3086E+00	1.2909E+00	1.2167E+00
20.00	1.1704E+00	1.1775E+00	1.1816E+00	1.3664E+00
21.00	1.3225E+00	1.3660E+00	1.3803E+00	1.3520E+00
22.00	1.3690E+00	1.3078E+00	1.2901E+00	1.2264E+00
23.00	1.1755E+00	1.1821E+00	1.1853E+00	1.3869E+00
24.00	1.3179E+00	1.3591E+00	1.3747E+00	1.3500E+00
25.00	1.3750E+00	1.3120E+00	1.2936E+00	1.2055E+00
26.00	1.1683E+00	1.1738E+00	1.1775E+00	1.3693E+00
27.00	1.3157E+00	1.3588E+00	1.3731E+00	1.4035E+00
28.00	1.3597E+00	1.2960E+00	1.2762E+00	1.2598E+00
29.00	1.1628E+00	1.1708E+00	1.1750E+00	1.3766E+00
30.00	1.3247E+00	1.3671E+00	1.3812E+00	1.3682E+00

Hasil Output No test 20

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.02	1.2997E+00	1.2998E+00	1.2998E+00	1.3000E+00
1.00	1.4653E+00	1.3422E+00	1.3371E+00	1.3000E+00
2.00	1.3436E+00	1.2266E+00	1.2296E+00	1.3000E+00
3.00	1.2821E+00	1.2321E+00	1.2327E+00	1.3025E+00
4.00	1.3233E+00	1.2465E+00	1.2442E+00	1.3774E+00
5.00	1.2933E+00	1.2419E+00	1.2321E+00	1.3452E+00
6.00	1.3448E+00	1.2306E+00	1.2206E+00	1.3976E+00
7.00	1.4212E+00	1.2340E+00	1.2280E+00	1.3740E+00
8.00	1.4135E+00	1.2302E+00	1.2233E+00	1.3432E+00
9.00	1.3711E+00	1.2321E+00	1.2262E+00	1.3403E+00
10.00	1.3275E+00	1.2284E+00	1.2232E+00	1.3498E+00
11.00	1.4423E+00	1.2393E+00	1.2339E+00	1.4444E+00
12.00	1.3836E+00	1.2382E+00	1.2331E+00	1.3798E+00
13.00	1.3160E+00	1.2352E+00	1.2281E+00	1.3793E+00
14.00	1.3724E+00	1.2352E+00	1.2287E+00	1.3747E+00
15.00	1.4359E+00	1.2355E+00	1.2281E+00	1.3734E+00
16.00	1.3793E+00	1.2310E+00	1.2245E+00	1.3794E+00
17.00	1.4200E+00	1.2293E+00	1.2225E+00	1.3864E+00
18.00	1.4080E+00	1.2277E+00	1.2214E+00	1.3848E+00
19.00	1.4110E+00	1.2279E+00	1.2217E+00	1.3796E+00
20.00	1.3928E+00	1.2284E+00	1.2223E+00	1.3895E+00
21.00	1.4104E+00	1.2230E+00	1.2171E+00	1.3676E+00
22.00	1.4019E+00	1.2233E+00	1.2178E+00	1.3788E+00
23.00	1.3993E+00	1.2312E+00	1.2248E+00	1.3688E+00
24.00	1.4151E+00	1.2279E+00	1.2214E+00	1.3763E+00
25.00	1.4018E+00	1.2214E+00	1.2161E+00	1.3875E+00
26.00	1.3843E+00	1.2179E+00	1.2126E+00	1.4047E+00
27.00	1.3899E+00	1.2094E+00	1.2038E+00	1.4368E+00
28.00	1.4049E+00	1.2153E+00	1.2101E+00	1.4217E+00
29.00	1.4143E+00	1.2421E+00	1.2394E+00	1.4631E+00
30.00	1.3395E+00	1.2741E+00	1.2707E+00	1.4162E+00



Hasil Output No test 21

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.29973E+00	1.29980E+00	1.29982E+00	1.30000E+00
1.0	1.26856E+00	1.27164E+00	1.27271E+00	1.30000E+00
2.0	1.40235E+00	1.39319E+00	1.38515E+00	1.29993E+00
3.0	1.23937E+00	1.23097E+00	1.23062E+00	1.29807E+00
4.0	1.37699E+00	1.39233E+00	1.39550E+00	1.28990E+00
5.0	1.23719E+00	1.23188E+00	1.22971E+00	1.31237E+00
6.0	1.37930E+00	1.38628E+00	1.38772E+00	1.31836E+00
7.0	1.23480E+00	1.23211E+00	1.23286E+00	1.27544E+00
8.0	1.37121E+00	1.38466E+00	1.38963E+00	1.33827E+00
9.0	1.23082E+00	1.22970E+00	1.23001E+00	1.26321E+00
10.0	1.37137E+00	1.38012E+00	1.38684E+00	1.29775E+00
11.0	1.23070E+00	1.22298E+00	1.22086E+00	1.26918E+00
12.0	1.37080E+00	1.38209E+00	1.38486E+00	1.31315E+00
13.0	1.22706E+00	1.22298E+00	1.22274E+00	1.27493E+00
14.0	1.36901E+00	1.38159E+00	1.38259E+00	1.30941E+00
15.0	1.22351E+00	1.22359E+00	1.22345E+00	1.26803E+00
16.0	1.37232E+00	1.38642E+00	1.38851E+00	1.31795E+00
17.0	1.23194E+00	1.22805E+00	1.22661E+00	1.26888E+00
18.0	1.36827E+00	1.37886E+00	1.38339E+00	1.30660E+00
19.0	1.22584E+00	1.22416E+00	1.22406E+00	1.27891E+00
20.0	1.37394E+00	1.38743E+00	1.38909E+00	1.30250E+00
21.0	1.22955E+00	1.22529E+00	1.22447E+00	1.29253E+00
22.0	1.37445E+00	1.38849E+00	1.39089E+00	1.30529E+00
23.0	1.22876E+00	1.22200E+00	1.21948E+00	1.27077E+00
24.0	1.37123E+00	1.38179E+00	1.38744E+00	1.30839E+00
25.0	1.22382E+00	1.22235E+00	1.22182E+00	1.28277E+00
26.0	1.36922E+00	1.37677E+00	1.37782E+00	1.29898E+00
27.0	1.23655E+00	1.23022E+00	1.22814E+00	1.28515E+00
28.0	1.36415E+00	1.37772E+00	1.38149E+00	1.28403E+00
29.0	1.22920E+00	1.22218E+00	1.22138E+00	1.28802E+00
30.0	1.36392E+00	1.37553E+00	1.38016E+00	1.30485E+00

Hasil Output No test 22

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.29959E+00	1.29969E+00	1.29972E+00	1.30000E+00
1.0	1.29744E+00	1.29459E+00	1.29398E+00	1.30000E+00
2.0	1.27761E+00	1.31834E+00	1.33343E+00	1.29995E+00
3.0	1.39979E+00	1.35360E+00	1.33587E+00	1.29924E+00
4.0	1.20410E+00	1.21853E+00	1.22208E+00	1.30535E+00
5.0	1.43216E+00	1.44995E+00	1.44725E+00	1.34743E+00
6.0	1.21919E+00	1.20651E+00	1.20320E+00	1.28694E+00
7.0	1.30130E+00	1.33553E+00	1.34800E+00	1.42537E+00
8.0	1.34409E+00	1.30236E+00	1.29072E+00	1.22050E+00
9.0	1.20283E+00	1.21819E+00	1.22592E+00	1.29510E+00
10.0	1.44643E+00	1.43660E+00	1.42529E+00	1.32668E+00
11.0	1.19246E+00	1.18774E+00	1.18734E+00	1.22182E+00
12.0	1.33413E+00	1.37362E+00	1.38685E+00	1.41957E+00
13.0	1.27141E+00	1.24087E+00	1.23103E+00	1.25208E+00
14.0	1.22129E+00	1.24605E+00	1.25505E+00	1.28705E+00
15.0	1.41834E+00	1.38183E+00	1.36793E+00	1.33559E+00
16.0	1.18359E+00	1.18600E+00	1.18807E+00	1.21650E+00
17.0	1.37924E+00	1.40733E+00	1.41494E+00	1.45395E+00
18.0	1.23336E+00	1.21164E+00	1.20645E+00	1.23780E+00
19.0	1.25190E+00	1.28304E+00	1.29423E+00	1.31619E+00
20.0	1.37570E+00	1.33210E+00	1.31575E+00	1.28443E+00
21.0	1.18811E+00	1.19680E+00	1.20126E+00	1.24222E+00
22.0	1.41823E+00	1.43825E+00	1.43954E+00	1.43776E+00
23.0	1.20700E+00	1.19525E+00	1.19282E+00	1.22712E+00
24.0	1.29257E+00	1.32579E+00	1.33747E+00	1.32812E+00
25.0	1.32575E+00	1.28754E+00	1.27620E+00	1.26013E+00
26.0	1.19619E+00	1.21163E+00	1.21803E+00	1.24081E+00
27.0	1.42847E+00	1.41827E+00	1.40726E+00	1.40689E+00
28.0	1.17217E+00	1.16615E+00	1.16567E+00	1.22500E+00
29.0	1.30828E+00	1.34128E+00	1.35472E+00	1.40525E+00
30.0	1.26764E+00	1.23669E+00	1.22828E+00	1.26040E+00



Hasil Output No test 23

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.29978E+00	1.29984E+00	1.29985E+00	1.30000E+00
1.0	1.37319E+00	1.35783E+00	1.35379E+00	1.30000E+00
2.0	1.18399E+00	1.19809E+00	1.20406E+00	1.30006E+00
3.0	1.37309E+00	1.42209E+00	1.43867E+00	1.30335E+00
4.0	1.37889E+00	1.29786E+00	1.27995E+00	1.34326E+00
5.0	1.18310E+00	1.18913E+00	1.19353E+00	1.35074E+00
6.0	1.35415E+00	1.40857E+00	1.42466E+00	1.30523E+00
7.0	1.35907E+00	1.29001E+00	1.27324E+00	1.30100E+00
8.0	1.17797E+00	1.18715E+00	1.19244E+00	1.49588E+00
9.0	1.34324E+00	1.39627E+00	1.41066E+00	1.27233E+00
10.0	1.36304E+00	1.29271E+00	1.27617E+00	1.23620E+00
11.0	1.17200E+00	1.18005E+00	1.18453E+00	1.41312E+00
12.0	1.33758E+00	1.38985E+00	1.40441E+00	1.30647E+00
13.0	1.36246E+00	1.28866E+00	1.27199E+00	1.22207E+00
14.0	1.17462E+00	1.18248E+00	1.18655E+00	1.39886E+00
15.0	1.32541E+00	1.37355E+00	1.39045E+00	1.32372E+00
16.0	1.36035E+00	1.28724E+00	1.27076E+00	1.22273E+00
17.0	1.17217E+00	1.18077E+00	1.18514E+00	1.37442E+00
18.0	1.32422E+00	1.36862E+00	1.38541E+00	1.33800E+00
19.0	1.36287E+00	1.28981E+00	1.27262E+00	1.22764E+00
20.0	1.17874E+00	1.18383E+00	1.18870E+00	1.35169E+00
21.0	1.31868E+00	1.36598E+00	1.38577E+00	1.35122E+00
22.0	1.35228E+00	1.28219E+00	1.26612E+00	1.21145E+00
23.0	1.18006E+00	1.18851E+00	1.19176E+00	1.34529E+00
24.0	1.31740E+00	1.35901E+00	1.37497E+00	1.33932E+00
25.0	1.36497E+00	1.28827E+00	1.27125E+00	1.20097E+00
26.0	1.16250E+00	1.17186E+00	1.17654E+00	1.34139E+00
27.0	1.31071E+00	1.34910E+00	1.36214E+00	1.40565E+00
28.0	1.34077E+00	1.26760E+00	1.25068E+00	1.23949E+00
29.0	1.16484E+00	1.17554E+00	1.18026E+00	1.36792E+00
30.0	1.33661E+00	1.37935E+00	1.39567E+00	1.39335E+00

Hasil Output No test 24

Time	Ht1	Ht2	Ht3	Ht4
0.0	1.30000E+00	1.30000E+00	1.30000E+00	1.30000E+00
1.0	1.30000E+00	1.30000E+00	1.30000E+00	1.30000E+00
2.0	1.29998E+00	1.29998E+00	1.29998E+00	1.30000E+00
3.0	1.30012E+00	1.30009E+00	1.30007E+00	1.30000E+00
4.0	1.30573E+00	1.30502E+00	1.30469E+00	1.30000E+00
5.0	1.33114E+00	1.32949E+00	1.32868E+00	1.30001E+00
6.0	1.32272E+00	1.31949E+00	1.32667E+00	1.30044E+00
7.0	1.29114E+00	1.29104E+00	1.28923E+00	1.30522E+00
8.0	1.32210E+00	1.32323E+00	1.32263E+00	1.32443E+00
9.0	1.30747E+00	1.29830E+00	1.29643E+00	1.32971E+00
10.0	1.32167E+00	1.32978E+00	1.34116E+00	1.29538E+00
11.0	1.30724E+00	1.29461E+00	1.29015E+00	1.30658E+00
12.0	1.29732E+00	1.30713E+00	1.31306E+00	1.31906E+00
13.0	1.33528E+00	1.33208E+00	1.33080E+00	1.33235E+00
14.0	1.28866E+00	1.28808E+00	1.28860E+00	1.29965E+00
15.0	1.33218E+00	1.33916E+00	1.34104E+00	1.33247E+00
16.0	1.28351E+00	1.27409E+00	1.27031E+00	1.29161E+00
17.0	1.29532E+00	1.32108E+00	1.32691E+00	1.33955E+00
18.0	1.33452E+00	1.31872E+00	1.31293E+00	1.28819E+00
19.0	1.27657E+00	1.28155E+00	1.28452E+00	1.32443E+00
20.0	1.35528E+00	1.34911E+00	1.34455E+00	1.31122E+00
21.0	1.26627E+00	1.25750E+00	1.24710E+00	1.29797E+00
22.0	1.34352E+00	1.33180E+00	1.34764E+00	1.32922E+00
23.0	1.26792E+00	1.27749E+00	1.28333E+00	1.27552E+00
24.0	1.29138E+00	1.30263E+00	1.30897E+00	1.36035E+00
25.0	1.33554E+00	1.33070E+00	1.32492E+00	1.28034E+00
26.0	1.27869E+00	1.27900E+00	1.28154E+00	1.32726E+00
27.0	1.33736E+00	1.34330E+00	1.34885E+00	1.30774E+00
28.0	1.30613E+00	1.29428E+00	1.29261E+00	1.29923E+00
29.0	1.31367E+00	1.31985E+00	1.32378E+00	1.33539E+00
30.0	1.33197E+00	1.32248E+00	1.31737E+00	1.28311E+00



## BIODATA PENULIS



Ibrahim Mahbub Perkasa, dilahirkan di Jakarta 26 Oktober 1984. Pendidikan formal TK sampai dengan SD di Ujung Pandang (Sulsel) kemudian SLTP sampai SLTA di Jakarta lulus tahun 2002. Kemudian penulis melanjutkan studi S1 di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Selama perkuliahan, penulis aktif di beberapa organisasi kemahasiswaan baik intra maupun ekstra kampus. Berbagai pelatihan dan seminar pernah diikutinya dalam rangka untuk pengembangan dirinya. Pada tahun 2003 penulis menjabat sebagai anggota Departemen Minat Bakat HIMA TEKLA dan Independent Committee (IC) HIMA TEKLA ITS pada tahun 2004 - 2007. Sejak tahun 2004 penulis aktif di setiap kegiatan pengembangan SDM hingga sekarang. Pada tahun 2008 penulis aktif didalam kegiatan pengembangan *software* di jurusan teknik kelautan. Tidak hanya itu, penulispun menjadi salah satu *icon* mahasiswa *entrepreneur* di Jurusan Teknik Kelautan. Pada Oktober 2008 penulis menyelesaikan tugas akhirnya, dimana permasalahan yang diangkat oleh penulis mendasar kepada salah satu bidang keahlian di Jurusan Teknik Kelautan, yaitu Rekayasa Pantai.