

13777/H/01

**TUGAS AKHIR
KL 1702**

**PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG
PANTAI MONOLITH TIPE KAISON DI PIER
TUBAN**



PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	7-8-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.1565

RSke
627.24
Ari
P-1

2000

Oleh :

YUNIAR ARIAWAN

NRP : 4394 100 032

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2000**



**PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG
PANTAI MONOLITH TIPE KAISON DI PIER
TUBAN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

Pada

Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

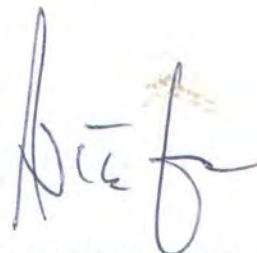
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Prof. Ir. W.A. PRATIKTO, M.Sc., Ph.D.
NIP. 130 816 210

Ir. ARIEF SUROSO, M.Sc.
NIP. 130 937 969

SURABAYA
Februari, 2000



ABSTRAK

ABSTRAK

Dalam Tugas Akhir ini dijelaskan mengenai perencanaan bangunan pelindung pantai monolith tipe kaison di pier Tuban yang telah mengalami akresi dan erosi. Dari data sekunder arah angin yang dominan adalah arah angin dari Barat Laut dengan panjang fetch = 405 km dengan $U_A = 7.36$ m/s sehingga digunakan sebagai acuan untuk perhitungan perencanaan bangunan pelindung pantai. Dari data sedimen transport bahwa di sebelah Barat pier terjadi akresi sebesar 482.825 m³/tahun, erosi sebesar 111.192 m³/tahun dan sebelah Timur Pier, akresi sebesar 111.192 m³/tahun, erosi sebesar 57.687 m³/tahun. Pemilihan jenis breakwater monolith dimaksudkan sebagai salah satu alternatif solusi untuk mengatasi masalah sedimentasi/erosi dan diharapkan untuk perkembangan pier Tuban selanjutnya. Dari analisa dan perhitungan yang dilakukan pada tugas akhir ini diperoleh dimensi breakwater dengan panjang total 600 m pada arah gelombang barat laut dan 188 m pada arah gelombang timur laut dengan panjang per segmen 10 m. Lebar pada kedalaman -2 m sebesar 0.6 m, kedalaman -3 sebesar 0.9 m, kedalaman -4 m sebesar 1.2 m, kedalaman -5 m, sebesar 1.4 m. Kontrol stabilitas yang meliputi : guling, geser, sliding telah memenuhi syarat angka keamanan yang diijinkan yaitu $\geq 1.2 F_w$. Penurunan tanah sebesar 266.86 cm dengan waktu penurunan 5.64 tahun pada kedalaman -2 m dan 447.26 cm dengan waktu penurunan 10.43 tahun pada kedalaman -3 m.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmaanirrohiim

Alhamdulillahirobbil'alamiin, segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT karena berkat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa berbagai pihak telah membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang baik atas segala keikhlasannya. Rasa terima kasih tersebut terutama diajukan kepada :

1. Ayah, Ibu, Mbah Kung & Mbah 'Ti , dan adik-adikku tercinta atas do'a restu dan segala dorongan morilnya.
2. Prof. Ir. W.A. Pratikto, MSc., Phd. dan Ir. Arief Suroso, MSc., selaku dosen pembimbing yang dengan segala kesabaran dan ketulusan beliau-beliau dalam membimbing dan mengarahkan penulis.
3. Ir. J.J. Soedjono , MSc., selaku dosen wali yang memberikan pengarahan selama menempuh studi di ITS tercinta.
4. Dr. Ir. Paulus Indiyono, MSc selaku ketua jurusan teknik kelautan beserta bapak-bapak dosen yang lain yang telah memberikan ilmunya.
5. Arek Laut'94 beserta senior-senior angkatan '93, '92 dan senior yang lain atas segala bantuan dan dukungan selama penulis menempuh studi di ITS.
6. Arek-arek Mako, Menwa ITS dan senior Menwa atas segala perhatian dan ilmunya yang bermanfaat bagi penulis.
7. Teman-temanku : Budi, Pacul, Heny, Hesty, Daryono, Sonny, Paulus, Back, Ongko, DJ, Suneo, Doraemon, Fernas, Karjo, Heri, Ipul, Chus dan lain-lain atas segala dukungan dalam suka dan duka bersama penulis .
8. Serta semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan disini dan tanpa mengurangi rasa hormat dan terima kasih penulis.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kesempurnaan, oleh sebab itu saran dan kritik untuk penyempurnaannya sangatlah diperlukan. Akhirnya semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca.

Surabaya, Februari 2000

Penulis



DAFTAR NOTASI

DAFTAR NOTASI

a	=	Amplitudo Gelombang
b	=	Lebar Breakwater
B_o	=	Jarak antara dua wave orthogonal di laut dalam
B_1	=	Jarak antara dua wave orthogonal di daerah pantai
B	=	Gaya Apung
C	=	Celerity gelombang
C_1	=	Celerity gelombang di daerah pantai
C_o	=	Celerity di laut dalam
C_b	=	Celerity gelombang saat gelombang pecah
d	=	Kedalaman perairan
d_b	=	Kedalaman perairan gelombang pecah
F_{eff}	=	Panjang Fetch efektif
F_w	=	Gaya dinamik gelombang
F_f	=	Gaya gesek (tanah dasar – pemecah gelombang)
g	=	Percepatan gravitasi bumi
H	=	Tinggi gelombang
H_A	=	Tinggi gelombang setelah mengalami difraksi
H_i	=	Tinggi gelombang sebelum mengalami difraksi
H_o'	=	Tinggi gelombang perairan dalam yang tidak mengalami refraksi
H_o	=	Tinggi gelombang laut dalam
H_s	=	Tinggi gelombang signifikan
K_d	=	Koefisien difraksi
K_r	=	Koefisien refraksi
K_{sh}	=	Koefisien shoaling
K_1	=	Luni solar diurnal
K_t	=	Koefisien Transformasi
K_{Δ}	=	Koefisien lapisan
L	=	Panjang gelombang
L_b	=	Panjang gelombang pecah

L_o	=	Panjang gelombang perairan dalam
M	=	Kemiringan dasar pantai
M_2	=	Principal lunar
N'	=	Gaya Tekan Vertikal Dinamik Gelombang
O_1	=	Principal lunar diurnal
Q	=	Sudut datang gelombang terhadap garis pantai dalam derajat
Q_b	=	Sudut datang gelombang pecah terhadap garis pantai
R	=	Jarak ujung breakwater terhadap suatu titik yang ditinjau
R_L	=	Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat
R_T	=	Koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air
R	=	Jari-jari lingkaran slip (slip circle)
S_f	=	Safety Factor
S_2	=	Principal solar
t	=	Lama bertiupnya angin
T	=	Periode gelombang
T_s	=	Periode gelombang signifikan
U	=	Wind stress factor
U_z	=	Kecepatan angin pada ketinggian z meter
U_{10}	=	Kecepatan angin pada ketinggian 10 meter
W	=	Berat armour unit
X	=	Jarak breakwater terhadap titik yang ditinjau
X_i	=	Panjang garis fetch
y	=	Setengah panjang breakwater
Y	=	Jarak antara garis pantai dengan garis referensi
Z	=	Ketinggian pengukuran kecepatan angin
α_1	=	Sudut antara garis Kedalaman dengan puncak gelombang
α_2	=	Sudut antara garis Kedalaman dengan puncak gelombang
S_c	=	Penurunan Total (cm)
C_c	=	Koefisien Konsolidasi
E_o	=	Angka Pori
P_o	=	Tekanan Efektif Overbuden
P_1	=	Tekanan Maksimum Muka Air Rencana

- P_2 = Tegangan Yang terjadi pada Tanah Dasar
- P_3 = Tegangan Yang terjadi pada dasar Dinding Vertikal
- P_u = Tegangan Keatas pada dasar dinding vertikal
- C = Kohesi Tanah (batu =0)
- W' = Berat Potongan Tanpa Air
- W = Berat Breakwater
- Δp = Penambahan Tekanan Vertikal
- C_v = Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR NOTASI	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Perumusan dan Batasan Masalah	I-2
I.3 Tujuan	I-3
BAB II DASAR TEORI	II-1
II.1 Gelombang Rencana	II-1
II.1.1 Periode Gelombang Rencana	II-1
II.1.2 Gelombang di Lokasi Bangunan	II-2
II.1.3 Teori Gelombang	II-2
II.1.4 Perkiraan Tinggi Gelombang Rencana Berdasarkan Data Angin	II-4
II.1.5 Muka Air Laut Rencana	II-8
II.2 Gelombang Akibat Refraksi, Difraksi, dan Refleksi	II-9
II.2.1 Refraksi Gelombang (Wave Refraction)	II-9
II.2.2 Difraksi Gelombang (Wave Diffraction)	II-13
II.2.3 Refleksi Gelombang (Wave Reflection)	II-15
II.2.4 Gelombang Pecah (Wave Breaking)	II-16
II.2.5 Gaya Gelombang Pada Dinding Vertikal	II-18
II.3 Pemecah Gelombang (Breakwater)	II-21

II.3.1	Pengertian Pemecah Gelombang Monolith	II-22
II.3.1.1	Konstruksi Kaison	II-23
II.3.2	Perencanaan Breakwater Monolith	II-24
II.3.2.1	Tinggi Gelombang dan Umur Rencana	II-24
II.3.2.2	Elevasi Puncak Breakwater	II-25
II.4	Stabilitas Breakwater Monolith	II-27
II.4.1	Stabilitas Terhadap Guling	II-27
II.4.2	Stabilitas Terhadap Sliding (Horizontal Sliding)	II-29
II.4.3	Stabilitas Terhadap Kegagalan Pondasi Bangunan	II-30
II.4.3.1	Kriteria kegagalan Karena Penneseran Lengkung (Circular sliding)	II-30
II.4.3.2	Kriteria Kegagalan Karena Penggeseran Datar	II-31
II.4.3.3	Kriteria Kegagalan Karena Daya Dukung Ijin Tanah Terlampaui (Settlement)	II-33
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	III-1
III.1	Skema Penelitian	III-1
III.2	Pelaksanaan	III-2
BAB IV	ANALISA KONDISI LINGKUNGAN	IV-1
IV.1	Pendahuluan	IV-1
IV.2	Analisa Angin	IV-1
IV.2.1	Panjang Fetch	IV-1
IV.2.2	Tinggi dan Periode Gelombang Pada Laut Dalam	IV-1
IV.2.2.1	Tinggi Gelombang	IV-2
IV.2.3	Tinggi Gelombang Rencana	IV-6
IV.3	Pasang Surut	IV-8
IV.4	Arus Laut.	IV-11
IV.5	Sedimen Transport	IV-12
IV.6	Data Topografi	IV-13

BAB V	ANALISA PERHITUNGAN PERENCANAAN MONOLITH	
	BREAKWATER	V-1
V.1	Pendahuluan	V-1
V.2	Perhitungan Refraksi Gelombang	V-1
V.3	Perhitungan Gelombang Pecah	V-2
V.4	Perhitungan Analisis Difraksi	V-15
V.5	Desain Tinggi Gelombang	V-15
V.6	Pemilihan Letak Cross Section Breakwater	V-18
V.7	Desain Breakwater Monolith	V-19
	V.7.1 Elevasi Puncak Breakwater	V-19
V.8	Stabilitas Breakwater	V-21
	V.8.1 Stabilitas Terhadap Guling	V-21
	V.8.2 Stabilitas Terhadap Geser	V-23
	V.8.3 Stabilitas Terhadap Sliding	V-25
	V.8.4 Penurunan Daya Dukung Tanah (Settlement)	V-25
V.9	Breakwater Monolith	V-28
	V.9.1 Struktur Utama	V-28
	V.9.2 Bahan Pengisi	V-31
	V.9.3 Berm (Toe)	V-31
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	VI-1
	DAFTAR PUSTAKA	
	LAMPIRAN A : Data Angin dan Arus	
	LAMPIRAN B : Sedimen Transport	
	LAMPIRAN C : Flowchart Perhitungan Refraksi dan Stabilitas Guling	
	LAMPIRAN D : Flowchart Perhitungan H_b & Stabilitas Geser	
	LAMPIRAN E : Program STABLE	
	LAMPIRAN F : Data Tanah	





DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pedoman Pemilihan Jenis dan Puncak Gelombang Rencana	II- 2
Tabel 4.1	Perhitungan Fetch Efektif	IV- 2
Tabel 4.2	Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di Laut Dalam	IV- 5
Tabel 4.3	Frekwensi Kejadian Gelombang arah Barat Laut	IV- 7
Tabel 4.4	Frekwensi Kejadian Gelombang arah Utara	IV- 7
Tabel 4.5	Frekwensi Kejadian Gelombang arah Timur Laut	IV- 7
Tabel 4.6	Konstanta Harmonik Pasang Surut di Perairan Tuban	IV-10
Tabel 5.1	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Barat Laut Pada Kedalaman 2 m	V- 7
Tabel 5.2	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Utara Pada Kedalaman 2 m	V- 7
Tabel 5.3	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Timur Laut Pada Kedalaman 2 m	V- 7
Tabel 5.4	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Barat Laut Pada Kedalaman 3 m	V- 8
Tabel 5.5	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Utara Pada Kedalaman 3 m	V- 8
Tabel 5.6	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Timur Laut Pada Kedalaman 3 m	V- 8
Tabel 5.7	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Barat Laut Pada Kedalaman 4 m	V- 9
Tabel 5.8	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Utara Pada Kedalaman 4 m	V- 9
Tabel 5.9	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Timur Laut Pada Kedalaman 4 m	V- 9
Tabel 5.10	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Barat Laut Pada Kedalaman 5 m	V- 10

Tabel 5.11	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Utara Pada Kedalaman 5 m	V- 10
Tabel 5.12	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Timur Laut Pada Kedalaman 5 m	V- 10
Tabel 5.13	Ringkasan Perhitungan Refraksi Gelombang arah Barat Laut	V- 11
Tabel 5.14	Ringkasan Perhitungan Refraksi Gelombang arah Utara	V- 11
Tabel 5.15	Ringkasan Perhitungan Refraksi Gelombang arah Timur Laut	V- 11
Tabel 5.16	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Barat Laut 25 tahunan	V- 12
Tabel 5.17	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Utara 25 tahunan	V- 12
Tabel 5.18	Perhitungan Refraksi Gelombang Laut Dalam dengan arah Timur Laut 25 tahunan	V- 12
Tabel 5.19	Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Barat Laut	V- 13
Tabel 5.20	Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Utara	V- 13
Tabel 5.21	Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Timur Laut	V- 13
Tabel 5.22	Perhitungan Analisa Difraksi arah BaratLaut	V- 14
Tabel 5.23	Perhitungan Analisa Difraksi arah Timur Laut	V- 14
Tabel 5.24	Desain Tinggi Gelombang arah Barat Laut	V- 18
Tabel 5.25	Desain Tinggi Gelombang arah Barat Laut	V- 18
Tabel 5.26	Desain Tinggi Gelombang arah Barat Laut	V- 18
Tabel 5.27	Perhitungan Elevasi Puncak Breakwater di ukur dari LWS	V- 21
Tabel 5.28	Ringkasan Perhitungan Wave Crest, Tinggi, dan Lebar Breakwater	V- 23
Tabel 5.29	Perhitungan Stabilitas Geser	V- 25

Tabel 5.30	Perhitungan settlement pada kedalaman -2 m LWS	V- 27
Tabel 5.31	Perhitungan settlement pada kedalaman -3 m LWS	V- 27
Tabel 5.32	Perhitungan berm	V- 32



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar	2. 1	Sketsa Gelombang	II- 3
Gambar	2. 2	Penentuan Panjang Fetch Efektif (F_{eff}) (U.S. Army, B.E.B Tech . Mono No 132, 1962)	II- 6
Gambar	2. 3	Koefisien Koreksi Kecepatan Angin	II- 8
Gambar	2. 4	Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut (SLR)	II- 10
Gambar	2. 5	Sketsa Hukum Snellius	II- 11
Gambar	2. 6	Refraksi Gelombang pada Kontur Dasar Laut Lurus dan Sejajar	II- 13
Gambar	2. 7	Difraksi Gelombang	II- 15
Gambar	2. 8	Contoh Diagram Difraksi	II- 15
Gambar	2. 9	Refleksi Gelombang	II- 16
Gambar	2.10	Tipe-tipe Gelombang Pecah	II- 17
Gambar	2.11	Tekanan Pada Dinding Vertikal	II- 18
Gambar	2.12	Overtopping Breakwater	II- 23
Gambar	2.13	Non overtopping Breakwater	II- 23
Gambar	2.14	Grafik Koefisien Transmisi Gelombang	II- 26
Gambar	2.15	Gaya-gaya Pada Stabilitas Guling	II- 28
Gambar	2.16	Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pemecah Gelombang Vertikal	II- 30
Gambar	2.17	Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pondasi Pemecah Gelombang Vertikal (circular sliding)	II- 32
Gambar	2.18	Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pondasi Pemecah Gelombang Vertikal (penggeseran datar)	II- 34
Gambar	3.1	Skema Metodologi Penelitian	III-1
Gambar	4. 1	Nomogram of Deepwater Significant Wave Prediction Curves as Function of Wind Speed Fetch Length and Wind Direction (SPM, Vol 1, 1984)	IV- 4
Gambar	4. 2	Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode	

		kejadian ulang arah Barat Laut	IV- 8
Gambar	4. 3	Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode kejadian ulang arah Utara	IV- 9
Gambar	4. 4	Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode kejadian ulang arah Timur Laut	IV- 9
Gambar	4. 5	Skematisasi Garis Pantai daerah Pier Tuban	IV-12
Gambar	4. 6	Keadaan Pantai di daerah Pier Tuban akibat sedimen transport	IV- 13
Gambar	5. 1	Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap kedalaman (d) arah Barat Laut	V- 3
Gambar	5. 2	Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap kedalaman (d) arah Utara	V- 3
Gambar	5. 3	Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap kedalaman (d) arah Timur Laut	V- 3
Gambar	5. 4	Grafik Hubungan $H_{refraksi}$ terhadap kedalaman (d) pada kala ulang 25 tahunan	V- 4
Gambar	5. 5	Grafik Perhitungan Gelombang Pecah	V- 5
Gambar	5. 6	Regions of Validity for Varians Wave Theories (SPM, Vol 1, 1984)	V- 6
Gambar	5. 7	Layout Breakwater di Pier Tuban	V-14
Gambar	5. 8	Gaya-gaya Wave Crest	V- 22
Gambar	5. 9	Gaya-gaya pada Stabilitas Geser	V- 23
Gambar	5.10	Penyebaran Tegangan q_0 oleh lapisan di bawahnya	V- 26
Gambar	5.11	Desain Caison Box	V- 30
Gambar	5.12	Peta Bathymetri lokasi Pier Tuban	V- 33



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Pelabuhan Tuban dewasa ini sudah tidak berfungsi lagi sebagai pelabuhan untuk berlabuhnya kapal. Yang ada hanya kapal-kapal nelayan yang bertempat tinggal di sekitar pelabuhan. Hal ini diakibatkan adanya pendangkalan di sekitar pelabuhan tersebut sehingga tidak memungkinkan kapal dagang untuk berlabuh. Sampai saat ini tidak ada informasi yang pasti sejak kapan pelabuhan itu dibangun dapat dilihat dari bentuk dermaga yang berupa "Pier" terbuat dari konstruksi batu kali dengan panjang kurang lebih 675 m menjorok ke laut, hampir tegak lurus terhadap garis pantai. Pada bagian sebelah kiri dan kanan dari pier tersebut terjadi kerusakan-kerusakan yang diakibatkan oleh adanya gelombang laut. Sedangkan pada daerah pantai di sisi kiri dan kanan pier tersebut terdapat perumahan penduduk dan fasilitas umum seperti pasar dan perkantoran. Untuk melindungi dari kerusakan-kerusakan akibat gelombang maka pada daerah pantai dibuat dinding konstruksi penahan gelombang baik oleh penduduk dan Pemda setempat. Namun dinding tersebut belum mampu mengatasi masalah tersebut.

Permasalahan ini sangat menarik perhatian untuk diselidiki karena secara teknis bentuk dan posisi pier hampir tegak lurus dengan garis pantai. Kondisi ini akan berpengaruh terhadap gerakan sedimen di sepanjang pantai yaitu gerakan sedimen akan terhalang oleh adanya pier, yang pada akhirnya akan menyebabkan timbulnya erosi di

suatu tempat di sekitar pier tersebut. Akibat terjadinya erosi dan sedimentasi yang berlangsung terus dalam kurun waktu yang cukup lama menyebabkan kedudukan garis pantai di sekitarnya berubah.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut di atas maka perlu dilakukan studi dan perencanaan bangunan pelindung dan pengaman pantai yang berupa bangunan pemecah gelombang (breakwater) dan salah satu alternatif yang dapat dipakai adalah breakwater tipe monolit.

Dengan adanya bangunan pelindung pantai ini transpor sedimen akibat induksi gelombang dapat dikendalikan. Perencanaan monolit ini didahului dengan melakukan analisa-analisa kondisi lingkungan (gelombang,tanah) pasang surut pada lokasi dan analisa stabilitas untuk mengetahui kemampuan breakwater untuk menahan beban yang bekerja padanya dan harus disesuaikan dengan kondisi karakteristik setempat. Kemudian dilanjutkan dengan studi kasus pada lokasi tersebut. Dari hasil analisa-analisa yang telah dilakukan tersebut diharapkan dapat diperoleh dimensi breakwater yang dapat mengatasi permasalahan pada pier Tuban

I.2 PERUMUSAN DAN BATASAN MASALAH

Pada tugas akhir ini perumusan masalah adalah :

1. Bagaimana desain breakwater monolit tipe kaison yang memenuhi standar konstruksi di lokasi ?
2. Bagaimanakah stabilitas breakwater tersebut pada daerah pier Tuban ?

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah :

- Gelombang yang melewati pier Tuban tidak mengalami overtopping.

- Tinjauan biaya tidak diperhitungkan
- Sedimen transport merupakan data sekunder
- Data yang dipakai adalah data sekunder
- Perhitungan diutamakan pada perhitungan breakwater
- Rumus yang digunakan adalah perumusan praktis

I.3 TUJUAN

Tujuan utama dari penulisan tugas akhir ini adalah menghasilkan sebuah desain bangunan pengaman dan perlindungan untuk daerah pier Tuban yang efisien dan sesuai dengan kondisi lingkungan setempat.



BAB II

DASAR TEORI

BAB II

DASAR TEORI

Pada bab ini akan dibahas mengenai landasan teori yang akan dipergunakan untuk perencanaan breakwater .

II.1 GELOMBANG RENCANA

Gelombang merupakan faktor yang penting dalam perencanaan suatu breakwater ataupun bangunan pantai yang lain. Oleh karena itu pengetahuan akan arti dari pengaruh gelombang penting untuk dipelajari sebelum kita mendesain dan merencanakan suatu bangunan breakwater sehingga pemakaian rumus perhitungan dan asumsi yang dipakai akan lebih tepat.

Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai maka harus dipilih tinggi gelombang yang cukup memadai untuk tujuan tertentu yang telah ditetapkan. Di bawah ini diberikan beberapa pedoman pemilihan tinggi gelombang rencana yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan.

II.1.1 Periode Gelombang Rencana

Penentuan kala ulang (periode) gelombang rencana biasanya didasarkan pada jenis konstruksi yang akan dibangun dan nilai daerah yang akan dilindungi. Makin tinggi nilai daerah yang diamankan makin besar pula periode gelombang rencana yang dipilih. Sebagai pedoman penentuan periode gelombang rencana dapat digunakan tabel dibawah ini .

Tabel 2.1 Pedoman pemilihan jenis dan periode gelombang rencana (Nur Yuwono,1982).

No	Jenis Bangunan	Gelombang Rencana	
		Jenis gelombang	Periode
1	Struktur fleksibel (Rubble structure)	H_s	10 – 50 th
2	Struktur semi kaku	$H_{(0,1)} - H_{(0,01)}$	10 – 50 th
3	Struktur kaku (rigid)	$H_{(0,1)} - H_{(maks)}$	10 – 50 th

II.1.2. Gelombang di lokasi Bangunan

Pada saat gelombang menjalar dari tengah laut ke pantai dimana bangunan pantai tersebut akan dibangun, maka gelombang tersebut mengalami proses perubahan tinggi. Perubahan ini antara lain disebabkan karena : proses refraksi, difraksi, pendangkalan (shoaling) dan pecahnya gelombang. Ke empat proses perubahan tinggi tersebut dapat menyebabkan tinggi gelombang bertambah atau berkurang. Oleh sebab itu tinggi gelombang rencana yang akan dipergunakan di lokasi pekerjaan harus ditinjau terhadap proses ini. Tinggi gelombang rencana terpilih adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi di lokasi pekerjaan.

II.1.3. Teori Gelombang

Ada beberapa penyebab terjadinya gelombang, salah satunya yang paling dominan adalah angin. Terjadinya adalah ketika angin bertiup pada muka air bebas maka terdapat energi yang dialihkan dari angin tersebut ke permukaan air, energi inilah yang selanjutnya akan menimbulkan gelombang. Gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kedalaman relatif (d/L), yaitu :

1. Perairan dangkal, jika $d/L < 1/20$
2. Perairan transisi, jika $1/20 < d/L < 1/2$

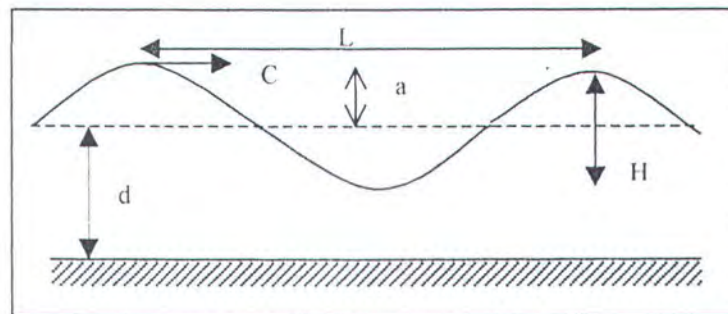
3. Perairan dalam, jika $d/L > 1/2$

Dimana :

d = kedalaman laut

L = panjang gelombang

Untuk lebih jelasnya seperti ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Sketsa Gelombang
(Sumber : Pratikto, 1996)

Adapun hubungan dari parameter tersebut di atas adalah sebagai berikut :

$$\bullet \text{ Periode Gelombang (T)} = \frac{L}{C} \quad (\text{II.1})$$

$$\bullet \text{ Panjang Gelombang (L)} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (\text{II.2})$$

$$\bullet \text{ Kecepatan Gelombang (C)} = \frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (\text{II.3})$$

$$\bullet \text{ Amplitudo Gelombang (a)} = \frac{H}{2} \quad (\text{II.4})$$

$$\bullet \text{ Angka Gelombang (k)} = \frac{2\pi}{L} \quad (\text{II.5})$$

$$\bullet \text{ Frekuensi Gelombang } (\omega) = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{II.6})$$

II.1.4 Perkiraan Tinggi Gelombang Rencana Berdasarkan Data Angin

Angin yang bertiup di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air dan akan menimbulkan gelombang. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembangkit gelombang/ pembentuk gelombang. Gelombang yang terjadi di daerah pembentukan gelombang disebut SEA. Sedangkan gelombang yang terjadi menjalar keluar daerah pembentukan disebut gelombang SWEL.

Dalam model peramalan gelombang berdasarkan data angin, perlu diketahui beberapa parameter, antara lain :

- ◆ Kecepatan rata-rata angin di permukaan (U)
- ◆ Panjang daerah pembangkit gelombang (fetch)
- ◆ Arah angin
- ◆ Lama hembus angin (t_d)

Panjang fetch membatasi waktu yang dibatasi gelombang untuk berada di bawah pengaruh angin. Jadi apabila fetchnya pendek, maka energi yang ditransfer angin ke air belum cukup besar, sehingga tinggi gelombang yang terjadi juga belum cukup besar.

□ Kecepatan Angin (U)

Biasanya pengukuran kecepatan angin dilakukan di daratan, sedangkan di dalam rumus-rumus pembangkit gelombang data angin yang digunakan adalah yang ada di atas permukaan air laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan terdekat diberikan oleh :

$$R_L = \frac{U_w}{U_L} \quad (II.7)$$

Untuk perhitungan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, kecepatan angin perlu dikoreksi dengan rumus :

$$U_{10} = U_z \cdot (10/z)^{1/7}, \text{ untuk } z < 20 \text{ m.} \quad (\text{II.8})$$

Kecepatan angin yang akan digunakan untuk peramalan gelombang adalah :

$$U = R_T \cdot R_L \cdot (U_{10})_L \quad (\text{II.9})$$

Dimana :

R_T = Koreksi perbedaan temperatur udara dan air

R_L = Koreksi terhadap pencatatan angin di darat.

$(U_{10})_L$ = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m di atas tanah.

Kecepatan angin tersebut di atas harus diubah ke dalam faktor tegangan angin (U_A) dengan menggunakan rumus :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23} \quad (\text{II.10})$$

□ Fetch (F)

Di dalam perjalanan gelombang angin, fetch biasanya dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch adalah panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur maka untuk keperluan peramalan gelombang perlu ditentukan Fetch efektif (F_{eff}) dengan persamaan :

$$F_{\text{eff}} = \frac{\sum (X_i \cos \alpha_i)}{\cos \alpha_i} \quad (\text{II.11})$$

Di mana :

F_{eff} = fetch efektif

X_i = proyeksi jarak radial pada arah angin

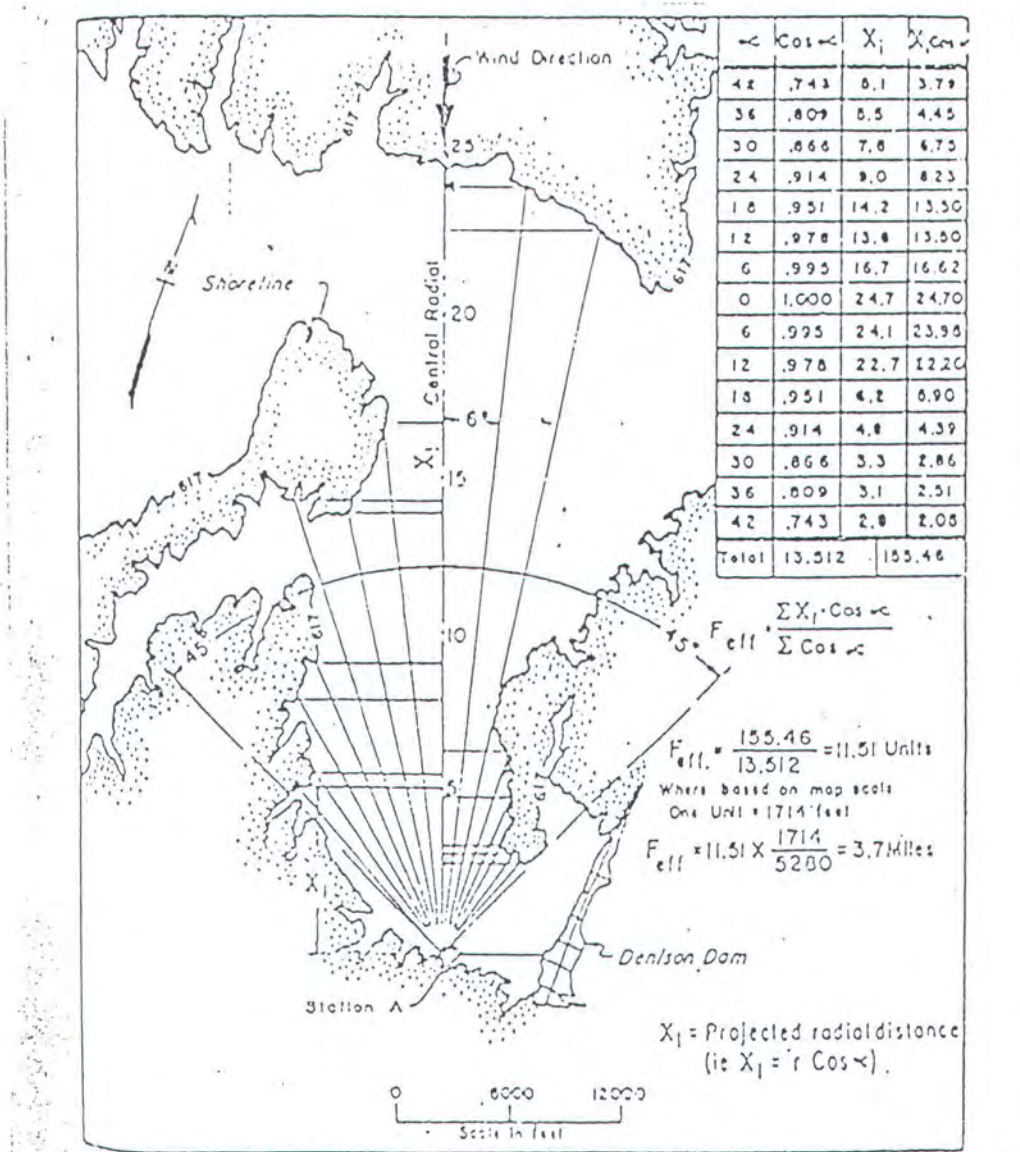
= $R \cdot \cos \alpha_i$

α_i = sudut antara jalur fetch yang ditinjau dengan arah angin.

Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar 2.2

Panjang Fetch di laut bebas ditentukan berdasarkan batas-batas :

- a. Coast line (garis pantai).
- b. Meteorological fronts.



Gambar 2.2 Penentuan Panjang Fetch efektif (F_{eff})
(U.S. Army, B.E.B. Tech. Memo No. 132, 1962)

□ Peramalan Tinggi Gelombang (H_s)

Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin dan fetch seperti telah dibicarakan di depan, dilakukan peramalan tinggi gelombang. Peramalan tinggi gelombang dapat dilakukan dengan cara grafik seperti pada gambar 2.3 ataupun dengan metode SMB (Sverdrup – Munk – Bretschneider).

Persamaan yang didapat dari metode SMB ini adalah sebagai berikut :

- Untuk panjang fetch terbatas

$$\frac{g.H_{mo}}{U_a^2} = 1,6 \cdot 10^{-3} \left[\frac{g.F}{U_a^2} \right]^{1/2} \quad (II.12)$$

$$\frac{g.T_m}{U_a} = 2,857 \cdot 10^{-1} \left[\frac{g.F}{U_a^2} \right]^{1/3} \quad (II.13)$$

$$\frac{g.t}{U_a} = 6,88 \cdot 10^1 \left[\frac{g.F}{U_a^2} \right]^{2/3} \quad (II.14)$$

$$T_s = 0,95 \cdot T_m$$

- Untuk panjang fetch tak terbatas

$$\frac{g.H_{mo}}{U_a^2} = 2,433 \cdot 10^1 \quad (II.15)$$

$$\frac{g.T_m}{U_a} = 8,134 \quad (II.16)$$

$$\frac{g.t}{U_a} = 7,15 \cdot 10^4 \quad (II.17)$$

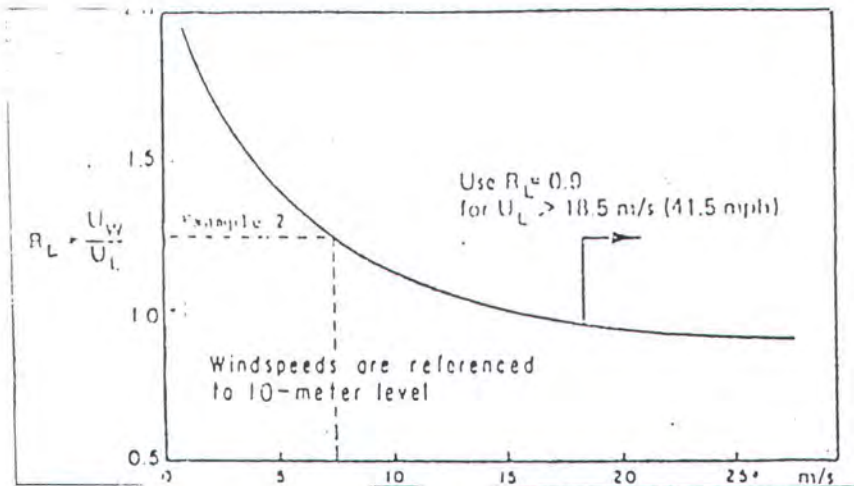
Di mana :

H_{mo} = Tinggi gelombang significant

T_m = Periode gelombang puncak

F = Panjang fetch

U_a = Faktor tekanan angin.



Gambar 2.3 Koefisien koreksi kecepatan angin
(Sumber : SPM, Vol I, 1984)

II.1.5. Muka Air Laut Rencana

Semua perencanaan bangunan pantai harus diperhitungkan terhadap keadaan elevasi muka air laut. Variasi permukaan air laut ini terutama disebabkan karena pengaruh pasang surut. Namun demikian pengaruh yang disebabkan karena adanya “wind set-up” dan “storm surge” perlu dipertimbangkan dalam perencanaan. Apabila data mengenai “wind set-up” ataupun “storm surge” tidak didapatkan di lapangan, maka perencanaan perlu mengambil nilai tertentu untuk memberikan keamanan yang lebih layak terhadap bangunan yang direncanakan.

Selain itu apabila bangunan tersebut merupakan bangunan yang sangat penting misalnya seperti tembok laut di Belanda yang berfungsi untuk melindungi daerah polder yang elevasi muka air tanahnya dibawah Mean Sea Level dan daerahnya sangat luas, maka elevasi muka air laut rencana harus memperhitungkan kenaikan muka air akibat perubahan cuaca seperti “green house effect”. Contoh kasus seperti yang terjadi di Amsterdam yaitu antara tahun 1682 sd 1930 (Pilarczyk, 1990), kenaikan muka air laut nampak sebagai fungsi dari waktu. Kecepatan muka air pada awalnya adalah 0,04 m per

100 tahun, tetapi setelah tahun 1850 mencapai 0,17 sd 0,20 m per 100 tahunnya. Perkiraan kenaikan muka air laut dapat dilihat pada gambar 2.4.

Untuk menentukan kedalaman rencana bangunan (d_s) maka perlu dipilih suatu kondisi muka air laut yang memberikan gelombang terbesar atau “run-up” tertinggi dan sebagai pedoman dapat dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$d_s = (HHWL - BL) + \text{storm surge atau wind set-up} + SLR \quad (II.18)$$

dimana:

d_s = kedalaman kaki bangunan pantai

HHWL = “Highest High Water Level” atau muka air pasang tertinggi

BL = “Bottom Level” atau elevasi dasar pantai di depan bangunan

SLR = “Sea Level Rise” atau kenaikan muka air laut

Namun demikian ada ahli yang berpendapat bahwa rencana bangunan pantai tersebut harus dikontrol dengan kondisi pada saat di depan bangunan terdapat gerusan, sehingga rumus kedalaman rencana menjadi :

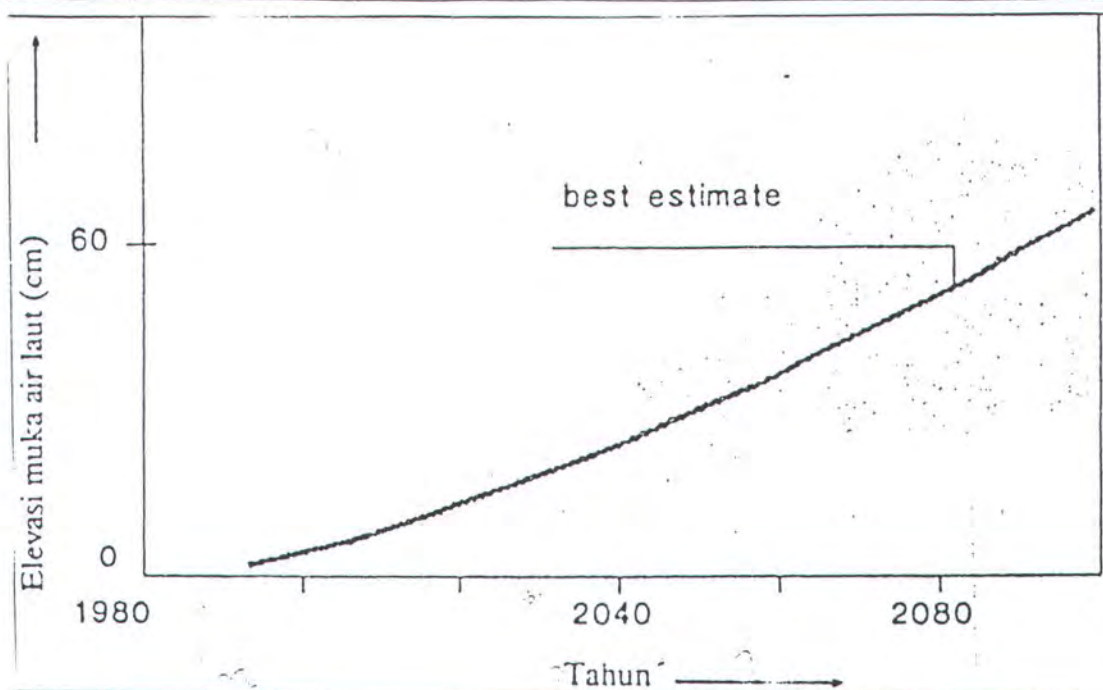
$$d_s = (HHWL - BL) + \text{storm surge atau wind set-up} + SLR + \text{gerusan} \quad (II.19)$$

Kontrol ini hanya dilakukan apabila gerusan tersebut akan terjadi pada suatu daerah yang luas dan menyebabkan muka dasar pantai turun relatif merata.

II.2. GELOMBANG AKIBAT REFRAKSI, DIFRAKSI DAN REFRAKSI

II.2.1 Refraksi Gelombang (Wave Refraction)

Dalam pergerakannya dari laut dalam ke laut dangkal, gelombang akan terpengaruh peristiwa refraksi dan pendangkalan. Refraksi adalah peristiwa berbeloknya arah gelombang karena adanya pengaruh bentuk kontur kedalaman dasar laut.



Gambar 2.4 Perkiraan kenaikan muka air laut (SLR)
(sumber : Delft Hidraulics Laboratory)

Dengan adanya refraksi dan pendangkalan ini tinggi gelombang dan arah gelombang akan berubah, kecepatan dan panjang gelombang akan berkurang secara proporsional. Kecepatan gelombang akan berkurang dikarenakan kedalamannya berkurang. Demikian juga puncak gelombang (wave crest) pada tempat yang dalam akan bergerak lebih cepat dibandingkan dengan gelombang pada tempat yang lebih dangkal.

Refraksi sangat penting diketahui karena :

- 1) Refraksi menentukan tinggi dan arah gelombang dalam variasi kedalaman pada suatu kejadian/ kondisi gelombang.
- 2) Perubahan arah gelombang akan menyebabkan perbedaan energi gelombang yang nantinya berpengaruh terhadap gaya yang bekerja pada struktur.
- 3) Refraksi dapat menyebabkan perubahan dasar pantai yang berpengaruh pada erosi dan deposit sedimen.

Ada beberapa cara untuk membuat diagram refraksi di antaranya :

□ Wave crest method

Cara ini dikemukakan oleh Johnson pada tahun 1948. Dasar dari metode ini adalah menentukan panjang gelombang pada setiap lokasi. Mula-mula perlu diketahui posisi puncak gelombang di air dalam, kemudian dibuat puncak gelombang-puncak gelombang yang lain berdasarkan panjang gelombang setempat.

□ Orthogonal method

Cara ini berdasarkan pada Hukum Snellius, dan diperkenalkan oleh Arthur tahun 1952.

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad (\text{II.20})$$

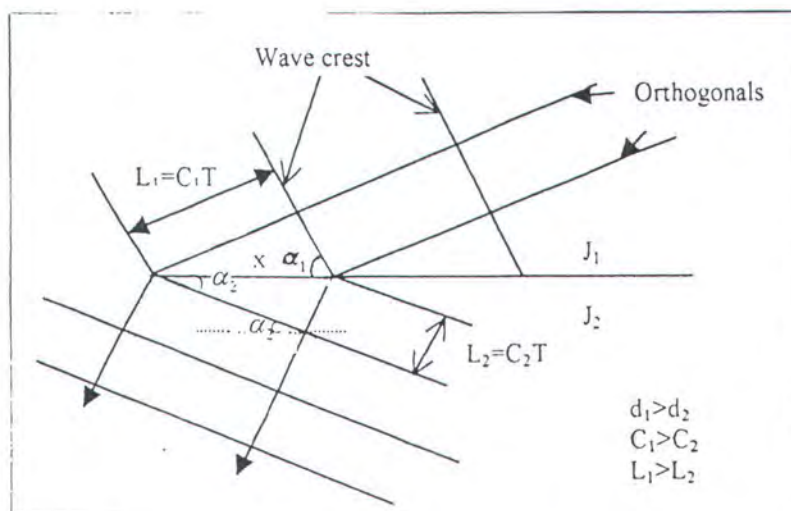
Dimana :

α_1 dan α_2 = sudut antara garis kedalaman dengan puncak gelombang

C_1 dan C_2 = kecepatan perambatan gelombang di tempat yang ditinjau.

L_1 dan L_2 = panjang gelombang.

Agar lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5 Sketsa Hukum Snellius
(Sumber : Pratikto, 1996)

Gelombang yang memasuki perairan yang lebih dangkal (dari d_1 ke d_2) akan berkurang kecepatan dan panjang gelombangnya dari C_1 dan L_1 menjadi C_2 dan L_2 . Pada jarak orthogonal sejauh x dan selang waktu T diperoleh $\sin \alpha_1 = (C_1 T)/x$ dan $\sin \alpha_2 = (C_2 T)/x$. Dengan pembagian diperoleh persamaan yang mirip persamaan di atas yaitu hukum Snellius :

$$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{L_1}{L_2} \quad (\text{II.21})$$

Dengan mengaplikasikan persamaan di atas pada daerah pantai dengan kemiringan yang landai, dimana α_1 dan α_2 menjadi sudut antara puncak gelombang dan kontur kedalaman pada titik yang berturutan, dan C_1 dan C_2 adalah kecepatan gelombang di mana α_1 dan α_2 diukur.

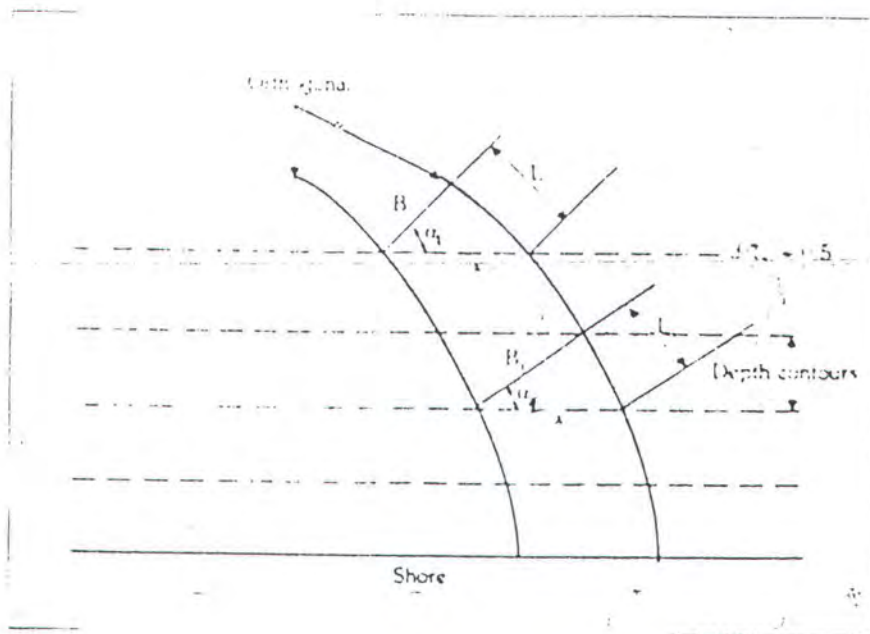
Jika gelombang mendekati pantai dengan kontur sejajar seperti terlihat dalam gambar 2.6, maka :

$$\frac{\sin \alpha_0}{L_0} = \frac{\sin \alpha_1}{L_1} = x \quad (\text{II.22})$$

lalu jika kita pilih harga B_0 dan B_1 sedemikian sehingga panjang orthogonalnya L_0 dan L_1 , maka kita bisa diperoleh koefisien refraksi (K_R)

$$\frac{B_0}{\cos \alpha_0} = x = \frac{B_1}{\cos \alpha_1} \quad (\text{II.23})$$

$$K_R = \sqrt{\frac{B_0}{B_1}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_1}{\cos \alpha_2}} \quad (\text{II.24})$$



Gambar 2.6 Refraksi gelombang pada kontur dasar laut lurus dan sejajar
(Sumber : Pratikto, 1996)

II.2.2 Difraksi Gelombang (Wave Diffraction)

Apabila gelombang bergerak melalui suatu bangunan yang impermeable (tak tembus), maka akan terjadi suatu proses pemindahan energi di sepanjang puncak gelombang (wave crest) tersebut ke daerah yang terlindung bangunan. Jadi difraksi gelombang merupakan proses pemindahan energi gelombang ke arah daerah yang terlindung. Perpindahan energi gelombang ini akan menyebabkan timbulnya gelombang di daerah terlindung tersebut. Bangunan yang melindungi tersebut dapat bangunan buatan (pemecah gelombang, jetty) ataupun alamiah seperti halnya pulau dan bukit batu yang menjorok ke laut (head land).

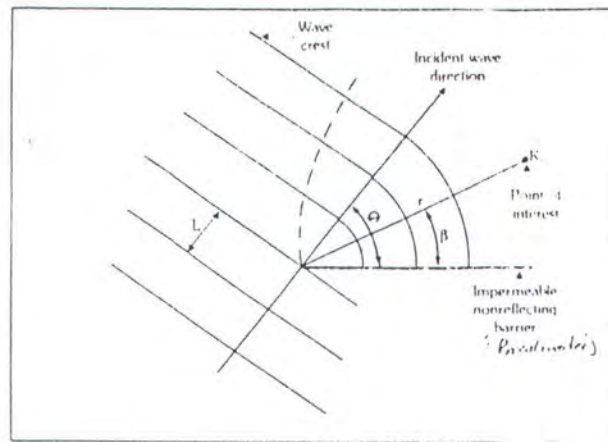
Dengan adanya suatu bangunan (breakwater) yang menghalangi arah gerak gelombang, maka arah gelombang laut asal akan terganggu. Sebagian dari gelombang ini akan dipantulkan atau pecah, kemungkinan lain yaitu sebagian gelombang tersebut terus melampaui struktur tersebut (breakwater). Dengan adanya rintangan ini, maka akan

terjadi pembelokkan arah maupun perubahan karakteristik gelombang, yaitu tinggi, panjang dan waktu gelombang.

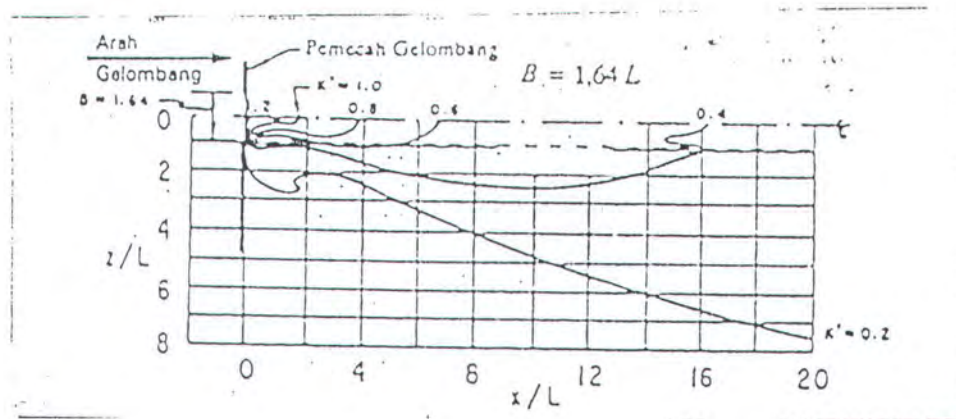
Dari SPM (1984) memberikan sejumlah diagram untuk menghitung besarnya koefisien difraksi, baik untuk single breakwater maupun untuk double breakwater. Prosedur perhitungan koefisien difraksi berdasarkan SPM (1984) adalah sebagai berikut :

- Untuk single breakwater
 1. Hitung tinggi gelombang (H) dan panjang gelombang pada tempat lokasi breakwater.
 2. Tentukan jarak titik yang ditinjau (r) dan sudut (θ) dari ujung breakwater.
 3. Hitung sudut gelombang datang pada breakwater (ϕ)
 4. Hitung harga r/L
 5. Dari diagram difraksi dengan harga r/L , ϕ , dan θ , di dapat harga K_d (koefisien difraksi).

- Untuk double breakwater
 1. Hitung tinggi gelombang (H) dan panjang gelombang (L) pada tempat lokasi breakwater.
 2. Tentukan koordinat titik yang ditinjau (X,Y)
 3. Hitung harga X/L dan Y/L
 4. Hitung sudut gelombang datang di ujung breakwater (θ)
 5. Dari diagram difraksi dengan harga X/L , Y/L dan ϕ di dapat harga K_d .



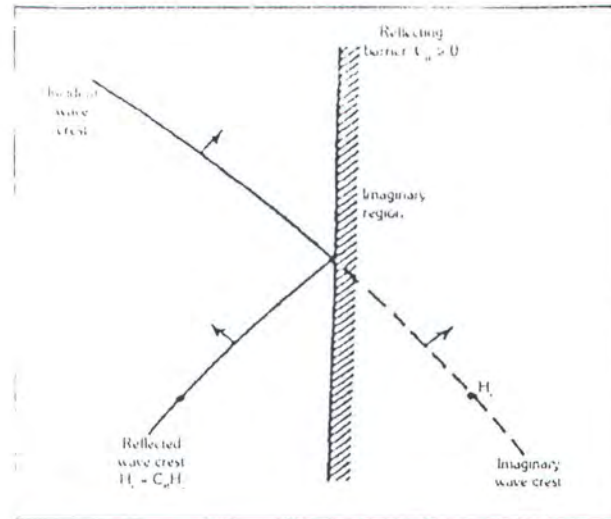
Gambar 2.7 Difraksi Gelombang
(Sumber : Pratikto, 1996)



Gambar 2.8 Contoh Diagram Difraksi
(Sumber : SPM, Vol I, 1984)

II.2.3 Refleksi Gelombang (Wave Reflection)

Proses pemantulan gelombang akibat gelombang tersebut mengenai suatu struktur disebut dengan refleksi gelombang. Pada struktur dinding vertikal yang impermeable akan merefleksikan sebagian besar energi gelombang tersebut, kecuali untuk struktur dinding yang tidak impermeable seperti tumpukan batu atau dinding yang permukaannya sangat kasar. Untuk dinding yang impermeable, koefisien refleksinya (C_r) sama dengan satu atau tinggi gelombang yang direfleksikan sama dengan gelombang yang terjadi.



Gambar 2.9 Refleksi Gelombang
(Sumber : Pratikto, 1996)

II.2.4 Gelombang Pecah (Wave Breaking)

Panjang gelombang akan berangsur-angsur berkurang, sementara tinggi gelombang akan bertambah tinggi pada saat gelombang menuju perairan dangkal, kemiringan gelombang akan bertambah besar karenanya dan pada akhirnya gelombang akan pecah pada kedalaman tertentu.

Gelombang pecah dapat diklasifikasikan dalam tiga macam yaitu spilling, plunging, dan surging seperti pada gambar 2.10. Pada gelombang reguler, misalnya di laboratorium, lokasi gelombang pecah hampir selalu tetap.

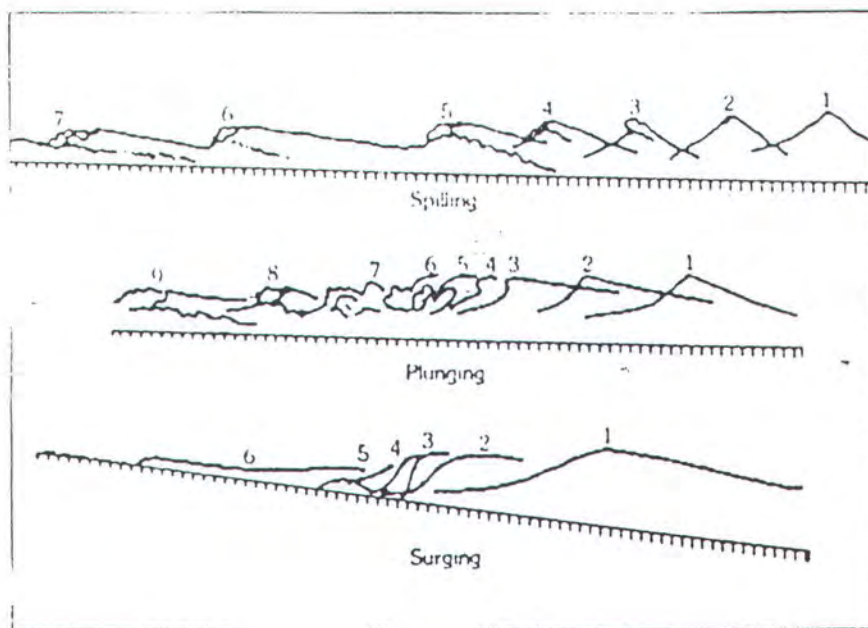
Menurut Miche (1944) kondisi batas gelombang pecah untuk segala kedalaman air adalah memenuhi persamaan berikut :

$$\left[\frac{H}{L} \right]_{\max} = \frac{1}{7} \tanh \left[\frac{2\pi \cdot h}{L} \right] \quad (\text{II.25})$$

sehingga untuk air dalam $\left[\frac{H}{L} \right]_{\max} = \frac{1}{7}$ (II.26)

dan pada perairan dangkal $\left[\frac{H}{L} \right]_{\max} = \frac{1}{7} \left[\frac{2\pi \cdot h}{L} \right]$ (II.27)

Jika pecahnya gelombang tersebut terjadi jauh sebelum mencapai struktur breakwater, dapat diharapkan tinggi gelombang saat mencapai struktur breakwater akan lebih kecil dari sebelumnya, sehingga kerusakan yang mungkin ditimbulkan dapat dikurangi. Sebaliknya jika gelombang pecah tepat pada kedalaman dimana struktur breakwater berada, maka akan terjadi transfer energi yang cukup besar ke struktur breakwater sehingga memerlukan ekstra perhatian dalam melakukan perencanaan.



Gambar 2.10 Tipe-tipe Gelombang Pecah
(Sumber : Pratikto,1996)

Menurut Delft Hydraulic Laboratory adapun langkah-langkah untuk menghitung tinggi gelombang pecah adalah sebagai berikut :

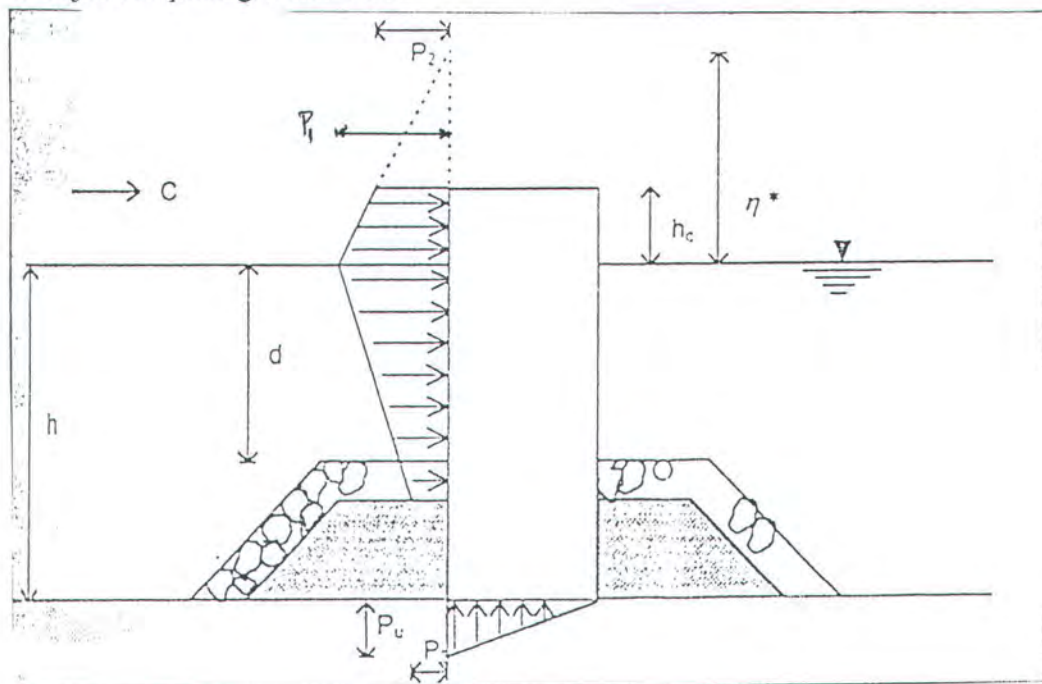
- Menentukan tinggi gelombang laut dalam (H_{os}) dan periode (T).
- Menghitung panjang gelombang laut dalam (L_{op}) = $1,56 \times T^2$
- Kecuraman gelombang (S_{op}) = H_{os}/L_{op}
- Menentukan kedalaman yang ditinjau (d), lalu hitung d/L_{op}

- Tentukan slope
- Dari grafik tinggi gelombang pecah, diperoleh harga H_{br}/d , hasilnya dikalikan dengan d didapat H_{br} (tinggi gelombang pecah).

II.2.5 Gaya Gelombang Pada Dinding Vertikal

Gelombang yang menghantam pemecah gelombang sisi tegak akan memberikan tekanan pada bangunan tersebut. Perhitungan gaya gelombang pada dinding vertikal pertama kali dikemukakan oleh Benedit(1920), selanjutnya oleh Sainflou (1928) dan Minikin (1935), sedangkan yang terakhir oleh Yoshimi Goda (1985). Yoshimi Goda (1985) memberikan suatu formula untuk menghitung tekanan gelombang pada breakwater vertikal atau dinding tegak dengan asumsi adanya distribusi tekanan yang berbentuk trapesium di sepanjang dinding vertikal tersebut tanpa memperhatikan gelombang tersebut pecah (breaking) atau tidak pecah (non breaking).

Distribusi tekanan pada dinding vertikal yang berbentuk trapesium seperti ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Tekanan Pada Dinding Vertikal
(Sumber : Goda, 1985)

Beberapa notasi dalam gambar tersebut adalah :

- h = Kedalaman air di depan breakwater
 d = Kedalaman di atas lapis pelindung dari pondasi
 h_c = Elevasi muka air tinggi gelombang rencana ke puncak bangunan.
 η^* = Elevasi max distribusi tekanan gelombang terhadap muka air
 C = Kecepatan gelombang
 P_1 = Tekanan max pada elevasi muka air rencana
 P_2 = Tekanan yang terjadi pada tanah dasar
 P_3 = Tekanan yang terjadi pada dasar dinding vertikal
 P_u = Tekanan ke atas pada dasar dinding vertikal

Tekanan gelombang pada permukaan dinding vertikal diberikan oleh rumus-rumus berikut ini :

$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \gamma_0 H_{\max} \quad (\text{II.28})$$

$$P_2 = \frac{P_1}{\cos.h(2\pi h/L)} \quad (\text{II.29})$$

$$P_3 = \alpha_3.P_1 \quad (\text{II.30})$$

Dengan :

$$\alpha_1 = 0,6 + \frac{1}{2} \left\{ \frac{4\pi h/L}{\sinh(4\pi h/L)} \right\}^2 \quad (\text{II.31})$$

$$\alpha_2 = \min \left[\frac{h_b - d}{3h_b} \left\{ \frac{H_{\max}}{d} \right\}^2 ; \frac{2d}{H_{\max}} \right] \quad (\text{II.32})$$

$$\alpha_3 = 1 - \frac{h'}{h} \left\{ 1 - \frac{1}{\cosh(2\pi h/L)} \right\}^2 \quad (\text{II.33})$$

Di mana :



- $\min(a;b)$ = nilai yang lebih kecil antara a dan b
 h_b = kedalaman air pada jarak $5H_{1/3}$ di muka dinding vertikal ke arah laut
 β = sudut antara arah gelombang datang (ϕ) dan garis tegak lurus pemecah gelombang, yang biasanya diambil 15° .

Elevasi maximum di mana tekanan gelombang yang bekerja diberikan oleh rumus berikut :

$$\eta^* = 0,75(1 + \cos \beta)H_{\max} \quad (\text{II.34})$$

Di dalam rumus Goda tersebut digunakan tinggi gelombang rencana yang nilainya adalah $H_{\max} = 1,8 H_s$ dan periode max sama dengan periode gelombang signifikan.

Tekanan apung dihitung berdasarkan berat air laut yang dipindahkan oleh pemecah gelombang. Tekanan ke atas yang bekerja pada dasar pemecah gelombang dihitung dengan rumus :

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \alpha_0 H_{\max} \quad (\text{II.35})$$

Untuk gaya angkat yang bekerja pada ujung belakang kaki bangunan adalah :

$$U = \frac{1}{2} P_u B \quad (\text{II.36})$$

Di mana : B = lebar dasar bangunan vertikal.

Untuk selanjutnya dari tekanan yang dihitung dengan rumus-rumus di atas, selanjutnya dapat dihitung gaya yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki pemecah gelombang vertikal dengan menggunakan rumus berikut ini :

$$P = \frac{1}{2} (P_1 + P_3) d + \frac{1}{2} (P_1 + P_4) h_c^* \quad (\text{II.37})$$

Di mana :

$$P_4 = \begin{cases} P_1 \left(1 - \frac{h_c}{\eta^*}\right) \Rightarrow \eta^* > h_c \\ 0 \Rightarrow \eta^* \leq h_c \end{cases} \quad (\text{II.38})$$

$$h_c^* = \min \{ \eta^*, h_c \}$$

II.3. PEMECAH GELOMBANG (BREAKWATER)

Pemecah gelombang merupakan bangunan untuk melindungi daerah pedalaman perairan pelabuhan dengan memperkecil tinggi gelombang laut, sehingga kapal dapat berlabuh dengan tenang dan melakukan bongkar muat.

Pemecah gelombang mempunyai beberapa bentuk dasar dan syarat-syarat teknis sebagai berikut :

- a. Gelombang disalurkan melalui suatu dinding batu miring atau memecah gelombang batu (Rubble mounds), sehingga energi gelombang dihilangkan secara gravitasi, karena gelombang pecah baik di permukaan batu atau melalui celah-celahnya.
- b. Batu-batu tersebut dapat pula dibuat dalam bentuk-bentuk secara buatan misalnya dari beton bertulang sebagai : tetrapods, quadripods, hexapods, tribars, modified cubes atau dolos. Pemakaian batu-batu buatan (artificial stones) ini digunakan bila pada lokasi yang diinginkan sukar didapatkan batu alam yang sesuai beratnya dengan kebutuhan untuk memecahkan gelombang atau pertimbangan-pertimbangan teknis lainnya.
- c. Dengan membangun suatu dinding tegak (wall type) yang cukup ketinggian dan kekuatannya sedemikian sehingga gelombang tersebut dapat didifraksikan dan dihapuskan karena pecahnya gelombang. Dinding vertikal ini dapat berbentuk macam-macam, misalnya kaisson silindris, kotak (box), dan lain sebagainya.
- d. Dinding pemecah gelombang dengan diberi “penyerap gelombang” (wave absorber) dengan bentuk bermacam-macam.

II.3.1 Pengertian Pemecah Gelombang Monolith

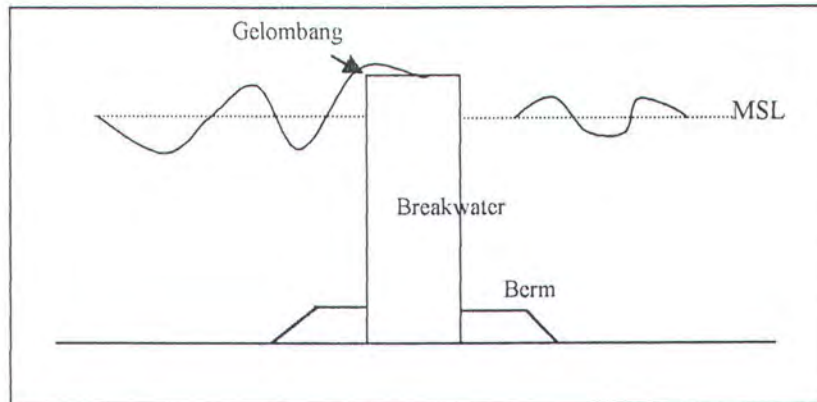
Pemecah gelombang monolith adalah pemecah gelombang yang terdiri dari satu kesatuan struktur, dalam hal ini struktur tersebut dapat terdiri dari satu kesatuan yang masif (seperti konstruksi beton yang dicor di tempat) atau terdiri dari beberapa elemen yang dihubungkan sehingga membentuk satu kesatuan yaitu dengan cara pembuatan kaisson di daratan/ galangan kemudian diapungkan ke laut untuk dibawa ke lokasi penempatan lalu ditenggelamkan pada posisi yang telah ditentukan.

Pemecah gelombang ini biasanya dipakai bila keadaan tanah dasar laut mempunyai daya dukung yang kuat (berlapis pasir), sehingga kuat menahan muatan di atasnya. Bentuknya dapat berupa blok-blok dinding, kaisson berupa kotak (box) atau silindris. Fungsi dinding vertikal ini adalah merefraksi gelombang hingga energinya hilang, maka gelombang akan pecah pada ketinggian $(1,5 - 2) H$. dan dengan suatu asumsi faktor keamanan, maka tinggi minimum dari dinding ini adalah $5H$. Pada keadaan dasar laut dengan daya dukung yang kurang sempurna maka dapat dibuat suatu pondasi atau berm.

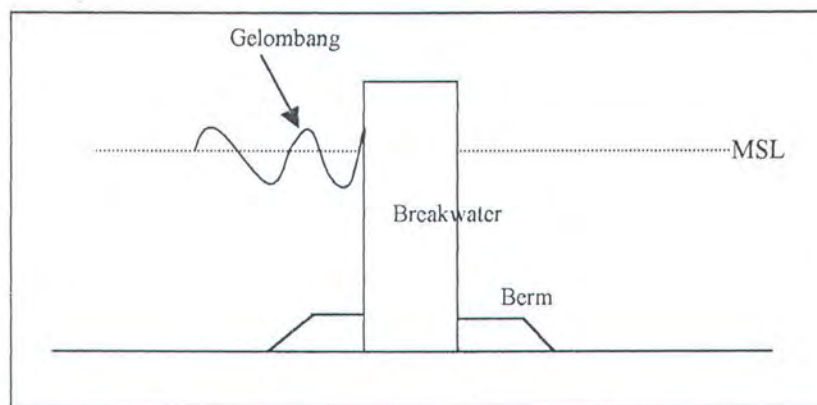
Ditinjau dari boleh tidaknya gelombang melewati breakwater ada dua tipe breakwater (monolith) yaitu :

- 1 *"Overtopping breakwater"*, yaitu : breakwater yang direncanakan dengan memperkenankan/mengijinkan air laut melewati di atas breakwater tersebut.
- 2 *"Non overtopping breakwater"*, yaitu : breakwater yang direncanakan dengan tidak memperkenankan/ mengijinkan air laut melimpas di atas breakwater tersebut.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13



Gambar 2.12 Overtopping breakwater



Gambar 2.13 Non overtopping breakwater

II.3.1.1 Konstruksi Kaisson

Penempatan konstruksi dinding yang monolit pada suatu laut adalah sangat sulit karena berat konstruksi dan sukarnya pelaksanaan. Untuk mengatasi masalah di atas, dibuatlah konstruksi kaisson, yaitu suatu kotak atai silindris dengan dinding-dinding beton bertulang dan bila diperlukan dibuat pula dinding penyekat (di dalamnya) Dengan konstruksi ini kaisson dapat ditarik dari tempat pembuatannya ke tempat di mana dia akan ditempatkan dengan cara mengapungkannya di laut (the power natural buoyancy) kemudian diisi dengan pasir/pasir laut/batu sehingga konstruksi tersebut tenggelam pada tempatnya. Setelah kaisson ini terletak pada dasar yang ditetapkan, maka bagian ujung

atas dinding masih menjulang setinggi minimum ($2H$) di atas permukaan (MHW), agar gelombang yang datang dipecahkan dan energinya dapat dihilangkan.

II.3.2 Perencanaan Breakwater Monolith

Pada breakwater monolith, yang ditempatkan di laut dengan kedalaman lebih besar dari tinggi gelombang, akan memantulkan gaya gelombang tersebut. Superposisi antara gelombang datang dengan gelombang pantul akan menyebabkan terjadinya gelombang stasioner yang disebut dengan klapotis.

Oleh karena itu di dalam perencanaan pemecah gelombang monolith perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Tinggi gelombang maksimum rencana harus ditentukan dengan baik, karena tidak seperti pada pemecah gelombang rubble mound, stabilitas terhadap guling merupakan faktor penting.
2. Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan terjadinya klapotis.
3. Pondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.

Oleh karena itu kedalaman maksimum dari pemecah gelombang tipe monolith ini adalah antara 15 – 20 m, apabila lebih besar dari kedalaman tersebut maka pemecah gelombang menjadi sangat lebar dan boros biaya.

II.3.2.1 Tinggi Gelombang dan Umur Rencana

Dasar untuk mengerjakan perhitungan breakwater adalah menentukan perilaku gelombang, terutama tinggi gelombang maksimum yang pernah terjadi dan interval kejadiannya. Analisa tersebut diperlukan untuk menentukan tinggi gelombang yang paling berpengaruh atau berbahaya bagi kestabilan struktur breakwater. Tinggi

gelombang tersebut nantinya akan dipakai sebagai tinggi gelombang rencana. Langkah-langkah yang dilakukan untuk mencari tinggi gelombang rencana yaitu :

1. Cari tinggi gelombang (H_s) dan frekuensi kejadian
2. Hitung $f = (365 \times 24 \text{ jam}) / \text{duration}$, $\text{duration} = 3 \text{ jam}$
3. Hitung $R = (1/f) \times \text{frekuensi kumulatif}$
4. Dari hasil R diplot pada grafik semilog, dimana pada sumbu x menunjukkan umur rencana dan y menunjukkan tinggi gelombang rencana.

Dari grafik semilog tersebut dapat diketahui perbedaan tinggi gelombang pada berbagai umur rencana yang ditinjau.

Penentuan tinggi gelombang rencana harus di dasarkan pada umur rencana breakwater. Perhitungan tinggi gelombang rencana menurut umur rencana dimaksudkan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi selama periode umur rencana. Pemilihan umur rencana sebaiknya dibuat dalam beberapa umur rencana alternatif, dengan tujuan agar didapatkan umur rencana yang optimum. Dengan demikian perencanaan breakwater tersebut sesuai dengan apa yang diharapkan. Untuk breakwater jenis monolith umur rencana hanya ditentukan satu umur rencana saja, hal ini disebabkan sifat dari breakwater monolith yang tidak mempunyai biaya perawatan atau biaya perbaikan.

II.3.2.2 Elevasi Puncak Breakwater

Elevasi puncak (Crest Elevation) adalah tinggi puncak breakwater dihitung dari LWS. Ketinggian breakwater harus direncanakan dengan baik agar didapat tinggi breakwater yang merata sepanjang seksi dan yang paling penting breakwater benar-benar dapat berfungsi menjaga ketenangan perairan di dalam basin.

Perhitungan crest elevation dilakukan dengan menggunakan perhitungan wave transmission. Perhitungan wave transmission dipengaruhi oleh Transmission Coefficient, (K_t), di mana :

$$K_t = \frac{\text{Tinggi Gelombang Yang Dijinkan di Dalam Pelabuhan}}{\text{Tinggi Gelombang yang Terjadi di Luar Pelabuhan}} \quad (\text{II.41})$$

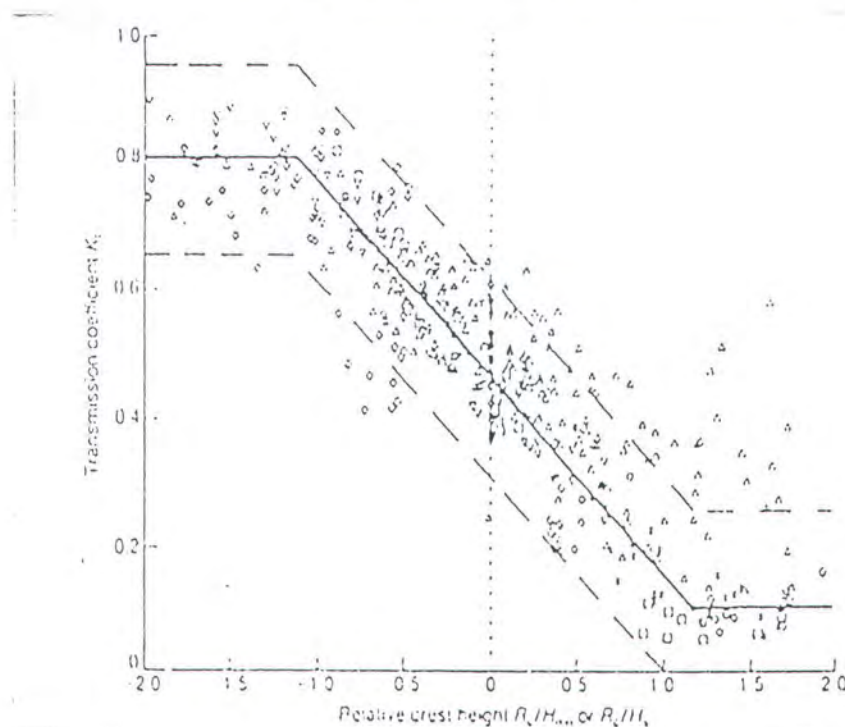
Untuk perhitungan crest elevation mengikuti prosedur sebagai berikut :

1. Menentukan harga K_t dengan memasukkan tinggi gelombang rencana di luar pelabuhan (H_s) ke dalam persamaan.
2. Dari harga K_t yang diperoleh ditentukan nilai R_c/H_s .
3. Nilai crest level, R_c , di dapat dengan mengalikan harga R_c/H_s

Sehingga ketinggian total breakwater diukur dari LWS dapat diketahui dari penjumlahan :

Crest level (R_c) + HWS + penurunan tanah dasar

Dianggap penurunan tanah dasar sebesar 1 m.



Gambar 2.14 Gambar Grafik Koefisien Transmisi
(Sumber : Delft Hydraulics Laboratory)

II.4 STABILITAS BREAKWATER MONOLITH

Pemecah gelombang tipe monolith ini dipakai bila keadaan tanah dasar laut mempunyai daya dukung yang kuat (berlapis pasir), sehingga mampu menahan beban di atasnya.

Stabilitas dari breakwater monolith ini terdiri dari tiga bagian yaitu :

- Stabilitas terhadap guling
- Stabilitas terhadap sliding
- Stabilitas terhadap kegagalan pondasi bangunan

II.4.1. Stabilitas Terhadap Guling

Sehubungan dengan bentuk konstruksi breakwater monolith yang mempunyai bentuk tegak, maka stabilitas terhadap guling sangat rawan terjadi. Delf Hydraulic Laboratory Stabilitas merumuskan stabilitas terhadap guling berdasarkan perumusan Iribaren (1956) dan CERC(1969) dengan bantuan dari perhitungan rumus Goda (1985) seperti pada sub-bab II.2.5 yaitu untuk mencari gaya gelombang pada dinding vertikal sebagai momen penggeraknya dan berat breakwater monolith sebagai momen penahannya. Dari perumusan tersebut nantinya akan diketahui lebar breakwater.

Untuk lebih jelasnya rumus perhitungan dan gambar gaya-gaya yang terjadi seperti pada gambar 2.16.

Di mana :

$$\left(F_w \frac{h}{2} \right) + \left(N \frac{2b}{3} \right) + \left(B \frac{b}{2} \right) = W \frac{b}{2} \quad (\text{II.42})$$

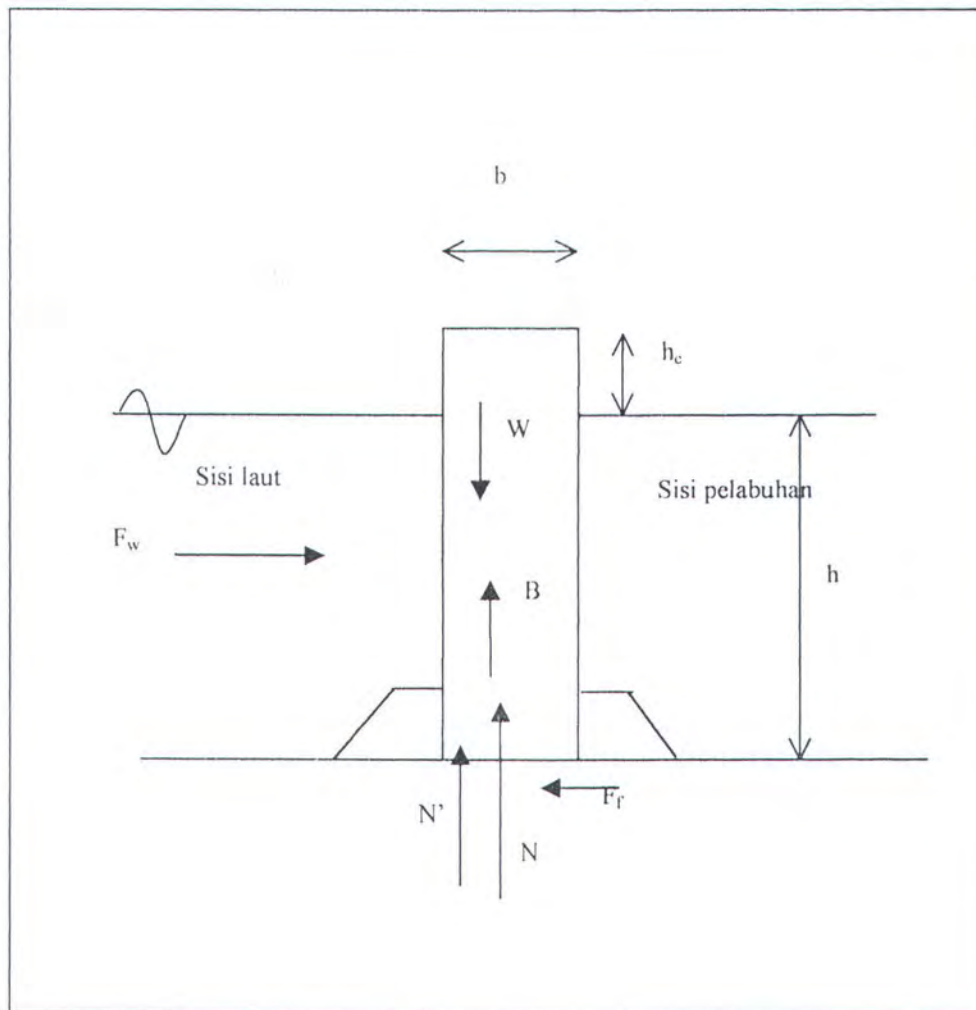
F_w = P = gaya gelombang pada dinding breakwater

$$B = \rho . g . b . h \quad (\text{II.43})$$

B = U = gaya angkat gelombang pada dasar breakwater

ρ = berat jenis air laut = 1025 kg/m³

- g = $9,8 \text{ m/dt}^2$
 b = lebar breakwater
 h = elevasi muka air dengan dasar breakwater
 W = $\rho_B (h + h_c)(b).g$ (II.44)
 W = berat breakwater



Gambar 2.15 Gaya-gaya Pada Stabilitas Guling
(Sumber : Goda,1985)

- ρ_B = berat jenis breakwater
 h_c = elevasi muka air tinggi gelombang rencana dengan puncak breakwater.

$$N' = \frac{F_w b}{h.2} \quad (\text{II.45})$$

N' = gaya tekan vertikal dinamik gelombang

Substitusi (2),(3) dan (4) ke (1), di dapat :

$$b = \left[\frac{F_w . h}{\rho_B g h_c - \frac{2F_w}{3h} + (\rho_B - \rho)gh} \right]^{1/2} \quad (\text{II.46})$$

maka selanjutnya di dapat :

$$b = \left[\frac{P^2 h}{\rho_B g h_c - \frac{2P}{3h} + (\rho_B - \rho)gh} \right]^{1/2} \quad (\text{II.47})$$

II.4.2 Stabilitas Terhadap Sliding (Horizontal Sliding)

Konstruksi breakwater yang terdiri di atas tanah yang lembek akan dapat menyebabkan stabilitas terhadap sliding terganggu. Bilamana gaya dinamik horisontal pada dinding vertikal pemecah gelombang monolit melebihi gaya gesek yang terjadi di dasar pemecah gelombang maka konstruksi tersebut akan bergerak dan dalam hal ini konstruksi dapat dianggap tidak stabil. Apabila gaya gempa tidak diperhitungkan, penentuan stabilitas dapat dipakai rumus sebagai berikut dan terlihat seperti pada gambar 2.15 :

$$\frac{F_F}{F_w} \geq S_f \quad (\text{II.48})$$

$$F_F = f(W-B-N')$$

Di mana :

F_F = gaya gesek (tanah dasar – pemecah gelombang)

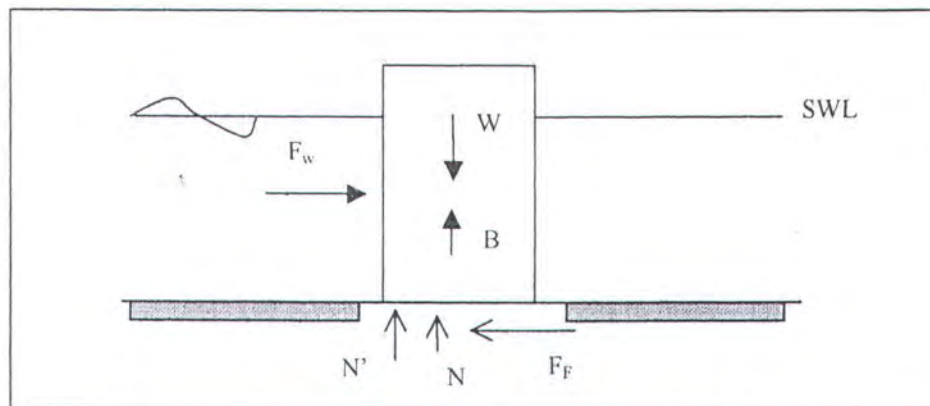
F_w = gaya dinamik gelombang

S_f = faktor aman (safety factor)

W = berat pemecah gelombang

B = gaya apung

N' = gaya “up lift” akibat gelombang



Gambar 2.16 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pemecah Gelombang Vertikal
(Nur Yuwono, 1982)

Kondisi tanah yang jelek ini nantinya dapat dilakukan dengan perbaikan tanah, di antaranya dengan cara :

1. Dilakukan pergantian tanah pada bagian yang akan ditempati breakwater.
2. Dilakukan pemasangan cerucuk atau micropile.

Perhitungan stabilitas tanah terhadap sliding dapat digunakan program komputer STABLE.

II.4.3 Stabilitas Terhadap Kegagalan Pondasi Bangunan

II.4.3.1 Kriteria Kegagalan karena penggeseran lengkung (circular sliding)

Gaya gelombang yang bekerja pada pemecah gelombang akan diteruskan ke pondasi, dan gaya ini akan membebani pondasi. Gaya-gaya yang bekerja pada pondasi tersebut secara skematis dapat dilihat pada gambar 2.16. Garis besar perhitungan stabilitas dari konstruksi pondasi dapat dilakukan sebagai berikut :

$$\frac{R \sum (c.L + [W' + V] \cos \alpha \cdot \tan \phi)_i}{\sum ([W + V]x)_i + \sum (H.a)_i} \geq S_f \quad (II.50)$$

Dimana :

- S_f = safety factor
- R = jari-jari lingkaran slip (slip circle)
- c = kohesi tanah (batu = 0)
- ϕ = sudut gesekan dalam
- L = panjang dasar potongan yang ditinjau
- W = berat total potongan yang ditinjau
- W' = berat potongan tanpa air
- H = gaya horisontal yang bekerja pada massa tanah (gaya gelombang, gaya gempa, dsb)
- V = gaya vertikal yang bekerja pada masa tanah.

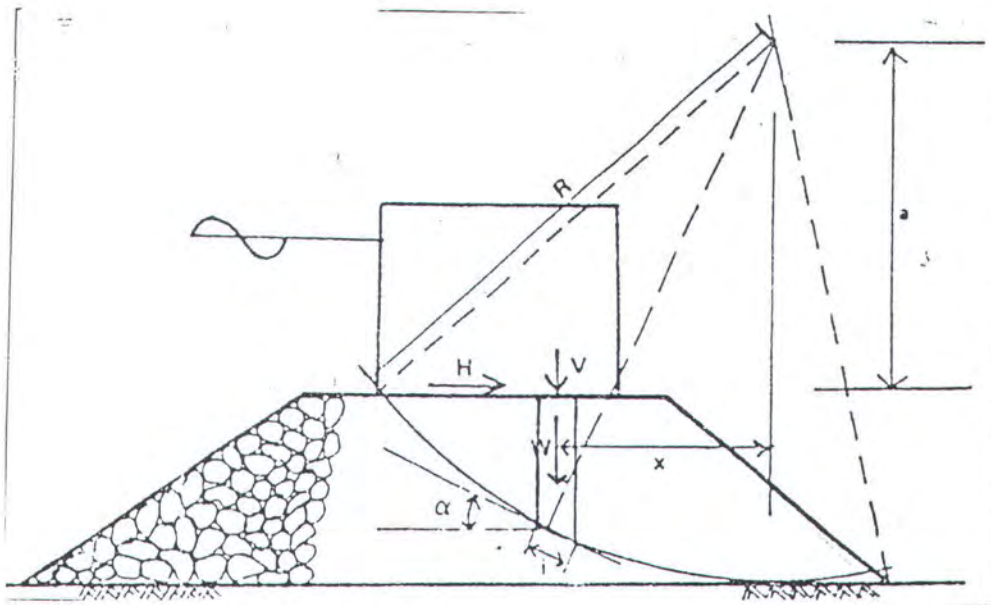
II.4.3.2 Kriteria Kegagalan karena Penggeseran Datar

Kegagalan konstruksi akibat penggeseran datar secara prinsip adalah sama dengan kegagalan akibat penggeseran lengkung. Garis besar cara perhitungan stabilitas pada keadaan ini dapat dilakukan sebagai berikut (seperti pada gambar 2.17) :

$$\frac{\sum c.L + [(W' + V) \cdot \cos \alpha - H \cdot \sin \alpha] \tan(\phi)_i}{\sin \alpha \cdot \sum (W' + V)_i + \cos \alpha \cdot \sum H_i} \geq S_f \quad (II.51)$$

di mana :

- S_f = safety factor
 R = jari-jari lingkaran slip (slip circle)
 c = kohesi tanah (batu = 0)
 ϕ = sudut gesekan dalam
 L = panjang dasar potongan yang ditinjau
 W = berat total potongan yang ditinjau
 W' = berat potongan tanpa air
 H = gaya horisontal yang bekerja pada massa tanah (gaya gelombang, gaya gempa, dsb)
 V = gaya vertikal yang bekerja pada masa tanah.



Gambar 2.17 Gaya-gaya yang bekerja Pada Pondasi Pemecah Gelombang Vertikal (circular sliding).
 (Sumber : Nur Yuwono, 1982)

II.4.3.2 Kriteria Kegagalan karena Daya Dukung Ijin Tanah Terlampaui (Settlement)

Stabilitas terhadap penurunan tanah tergantung dari bermacam jenis tanah itu sendiri serta beban yang berada di atasnya. Sedangkan jenis tanah yang terdapat di pier Tuban terdiri dari suatu lapisan lempung yang tebal (lebih dari satu lapis) maka perhitungannya dibagi menjadi sub lapisan yang terpisah-pisah, dan penurunan akhir merupakan jumlah penurunan total tiap lapisan tersebut.

Perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$S_c = \sum \left[\frac{C_c \cdot H_i}{1 + e_o} \right] \times \text{Log} \left\{ \frac{p_{oi} + \Delta p_i}{p_{oi}} \right\} \quad (\text{II.52})$$

di mana :

- S_c = Penurunan total (cm)
- C_c = Koefisien konsolidasi
- H = Tebal lapisan lempung
- e_o = Angka pori
- p_o = Tekanan efektif overbuden
- Δp_i = Penambahan tekanan vertikal

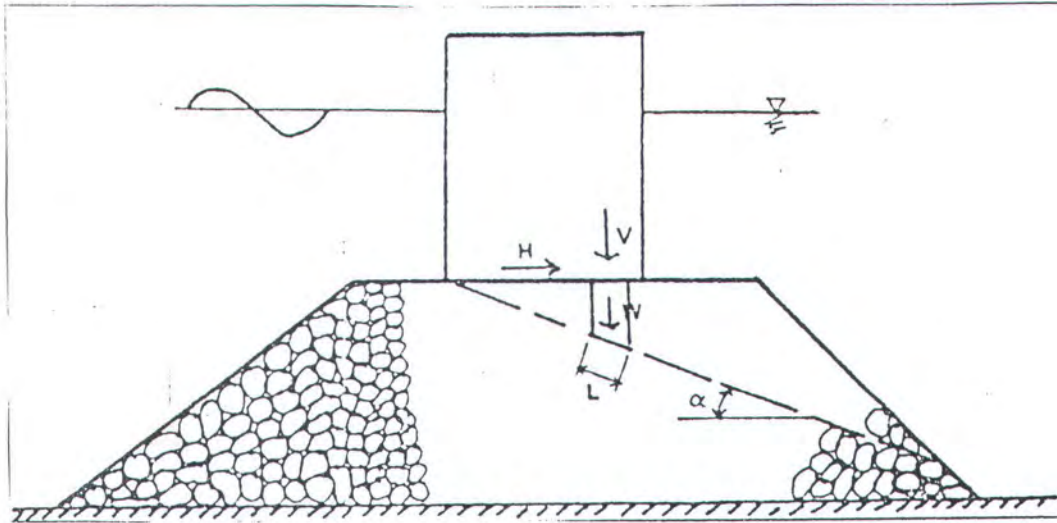
Sedangkan untuk menghitung waktu pemampatan konsolidasi digunakan rumus :

$$t = \frac{T \left(\frac{H}{n} \right)^2}{C_v} \quad (\text{II.53})$$

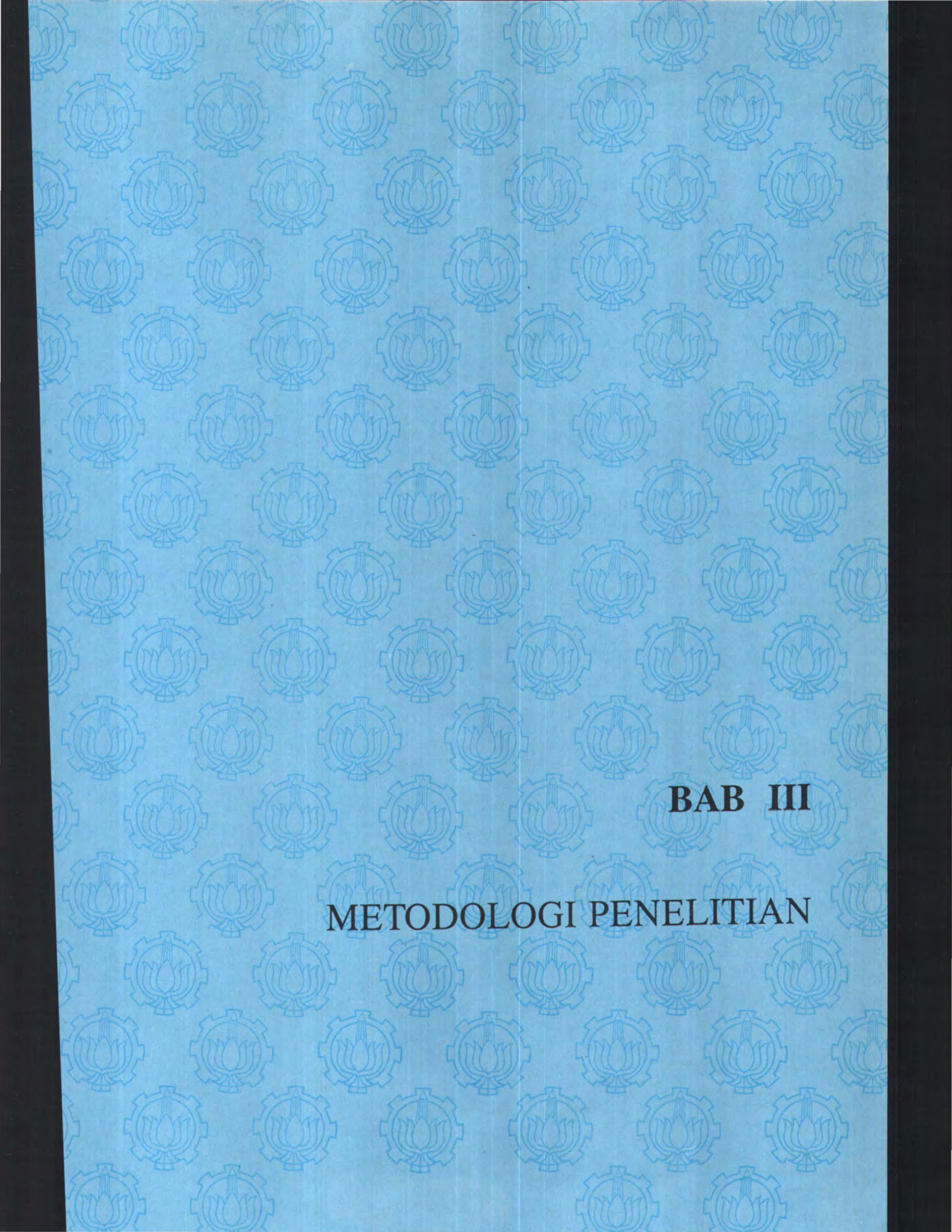
di mana :

- T = Faktor waktu yang merupakan fungsi dari derajat konsolidasi arah vertikal (U_v)
- H = Tebal lapisan yang memampat (m)
- C_v = Koefisien konsolidasi arah vertikal (m^2/tahun)

n = Arah drainase, $n = 1$ untuk drainase tunggal
 $n = 2$ untuk drainase ganda



Gambar 2.18 Gaya-gaya yang Bekerja Pada Pondasi Pemecah Gelombang Vertikal (penggeseran datar).
(Sumber : Nur Yuwono, 1982)



BAB III

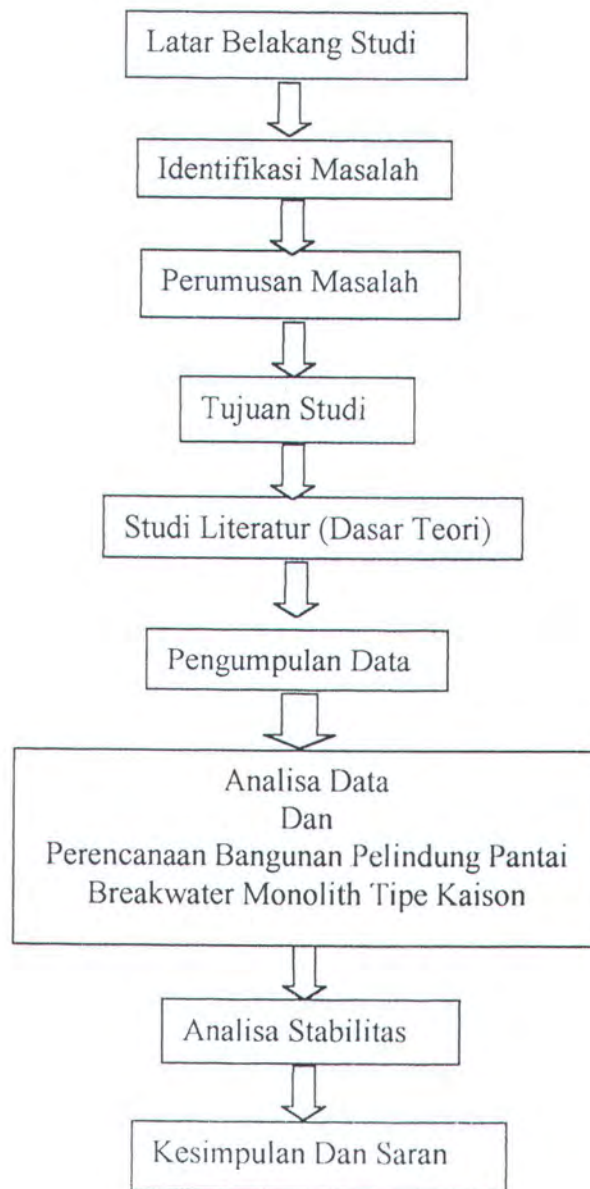
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 SKEMA PENELITIAN

Langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini secara sederhana dapat digambarkan dengan skema sebagai berikut :



Gambar 3.1 Skema Metodologi Penelitian

III.2 PELAKSANAAN

Dari latar belakang studi yaitu kondisi pier Tuban , daerah lokasi kemudian beberapa acuan dari buku-buku yang ada maka diperoleh perumusan masalah dari identifikasi masalah yang terjadi. Untuk mencapai tujuan dan mendapatkan manfaat, kemudian dilakukan studi literatur sebagai dasar teori yang mendukung penelitian/ perencanaan sehingga diperoleh kesimpulan .

III.2.1 Pengumpulan Data

Untuk menunjang proses pengerjaan perencanaan, maka diperlukan beberapa data sebagai berikut :

- ◆ Data bathimetri perairan bermanfaat untuk mengetahui peta kedalaman dari dasar laut di perairan lokasi studi, sehingga diketahui kontur laut.
- ◆ Data pasang surut muka air digunakan untuk menentukan konstanta pasang surut yang selanjutnya untuk menganalisa dan menentukan elevasi muka air rencana dan tinggi breakwater.
- ◆ Data arus digunakan untuk mengetahui arah dan kecepatan arus yang akan mempengaruhi sedimen transport.
- ◆ Data angin dan gelombang digunakan untuk peramalan tinggi gelombang maksimum yang terjadi pada lokasi studi. Perhitungan transformasi dan deformasi gelombang ditentukan berdasarkan data angin.
- ◆ Peta lokasi studi, digunakan untuk mengetahui bentuk daratan, pantai, laut, dan tata letak dari lokasi studi dan sekitarnya.
- ◆ Hasil data sedimentasi, digunakan untuk mengetahui karakteristik sedimentasi dan untuk mengetahui besarnya sedimentasi yang terjadi di lapangan.

III.2.2 Analisa Data

Dalam hal ini analisa data meliputi :

- 1 Perhitungan gelombang rencana
- 2 Perhitungan transformasi gelombang yang meliputi : Refraksi, Shoaling, dan Difraksi.
- 3 Penentuan tinggi gelombang pecah (H_b), dan kedalaman gelombang pecah (d_b).
- 4 Penentuan elevasi muka air laut rencana (design water level)

Analisa data diatas menggunakan acuan dari metode CERC, SPM , Vol I dan II .

Dari analisa data akhirnya dapat merencanakan desain breakwater monolith tipe kaison yang meliputi :

1. Desain tinggi gelombang rencana
2. Pemilihan letak cross section breakwater
3. Desain breakwater monolith dengan menentukan terlebih dahulu elevasi puncak gelombang sehingga di dapatkan tinggi breakwater.

III.2.3 Analisa Stabilitas

Analisa stabilitas ini meliputi :

1. Perhitungan stabilitas guling, dimana dapat ditentukan lebar dari breakwater.
2. Perhitungan stabilitas geser .
3. Perhitungan stabilitas sliding
4. Daya dukung tanah (settlement).

Untuk analisa stabilitas, angka keamanan harus memenuhi yaitu $\geq 1.2 F_w$. Apabila belum memenuhi maka perlu dilakukan desain ulang .

Adapun program yang digunakan untuk menganalisa stabilitas terutama stabilitas guling yaitu program STABLE .dan MS Excell.



BAB IV

ANALISA KONDISI LINGKUNGAN

BAB IV

ANALISA KONDISI LINGKUNGAN

IV.1 PENDAHULUAN

Analisa data diperlukan untuk menentukan periode dan tinggi gelombang rencana serta arah angkutan sedimen sehingga dapat merencanakan bangunan pelindung pantai.

Analisa data dilakukan terhadap masing-masing data baik dari pengukuran, dari data sekunder yang berupa data gelombang, angin, arus, pasang surut, sedimen transport dan topografi.

IV.2. ANALISA ANGIN

IV.2.1 PANJANG FETCH

Untuk menghitung panjang fetch ditentukandahulu arah angin yang berpengaruh pada lokasi tersebut. Berdasar letak pelabuhan (pier) Tuban serta kondisi angin, maka arah angin yang ditinjau berasal dari arah angin yang dominan, yaitu : Barat Laut, Utara, dan Timur Laut. Adapun hasil perhitungan fetch dapat dilihat pada tabel 4.1.

Dari tabel hasil perhitungan fetch tersebut dapat diketahui bahwa fetch terpanjang adalah dari arah Barat Laut.

IV.2.2. TINGGI DAN PERIODE GELOMBANG PADA LAUT DALAM

Berdasar panjang fetch yang telah diperoleh dari perhitungan pada tabel 4.1 kemudian dihitung tinggi dan periode dilaut dalam dengan menggunakan grafik yang terdapat pada buku Shore Protection Manual 1977 dan 1984 (lihat grafik pada Gambar 4.1)

Tabel 4.1 Perhitungan Fetch

Alpha	Cos (alpha)	Xi			Xi x Cos(alpha)		
		Barat Laut	Utara	Timur Laut	Barat laut	Utara	Timur Laut
42	0.743	0.00	4.00	1.50	0.00	2.97	1.11
36	0.809	0.00	5.00	1.80	0.00	4.05	1.46
30	0.866	1.00	5.00	2.20	0.87	4.33	1.91
24	0.914	1.70	3.70	2.30	1.55	3.38	2.10
18	0.951	1.60	3.70	2.50	1.52	3.52	2.38
12	0.978	5.60	3.70	2.90	5.48	3.62	2.84
6	0.995	5.00	3.70	2.80	4.98	3.68	2.79
0	1.000	5.20	3.30	3.80	5.20	3.30	3.80
6	0.995	8.10	3.30	3.80	8.06	3.28	3.78
12	0.978	5.50	3.40	6.70	5.38	3.33	6.55
18	0.951	6.30	3.50	5.80	5.99	3.33	5.52
24	0.914	4.20	3.30	6.00	3.84	3.02	5.48
30	0.866	3.40	3.30	5.30	2.94	2.86	4.59
36	0.809	3.40	3.20	5.00	2.75	2.59	4.05
42	0.743	3.40	2.60	5.00	2.53	1.93	3.72
Total	13.512	54.40	54.70	57.40	51.08	49.18	50.95
Fetch Efektif (Unit)					3.78	3.64	3.77
Fetch Efektif (km)					405	382	397

IV.2.2.1 Tinggi Gelombang

Penentuan tinggi gelombang menggunakan metode yang dikembangkan oleh E. Simiu dan R.N. Scalan yang secara eksperimental menyatakan adanya hubungan antara efek angin yang ditinjau dengan angin yang bertiup secara merata selama satu jam. Hubungan ini dapat dinyatakan dengan menghitung berapa detik yang akan diperlukan oleh angin tersebut untuk menempuh jarak 1 mile (1 km = 0,62 mile) maka kecepatan angin rencana = 27 km/jam . Angin akan menempuh jarak 1 km selama 133,33 detik atau menempuh 1 mile selama 214,56 detik. Pada dasarnya besar kecepatan itu tidak konstan melainkan akan mereda pada saat tertentu, maka perlu dicari nilai rata-rata dari kecepatan angin tersebut (SPM, Vol 1, 1984).

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + 0,296 \tanh\left(0,9 \text{Log}_{10} \frac{45}{t}\right) \quad (\text{IV.1})$$

untuk $1 < t < 3600$

$$-\frac{U_t}{U_{3600}} = -0,15 \text{Log}_{10} t + 1,5334 \quad (\text{IV.2})$$

Untuk waktu tempuh 214,56 detik untuk 1 mile maka :

$$\frac{U_t}{U_{3600}} = 1,277 + (0,296 \times (-0,544)) = 1,12$$

$$U_t = 27 \text{ km/jam}$$

$$U_{3600} = 27/1,12 = 24,11 \text{ km/jam} = 6,69 \text{ m/s}$$

Namun pada kenyataannya kecepatan angin ini akan mengalami rintangan-rintangan akibat geseran dengan permukaan laut, sehingga harus dikoreksi dengan rumus berikut ini (SPM, Vol 1, 1984) :

$$U_A = 0,71 \cdot U^{1,23}$$

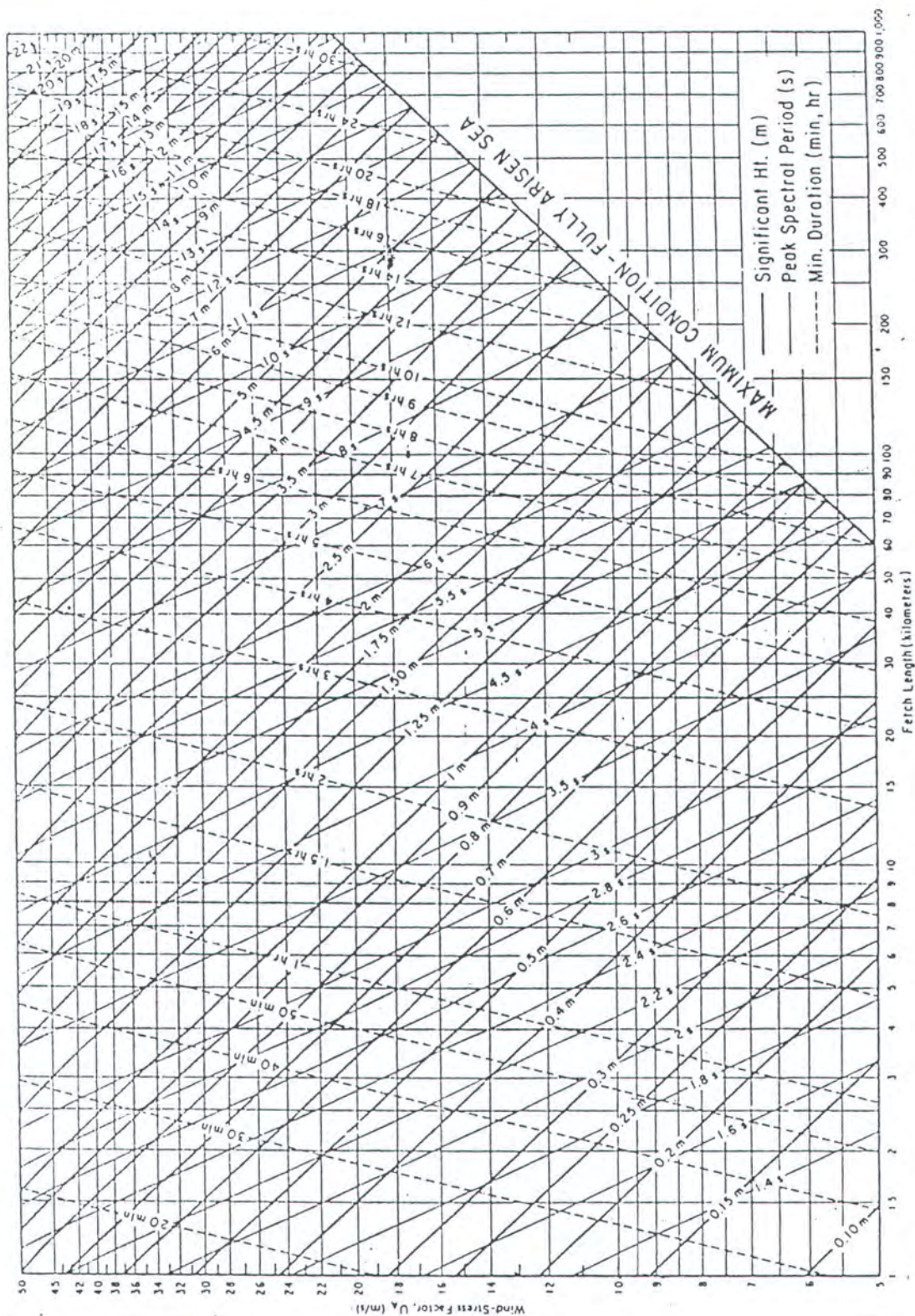
$$U_A = 0,71 \cdot (6,69)^{1,23} = 7,36 \text{ m/s} = 24,496 \text{ km/jam}$$

Dengan U_A telah diketahui maka tinggi gelombang yang terjadi dari angin rencana termasuk periode gelombang dan durasi minimum dapat diperhitungkan dengan berdasarkan gambar 3.3 (SPM, Vol.1, 1984) dan data panjang fetch yang terjadi yang berasal dari arah Barat Laut.

Untuk $U_A = 7,36 \text{ m/s}$ dan panjang fetch = 405 km (Tabel 4.1) berdasarkan gambar 4.1 di dapat : $H_s = 2,375 \text{ m}$

$$T_s = 8 \text{ detik}$$

Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.2. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa tinggi gelombang laut dalam yang paling tinggi dan periode gelombang yang paling panjang adalah dari arah Barat Laut.



Gambar 4.1 Nomogram of Deepwater Significant Wave Prediction Curves as Function of Windspeed, Fetch length, and Wind duration.(SPM, Vol.1, 1984)

Tabel 4.2 Perhitungan Tinggi dan Periode Gelombang di laut dalam

Range U angin(m/s)	U angin (m/s)	U (m/s)	UA m/s)	Fetch Efektif (Km)			Hso (m)			T(Sec)		
				BL	Utara	TL	BL	Utara	TL	BL	Utara	TL
0 - 5	2.500	2.39	2.07	405	382	397	0.20	0.21	0.20	8.00	3.00	3.00
5.0 - 10.0	7.500	6.69	7.36	405	382	397	2.38	2.30	2.36	9.00	8.90	9.00
10.0 - 15.0	12.500	10.76	13.22	405	382	397	4.25	4.20	4.30	11.00	10.60	10.75
15.0 - 20.0	17.500	14.58	19.18	405	382	397	6.25	6.00	6.10	12.25	12.10	12.30
20.0 - 25.0	22.500	18.44	25.60	405	382	397	8.25	8.00	8.10	13.50	13.40	13.50

IV.2.3. TINGGI GELOMBANG RENCANA

Penentuan tinggi gelombang rencana harus didasarkan pada umur rencana breakwater. Perhitungan tinggi gelombang rencana menurut umur rencana dimaksudkan untuk mengetahui tinggi gelombang maksimum yang terjadi selama periode umur rencana.

Pada perencanaan breakwater jenis rubble mound pemilihan umur rencana dibuat dalam beberapa alternatif umur rencana, hal ini dimaksudkan agar didapatkan umur rencana yang optimum. Dalam perhitungan ini digunakan satu alternatif perhitungan umur rencana, hal ini dikarenakan perencanaan breakwater yang digunakan jenis monolit yang tidak mempunyai biaya perawatan atau perbaikan. Untuk perencanaan breakwater monolit ini digunakan umur rencana 25 tahun.

Dalam menentukan perilaku gelombang, terutama tinggi gelombang maksimum yang pernah terjadi dan interval kejadiannya adalah dasar untuk mengerjakan perhitungan selanjutnya. Analisa tersebut diperlukan untuk menentukan tinggi gelombang yang paling berpengaruh atau berbahaya bagi kestabilan struktur breakwater selama periode umur rencana.

Contoh perhitungan tinggi gelombang rencana di bawah ini diawali dengan frekwensi kejadian gelombang di laut dalam dengan menggunakan perumusan statistik dengan menggunakan program komputer Matlab. Contoh perhitungan :

- Gelombang dari arah Utara
- Pada $H_s = 0-0,5$ m frekwensi kejadian 3,4%
- $F = (365 \times 24 \text{ jam} / \text{duration}) \times (\text{frekwensi kumulatif}) = 560,64 \text{ jam}$
- $R = (1/f) = (1/560,64) = 0,001784$
- Dari hasil R diplot pada grafik semilog, dimana pada sumbu x menunjukkan umur rencana dan sumbu y menunjukkan tinggi gelombang rencana

Pada tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 dapat dilihat hasil frekwensi kumulatif kejadian gelombang dari masing-masing arah dan hasil selengkapnya dapat dilihat pada gambar 4.2, 4.3, dan 4.4. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa perbedaan tinggi gelombang yang paling tinggi terjadi pada arah Barat Laut sehingga dalam perhitungan selanjutnya dipakai tinggi gelombang dari arah Barat Laut.

Tabel 4.3 Frekwensi Kejadian Gelombang arah Barat Laut

Range Kec. angin (m/s)	Frek. (%)	Kum.Frek. (%)	f (3 jam)	R=1/f	Hso (m)
0 - 5	3.40	19.20	560.64	0.001784	0.20
5.0 - 10.0	12.00	15.80	461.36	0.002168	2.38
10.0 - 15.0	3.00	3.80	110.96	0.009012	4.25
15.0 - 20.0	0.50	0.80	23.36	0.042808	6.25
20.0 - 25.0	0.30	0.10	2.92	0.342466	8.25

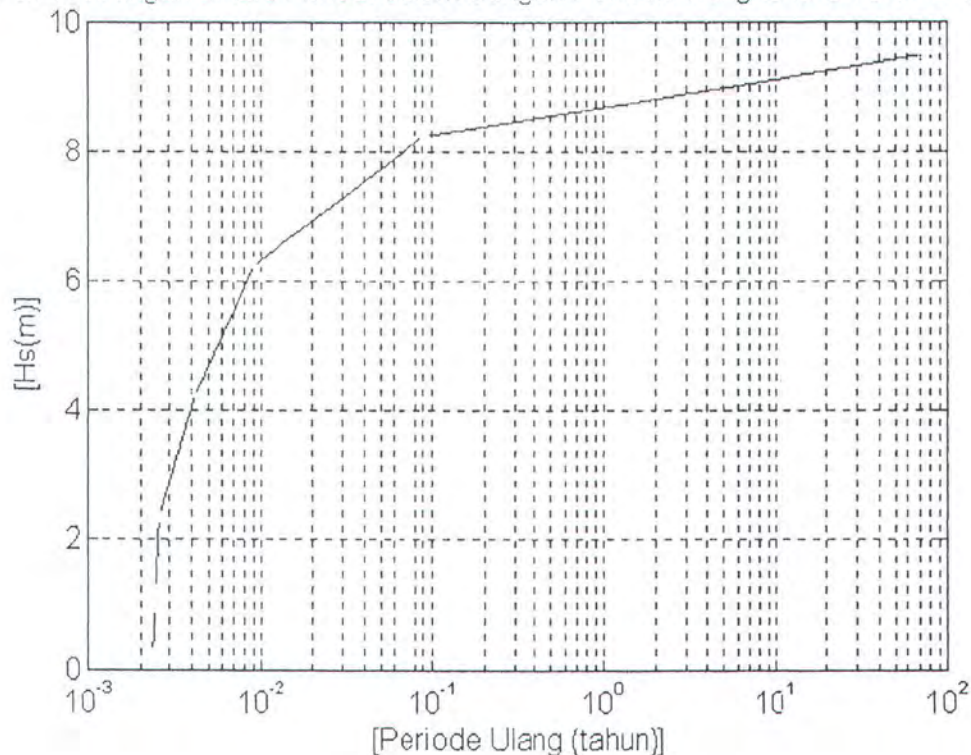
Tabel 4.4 Frekwensi Kejadian Gelombang arah Utara

Range Kec. angin (m/s)	Frek. (%)	Kum.Frek. (%)	f (3 jam)	R=1/f	Hso (m)
0 - 5	1.70	7.50	219	0.004566	0.21
5.0 - 10.0	3.60	5.80	169.360	0.005905	2.30
10.0 - 15.0	1.40	2.20	64.240	0.015567	4.20
15.0 - 20.0	0.50	0.80	23.360	0.042808	6.00
20.0 - 25.0	0.10	0.30	8.760	0.114155	8.00

Tabel 4.5 Frekwensi Kejadian Gelombang arah Timur Laut

Range Kec. angin (m/s)	Frek. (%)	Kum.Frek. (%)	f (3 jam)	R=1/f	Hso (m)
0 - 5	2.00	8.70	254.04	0.003936	0.20
5.0 - 10.0	4.30	6.70	195.6400	0.005111	2.36
10.0 - 15.0	2.00	2.40	70.0800	0.014269	4.30
15.0 - 20.0	0.40	0.40	11.6800	0.085616	6.10
20.0 - 25.0	0.00	0.00	0.0000	0.000000	8.10

Grafik hubungan antara H_s laut dalam dengan Perioce ulang tahunan arah Barat laut



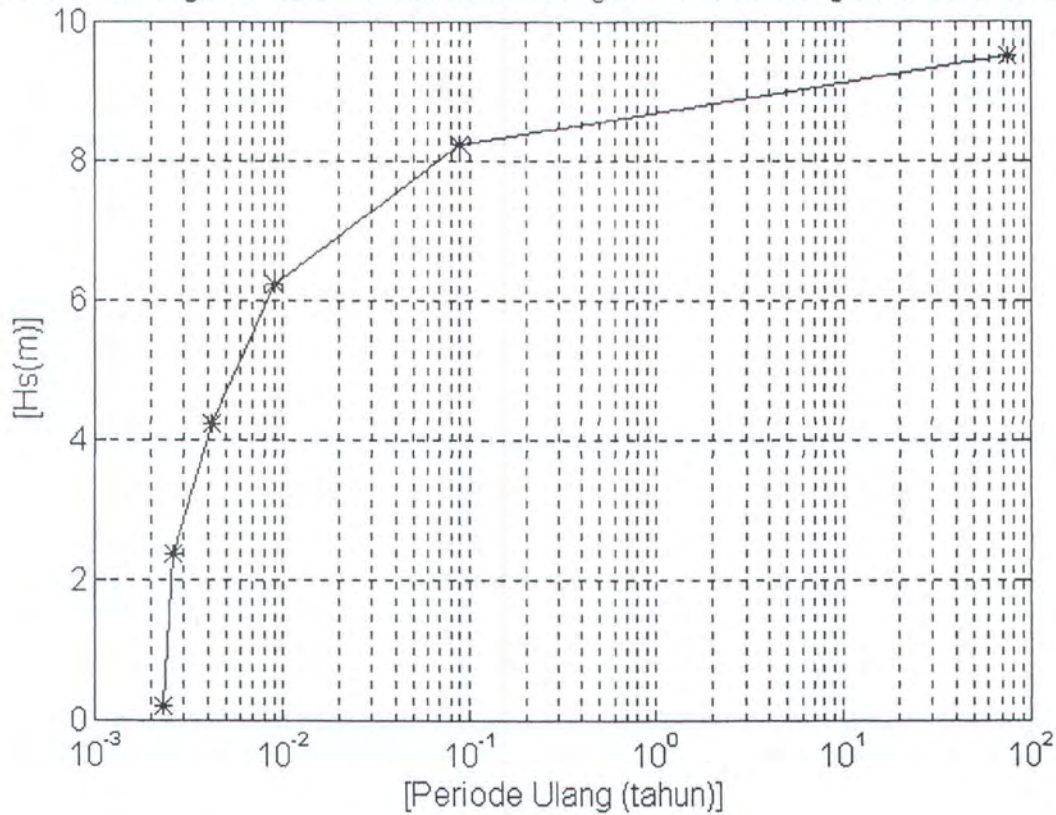
Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode kejadian ulang arah Barat Laut

IV.3 PASANG SURUT

Permukaan air laut naik atau turun secara teratur sekali atau mungkin lebih dalam sehari. Gejala ini disebut gejala pasang surut. Hal ini diakibatkan perubahan kontinu dari posisi matahari, bulan dan bumi. Pada keadaan sebenarnya ketinggian air laut selalu berubah dari waktu ke waktu. Penggambaran perubahan elevasi permukaan air berguna untuk mengetahui osilasi frekuensi tinggi yang disebabkan oleh gravitasi permukaan gelombang. Di lokasi perairan, elevasi permukaan pada kondisi yang dianggap tenang. Fluktuasi elevasi permukaan air dibedakan dalam beberapa jenis penyebab (CERC,SPM,Vol.1, 1984;Sorensen,1978), yaitu :

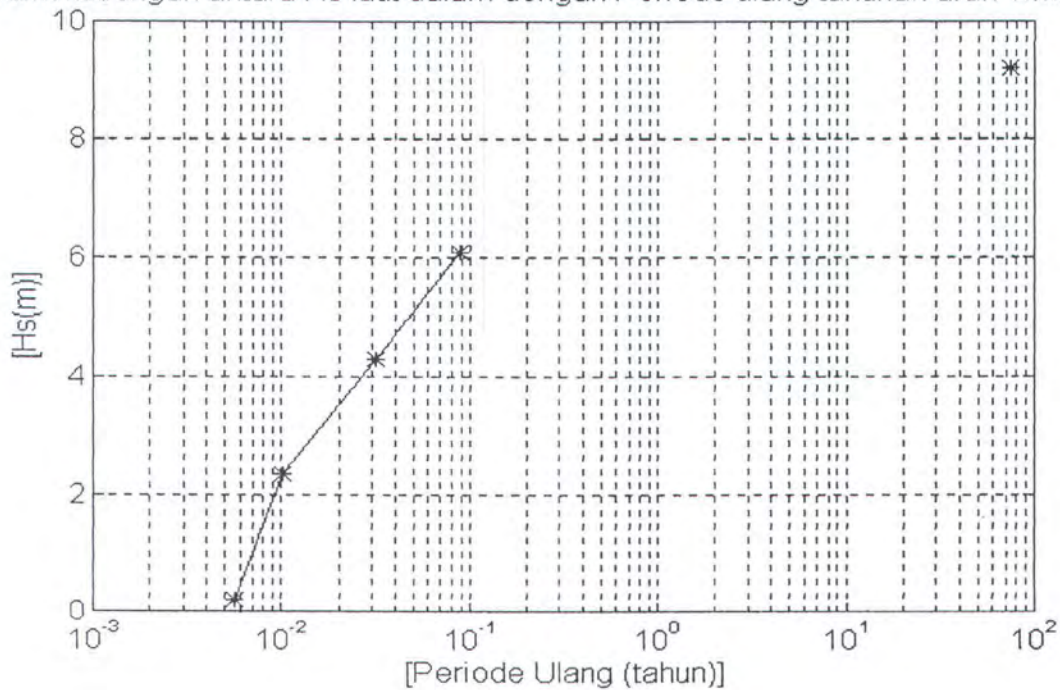
1. Pasang Surut Astronomis

Grafik hubungan antara H_s laut dalam dengan Periode ulang tahunan arah Utara



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode kejadian ulang arah Utara

Grafik hubungan antara H_s laut dalam dengan Periode ulang tahunan arah Timur Laut



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara H_s laut dalam dengan periode kejadian ulang arah Timur Laut

2. Tsunami
3. Gempa Bumi
4. Wave Setup
5. Badai Laut
6. Variasi Iklim

Metode pengukuran yang dilakukan adalah metode Admiralty untuk mendapatkan beberapa konstanta harmonik pasang surut melalui persamaan elevasi pasang surut sebagai berikut :

$$A(t) = S_0 + \sum_{n=1}^{n=k} A_n \cos(Wt - Gn)$$

Di mana :

$A(t)$: Amplitudo

S_0 : Tinggi muka air laut rata-rata (mean sea level) di atas titik nol Peilschaal.

A_n : Amplitudo komponen harmonis pasang surut

G_n : Phase komponen harmonis pasang surut

n : Konstanta yang diperoleh dari hasil perhitungan astronomis

t : Waktu

Hasil pengolahan terhadap data pengukuran selama 15 hari di dermaga Boom, Tuban yang dilakukan oleh Pusat Pengembangan Geologi Laut (PPGL) diperoleh beberapa konstanta harmonik pasang surut seperti pada tabel 4.6

Tabel 4.6 Konstanta harmonik pasang surut di perairan Tuban

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A (cm)	90	6	5	2	48	10	-	-	2	10
g (x)	-	163	59	48	148	77	-	-	59	148

Untuk mendapatkan tipe pasang surut yang terjadi harus diketahui terlebih dahulu bilangan Formzal (F). Bilangan tersebut dapat ditentukan berdasarkan data harmonik pasang surut dengan persamaan :

$$F = \frac{AK1 + AO1}{AM2 + AS2} = 5,3$$

Berdasarkan harga di atas, maka tipe pasang surut yang terjadi di perairan Tuban dapat dikelompokkan 'Tunggal', artinya kejadian pasang dan surut hanya terjadi sekali dalam satu hari. Analisa lebih lanjut dari harga konstanta harmonik, koreksi tahunan pasang surut dan koreksi lokasi pengukuran, dapat ditentukan muka surutan (LWS), tinggi air rata-rata (MSL) dan tinggi air maksimum (HWS). Adapun hasilnya adalah sebagai berikut :

- LWS (Air terendah) = 0,35 m
- HWS (Tinggi air maksimum) = 2,00 m

IV.4 ARUS LAUT

Data dari data sekunder (Aisyah N.S.,1993) di dapatkan bahwa :

- Pada bulan Februari sebagian besar arus laut bergerak ke arah Tenggara dengan kecepatan berkisar antara 0,01 m/s sampai dengan 0,408 m/s
- Pada bulan Agustus sebagian besar arus laut bergerak ke arah Barat Daya, Barat Laut dengan kecepatan antara 0,01 m/s sampai dengan 0,3 m/s.
- Pada bulan Nopember sebagian besar arus laut bergerak ke arah Tenggara dengan kecepatan antara 0,01 m/s sampai dengan 0,24m/s.

Data dari US NAVY di dapatkan keadaan arus di pantai Tuban sebagai berikut :

- Pada bulan Februari-Maret arus laut sebagian besar bergerak ke arah Tenggara dengan kecepatan berkisar antara 0,2 – 1,0 m.

- Pada bulan Agustus arus laut sebagian besar bergerak ke arah Barat Laut dengan kecepatan antara 0,2 – 1,0 m.
- Pada bulan Nopember arus laut bergerak ke arah Tenggara dengan kecepatan antara 0,2 – 1,0 m.

Jika kedua data diatas dibandingkan akan terdapat arah gerakan arus laut yang sama.

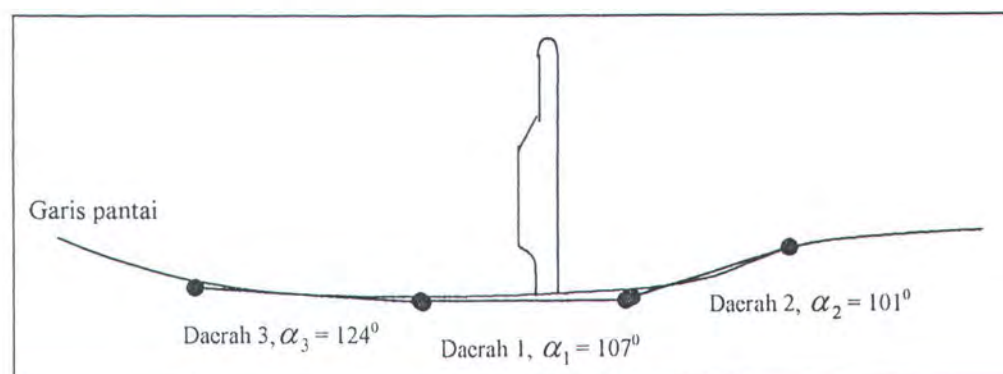
IV.5 SEDIMEN TRANSPORT

Adanya interaksi antara gelombang, angin, arus laut, pasang surut, keadaan konsentrasi sedimen, gradasi sedimen dasar laut akan menyebabkan timbulnya gerakan sedimen transport di daerah pantai, angkutan atau pergerakan sedimen akan terus berlangsung di sepanjang pantai akibat adanya interaksi-interaksi tersebut di atas.

Dalam data sedimen transport yang telah diketahui (Aisyah,1993) dimana menggunakan metode CERC Formula, posisi garis pantai menentukan arah dan besarnya sedimen yang terjadi. Garis pantai ini dibagi-bagi menjadi beberapa bagian. Pada data garis pantai di bagi dalam 3 bagian seperti terlihat pada gambar 4.5.

Skematisasi garis pantai :

- Garis pantai -1, $\alpha_1 = 107^0$
- Garis pantai -2, $\alpha_2 = 101^0$
- Garis pantai -3, $\alpha_3 = 124^0$

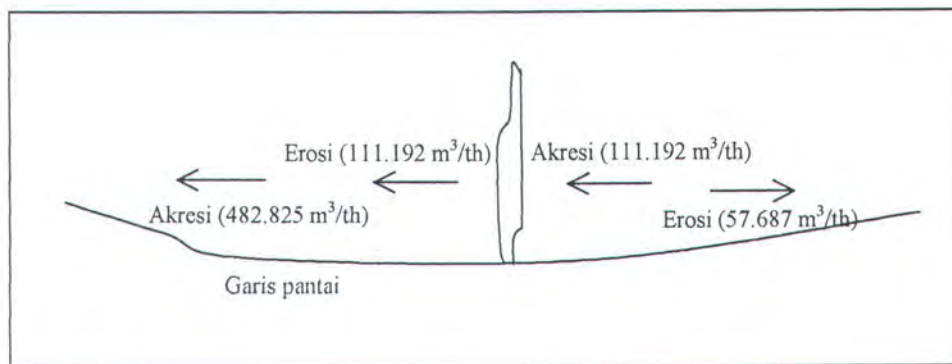


Gambar 4.5 Skematisasi garis pantai daerah pier Tuban

Berdasarkan dari data hasil perhitungan sedimen transport (*pada Lampiran*) dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pada daerah sebelah barat pier terjadi akresi (pengendapan) sebesar 482.825 m³/tahun dan erosi sebesar 111.192,8 m³/tahun
- Pada daerah sebelah timur pier terjadi akresi sebesar 111.192,8 m³/tahun dan erosi sebesar 57.587 m³/tahun.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6



Gambar 4.6 Keadaan pantai di daerah pier Tuban akibat sedimen transport

IV.6 DATA TOPOGRAFI

Dari data topografi yang telah dipakai (Aisyah,1993) ternyata untuk daerah pier pelabuhan Tuban dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Pada bulan Agustus terlihat bahwa pada daerah sebelah Timur pier terjadi sedimentasi yang relatif kecil sedangkan di daerah Barat walaupun tidak terjadi erosi namun secara garis besar bentuk kontur antara sebelah Barat dan Timur terdapat perbedaan di mana sebelah Barat bentuk kontur relatif stabil/lurus. Hal ini dapat terjadi karena adanya pengaruh gelombang pada periode ini bergerak dari arah Timur Laut.

-
- Pada bulan Nopember dapat terlihat kondisi kontur sekitar pier yaitu pada bagian Timur dan Barat pier relatif stabil/lurus., hal ini terjadi karena arah gelombang pada saat ini bergerak secara bergantian dari arah Timur Laut dan Barat Laut .
 - Pada bulan Februari bentuk topografi di sekitar sebelah barat pier terjadi perubahan, hal ini karena adanya sedimentasi. perubahan elevasi dari dasar laut akibat adanya pengaruh gelombang yang datang dari arah Barat Laut.
 - Namun secara garis besar bahwa akibat pengaruh gelombang terjadi perubahan di sekitar Pier pelabuhan Tuban, sedimentasi dan erosi terjadi secara bergantian di sebelah Barat dan Timur Pier.



BAB V

**ANALISA PERHITUNGAN
PERENCANAAN MONOLITH BREAKWATER**

BAB V

ANALISA PERHITUNGAN PERENCANAAN

MONOLIT BREAKWATER

V.1 PENDAHULUAN

Dari data yang telah diperoleh pada BAB III dapat diketahui bahwa data tersebut belum dapat digunakan untuk merencanakan suatu struktur bangunan, dalam hal ini untuk perencanaan bangunan pelindung pantai tipe monolit. Pada tinggi gelombang rencana tahunan dipergunakan arah gelombang dominan dari arah Barat laut, Utara, dan Timur laut, hal ini akibat frekwensi kejadiannya lebih banyak dibandingkan arah gelombang lainnya seperti yang dijelaskan pada Bab IV.2.3. Oleh karena itu selanjutnya data tersebut perlu diolah lebih lanjut sehingga dapat dipakai sebagai bahan dasar dari perhitungan perencanaan breakwater tersebut.

V.2 PERHITUNGAN REFRAKSI GELOMBANG

Dalam pergerakannya dari laut dalam ke laut dangkal, gelombang akan terpengaruh peristiwa refraksi dan pendangkalan. Refraksi adalah peristiwa berbeloknya arah gelombang karena adanya pengaruh bentuk kontur kedalaman dasar laut. Dengan adanya refraksi dan pendangkalan ini tinggi gelombang dan arah gelombang akan berubah. Kecepatan dan panjang gelombang juga akan berkurang secara proposional.

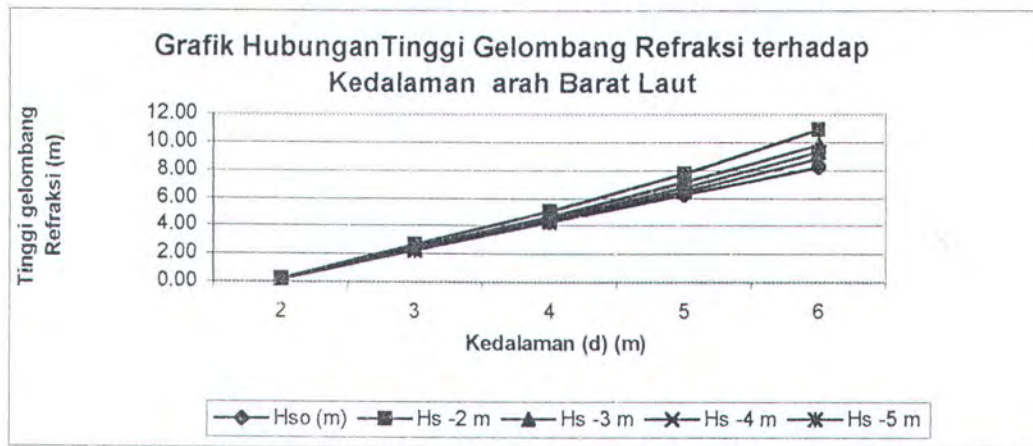
Sebelum menentukan tinggi gelombang akibat refraksi perlu ditentukan kedalaman yang ditinjau. Dalam hal ini sesuai dengan keadaan bathymetri kondisi pantai dalam hal ini pier Tuban. Kedalaman yang ditinjau yaitu pada -2 m LWS, -3 m LWS, -4m LWS, dan -5 m LWS.

Perhitungan refraksi dilakukan dengan program MS Excell dan langkah perhitungan dapat dilihat pada *Lampiran C*. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.1 s/d 5.18.

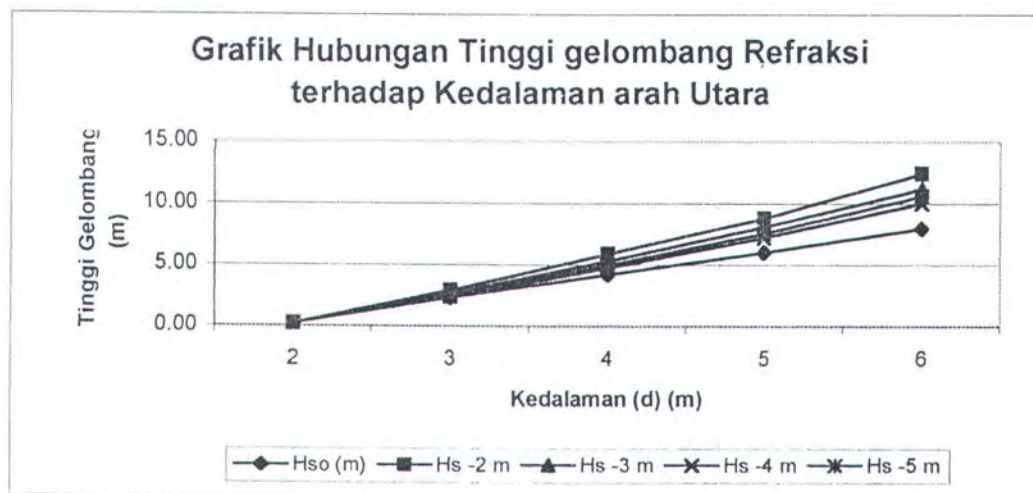
Dari tabel-tabel tersebut didapatkan grafik tinggi gelombang hasil refraksi dari arah Barat Laut, Utara dan Timur Laut serta kedalaman yang dapat dilihat pada gambar 5.1 s/d 5.3 dimana tinggi gelombang yang digunakan merupakan merupakan tinggi gelombang maksimum karena pada struktur monolit adalah struktur rigid sehingga $H_s = H_{max}$. Dari grafik dapat diamati juga bahwa makin besar kedalaman maka makin kecil tinggi gelombang refraksi. Dalam perencanaan bangunan pelindung pantai ini direncanakan umur rencana bangunan adalah 25 tahun sehingga dapat diamati pada gambar 5.4 tentang grafik hubungan tinggi gelombang refraksi terhadap kedalaman kala ulang 25 tahun bahwa pada kala ulang 25 tahunan makin besar kedalaman maka makin kecil tinggi gelombang.

V.3 PERHITUNGAN GELOMBANG PECAH

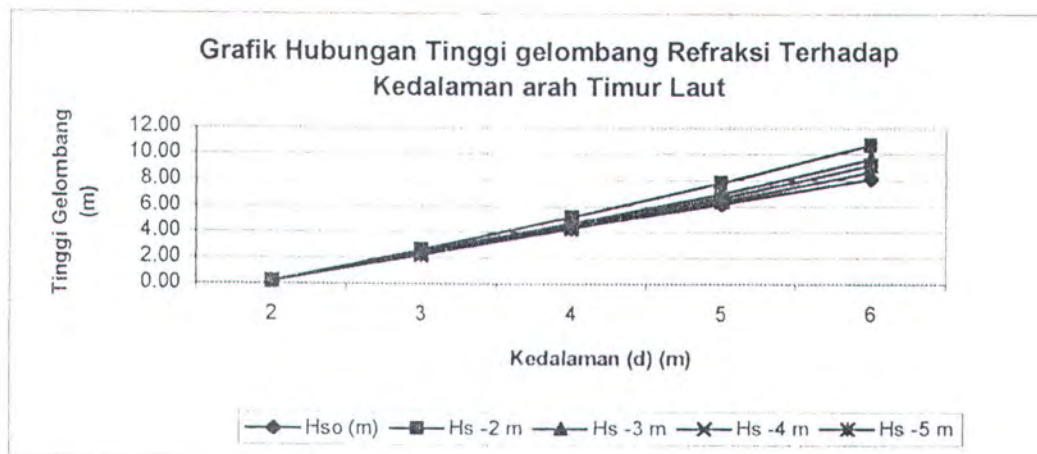
Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar.



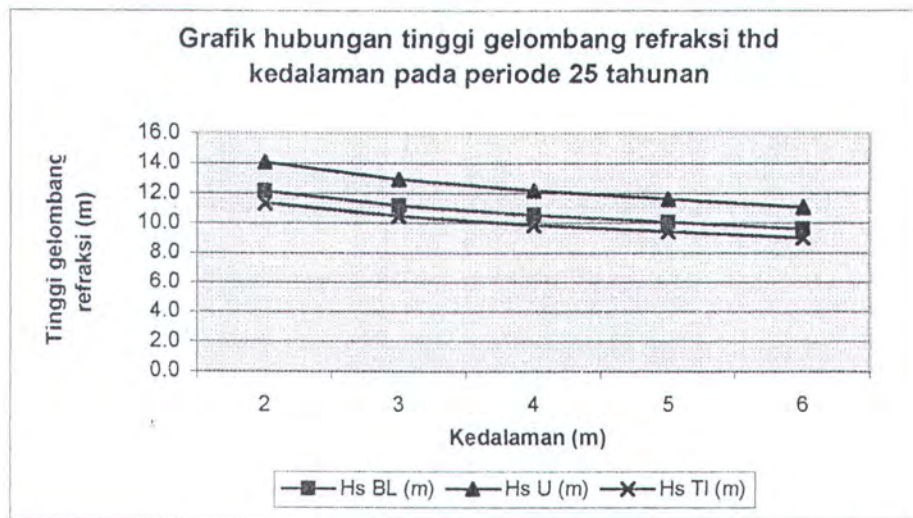
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap Kedalaman arah Barat Laut



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap Kedalaman arah utara



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Tinggi Gelombang Refraksi terhadap Kedalaman arah Timur laut



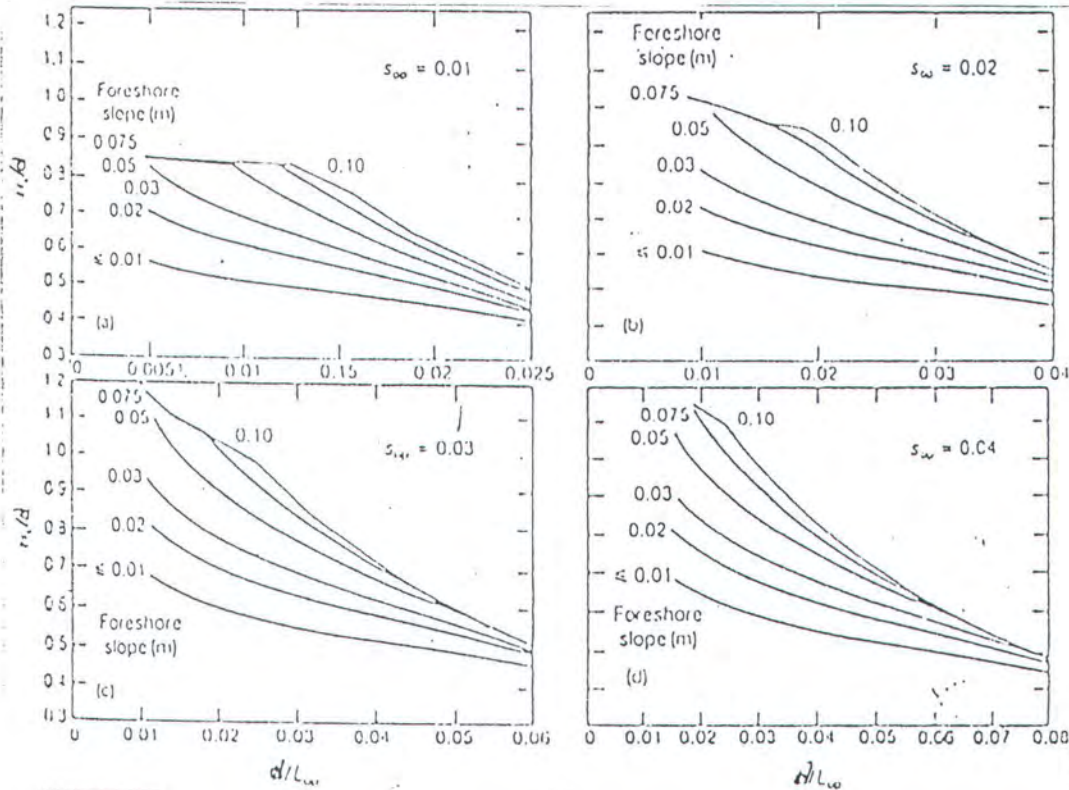
Gambar 5.4 Grafik hubungan H refraksi terhadap d pada kala ulang 25 tahunan

Untuk menentukan tinggi dan gelombang saat pecah dengan data-data sebagai berikut :

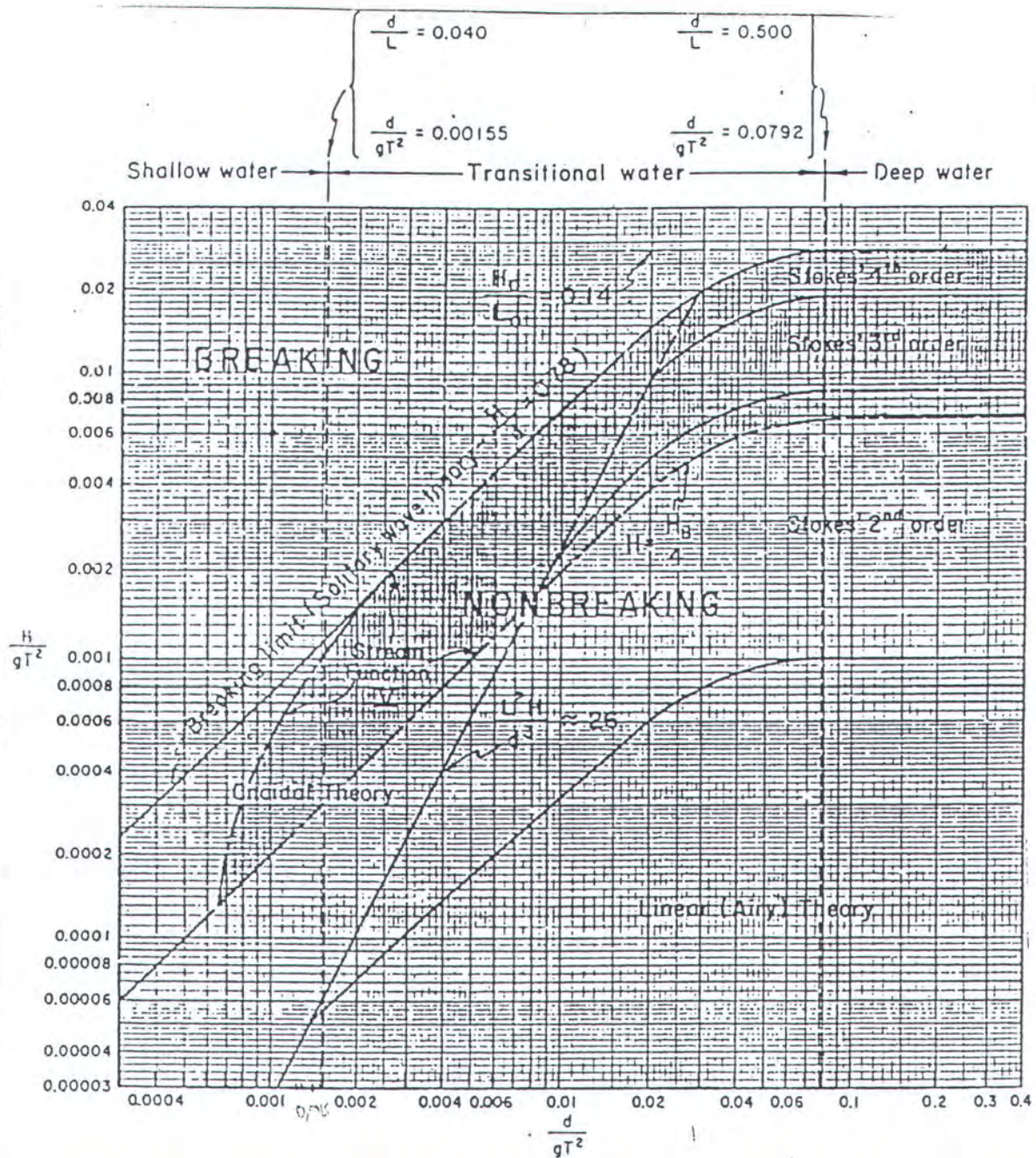
- Umur rencana 25 tahun, arah gelombang dari Barat Laut
- $H_{os} = 9,20 \text{ m}$; $T = 14 \text{ detik}$
- $L_{op} = 1,56 T^2 = 1,56 (14)^2 = 305,76 \text{ m}$
- $m = 0,125 \% = 0,00125$
- Kecuraman gelombang (S_{op}) = $H_{os}/L_{op} = 0.03$
- Tentukan kedalaman yang ditinjau (d), misal = 2 m
- $d/L_{op} = 0.0065$
- Dengan melihat gambar 5.5, diperoleh $H_b/d = 0.75$
- Hitung $H_b = 2 \times 0.75 = 1.5 \text{ m}$
- $d/gT^2 = 2/[9.81 \times (14)^2] = 0.001$
- $H = K_r \cdot K_s \cdot H_{refraksi} = 12.13 \text{ m}$, maka $H/gT^2 = 0.0063$

- Dengan melihat gambar 5.6, maka kita dapat menentukan dengan kedalaman 2 m sudah terjadi gelombang pecah.

Jadi besarnya tinggi gelombang pecah adalah 1.5 m. Adapun langkah perhitungan dapat dilihat pada *Lampiran D* dan hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.19 s/d 5.21.



Gambar 5.5 Grafik Perhitungan Gelombang Pecah
(Sumber : Delft Hidroulics Laboratory)



Gambar 5.6 Regions of Validity for various wave theories (SPM, Vol.1, 1984)

Tabel 5.1 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Barat laut pada kedalaman 2 m

Range kec. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	8.00	2	99.84	12.48	0.020	0.05763	34.704147	4.3380184	0.2457886	14.228445	0.8540989	1.186	0.20
5.0 - 10.0	2.38	45	9.00	2	126.36	14.04	0.016	0.05132	38.971161	4.330129	0.2180815	12.596372	0.8512028	1.258	2.54
10.0 - 15.0	4.25	45	11.00	2	188.76	17.16	0.011	0.04233	47.247815	4.2952559	0.1769933	10.194675	0.8476141	1.391	5.01
15.0 - 20.0	6.25	45	12.25	2	234.0975	19.11	0.009	0.03821	52.342319	4.2728423	0.1581034	9.0968274	0.846235	1.468	7.76
20.0 - 25.0	8.25	45	13.50	2	284.31	21.06	0.007	0.03363	59.470711	4.4052378	0.1479095	8.5057969	0.8455595	1.541	10.75

Tabel 5.2 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Utara pada kedalaman 2 m

Range Gel. (Hs)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.21	0	3.00	2	14.04	4.68	0.142	0.1766	11.325028	3.7750094	0	0	1	0.727	0.15
5.0 - 10.0	2.30	0	8.90	2	123.5676	13.884	0.016	0.05132	38.971161	4.3787822	0	0	1	1.251	2.88
10.0 - 15.0	4.20	0	10.60	2	175.2816	16.536	0.011	0.04233	47.247815	4.457341	0	0	1	1.366	5.74
15.0 - 20.0	6.00	0	12.10	2	228.3996	18.876	0.009	0.03821	52.342319	4.3258115	0	0	1	1.459	8.75
20.0 - 25.0	8.00	0	13.40	2	280.1136	20.904	0.007	0.03362	59.4884	4.4394328	0	0	1	1.537	12.30

Tabel 5.3 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Timur Laut pada kedalaman 2 m

Range Gel. (Hs)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	3.00	2	14.04	4.68	0.142	0.1766	11.325028	3.7750094	0.5703707	34.776078	0.9278301	0.727	0.13
5.0 - 10.0	2.36	45	9.00	2	126.36	14.04	0.016	0.05132	38.971161	4.330129	0.2180815	12.596372	0.8512028	1.256	2.52
10.0 - 15.0	4.30	45	10.75	2	180.2775	16.77	0.011	0.04233	47.247815	4.3951456	0.1853212	10.679862	0.8482754	1.375	5.02
15.0 - 20.0	6.10	45	12.30	2	236.0124	19.188	0.008	0.03598	55.586437	4.5192225	0.1665402	9.5867181	0.8468303	1.471	7.60
20.0 - 25.0	8.10	45	13.50	2	284.31	21.06	0.007	0.03362	59.4884	4.4065481	0.1479535	8.5083457	0.8455623	1.541	10.55

Tabel 5.4 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Barat Laut pada kedalaman 3 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	8.00	3	99.84	12.48	0.030	0.07135	42.046251	5.2557814	0.2977884	17.324815	0.8606459	1.072	0.18
5.0 - 10.0	2.38	45	9.00	3	126.36	14.04	0.024	0.0634	47.318612	5.2576236	0.2647935	15.354685	0.8563184	1.137	2.31
10.0 - 15.0	4.25	45	11.00	3	188.76	17.16	0.016	0.05132	58.456742	5.3142493	0.2189826	12.649284	0.8512908	1.257	4.55
15.0 - 20.0	6.25	45	12.25	3	234.0975	19.11	0.013	0.04612	65.047702	5.3100165	0.1964808	11.331243	0.8492137	1.327	7.04
20.0 - 25.0	8.25	45	13.50	3	284.31	21.06	0.011	0.04233	70.871722	5.2497572	0.1762649	10.152276	0.8475578	1.393	9.74

Tabel 5.5 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Utara pada kedalaman 3 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.21	0	3.00	3	14.04	4.68	0.214	0.23696	12.660365	4.2201215	0	0	1	0.657	0.14
5.0 - 10.0	2.30	0	8.90	3	123.5676	13.884	0.024	0.0634	47.318612	5.316698	0	0	1	1.131	2.60
10.0 - 15.0	4.20	0	10.60	3	175.2816	16.536	0.017	0.05296	56.646526	5.3440119	0	0	1	1.234	5.18
15.0 - 20.0	6.00	0	12.10	3	228.3996	18.876	0.013	0.04612	65.047702	5.3758431	0	0	1	1.313	7.88
20.0 - 25.0	8.00	0	13.40	3	280.1136	20.904	0.011	0.04233	70.871722	5.2889345	0	0	1	1.388	11.10

Tabel 5.6 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Timur Laut pada kedalaman 3 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	3.00	3	14.04	4.68	0.214	0.23696	12.660365	4.2201215	0.6376232	39.614815	0.9580737	0.657	0.13
5.0 - 10.0	2.36	45	9.00	3	126.36	14.04	0.024	0.0634	47.318612	5.2576236	0.2647935	15.354685	0.8563184	1.137	2.30
10.0 - 15.0	4.30	45	10.75	3	180.2775	16.77	0.017	0.05296	56.646526	5.2694442	0.222186	12.837462	0.851607	1.243	4.55
15.0 - 20.0	6.10	45	12.30	3	236.0124	19.188	0.013	0.04612	65.047702	5.288431	0.1948867	11.238103	0.849076	1.329	6.88
20.0 - 25.0	8.10	45	13.50	3	284.31	21.06	0.011	0.04233	70.871722	5.2497572	0.1762649	10.152276	0.8475578	1.393	9.56

Tabel 4.7 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Barat Laut pada kedalaman 4 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	8.00	4	99.84	12.48	0.040	0.08329	48.024973	6.0031216	0.3401321	19.88492	0.8671442	0.998	0.17
5.0 - 10.0	2.38	45	9.00	4	126.36	14.04	0.032	0.07385	54.163846	6.0182051	0.3030993	17.643847	0.861401	1.058	2.16
10.0 - 15.0	4.25	45	11.00	4	188.76	17.16	0.021	0.05912	67.658999	6.1508181	0.2534548	14.682047	0.8549708	1.17	4.25
15.0 - 20.0	6.25	45	12.25	4	234.0975	19.11	0.017	0.05296	75.528701	6.1656082	0.2281394	13.187553	0.8522085	1.235	6.58
20.0 - 25.0	8.25	45	13.50	4	284.31	21.06	0.014	0.04791	83.489877	6.1844353	0.2076475	11.984525	0.8502132	1.296	9.09

Tabel 4.8 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Utara pada kedalaman 4 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.21	0	3.00	4	14.04	4.68	0.285	0.29868	13.392259	4.4640864	0	0	1	0.611	0.13
5.0 - 10.0	2.30	0	8.90	4	123.5676	13.884	0.032	0.07385	54.163846	6.0858254	0	0	1	1.052	2.42
10.0 - 15.0	4.20	0	10.60	4	175.2816	16.536	0.023	0.062	64.516129	6.0864273	0	0	1	1.148	4.82
15.0 - 20.0	6.00	0	12.10	4	228.3996	18.876	0.018	0.05456	73.313783	6.0589903	0	0	1	1.227	7.36
20.0 - 25.0	8.00	0	13.40	4	280.1136	20.904	0.014	0.04791	83.489877	6.2305878	0	0	1	1.291	10.33

Tabel 4.9 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Timur Laut pada kedalaman 4 m

Range kec.. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	3.00	4	14.04	4.68	0.285	0.29868	13.392259	4.4640864	0.6744841	42.414104	0.9786541	0.611	0.12
5.0 - 10.0	2.36	45	9.00	4	126.36	14.04	0.032	0.07385	54.163846	6.0182051	0.3030993	17.643847	0.861401	1.058	2.15
10.0 - 15.0	4.30	45	10.75	4	180.2775	16.77	0.022	0.06057	66.039293	6.1431901	0.2590275	15.012366	0.8556244	1.157	4.26
15.0 - 20.0	6.10	45	12.30	4	236.0124	19.188	0.017	0.05296	75.528701	6.1405448	0.2262884	13.078649	0.8520196	1.237	6.43
20.0 - 25.0	8.10	45	13.50	4	284.31	21.06	0.014	0.04791	83.489877	6.1844353	0.2076475	11.984525	0.8502132	1.296	8.93

Tabel 3.10 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Barat Laut pada kedalaman 5 m

Range kec. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	8.00	5	99.84	12.48	0.050	0.09416	53.101105	6.6376381	0.3760832	22.09128	0.8735739	0.944	0.16
5.0 - 10.0	2.38	45	9.00	5	126.36	14.04	0.040	0.08329	60.031216	6.6701351	0.3359329	19.629277	0.8664497	1.001	2.06
10.0 - 15.0	4.25	45	11.00	5	188.76	17.16	0.026	0.06614	75.597218	6.8724744	0.2831919	16.450801	0.8586553	1.107	4.04
15.0 - 20.0	6.25	45	12.25	5	234.0975	19.11	0.021	0.05912	84.573748	6.9039795	0.2554605	14.800875	0.8552042	1.168	6.24
20.0 - 25.0	8.25	45	13.50	5	284.31	21.06	0.018	0.05456	91.642229	6.7883132	0.2279232	13.174832	0.8521863	1.226	8.62

Tabel 3.11 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Utara pada kedalaman 5 m

Range kec. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.21	0	3.00	5	14.04	4.68	0.356	0.36347	13.756294	4.5854312	0	0	1	0.578	0.12
5.0 - 10.0	2.30	0	8.90	5	123.5676	13.884	0.040	0.08329	60.031216	6.7450805	0	0	1	0.995	2.29
10.0 - 15.0	4.20	0	10.60	5	175.2816	16.536	0.029	0.07007	71.357214	6.7318127	0	0	1	1.086	4.56
15.0 - 20.0	6.00	0	12.10	5	228.3996	18.876	0.022	0.06057	82.549117	6.8222411	0	0	1	1.161	6.97
20.0 - 25.0	8.00	0	13.40	5	280.1136	20.904	0.018	0.05456	91.642229	6.8389723	0	0	1	1.221	9.77

Tabel 3.12 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Timur Laut pada kedalaman 5 m

Range kec. angin(m/s)	Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
0 - 5	0.20	45	3.00	5	14.04	4.68	0.356	0.36347	13.756294	4.5854312	0.6928183	43.853615	0.9902414	0.578	0.11
5.0 - 10.0	2.36	45	9.00	5	126.36	14.04	0.040	0.08329	60.031216	6.6701351	0.3359329	19.629277	0.8664497	1.001	2.05
10.0 - 15.0	4.30	45	10.75	5	180.2775	16.77	0.028	0.06878	72.695551	6.7623768	0.2851355	16.566949	0.8589133	1.094	4.04
15.0 - 20.0	6.10	45	12.30	5	236.0124	19.188	0.021	0.05912	84.573748	6.8759145	0.2533878	14.678078	0.8549631	1.17	6.10
20.0 - 25.0	8.10	45	13.50	5	284.31	21.06	0.018	0.05456	91.642229	6.7883132	0.2279232	13.174832	0.8521863	1.226	8.46

Tabel 5.13. Ringkasan perhitungan Refraksi gelombang arah Barat Laut

Range Kecepatan (m/s)	Frek (%)	Kum Frek (%)	T (3 jam)	R=1/t	H50 (m)	Hs-2 m	Hs-3 m	Hs-4 m	Hs-5 m
0-5	3.40	19.20	560.64	0.001784	0.70	0.21	0.19	0.18	0.18
5.0-10.0	12.00	15.80	461.36	0.002168	2.33	2.60	2.4	2.27	2.19
10.0-15.0	3.00	2.80	110.96	0.009012	4.25	5.05	4.66	4.41	4.23
15.0-20.0	0.50	0.80	23.36	0.042808	6.25	7.73	7.17	6.77	6.43
20.0-25.0	0.30	0.10	2.92	0.342466	8.25	10.39	9.81	9.31	8.82

Tabel 5.14. Ringkasan perhitungan Refraksi gelombang arah Utara

Range Kecepatan (m/s)	Frek (%)	Kum Frek (%)	T (3 jam)	R=1/t	H50 (m)	Hs-2 m	Hs-3 m	Hs-4 m	Hs-5 m
0-5	1.70	7.50	219	0.004566	0.21	0.19	0.19	0.2	0.2
5.0-10.0	3.60	5.80	169.360	0.005905	2.30	2.96	2.71	2.45	2.56
10.0-15.0	1.40	2.70	64.240	0.015667	4.70	5.89	5.41	4.76	4.91
15.0-20.0	0.50	0.80	23.360	0.042808	6.00	8.33	8.1	7.71	7.53
20.0-25.0	0.10	0.30	8.760	0.114155	8.00	12.49	11.59	10.04	10.62

Tabel 5.15. Ringkasan perhitungan Refraksi gelombang arah Timur laut

Range Kecepatan (m/s)	Frek (%)	Kum Frek (%)	T (3 jam)	R=1/t	H50 (m)	Hs-2 m	Hs-3 m	Hs-4 m	Hs-5 m
0-5	2.00	8.70	254.04	0.003936	0.20	0.17	0.18	0.18	0.19
5.0-10.0	4.30	6.70	195.6400	0.005111	2.36	2.59	2.33	2.26	2.18
10.0-15.0	2.00	2.40	70.0800	0.014269	4.30	5.12	4.65	4.42	4.21
15.0-20.0	0.40	0.40	11.6300	0.085516	6.10	7.81	6.99	6.61	6.33
20.0-25.0	0.00	0.00	0.0000	0.000000	8.10	10.69	9.63	9.14	8.66

Tabel 5.16 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Barat laut 25 tahunan

Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
9.20	45	14.00	2	305.76	21.84	0.007	0.03363	59.470711	4.2479079	0.1375	7.9051	0.8449	1.5610	12.1341
9.20	45	14.00	3	305.76	21.84	0.010	0.04032	74.404762	5.3146259	0.1721	9.9082	0.8472	1.4350	11.1852
9.20	45	14.00	4	305.76	21.84	0.013	0.04612	86.730269	6.1950192	0.2006	11.5705	0.8496	1.3500	10.5517
9.20	45	14.00	5	305.76	21.84	0.016	0.05132	97.427903	6.959136	0.2253	13.0213	0.8519	1.2880	10.0949
9.20	45	14.00	6	305.76	21.84	0.020	0.05763	104.11244	7.436603	0.2408	13.9321	0.8535	1.2260	9.6273

Tabel 5.17 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Utara 25 tahunan

Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
9.00	0	14.00	2	305.76	21.84	0.007	0.03363	59.47071	4.24791	0.0000	0.0000	1.0000	1.5610	14.0490
9.00	0	14.00	3	305.76	21.84	0.010	0.04032	74.40476	5.31463	0.0000	0.0000	1.0000	1.4350	12.9150
9.00	0	14.00	4	305.76	21.84	0.013	0.04612	86.73027	6.19502	0.0000	0.0000	1.0000	1.3500	12.1500
9.00	0	14.00	5	305.76	21.84	0.016	0.05132	97.42790	6.95914	0.0000	0.0000	1.0000	1.2880	11.5920
9.00	0	14.00	6	305.76	21.84	0.020	0.05763	104.11244	7.43660	0.0000	0.0000	1.0000	1.2260	11.0340

Tabel 5.18 Perhitungan Refraksi gelombang laut dalam dengan arah Timur Laut 25 tahunan

Hso (m)	qo	T (s)	d (m)	Lo (m)	Co (m/s)	d/Lo	d/L (Tabel)	L (m)	C=L/T (m/s)	sin q	q	Kr	Ks	Hs (m)
8.60	45	13.80	2	297.0864	21.528	0.007	0.03363	59.47071	4.30947	0.1415	8.1375	0.8452	1.5610	11.3460
8.60	45	13.80	3	297.0864	21.528	0.010	0.04032	74.40476	5.39165	0.1771	10.2005	0.8476	1.4350	10.4605
8.60	45	13.80	4	297.0864	21.528	0.013	0.04612	86.73027	6.28480	0.2064	11.9132	0.8501	1.3500	9.8697
8.60	45	13.80	5	297.0864	21.528	0.017	0.05132	97.42790	7.05999	0.2319	13.4085	0.8526	1.2880	9.4440
8.60	45	13.80	6	297.0864	21.528	0.020	0.05763	104.11244	7.54438	0.2478	14.3475	0.8543	1.2260	9.0077

Tabel 5.19 Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Barat Laut

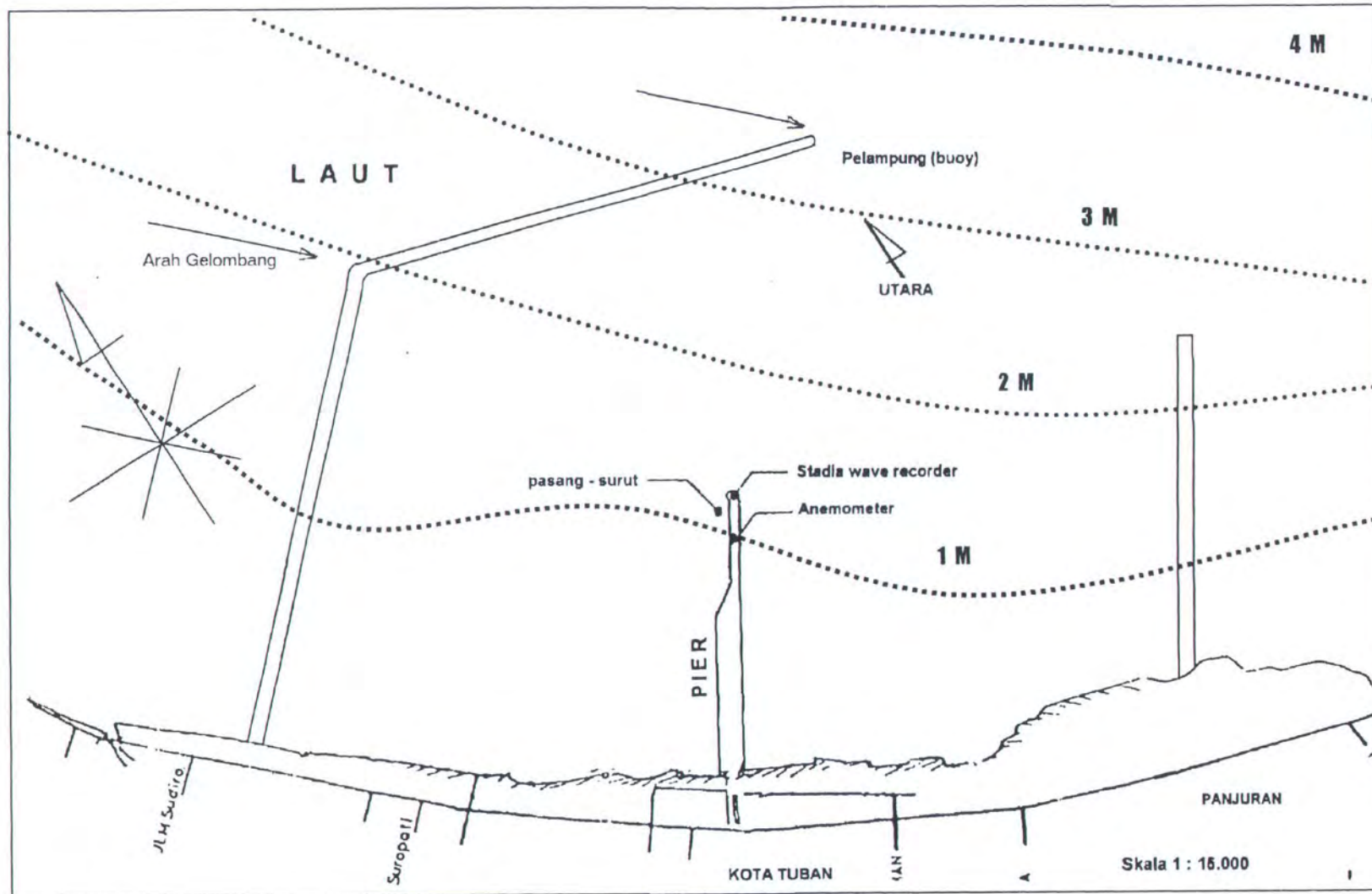
Umur rencana (Tahun)	d (m)	Hos (m)	T (detik)	Lop (m)	Sop = Hos/Lop	d/Lop	Slope	Hb/d (Tabel)	Hb (m)	Keterangan
25	2	9.2	14	305.76	0.030089	0.006541	0.00125	0.750	1.500	B.W
25	3	9.2	14	305.76	0.030089	0.009812	0.00125	0.700	2.100	Non B.W
25	4	9.2	14	305.76	0.030089	0.013082	0.00125	0.650	2.600	Non B.W
25	5	9.2	14	305.76	0.030089	0.016353	0.00125	0.625	3.125	Non B.W
25	6	9.2	14	305.76	0.030089	0.019623	0.00125	0.600	3.600	Non B.W

Tabel 5.20 Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Utara

Umur rencana (Tahun)	d (m)	Hos (m)	T (detik)	Lop (m)	Sop = Hos/Lop	d/Lop	Slope	Hb/d (Tabel)	Hb (m)	Keterangan
25	2	9	14	305.76	0.029435	0.006541	0.00125	0.750	1.500	B.W
25	3	9	14	305.76	0.029435	0.009812	0.00125	0.700	2.100	Non B.W
25	4	9	14	305.76	0.029435	0.013082	0.00125	0.650	2.600	Non B.W
25	5	9	14	305.76	0.029435	0.016353	0.00125	0.625	3.125	Non B.W
25	6	9	14	305.76	0.029435	0.019623	0.00125	0.600	3.600	Non B.W

Tabel 5.21 Perhitungan Tinggi Gelombang Pecah arah Timur Laut

Umur rencana (Tahun)	d (m)	Hos (m)	T (detik)	Lop (m)	Sop = Hos/Lop	d/Lop	Slope	Hb/d (Tabel)	Hb (m)	Keterangan
25	2	8.6	13.8	297.0864	0.028948	0.006732	0.00125	0.725	1.450	B.W
25	3	8.6	13.8	297.0864	0.028948	0.010098	0.00125	0.700	2.100	Non B.W
25	4	8.6	13.8	297.0864	0.028948	0.013464	0.00125	0.650	2.600	Non B.W
25	5	8.6	13.8	297.0864	0.028948	0.01683	0.00125	0.610	3.050	Non B.W
25	6	8.6	13.8	297.0864	0.028948	0.020196	0.00125	0.600	3.600	Non B.W



GAMBAR 5.7. LAYOUT PERENCANAAN BREAKWATER MONOLIT

V.4 PERHITUNGAN ANALISIS DIFRAKSI

Analisis difraksi ini digunakan untuk mengetahui panjang breakwater yang efektif. Oleh karena itu perhitungan harus melihat posisi breakwater yang direncanakan. Pada perencanaan breakwater di pier Tuban ini layout breakwater berada di sebelah barat dan timur pier Tuban seperti pada gambar 5.7.

Dipilihnya layout breakwater seperti gambar 5.7 karena breakwater digunakan untuk perlindungan dari adanya erosi dan sedimentasi pada pelabuhan/pier Tuban seperti dijelaskan pada Sub Bab IV.5 dan IV.6 dan merupakan pilihan layout yang paling aman dan sesuai dengan kondisi pier Tuban, selain sebagai perlindungan erosi/sedimentasi bisa juga dimanfaatkan untuk menurunkan tinggi gelombang pada pier Tuban.

Dari hasil analisa difraksi dengan menggunakan program spreadsheet Ms. Excell diperoleh panjang efektif breakwater adalah 600 m untuk arah gelombang dari Barat Laut dan Timur Laut. Perhitungan analisa difraksi tersebut dapat dilihat pada tabel 5.22 dan 5.23.

IV.4 DESAIN TINGGI GELOMBANG

Dari berbagai tinggi gelombang yang telah dihitung di atas, maka dapat dibuat ringkasan tinggi gelombang yang selanjutnya dapat ditentukan tinggi gelombang rencana sebagai dasar perhitungan.. Ringkasan perhitungan dapat dilihat pada tabel 5.24 s/d 5.26.

Tabel 5. 22 Perhitungan analisa difraksi arah Barat Laut

HA = 0.6 Ho = 2.1
 dA = 3
 T = 14
 gT²/2phi = 306.0168
 d/Lo = 0.009803

tabel	d/L	
d/Lo	d/L	0.0399
0.0098	0.0399	
0.0099	0.04011	

L = 75.18783
 KD=HA/Ho = 0.2857

X	a	b	r	sin beta	beta	r/L	KD
600	2	70	70.02857	0.999592	88.32787	0.931382	0.2856
610	5	70	70.17834	0.997459	85.87982	0.933374	0.2584
615	30	70	76.15773	0.919145	66.77453	1.0129	0.2182
616	41	15	43.65776	0.343582	20.08715	0.580649	0.2321

teta = 135 derajat

r/L\beta	60	85.87982	75
0.5	0.28		0.32
0.933374		0.258432	
1	0.21		0.23

r/L\beta	75	88.32787	90
0.5	0.32		0.36
0.931382		0.285558	
1	0.23		0.28

r/L\beta	60	66.77453	75
1	0.21		0.23
1.0129		0.218188	
2	0.14		0.17

r/L\beta	15	20.08715	30
0.5	0.24		0.25
0.580649		0.232101	
1	0.17		0.18

Tabel 5.23 Perhitungan analisa difraksi arah Timur laut

dA	3	Ho	2.1	Timur Laut
T	13.8	HA	0.6	
gT2/2phi	297.3359			
d/Lo	0.01009			

tabel	d/L
d/Lo	d/L
0.01000	0.04032
0.01100	0.04233
L	74.37456
KD=HA/Ho	0.2857

KD 0.2857

X	a	b	r	sin beta	beta	r/L	KD
175	0	50	50	1	89.96379	0.672273	0.3323
180	5	50	50.24938	0.995037	84.25549	0.675626	0.3152
185	10	50	50.9902	0.980581	78.65841	0.685586	0.2973
190	15	50	52.20153	0.957826	73.27126	0.701873	0.2800
186	11	50	51.1957	0.976644	77.56136	0.68835	0.2936
187	12	50	51.41984	0.972387	76.47349	0.691363	0.2899
188	13	50	51.66237	0.967823	75.39544	0.694624	0.2861

r/L\beta	75	77.56136	90
0.5	0.32		0.36
0.6883496		0.293571	
1	0.23		0.28

r/L\beta	75	76.47349	90
0.5	0.32		0.36
0.6913633		0.28986	
1	0.23		0.28

teta = 30 derajat

r/L\beta	75	84.25549	90
0.5	0.32		0.36
0.675626		0.315236	
1	0.23		0.28

r/L\beta	75	89.96379	90
0.5	0.32		0.36
0.672273		0.332331	
1	0.23		0.28

r/L\beta	75	78.65841	90
0.5	0.32		0.36
0.685586		0.297255	
1	0.23		0.28

r/L\beta	60	73.27126	75
0.5	0.28		0.32
0.701873		0.279983	
1	0.21		0.23

r/L\beta	75	75.39544	90
0.5	0.32		0.36
0.694624		0.286125	
1	0.23		0.28

Jadi panjang breakwater efektif pada arah Timur laut = 188 m

Tabel 5.24 Desain Tinggi Gelombang (Arah Barat Laut)

Umur rencana (th)	d (m)	H_{os} (m)	H_{ref} (m)	H_{break} (m)	$H_{rencana}$ (m)
25	2	9.20	12.13	1.500	1.500
25	3	9.20	11.19	2.100	2.100
25	4	9.20	10.55	2.600	2.600
25	5	9.20	10.09	3.125	3.125
25	6	9.20	9.63	3.600	3.600

Tabel 5.25 Desain Tinggi Gelombang (Arah Utara)

Umur rencana (th)	d (m)	H_{os} (m)	H_{ref} (m)	H_{break} (m)	$H_{rencana}$ (m)
25	2	9.00	14.05	1.500	1.500
25	3	9.00	12.92	2.100	2.100
25	4	9.00	12.15	2.600	2.600
25	5	9.00	11.59	3.125	3.125
25	6	9.00	11.03	3.600	3.600

Tabel 5.26 Desain Tinggi Gelombang (Arah Timur Laut)

Umur rencana (th)	d (m)	H_{os} (m)	H_{ref} (m)	H_{break} (m)	$H_{rencana}$ (m)
25	2	8.60	11.35	1.450	1.500
25	3	8.60	10.46	2.100	2.100
25	4	8.60	9.87	2.600	2.600
25	5	8.60	9.44	3.050	3.125
25	6	8.60	9.01	3.600	3.600

V. 5 PEMILIHAN LETAK CROSS SECTION BREAKWATER

Tujuan dari penentuan cross section breakwater yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh gelombang yang terjadi pada area cross section breakwater tersebut. Dari hasil itu akan didapatkan desain dimensi dari breakwater tersebut pada satu area cross section.

Apabila tinggi gelombang yang terjadi pada satu cross section diketahui lebih kecil dari pada cross section yang lain, maka dimensi breakwater pada section tersebut dibuat lebih kecil dari dimensi breakwater pada sisi lain. Penetapan perbedaan dimensi breakwater pada sisi (area cross section) yang satu dengan yang lain akan menghasilkan desain yang lebih ekonomis, dengan mempertimbangkan pada tinggi gelombang rencana dan kemudahan pembangunan di lapangan. Jika perbedaan dimensi breakwater relatif sedikit, maka dimensi breakwater akan disamakan dengan dasar dimensi breakwater yang lebih kuat, hal ini dimaksudkan agar membuat bangunan lebih aman dan tidak menyulitkan pekerjaan di lapangan.

Pemilihan cross section dibuat dalam 4 kedalaman sesuai dengan letaknya yaitu :

- Cross section = -2 m LWS
- Cross section = -3 m LWS
- Cross section = -4 m LWS
- Cross section = -5 m LWS

V.6 DESAIN BREAKWATER MONOLITH

V.6.1 Elevasi Puncak Breakwater

Elevasi puncak atau crest elevation adalah tinggi puncak breakwater dihitung dari dasar laut. Ketinggian breakwater perlu direncanakan dengan baik agar diperoleh tinggi breakwater yang merata sepanjang seksi serta breakwater dapat berfungsi menjaga ketenangan perairan di dalam basin

Penentuan elevasi puncak breakwater tentu sangat tergantung pada tinggi muka air maksimum, tinggi gelombang rencana pada lokasi breakwater,

wave run-up dan overtopping. Dalam perencanaan breakwater pada pier Tuban ini wave run-up diabaikan dan gelombang non overtopping, sehingga hanya ditentukan oleh tinggi muka air maksimum dan tinggi gelombang rencana.

Seperti yang telah dijelaskan pada Sub-Bab II.3.2.2 tentang elevasi puncak, yaitu perhitungan crest elevation dilakukan dengan menggunakan perhitungan wave transmission. Perhitungan wave transmission dipengaruhi oleh Transmission Coefficient (K_t), dimana :

$$K_t = \frac{\text{Tinggi Gelombang Yang Dijinkan Di Dalam Pelabuhan}}{\text{Tinggi Gelombang Yang Terjadi Di Luar Pelabuhan}}$$

Maka sesuai buku Perencanaan Pelabuhan (Soedjono Kramadibrata, 1985) tentang batas ketenangan perairan basin untuk kapal dengan bobot mati sampai 3000 DWT, tinggi gelombang di dalam basin diambil sebesar 50 cm. Jadi, $K_t = 0,6/H_s$

Untuk selanjutnya contoh perhitungan elevasi puncak mengikuti prosedur sebagai berikut :

- Diketahui H_s umur rencana 25 tahun pada kedalaman (d) = 2 m = 1,5 m
- Di dapat harga K_t dengan memasukkan tinggi gelombang rencana di luar pelabuhan (H_s) ke dalam persamaan, $K_t = 0,4$
- Dari harga K_t yang diperoleh, ditentukan nilai $R_c/H_s = -0,3$
- Nilai crest level (R_c), didapat dengan mengalikan harga R_c/H_s dengan H_s , $R_c = -0,45$
- Dengan demikian tinggi total breakwater diukur dari LWS dapat diketahui dari penjumlahan = Crest Level(R_c) + HWS + Settlement, di desain penurunan tanah dasar/settlement sebesar 1 m.
- Ketinggian total = $-0,45 + 2,00 + 1,00 = 2,55$ m

Perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.27.

Tabel 5.27 Perhitungan Elevasi Puncak Breakwater diukur dari LWS

Umur rencana (Th)	d (m)	H _s (m)	HWS(m)	K _t	Rc/Hs	Rc (m)	Settle (m)	Crest El. (m)
25	2	1.5	2.00	0.4	-0.3	-0.45	1.00	2.55
25	3	2.1	2.00	0.286	0.1	0.21	1.00	3.21
25	4	2.6	2.00	0.231	0.2	0.52	1.00	3.52
25	5	3.125	2.00	0.192	0.3	0.9375	1.00	3.94
25	6	3.6	2.00	0.167	0.39	1.404	1.00	4.40

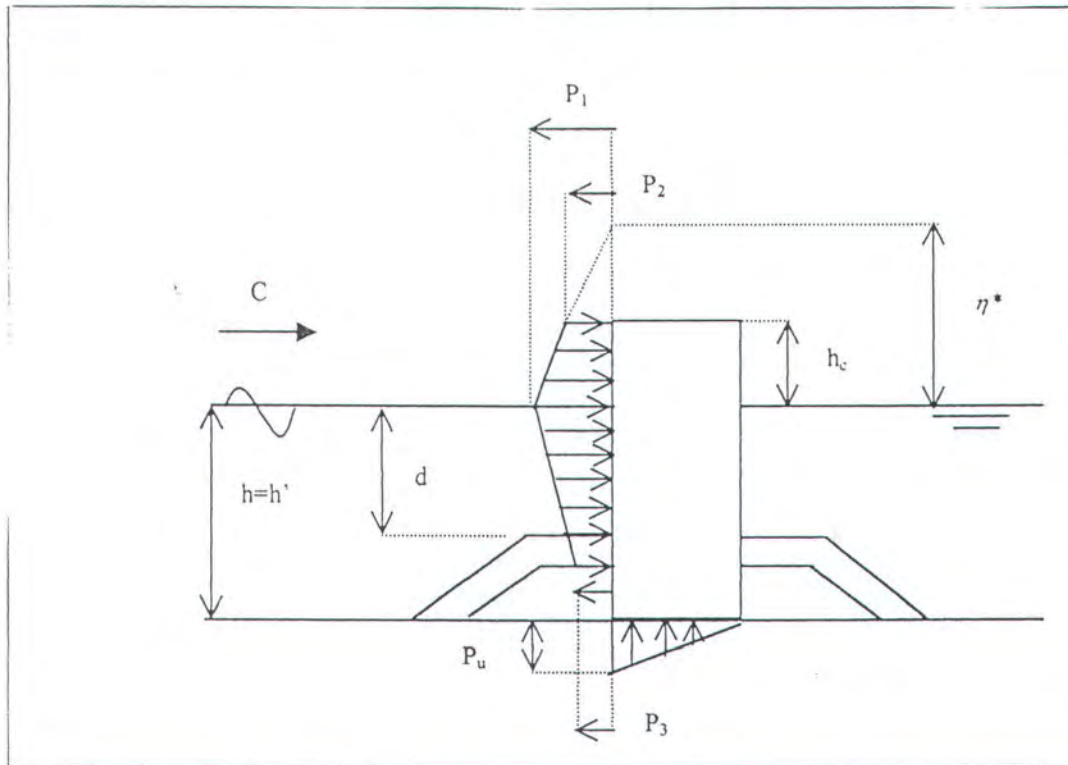
V.7 STABILITAS BREAKWATER

Pada pemecah gelombang tipe monolith yang mempunyai bentuk tegak (vertikal) ini stabilitas daya dukung tanah maupun konstruksi terhadap kemampuan menahan besarnya gelombang adalah sangat penting untuk diketahui guna mendapatkan konstruksi breakwater sesuai dengan umur perencanaan.

V.7.1 STABILITAS TERHADAP GULING

Kontrol stabilitas terhadap guling pada breakwater monolith ini dilakukan bersamaan dengan perhitungan mencari lebar dimensi breakwater pada tiap-tiap kedalaman dengan terlebih dahulu mencari besar gaya gelombang (wave crest) yang terjadi. Besarnya wave crest yang terjadi dapat dihitung dari tinggi elevasi puncak dan tinggi gelombang yang terjadi di muka breakwater, maka selanjutnya dengan menggunakan rumus stabilitas guling seperti telah dijelaskan pada Sub-Bab 2.4.1 akan di dapat lebar dimensi breakwater. Untuk lebih jelasnya langkah perhitungan wave crest dapat dilihat pada *Lampiran C*

Untuk perhitungan selanjutnya mencari lebar breakwater pada setiap kedalaman dengan menggunakan rumus kestabilan guling, perhitungannya sebagai berikut:



Gambar 5.8 Gaya-gaya Wave Crest
(Sumber: Nur Yuwono, 1985)

- $H_s = 1.5 \text{ m}$, $h = 5 \text{ m}$, $d = 2 \text{ m}$, crest elevation = 2.55 m , gaya gelombang ($F_w=P$) = 8.479808 t , berat jenis beton (ρ_b) = 2.4 t/m^3 , berat jenis air laut (ρ) = 1.025 t/m^3
- Hitung elevasi muka air terhadap puncak breakwater (h_c) = crest elevation - H_s , maka $h_c = 1.05 \text{ m}$

- Hitung lebar breakwater (b) = $\left[\frac{I_w \cdot h}{\rho_B g h_c - \frac{2I_w}{3h} + (\rho_B - \rho)gh} \right]^{1/2}$, maka didapatkan

lebar breakwater (b) = 0.59 = 0.6 m.

Ringkasan hasil perhitungan wave crest dan lebar dimensi breakwater dapat dilihat pada tabel 5.28.

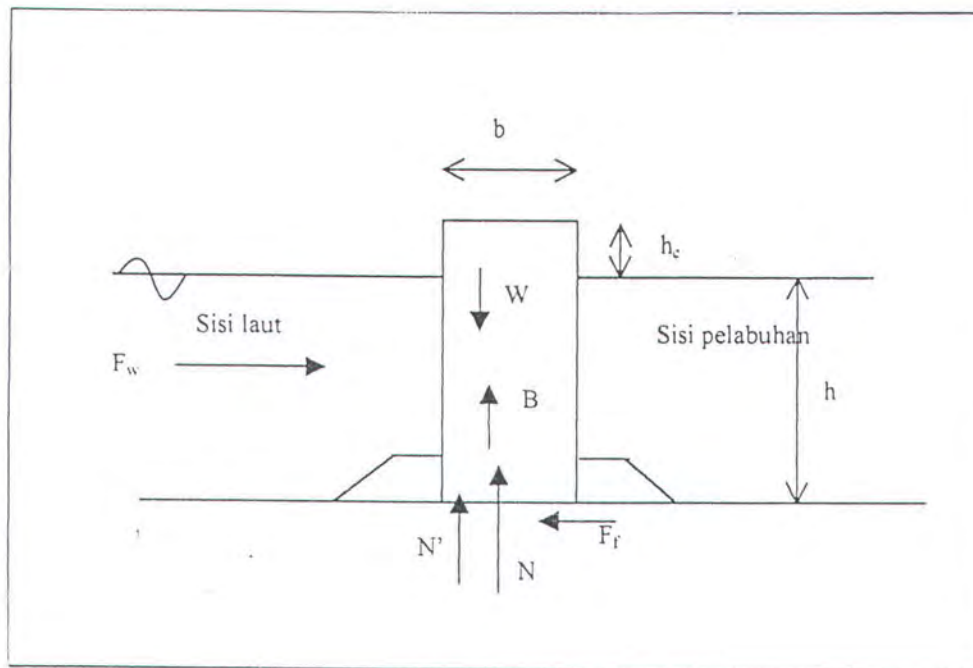
Tabel 5.28 Ringkasan perhitungan wave crest, tinggi dan lebar breakwater

Umr rencana (tahun)	Kedalaman (d) (m)	Fw=P (ton)	Tinggi (h) (m)	Lebar (b) (m)
25	2	8.48	2.55	0.59 = 0.60
25	3	16.03	3.21	0.87 = 0.90
25	4	23.68	3.52	1.15 = 1.20
25	5	33.30	3.94	1.43 = 1.40

V.7.2 STABILITAS TERHADAP GESER

Kontrol stabilitas geser pada breakwater monolit ini dihitung berdasarkan gaya-gaya yang mempengaruhi kestabilan dari breakwater. Gaya-gaya tersebut yaitu :

- Gaya gelombang (F_w) sebagai gaya pendorong dan gaya penahan (F_f) yang berasal dari resultan berat breakwater dengan gaya uplift yang bekerja pada dasar breakwater dikalikan dengan koefisien gesek (μ) antara dasar breakwater dengan tanah di bawahnya.



Gambar 5.9 Gaya-Gaya Pada Stabilitas Geser
(Sumber : Nur Yuwono, 1985)

Untuk lebih jelasnya langkah perhitungan dapat dilihat pada *Lampiran D*, salah satu hasil perhitungan stabilitas geser adalah sebagai berikut :

- Diketahui untuk kedalaman ($d=h$) = -2 LWS, gaya gelombang (F_w) = 8.48 t , elevasi muka air dengan dasar breakwater (h) = 4.55 m, lebar (b) = 0.6 m, elevasi muka air dengan puncak breakwater = 1.05 m.
- Hitung resultan gaya vertikal pada breakwater (N) dengan rumus = $W-B-N'$, dimana :

- W = berat breakwater = $\rho_b (h+h_c)(b)g$, dengan $\rho_b = 2.4 \text{ t/m}^3$ dan $g = 9.81 \text{ m/s}$, maka $W = 79.11 \text{ ton}$
- Untuk gaya angkat gelombang pada dasar breakwater (B) = $\rho g.b.h$, dengan $\rho = 1.03 \text{ t/m}^3$ di dapat $B = 27.58 \text{ ton}$

- Gaya tekan vertikal dinamik gelombang (N') = $\frac{F_w \cdot b}{h \cdot 2} = 0.56 \text{ t}$
- Dari harga W, B , dan N' maka harga N diketahui = 50.96 ton
- Hitung gaya geser pada dasar breakwater (F_r) = $\mu \times N$, dimana μ = koefisien geser = $\tan \phi$, $\phi = 35^\circ$, maka $\mu = 0.7$ t. jadi untuk gaya geser pada dasar breakwater (F_r) di dapat = 35.67 ton.
- Untuk angka keamanan maka $F_r = 35.67 \text{ t} \geq 1.2 F_w = 10.176 \text{ t}$.
- Berarti layak digunakan.

Untuk perhitungan lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.29.

Tabel 5.29 Perhitungan Stabilitas Geser

d (m)	H (m)	$F_w=P$ (t)	h_c (m)	b (b)	W (t)	B (t)	N' (t)	N (t)	Fr (t)	$1.2F_w \leq F_r$
2	4.55	8.48	1.05	0.6	79.11	27.58	0.56	50.96	35.67	OK
3	6.21	16.03	1.11	0.9	155.11	56.47	1.16	97.47	68.23	OK
4	7.52	23.68	0.92	1.2	238.45	91.18	1.89	145.38	101.77	OK
5	8.94	33.3	0.815	1.4	321.54	126.47	2.61	192.47	134.73	OK

V.7.3 STABILITAS TERHADAP SLIDING

Berdasarkan perhitungan program computer STABLE tampak bahwa kelongsoran tidak terjadi karena struktur tanah mampu menahan struktur monolit agar tidak sliding. Hal ini dapat dilihat pada angka keamanan yang terdapat pada hasil run out program STABLE dimana $> 1.2F_w$.

V.7.4 PENURUNAN DAYA DUKUNG TANAH (SETTLEMENT)

Perhitungan daya dukung tanah untuk suatu lapisan lempung yang tebal (lebih dari satu lapis), perhitungan penurunannya dibagi menjadi sub lapisan secara terpisah dan penurunan akhir merupakan jumlah penurunan total tiap lapisan tersebut.

Seperti yang telah dijelaskan pada Bab II perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$S_c = \sum \left[\frac{C_c \cdot H_i}{1 + e_o} \right] \times \text{Log} \left\{ \frac{p_{oi} + \Delta p_i}{p_{oi}} \right\}$$

di mana :

S_c = Penurunan total (cm)

C_c = Koefisien konsolidasi

H = Tebal lapisan lempung

e_o = Angka pori

p_o = Tekanan efektif overbuden

Δp_i = Penambahan tekanan vertikal

Pada perhitungan settlement besarnya q_o (=surcharge) diambil berdasarkan berat per meter persegi breakwater. Besarnya q_o akan semakin mengecil pada lapisan di bawahnya karena akibat adanya penyebaran tegangan. Contoh perhitungan sebagai berikut :

Diketahui : $\rho_{beton} = 2.4 \text{ t/m}^3$

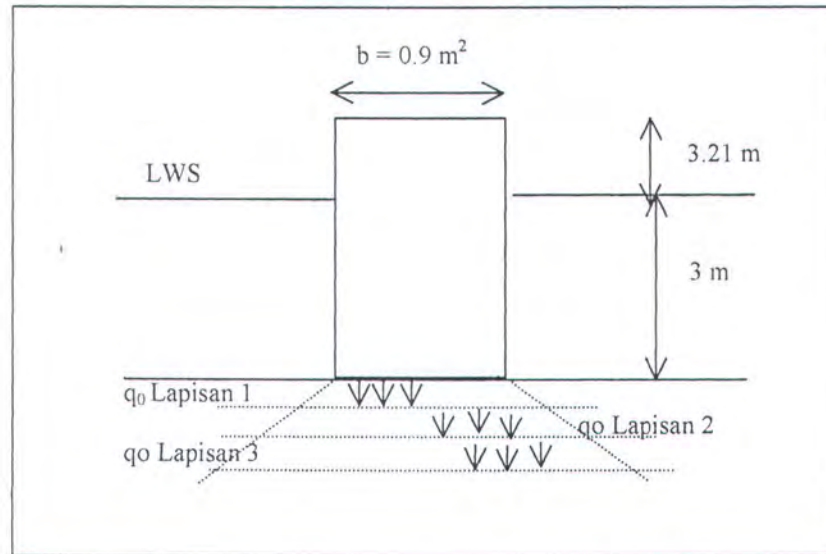
$$\rho \text{ beton dibawah air} = 2.4 - 1 = 1.4 \text{ t/m}^3$$

Pada kedalaman -3 m di bawah LWS :

$$q_o \text{ breakwater} = (3.21 * 2.4 * 0.9) + (3 * (2.4 - 1) * 2)$$

$$= 15.334 \text{ t/m}^3$$

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.34 dan 4.35.



Gambar 5.10 Penyebaran tegangan q_0 oleh lapisan di bawahnya

V.8 BREAKWATER MONOLIT

V.8.1 Struktur Utama

Pada perencanaan breakwater monolith ini digunakan caison box sebagai struktur utama. Pemilihan caison box/ bujursangkar dengan pertimbangan sebagai berikut :

- ◆ Bentuk ini dalam pelaksanaannya mudah dikerjakan dan berdasarkan pengalaman mendapatkan hasil yang cukup memuaskan.
- ◆ Untuk kestabilan pada saat penenggelaman, bentuk ini lebih baik dari pada caisson bentuk telur atau lingkaran.
- ◆ Kemampuan interlocking

Tebal setiap bagian dari kaison dapat direncanakan berdasarkan perhitungan persamaan dari hukum kestabilan benda mengapung yaitu :

$$\rho_{\text{benda cair}} \times V_{\text{benda cair yg dipindahkan}} > \rho_{\text{benda}} \times V_{\text{benda}} \quad (1)$$

di mana :

$$\rho = \text{berat jenis benda (air laut} = 1030 \text{ kg/m}^3, \text{ beton} = 2400 \text{ kg/m}^3)$$

$$V = \text{volume benda yang mengapung}$$

Pada pemakaian caison box, penempatan posisi caison box dari darat ke lokasi breakwater di laut dengan cara di apungkan, untuk dapat mengapung itu diperlukan perencanaan desain dari box caison tersebut.

Perhitungan desain tebal, tinggi, dan panjang caison box seperti gambar 5.11 adalah sebagai berikut :

- Dimensi volume caison box,

$$\bullet \text{ Kaki sambungan} = (t \times t \times h) \times 4 \quad (2)$$

$$\bullet \text{ Dinding depan belakang} = t \times (L-2t) \times h \times 2 \quad (3)$$

$$\bullet \text{ Dinding sambungan} = t \times h \times (b-2t) \times (L-4t) \quad (4)$$

$$\bullet \text{ Dasar caison} = (t \times 0.15) \times (b-2t) \times (L-4t) \quad (5)$$

Dimana :

$$L = \text{panjang tiap section}$$

$$b = \text{lebar kaison}$$

$$t = \text{tebal dinding kaison}$$

Dari persamaan tersebut didapatkan :

$$\begin{aligned} V_{\text{kaison}} &= \text{pers.(2)} + \text{pers.(3)} + \text{pers.(4)} + \text{pers.(5)} \\ &= t^2 \times (8t + 1.6-4b-2L-4h) + t \times (-0.8b-0.4L+bL+2hL+2hb) + 0.2bL \quad (6) \end{aligned}$$

$$V_{\text{benda cair yg dipindahkan}} = h \times b \times L \quad (7)$$

Selanjutnya pers.(6) dan (7) substitusi ke pers. (1) sehingga :

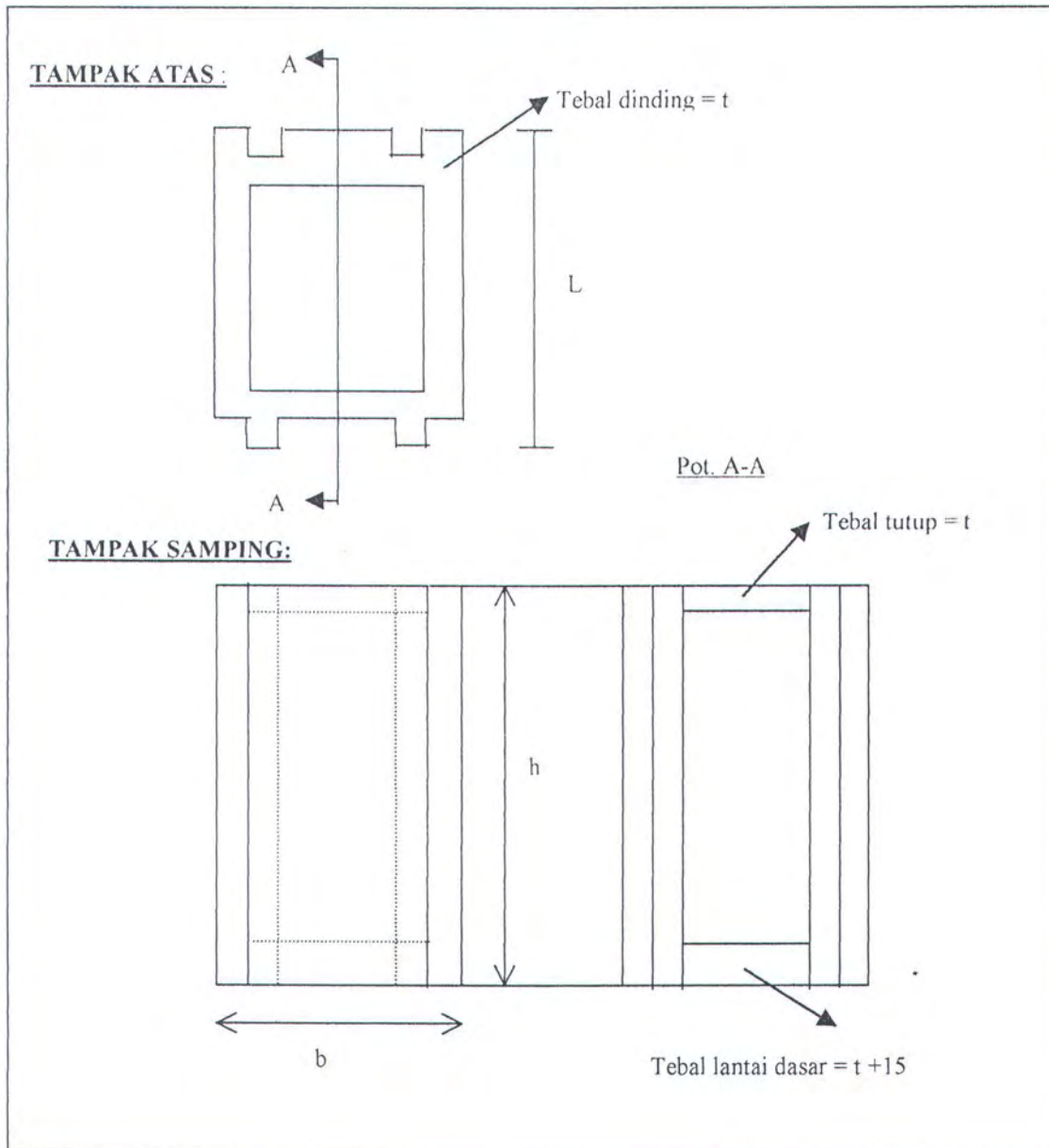
$$\rho_{\text{benda cair}} \times hbL > \rho_{\text{benda}} \times [t^2 \times (8t + 1.6-4b-2L-4h) + t \times (-0.8b-0.4L+bL+2hL+2hb) + 0.2bL] \quad (8)$$

hasil akhir dari perhitungan Matlab di dapat dari pers. (8) untuk $b = 1.40 \text{ m}$, $L = 6 \text{ m}$, $h = 3.94 \text{ m}$, $\rho_{\text{benda cair}} = 1030 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{benda}} = 2400 \text{ kg/m}^3$ yaitu :

$$t = 0.2215 \text{ m} \approx 0.2 \text{ m}$$

Dasar pemilihan panjang , lebar, dan tinggi konstruksi kaison untuk breakwater monolit yaitu :

- Lebar : tiap-tiap kedalaman, breakwater mempunyai lebar masing-masing, lebar breakwater didapat dari perhitungan guling.
- Tinggi : tiap-tiap kedalaman, breakwater mempunyai ketinggian masing-masing, tinggi breakwater didapat dari perhitungan elevasi puncak breakwater.
- Panjang : panjang breakwater tiap segmen = 10 m, dengan alasan :
 - jika terlalu panjang akan mengganggu penempatan breakwater mengingat kontur dasar laut yang tidak rata.
 - Jika terlalu pendek mengakibatkan sambungan antar segmen yang terjadi terlalu banyak dan ini akan mengurangi kekuatan dari breakwater menahan gelombang.



Gambar 5.11 Desain Caison Box

V.8.2 Bahan Pengisi

Pada breakwater monolit yang menggunakan kaisan sebagai struktur utama, bahan pengisi digunakan sebagai pemberat bagian dalam pada kaisan agar kaisan tenggelam, selain itu juga sebagai stabilitas struktur terhadap guling. Pengisi bagian dalam kaisan ini dapat berupa pasir yang dapat diambil dari daerah sekitar pier Tuban atau batu pecah.

V.8.3 Berm (Toe)

Berm (toe) adalah suatu bangunan yang digunakan untuk melindungi kaki-kaki breakwater serta menahan gerusan/ scouring pada pondasi breakwater. Pada sisi laut elevasi berm ditentukan $-1.5 \times$ tinggi gelombang ($-1.5H_s$), dan pada sisi kolam pelabuhan $-1 \times$ tinggi gelombang ($-1H_s$). Material berm dapat berupa beton atau batu. Lebar kedua kaki berm diambil $3/8 \times$ panjang gelombang. Ukuran dan berat batu berm yang dibutuhkan yaitu $1/10$ berat armour, tebal toe berm dibuat sebesar $1.5 D_{n50}$. Untuk mencari diameter armour digunakan formula Van der Meer (1990) yang lebih baru dibanding perumusan Hudson (1953). Perumusan Van der Meer adalah sebagai berikut :

$$D_{n50} = 1/(1.25-4.8Rp^*)$$

$$Rp^* = (Rc/Hs)(Sop/2\pi)^{1/2}$$

Maka diperoleh besarnya diameter batuan yang dibutuhkan. Sedangkan untuk menghitung berat batu rumus yang digunakan adalah :

$$D_{n50} = (W_{50}/\rho_a)^{1/3} \quad \text{dimana :}$$

$$W_{50} = \text{harga 50\% dari kurva distribusi berat batu}$$

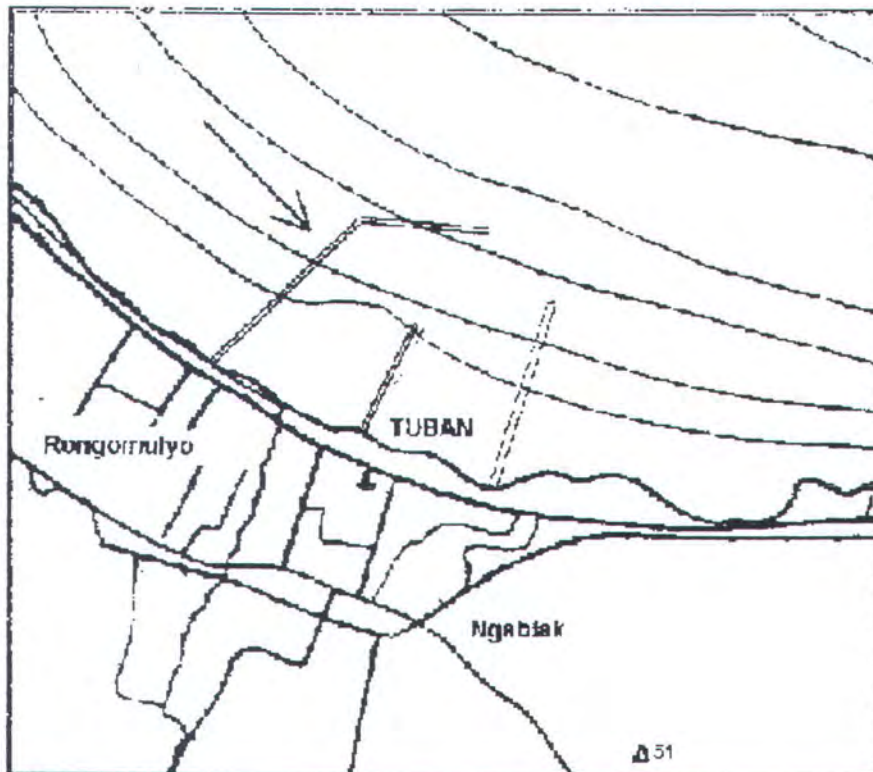
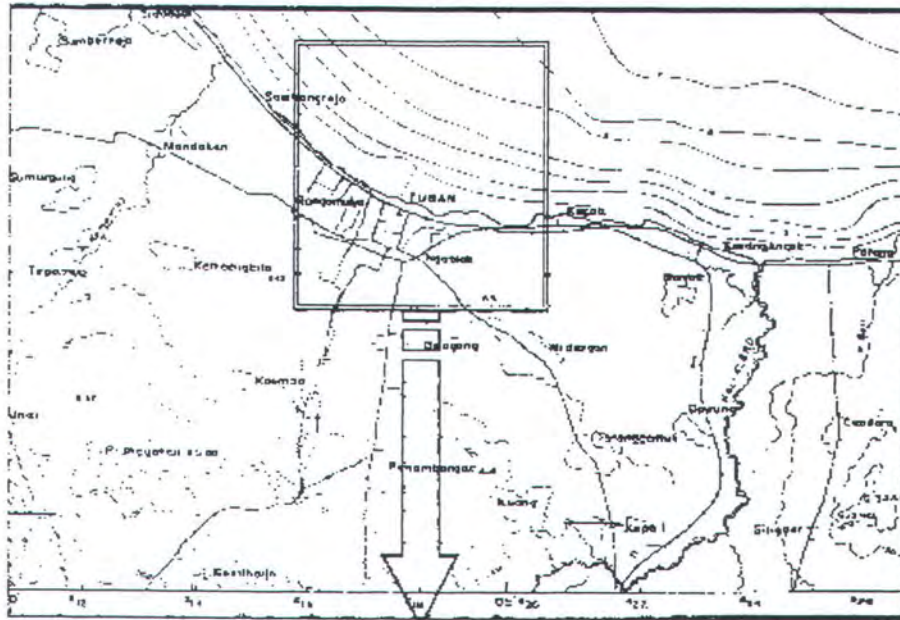
$$\rho_a = \text{massa jenis material (batu = } 2500 \text{ kg/m}^3\text{)}$$

maka : $W_{50} = (D_{n50})^3 \times \rho_a$

dari perumusan tersebut dapat diketahui tebal, berat, dan lebar berm. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada tabel 5.32

Tabel 5.32 Perhitungan berm

Hs	d	Rc/Hs	Sop	Rp*	Dn50	W50(kg)	tebal toe(m)	Lebar berm (m)
1.50	2	-0.3	0.034	-0.02207	0.7375	100.38	1.11	79.06
2.10	3	0.1	0.034	0.00736	0.8233	139.44	1.23	56.28
2.60	4	0.2	0.034	0.01472	0.8479	152.28	1.27	77.05
3.13	5	0.3	0.034	0.02207	0.8741	166.75	1.31	93.9



Gambar 12 Peta Bathimetri lokasi pier Tuban



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 KESIMPULAN

Dari hasil data sekunder maupun analisa perhitungan beban lingkungan yang meliputi : angin, pasang surut, sedimen transport, bathymetri, dan mekanika tanah maka dalam perencanaan bangunan pelindung pantai breakwater monolit dapat disimpulkan bahwa :

- Dalam perencanaan bangunan pelindung pantai yang harus dipertimbangkan adalah kondisi pantai yang ada dengan ditunjang oleh data lapangan atau data sekunder yang sudah ada.
- Dalam perencanaan layout bangunan yang dibuat untuk keadaan pantai yang diinginkan perlu mempertimbangkan :
 - kondisi gelombang, angin, arus dan sedimen transpor di lokasi studi
 - kondisi pantai, meliputi : bathimetry, topografi, dan kemiringan pantai.
 - Tujuan yang ingin diperoleh.
 - Kondisi masyarakat daerah lokasi studi
- Dalam analisa perhitungan refraksi gelombang dengan kala ulang 25 tahunan dapat diamati bahwa makin besar kedalaman maka makin kecil tinggi gelombang yang terjadi.
- Pada perhitungan analisa difraksi dapat ditentukan panjang breakwater dengan menggunakan program komputer Ms. Excell sepanjang 600 m

untuk $\theta = 135^0$ dengan arah gelombang dari Barat Laut, sedangkan untuk $\theta = 30^0$ dengan arah gelombang dari Timur laut sepanjang 188 m.

- Penempatan layout breakwater monolith tersebut berdasarkan data sedimen transport yang menunjukkan bahwa di sebelah barat pier terjadi akresi sebesar $482.825 \text{ m}^3/\text{th}$, erosi sebesar $111.192 \text{ m}^3/\text{th}$, sedangkan sebelah timur , akresi sebesar $111.192 \text{ m}^3/\text{th}$, dan erosi sebesar $57.687 \text{ m}^3/\text{th}$ sehingga penempatan layout yang direncanakan adalah seperti pada gambar 4.7.
- Perencanaan struktur monolith breakwater dengan memakai dasar perhitungan pada tinggi gelombang rencana kala ulang 25 tahunan pada pier Tuban menghasilkan elevasi puncak gelombang breakwater pada masing-masing kedalaman -2 m , -3 m , -4 m , dan -5 m setinggi 2.55 m LWS , 3.21 m LWS , 3.52 m LWS dan 3.94 m LWS .
- Pada perhitungan stabilitas dipakai kontrol stabilitas untuk guling sehingga mendapatkan lebar breakwater yang efektif pada masing-masing kedalaman -2 m , -3 m , -4 m , dan -5 m sebesar 0.6 m , 0.9 m , 1.2 m , dan 1.4 m .
- Pada perhitungan stabilitas geser dapat diperoleh gaya geser (F_r) sebesar 35.67 ton untuk kedalaman -2 m , 68.23 ton untuk kedalaman -3 m , 101.77 ton untuk kedalaman -4 m , dan 134.73 ton untuk kedalaman -5 m . Semua gaya geser tersebut sudah memenuhi kriteria $F_r \geq 1.2 F_w$.
- Kedalaman posisi breakwater optimum adalah pada kedalaman -3 m , hal ini disesuaikan dengan saat akan terjadinya gelombang pecah pada analisa perhitungan gelombang pecah dan dari latar belakang perencanaan ini

yaitu untuk mengurangi laju sedimen transport dan mencegah erosi dan akresi yang berlebihan pada lokasi studi.

- Pada stabilitas terhadap sliding, struktur tidak mengalami kelongsoran karena angka keamanan pada analisa sliding lebih besar dari angka keamanan yang di anjurkan yang sebesar $1.2 F_w$ sedangkan kontrol untuk daya dukung tanah menghasilkan bahwa penurunan tanah pada kedalaman penempatan optimum breakwater $d = -3$ m LWS adalah sebesar 447.26 cm dengan waktu penurunan 10.43 tahun.

VI.2 SARAN

Dalam melakukan perencanaan bangunan pelindung pantai monolith tipe kaison dilakukan secara bertahap mulai analisa data, refraksi, difraksi, dan seterusnya pasti melibatkan banyak batasan-batasan, dimana hal tersebut tidak bisa ditetapkan dengan pasti dan banyak menggunakan asumsi. Dengan adanya asumsi-asumsi ini maka hasil yang akan dicapai tidak akan sampai pada kondisi yang ideal sehingga diperlukan pertimbangan sebagai berikut :

- Dalam analisa gelombang sebaiknya menggunakan data gelombang dibanding data angin karena lebih akurat dalam proses perhitungannya.
- Dalam analisa data atau perencanaan digunakan suatu program komputer untuk memudahkan perencana dalam proses analisisnya.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Coastal Engineering Research Center, (CERC), 1984, U.S Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station, **Shore Protection Manual Volume I dan II**, Washington DC, USA.
- Das, Braja. M., 1988, Penerjemah Endah, N.M & Indrasurya, B.M, **Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis), Jilid 1**, University of Texas, Erlangga.
- Etter, D.M, 1993, **Engineering Problem Solving with MathLab**, Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jerseys.
- Goda, Yoshimi, 1985, **Random Seas and Design of Maritime Structures**, University of Tokyo Pers, Tokyo,Japan.
- Kramadibrata, Soedjono, 1985, **Perencanaan Pelabuhan**, Ganeca Exact, Bandung,
- Pratikto,W.A, Pramono, H.D, dan Suntoyo, 1997, **Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut**, BPFE, Yogyakarta.
- Sariwati, A.N, 1993, **Evaluasi Tingkah Laku Pantai di Sekitar Pier Tuban**, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Triatmodjo, Bambang, 1996, **Pelabuhan**, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 1999, **Teknik Pantai**, Beta Offset, Yogyakarta.

Yuwono, Nur, 1982, **Teknik Pantai Volume I dan II**, Biro Penerbit Keluarga
Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Yuwono, Nur, 1997, **Teknik Pantai Dan Pelabuhan**, Kumpulan Naskah
Ilmiah, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.



LAMPIRAN

DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS - Sukoharjo, Surabaya 60111 Telp. 5928105, 5994251-5 Faks. 1194-7 Telex 34224 Fax 5997254

TUGAS AKHIR (OE.1701)

No. 071/K03.4.4/PP/99

MATA KULIAH	:	TUGAS AKHIR
NOMOR MATA KULIAH	:	OE.1701
NAMA MAHASISWA	:	Yuniar Ariyawan
NOMOR POKOK	:	4394100032
TGL.DIBERIKAN TUGAS	:	3 April 1999
TGL.SELESAINYA TUGAS	:	3 September 1999
DOSEN PEMBIMBING	:	1. Dr.Ir. W.A. Pratiko,MSc 2. Ir. Arief Suroso,MSc

THEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN/JUDUL TUGAS AKHIR :

PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI MONOLIT TIPE KAISON DI PIER
TUBAN

DIBUAT RANGKAP 4 :

1. Mahasiswa ybs.
2. Dekan FTK-ITS
3. Dosen Pembimbing
4. Arsip Jurusan



Surabaya, 3 April 1999

Ketua Jurusan ;

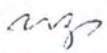
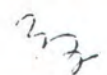


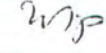
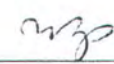



Dr. Ir. Eko Budi Djatmiko, MSc

NIP. 131 407 592

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Yuniar Ariawan
NRP : 4394100032
DOSEN PEMBIMBING I : Prof.Dr.Ir. W. A.Pratikto, MSc
DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Arief Suroso, MSc.
TUGAS DIMULAI : April 1999
TUGAS DISELESAIKAN : Februari 2000
JUDUL TUGAS AKHIR : PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG
PANTAI MONOLIT TIPE KAISON DI PIER
TUBAN

No	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing I	Tanda Tangan Dosen Pembimbing II
1	02/11/1999	Bab I dan Bab II		
2	18/01/2000	Revisi Bab I Batasan Masalah, Bab II Dasar teori dan Bab III		
3	21/01/2000	Analisa Refraksi, Hb		
4	03/02/2000	BAB IV		
5	05/02/2000	Revisi BAB IV dan Kesimpulan		
6	/02/2000	Abstrak		
7	05/10/1999	BAB I dan BAB II		
8	03/01/2000	BAB III		
9	05/01/2000	Rev BAB III dan Lanjutkan		

		BAB IV		
10	17/01/2000	BAB IV	<i>W/S</i>	
11	02/02/2000	Lanjutkan Kesimpulan	<i>W/S</i>	
12	05/02/2000	Kesimpulan	<i>W/S</i>	
13	/02/2000	ABSTRAK	<i>W/S</i>	
14	/ 02/2000	Perbaiki Abstrak		

CATATAN : Lembar Presentasi dan Konsultasi ini harus ditunjukkan pada saat Ujian TA



DEPARTEMEN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Kampus ITS Sukohilo, Surabaya 60111 Telp. 541274-541254 psw. 144 Telex 34224 Fax 5917254

LEMBAR PRESENSI KONSULTASI TUGAS AKHIR

NAMA MAHASISWA : Yuniar Ariawan
NOMOR POKOK : 4394100032
DOSEN PEMBIMBING I : Ir. W. A. Pratikto, MSc, PhD
DOSEN PEMBIMBING II : Ir. Arjef Suroso, MSc
TUGAS DIMULAI : ^{APRIL} Agustus 1998
TUGAS DISELESAIKAN :
Judul tugas akhir : Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Monolith Tipe
Kaisan di Pier Tuban

No	Tanggal	Konsultasi Mengenai	Tanda Tangan Dosen Pembimbing I	Tanda Tangan dosen pembimbing II
1	5/10/99	Bab I & II		
2	3/1/2000	BAB III		
3	5/2000	lanjutan BAB IV		
4	17/2000	BAB IV		
5	2/2000	lanjutan		
6	5/2000	Kesimpulan + Abstrak		
7	11/2000	Rev Abstrak + Selesai		
8				
9				
10				
11				

Catatan : Lembar Presentasi dan Konsultasi ini harus ditunjukkan pada saat ujian TA

Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

FORMULIR UNTUK MAJU UJIAN TUGAS AKHIR

Setelah mengevaluasi kemajuan yang telah dicapai oleh :

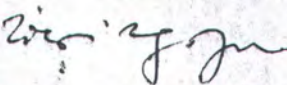
Nama mhs : YUNIAR ARIWAN
NRP : 4594 100 032
Judul TA : PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI MONOLITH
TIPE KASON di PIER TUBAN
Masa Berlaku
SK TA : _____

Maka kami dosen pembimbing dari mahasiswa tersebut mengijinkan untuk maju ujian Tugas Akhir (P-3) yang akan diadakan pada tanggal : 15-16 Februari 2000

Surabaya, 7/2000

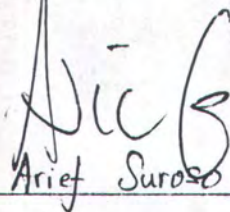
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Prof. Ir. W.A. Pratikto, M.Sc.

NIP :




Ir. Arief Suroso, M.Sc.
NIP :

FREQUENCY OF WIND VELOCITY BY TIMES

PLACE OF OBSERVATION : SOCOREJO
 DATE OF OBSERVATION : OCT.16-DEC.19 1989

VELOCITY (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
CALM									6
0-5	26	15	14	38	116	80	19	13	331
5-10	92	33	9	22	62	22	21	28	289
10-15	23	15	3	4	14	2	2	11	74
15-20	4	3					2	4	13
20-25	2					1		1	4
25							1		1
TOTAL	147	66	26	64	192	105	45	57	702

FREQUENCY OF WIND VELOCITY BY PERCENTAGE

PLACE OF OBSERVATION : SOCOREJO
 DATE OF OBSERVATION : OCT.16-DEC.19 1989

VELOCITY (m/s)	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	TOTAL
CALM									0.8
0-5	3.4	2.0	1.8	4.9	15.1	10.4	2.5	1.7	41.8
5-10	12.0	4.3	1.2	2.9	8.1	2.9	2.7	3.6	37.7
10-15	3.0	2.0	0.4	0.5	1.8	0.3	0.3	1.4	9.7
15-20	0.5	0.4					0.3	0.5	1.7
20-25	0.3					0.1		0.1	0.5
TOTAL	19.1	8.6	3.4	8.3	25.0	13.7	5.9	7.4	100.0

Currents measurement

Date : 10-11 August 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction (drift)			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
9	294	300	299	0.017	0.015	0.013
10	294	307	296	0.016	0.016	0.016
11	193	270	277	0.019	0.017	0.018
12	288	270	286	0.013	0.015	0.017
13	282	263	284	0.018	0.020	0.016
14	276	278	278	0.012	0.012	0.018
15	259	278	279	0.013	0.018	0.017
16	263	253	277	0.011	0.015	0.015
17	258	253	281	0.009	0.011	0.012
18	271	267	266	0.011	0.012	0.010
19	274	272	291	0.009	0.014	0.024
20	287	280	255	0.011	0.012	0.008
21	296	287	299	0.007	0.012	0.024
22	288	295	275	0.013	0.012	0.009
23	292	290	292	0.013	0.013	0.012
24	297	287	310	0.014	0.016	0.011
1	292	287	296	0.015	0.016	0.011
2	297	288	294	0.016	0.016	0.012
3	292	295	297	0.016	0.014	0.014
4	291	298	298	0.017	0.014	0.015
5	296	300	297	0.017	0.011	0.014
6	299	303	304	0.014	0.012	0.013
7	296	295	307	0.018	0.016	0.013
8	310	312	302	0.015	0.014	0.015
9	302	288	304	0.020	0.020	0.015
10	306	295	295	0.019	0.022	0.017

Currents measurement

Date : 14-15 August 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline.

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
9	318	0	0	0.007	0.000	0.000
10	313	340	305	0.006	0.009	0.010
11	298	283	300	0.012	0.012	0.010
12	277	281	275	0.009	0.013	0.010
13	273	257	263	0.007	0.007	0.009
14	235	292	263	0.016	0.009	0.008
15	268	268	267	0.008	0.008	0.007
16	267	260	257	0.006	0.004	0.006
17	266	250	258	0.003	0.004	0.006
18	0	178	202	0.000	0.003	0.003
19	140	75	167	0.002	0.003	0.001
20	35	50	53	0.002	0.003	0.003
21	0	52	80	0.000	0.002	0.010
22	0	45	70	0.000	0.001	0.003
23	167	48	62	0.004	0.003	0.002
24	0	47	128	0.000	0.002	0.002
1	0	339	113	0.000	0.003	0.001
2	279	313	307	0.005	0.004	0.003
3	277	310	293	0.008	0.003	0.005
4	297	308	297	0.005	0.002	0.005
5	270	307	310	0.011	0.002	0.002
6	30	313	330	0.005	0.002	0.002
7	50	333	339	0.010	0.003	0.003
8	70	345	27	0.003	0.003	0.003
9	323	300	117	0.002	0.001	0.002
10	0	260	267	0.000	0.002	0.003
11	0	209	216	0	0.002	0.004

Currents measurement

Date : 20-21 November 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
10	260	290	48	0.025	0.045	0.015
11	310	240	201	0.033	0.073	0.025
12	275	245	193	0.046	0.066	0.031
13	153	245	239	0.012	0.012	0.023
14	160	250	254	0.039	0.005	0.183
15	155	240	211	0.023	0.006	0.105
16	150	293	187	0.022	0.020	0.054
17	160	170	191	0.018	0.026	0.032
18	155	173	149	0.037	0.039	0.029
19	0	130	133	0	0.033	0.068
20	0	280	157	0	0.019	0.026
21	340	337	260	0.073	0.006	0.020
22	310	303	285	0.043	0.038	0.056
23	320	162	300	0.031	0.035	0.080
24	320	157	313	0.034	0.046	0.077
1	300	197	283	0.034	0.046	0.073
2	0	320	284	0.000	0.021	0.069
3	323	280	320	0.006	0.024	0.068
4	48	300	223	0.018	0.029	0.026
5	343	97	58	0.012	0.020	0.030
6	173	350	60	0.011	0.047	0.047
7	340	77	72	0.021	0.053	0.069
8	335	120	102	0.022	0.019	0.057
9	260	147	106	0.025	0.023	0.040
10	235	145	108	0.018	0.077	0.031
11	243	0	172	0.027	0	0.022

Currents measurement

Date : 24-25 November 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity. (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	120	0	110	0.013	0	0.109
9	180	100	107	0.049	0.035	0.156
10	170	100	103	0.044	0.091	0.132
11	155	100	100	0.047	0.086	0.120
12	155	100	125	0.049	0.100	0.157
13	138	100	140	0.069	0.088	0.118
14	133	120	140	0.063	0.186	0.159
15	148	140	123	0.094	0.221	0.122
16	132	100	110	0.103	0.110	0.150
17	128	110	110	0.074	0.146	0.141
18	137	100	117	0.049	0.101	0.071
19	130	100	112	0.036	0.036	0.031
20	147	110	115	0.010	0.033	0.009
21	207	140	117	0.015	0.020	0.009
22	213	140	320	0.015	0.020	0.067
23	257	287	303	0.015	0.014	0.081
24	242	30	307	0.010	0.038	0.070
1	140	40	277	0.021	0.012	0.027
2	125	40	263	0.027	0.012	0.026
3	147	310	310	0.027	0.012	0.025
4	158	120	180	0.029	0.035	0.018
5	145	120	103	0.062	0.062	0.058
6	173	130	133	0.109	0.074	0.051
7	120	120	140	0.065	0.125	0.077
8	133	110	120	0.094	0.120	0.103
9	143	127	120	0.081	0.080	0.068
10	0	113	0	0	0.131	0

Currents measurement

Date : 29-30 November 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity, (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
9	0	0	60	0	0	0.103
10	164	123	103	0.042	0.028	0.114
11	165	120	112	0.042	0.120	0.137
12	183	110	112	0.036	0.127	0.114
13	155	120	113	0.059	0.133	0.241
14	148	110	107	0.073	0.176	0.087
15	135	100	100	0.079	0.179	0.225
16	143	110	110	0.067	0.216	0.156
17	140	120	112	0.049	0.164	0.139
18	107	100	110	0.010	0.179	0.116
19	173	97	108	0.010	0.174	0.075
20	0	113	115	0	0.011	0.071
21	0	113	97	0	0.018	0.048
22	0	90	93	0	0.045	0.041
23	0	95	88	0	0.028	0.020
24	0	103	170	0	0.012	0.026
1	0	100	57	0	0.019	0.047
2	0	100	87	0	0.073	0.036
3	0	100	77	0	0.059	0.044
4	0	100	73	0	0.081	0.060
5	0	180	93	0	0.044	0.021
6	0	180	82	0	0.011	0.041
7	0	120	47	0	0.039	0.042
8	0	113	83	0	0.050	0.060
9	0	130	85	0	0.032	0.055
10	0	133	88	0	0.048	0.057
11	0	133	0	0	0.052	0

Currents measurement

Date : 3 - 4 December 1988

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
7	0	0	173	0	0	0.114
8	130	0	100	0.002	0.048	0.075
9	90	100	93	0.003	0.049	0.090
10	270	88	103	0.002	0.027	0.085
11	280	78	91	0.004	0.060	0.028
12	140	92	66	0.006	0.011	0.057
13	140	106	102	0.012	0.011	0.064
14	141	87	112	0.009	0.049	0.049
15	116	107	100	0.017	0.059	0.066
16	125	121	140	0.017	0.051	0.057
17	131	113	108	0.016	0.089	0.059
18	130	102	97	0.024	0.054	0.066
19	144	99	117	0.017	0.042	0.042
20	200	91	140	0.004	0.032	0.034
21	270	67	172	0.003	0.031	0.014
22	334	293	243	0.027	0.026	0.006
23	337	297	7	0.030	0.024	0.013
24	330	200	313	0.046	0.019	0.015
1	485	123	70	0.062	0.015	0.013
2	533	83	77	0.011	0.011	0.019
3	233	66	67	0.006	0.025	0.042
4	103	63	58	0.006	0.027	0.049
5	180	111	93	0.008	0.029	0.044
6	300	97	58	0.006	0.038	0.049
7	120	99	103	0.003	0.040	0.123
8	78	80	83	0.004	0.012	0.094
9	80	80	0	0.004	0.026	0

Currents measurement

Date : 20-21 February 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	0	168	0	0	0.093	0
9	0	160	0	0	0.073	0
10	125	133	121	0.050	0.116	0.120
11	155	127	112	0.073	0.119	0.113
12	144	113	115	0.130	0.199	0.138
13	119	110	112	0.122	0.227	0.222
14	130	117	112	0.152	0.286	0.267
15	141	110	105	0.093	0.301	0.263
16	145	110	122	0.118	0.263	0.333
17	145	120	117	0.088	0.299	0.241
18	133	110	115	0.051	0.133	0.230
19	113	118	102	0.034	0.129	0.194
20	114	115	97	0.003	0.109	0.196
21	141	110	98	0.003	0.103	0.064
22	118	118	98	0.003	0.051	0.089
23	122	123	102	0.003	0.049	0.055
24	121	113	101	0.003	0.058	0.046
1	143	122	97	0.023	0.050	0.035
2	183	117	100	0.006	0.056	0.023
3	117	220	95	0.011	0.018	0.040
4	172	97	91	0.025	0.011	0.049
5	162	152	98	0.061	0.102	0.084
6	147	137	121	0.039	0.124	0.097
7	155	147	114	0.065	0.127	0.129
8	154	145	105	0.083	0.105	0.129
9	154	163	115	0.087	0.108	0.106
10	142	0	115	0.023	0	0.106

Currents measurement

Date : 23-24 February 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	130	93	0	0.030	0.121	0
9	148	120	115	0.105	0.142	0.151
10	164	113	110	0.098	0.213	0.160
11	138	113	120	0.077	0.226	0.167
12	135	120	110	0.100	0.228	0.152
13	143	123	100	0.086	0.259	0.148
14	140	120	90	0.093	0.228	0.133
15	130	110	130	0.101	0.264	0.138
16	140	107	110	0.065	0.305	0.161
17	129	113	115	0.096	0.342	0.119
18	130	110	90	0.084	0.299	0.198
19	120	117	115	0.109	0.349	0.219
20	122	110	115	0.086	0.344	0.209
21	135	107	120	0.076	0.295	0.244
22	123	110	90	0.005	0.196	0.269
23	93	110	80	0.003	0.137	0.377
24	150	110	90	0.017	0.162	0.287
1	128	175	85	0.010	0.176	0.299
2	155	165	90	0.015	0.180	0.220
3	113	110	80	0.027	0.252	0.209
4	155	111	100	0.017	0.151	0.145
5	160	150	75	0.042	0.217	0.147
6	155	150	90	0.041	0.217	0.152
7	148	110	87	0.036	0.184	0.168
8	130	97	80	0.027	0.121	0.178
9	163	119	90	0.064	0.077	0.151
10						

Currents measurement

Date : 26-27 February 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity. (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	0	0	108	0	0	0.054
9	140	109	140	0.047	0.054	0.031
10	135	82	138	0.063	0.073	0.054
11	132	105	138	0.092	0.097	0.054
12	124	130	143	0.082	0.070	0.047
13	125	215	130	0.099	0.136	0.073
14	115	210	103	0.121	0.133	0.114
15	130	120	128	0.104	0.086	0.146
16	120	108	118	0.152	0.199	0.147
17	122	0	115	0.145	0.000	0.160
18	110	0	105	0.119	0.000	0.167
19	94	0	122	0.048	0.000	0.131
20	105	110	100	0.033	0.246	0.159
21	92	110	110	0.003	0.229	0.108
22	138	115	100	0.002	0.099	0.121
23	149	105	117	0.013	0.084	0.082
24	298	100	108	0.005	0.070	0.110
1	114	108	95	0.006	0.079	0.129
2	218	100	105	0.013	0.093	0.088
3	108	110	100	0.010	0.084	0.083
4	184	114	107	0.003	0.090	0.076
5	103	103	100	0.003	0.070	0.063
6	130	113	103	0.007	0.058	0.057
7	175	120	100	0.009	0.049	0.057
8	111	117	60	0.028	0.066	0.068
9	108	118	57	0.033	0.064	0.077

Currents measurement

Date : 12-13 August 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
9	293	293	265	0.029	0.036	0.142
10	300	287	276	0.032	0.028	0.099
11	317	267	298	0.062	0.072	0.107
12	311	277	289	0.038	0.163	0.125
13	272	278	283	0.095	0.114	0.091
14	280	277	285	0.125	0.107	0.092
15	295	287	278	0.177	0.201	0.057
16	300	287	273	0.186	0.104	0.030
17	323	303	273	0.156	0.198	0.013
18	300	297	247	0.143	0.155	0.011
19	295	292	287	0.160	0.196	0.025
20	300	295	289	0.105	0.194	0.044
21	295	293	253	0.111	0.170	0.064
22	293	293	289	0.116	0.171	0.081
23	290	307	275	0.089	0.099	0.079
24	325	293	283	0.092	0.138	0.106
1	278	320	287	0.051	0.124	0.202
2	286	293	293	0.097	0.138	0.130
3	273	287	255	0.041	0.025	0.123
4	280	292	261	0.024	0.026	0.129
5	290	310	267	0.024	0.018	0.096
6	292	272	269	0.029	0.024	0.095
7	297	250	237	0.021	0.028	0.099
8	305	290	257	0.029	0.026	0.092
9	313	290	281	0.025	0.141	0.119
10	287	293	269	0.021	0.144	0.086
11	286	288	275	0.050	0.150	0.086
12	243	0	0	0.076	0	0
13	272	0	0	0.093	0	0

Currents measurement

Date : 16-17 August 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	0	0	305	0	0	0.093
9	0	292	310	0	0.089	0.069
10	319	290	306	0.049	0.062	0.057
11	315	293	286	0.057	0.112	0.126
12	300	292	313	0.068	0.120	0.089
13	307	293	273	0.045	0.117	0.079
14	305	282	287	0.047	0.107	0.093
15	300	301	280	0.025	0.074	0.040
16	295	303	286	0.032	0.051	0.028
17	309	292	210	0.077	0.038	0.004
18	273	285	113	0.065	0.022	0.011
19	300	277	123	0.059	0.013	0.033
20	310	319	170	0.071	0.013	0.049
21	303	328	192	0.056	0.020	0.021
22	308	299	200	0.037	0.014	0.013
23	301	295	268	0.031	0.030	0.006
24	279	303	232	0.022	0.030	0.015
1	303	299	263	0.021	0.045	0.042
2	300	319	282	0.029	0.048	0.039
3	303	306	297	0.033	0.059	0.040
4	290	295	303	0.019	0.081	0.050
5	290	293	312	0.020	0.063	0.054
6	313	321	313	0.024	0.083	0.037
7	313	319	300	0.021	0.062	0.080
8	310	317	199	0.042	0.092	0.079
9	312	342	206	0.049	0.080	0.072
10	313	310	0	0.060	0.109	0.000
11	278	0	0	0.040	0	0.000

Currents measurement

Date : 20-21 August 1987

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	230	0	41	0.040	0	0.016
9	230	297	40	0.049	0.110	0.134
10	230	331	243	0.038	0.043	0.010
11	238	308	295	0.030	0.036	0.021
12	226	309	120	0.016	0.065	0.017
13	232	296	307	0.018	0.064	0.032
14	260	311	230	0.066	0.119	0.039
15	226	302	257	0.056	0.082	0.036
16	220	321	270	0.038	0.050	0.076
17	228	322	280	0.074	0.081	0.046
18	240	298	273	0.069	0.061	0.064
19	240	299	303	0.059	0.056	0.036
20	248	303	325	0.050	0.054	0.032
21	240	312	345	0.043	0.074	0.028
22	236	304	313	0.053	0.075	0.035
23	230	302	315	0.082	0.095	0.051
24	240	309	313	0.095	0.116	0.068
1	235	299	305	0.052	0.126	0.088
2	280	306	298	0.054	0.135	0.138
3	274	294	302	0.039	0.150	0.082
4	300	305	285	0.061	0.149	0.085
5	270	305	295	0.028	0.153	0.094
6	304	303	285	0.030	0.152	0.149
7	312	315	305	0.039	0.153	0.097
8	316	327	318	0.045	0.254	0.059
9	326	313	312	0.016	0.144	0.059
10	0	319	C	0.000	0.110	0.000

Currents measurement

Date : 24-25 August 1989

A, B, C : 200, 500 and 1000 m from coastline

Time	Average direction			Average velocity (m/s)		
	A	B	C	A	B	C
8	0	294	0	0	0.154	0
9	281	302	275	0.056	0.099	0.120
10	287	270	298	0.057	0.148	0.121
11	279	313	268	0.032	0.129	0.103
12	279	295	292	0.024	0.102	0.082
13	282	295	317	0.016	0.080	0.064
14	265	252	258	0.042	0.031	0.016
15	297	275	167	0.054	0.030	0.019
16	291	269	88	0.050	0.054	0.008
17	294	280	255	0.052	0.137	0.030
18	287	292	263	0.066	0.107	0.038
19	275	284	248	0.054	0.114	0.073
20	294	283	262	0.050	0.127	0.060
21	308	291	263	0.033	0.130	0.053
22	299	302	275	0.041	0.138	0.057
23	299	301	280	0.042	0.149	0.082
24	303	291	292	0.037	0.150	0.075
1	293	293	302	0.034	0.144	0.089
2	305	309	300	0.038	0.144	0.074
3	289	305	297	0.040	0.217	0.075
4	305	300	315	0.025	0.159	0.110
5	299	299	290	0.034	0.203	0.177
6	307	295	293	0.026	0.155	0.125
7	305	296	302	0.026	0.178	0.088
8	307	306	308	0.034	0.141	0.112
9	300	297	307	0.044	0.188	0.103
10	303	0	298	0.050	0.000	0.145

Pengukuran Angin pada periode I
 Data pengukuran : 2 - 21 Agustus 1988

Arah (derajat)	Kecepatan Angin (skala Beaufort dan m/dt)						TOTAL
	<1 Calm 0.52-1.56	1 2.06-3.09	2 3.61-5.15	3 5.67-8.24	4 8.76-10.82	5	
X 15- 45	0	4	2	1	0	0	7
45- 75	1	0	0	0	0	0	1
75-105	0	0	0	0	0	0	0
105-135	0	0	0	0	0	0	0
135-165	0	0	0	0	0	0	0
165-195	0	1	5	0	0	0	6
195-225	0	10	33	10	0	0	53 2
225-255	5	7	23	22	0	0	57 1
255-285	3	3	9	7	1	1	24
285-315	1	9	8	4	0	0	22
X 315-345	4	20	21	8	0	0	53 2
345- 15	4	13	16	2	0	0	35 3
TOTAL	18	67	117	54	1	1	258

Pengukuran Angin pada periode II
 Data pengukuran : 18 Nop - 4 Des 1988

Arah (derajat)	Kecepatan Angin (skala Beaufort dan m/dt)						TOTAL
	<1 Calm 0.52-1.56	1 2.06-3.09	2 3.61-5.15	3 5.67-8.24	4 8.76-10.82	5	
15- 45	34	19	2	1	0	0	56 1 2
45- 75	30	20	4	0	0	0	54 2 3
75-105	13	18	8	3	0	0	42 3
105-135	11	14	9	3	0	0	37
135-165	1	15	19	5	0	0	40
165-195	2	13	9	1	0	0	25
195-225	2	3	3	0	0	0	8
225-255	5	2	5	0	0	0	12
255-285	3	1	0	0	0	0	4
285-315	5	2	0	0	0	0	7
X 315-345	12	23	8	1	0	0	44
345- 15	28	20	11	1	0	0	60 1
TOTAL	146	150	78	15	0	0	389

Pengukuran Angin pada periode III
 Data pengukuran : 19 Feb - 6 Mar 1989

Arah (derajat)	Kecepatan Angin (skala Beaufort dan m/dt)						TOTAL
	<1 Calm 0.52-1.56	1 2.06-3.09	2 3.61-5.15	3 5.67-8.24	4 8.76-10.82	5	
15- 45	1	6	3	2	1	0	13
45- 75	1	21	7	3	2	0	34
75-105	3	33	32	15	1	1	85 2
105-135	1	21	14	32	19	1	88 1
135-165	0	5	8	10	13	1	37
165-195	1	4	5	4	1	0	15
195-225	1	2	0	2	0	0	5
225-255	0	2	0	1	0	0	3
255-285	0	3	0	0	0	0	3
285-315	0	0	0	3	0	0	3
315-345	1	5	1	1	0	0	8
345- 15	1	15	5	0	0	0	21
TOTAL	10	117	75	73	37	3	315

Pengukuran Angin pada periode IV
 Data pengukuran : 11 - 25 Agustus 1989

Arah (derajat)	Kecepatan Angin (skala Beaufort dan m/dt)						TOTAL
	<1 Calm 0.52-1.56	1 2.06-3.09	2 3.61-5.15	3 5.67-8.24	4 8.76-10.82	5	
15- 45	1	1	2	0	2	0	6
45- 75	1	0	0	0	0	0	1
75-105	2	0	0	0	0	0	2
105-135	0	0	0	0	0	0	0
135-165	0	0	1	1	0	0	2
165-195	0	1	1	4	1	0	7
195-225	0	2	9	21	12	0	44
225-255	1	2	14	30	16	0	63 2
255-285	1	4	6	14	3	0	28
285-315	0	9	10	8	4	0	31
315-345	5	15	27	34	5	0	86 1
345- 15	6	9	25	27	1	0	70 2
TOTAL	17	43	95	141	44	0	340

LAMPIRAN B DATA SEDIMEN TRANSPORT

ARAH GEL.	TINGGI GEL.	ARAH GEL.	PERIODE T	PANJANG GEL.	KEC. GEL.	KEDALAMAN GEL. PECAH	TINGGI GEL. PECAH	ARAH GEL. PECAH	PANJANG GEL. PECAH	KECEPATAN GEL. PECAH	FREKUENSI KEJADIAN	SEDIMEN TRANSPORT SEDIMEN
	Bso (M)	Fio (degress)	T (dt)	Lo (m)	Co (m/dt)	dbr (m)	Hbr (m)	Fibr (degress)	Lbr (m)	Cbr (m/dt)	(f) (degress)	(m ³ /year)
SEDIMENTASI GARIS PANTAI = 101.0												
30 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.75	0.6032	6.364	13.29	2.66	0.00300	386.70
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.40	1.1220	7.445	22.37	3.73	0.00700	5068.52
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.06	1.6483	7.795	31.87	4.55	0.00240	4773.96
	2.00	19.0	8.00	99.92	12.49	2.74	2.1182	7.871	42.03	5.25	0.00104	4243.35
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.43	2.7424	7.825	52.89	5.88	0.00036	2566.77
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.14	3.3109	7.721	64.43	6.44	0.00013	1418.30
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.87	3.8930	7.589	76.64	6.97	0.00005	778.62
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.61	4.4881	7.445	89.49	7.46	0.00005	1089.01
											Total	20325.23
60 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.63	0.5066	14.889	13.29	2.66	0.02400	4975.87
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.18	0.9466	17.481	22.37	3.73	0.01800	20964.11
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.74	1.3929	18.325	31.87	4.55	0.00600	19196.64
	2.00	49.0	8.00	99.92	12.49	2.31	1.8497	18.509	42.03	5.25	0.00260	17063.01
	2.50		9.00	126.47	14.05	2.90	2.3178	18.398	52.89	5.88	0.00090	10321.37
	3.00		10.00	156.13	15.61	3.50	2.7968	18.147	64.43	6.44	0.00032	5793.91
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.11	3.2865	17.828	76.64	6.97	0.00011	2984.37
	4.00		12.00	224.83	18.74	4.73	3.7864	17.481	89.49	7.46	0.00011	4174.19
											Total	85473.47
330 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.68	0.5422	-12.906	13.29	2.66	0.01500	3109.85
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.55	1.2390	-15.137	22.37	3.73	0.01000	11646.5
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.37	1.8933	-15.861	31.87	4.55	0.00490	15677.35
	2.00	(41.0)	8.00	99.92	12.49	2.95	2.3619	-16.019	42.03	5.25	0.00220	14438.08
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.51	2.8070	-15.924	52.89	5.88	0.00103	12385.70
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.04	3.2351	-15.708	64.43	6.44	0.00045	8147.49
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.56	3.6504	-15.435	76.64	6.97	0.00029	7860.69
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.07	4.0555	-15.137	89.49	7.46	0.00029	10994.29
											Total	84259.95

300°	0.50	(71.0)	5.00	39.03	7.80	0.45	0.3580	-18.778	13.29	2.66	0.0500	6444.76
	1.00		6.00	56.21	9.37	0.84	0.6707	-22.107	22.37	3.73	0.0350	25342.89
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.23	0.9880	-23.198	31.87	4.55	0.0200	39783.15
	2.00		8.00	99.92	12.49	1.64	1.3123	-23.436	42.03	5.25	0.0110	44881.84
	2.50		9.00	126.47	14.05	2.06	1.6441	-23.292	52.89	5.88	0.0070	49909.91
	3.00		10.00	156.13	15.61	2.48	1.9833	-22.966	64.43	6.44	0.0032	36020.64
	3.50		11.00	188.92	17.17	2.91	2.3296	-22.555	76.64	6.97	0.0018	29819.62
	4.00		12.00	224.83	18.74	3.35	2.6828	-22.107	89.49	7.46	0.0018	41707.16
										Total	273909.97	
90°	0.50	49.0	5.00	39.03	7.81	0.63	0.5066	14.889	13.29	2.66	0.0900	18683.08
	1.00		5.00	39.03	7.81	1.10	0.8832	20.847	18.41	3.68	0.0710	81656.87
	1.50		5.50	47.23	8.59	1.60	1.2774	23.094	24.55	4.46	0.0340	106654.64
	2.00		6.00	56.21	9.37	2.09	1.6733	24.364	30.72	5.12	0.0110	70376.27
	2.50		6.50	65.97	10.15	2.59	2.0725	25.093	37.07	5.70	0.0075	83492.38
	3.00		7.00	76.5	10.93	3.09	2.4750	25.495	43.63	6.23	0.0035	61321.83
	3.50		7.50	87.82	11.71	3.60	2.8811	25.688	50.44	6.73	0.0015	38591.82
	4.00		8.00	99.92	12.49	4.11	3.2906	25.740	57.50	7.19	0.0015	53868.81
										Total	514645.70	

ARAH GEL.	TINGGI GEL.	ARAH GEL.	PERIODE T	PANJANG GEL.	KEC. GEL.	KEDALAMAN GEL. PECAH	TINGGI GEL. PECAH	ARAH GEL. PECAH	PANJANG GEL. PECAH	KECEPATAN GEL. PECAH	FREKUENSI KEJADIAN	SEDIMEN TRANSPORT SEDIMEN
	Bso (M)	Fio (degress)	T (dt)	Lo (m)	Co (m/dt)	dbr (m)	Hbr (m)	Fibr (degress)	Lbr (m)	Cbr (m/dt)	(f) (degress)	(m ³ /year)
SEDIMENTASI GARIS PANTAI = 105.0												
30°	0.50	15.0	5.00	39.03	7.80	0.75	0.6032	6.364	13.29	2.66	0.00300	395.03
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.42	1.1328	5.913	22.37	3.73	0.00700	4116.33
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.08	1.6639	6.190	31.87	4.55	0.00240	3877.07
	2.00		8.00	99.92	12.49	2.76	2.2088	6.250	42.03	5.25	0.00104	3466.19
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.46	2.7683	6.214	52.89	5.88	0.00036	2084.56
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.18	3.3423	6.131	64.43	6.44	0.00013	1151.85
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.91	3.9301	6.027	76.64	6.97	0.00005	632.35
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.66	4.5312	5.913	89.49	7.46	0.00005	884.42
										Total	16587.80	

	0.50	5.00	39.03	7.80	0.63	0.5066	14.889	13.29	2.66	0.02400	5362.94
	1.00	6.00	56.21	9.37	1.23	0.9810	16.348	22.37	3.73	0.01800	21169.72
	1.50	7.00	76.50	10.93	1.80	1.4431	17.132	31.87	4.55	0.00600	19385.52
60 ⁰	2.00	45.0	99.92	12.49	2.40	1.9164	17.304	42.03	5.25	0.00260	17230.85
	2.50	9.00	126.47	14.05	3.00	2.4014	17.200	52.89	5.88	0.00090	10422.84
	3.00	10.00	156.13	15.61	3.62	2.8979	16.966	64.43	6.44	0.00032	5850.71
	3.50	11.00	188.92	17.17	4.26	3.4056	16.670	76.64	6.97	0.00011	3013.73
	4.00	12.00	224.83	18.74	4.90	3.9240	16.346	89.49	7.46	0.00011	4215.13
										Total	86651.44
	0.50	5.00	39.03	7.80	0.63	0.5066	-14.889	13.29	2.66	0.01500	3351.90
	1.00	6.00	56.21	9.37	1.23	0.9810	-16.348	22.37	3.73	0.01000	11760.96
	1.50	7.00	76.50	10.93	1.80	1.4431	-17.132	31.87	4.55	0.00490	15831.24
330 ⁰	2.00	(45.0)	99.92	12.49	2.40	1.9164	-17.304	42.03	5.25	0.00220	14580.36
	2.50	9.00	126.47	14.05	3.00	2.4014	-17.200	52.89	5.88	0.00108	12507.34
	3.00	10.00	156.13	15.61	3.62	2.8979	-16.966	64.43	6.44	0.00045	8227.56
	3.50	11.00	188.92	17.17	4.26	3.4056	-16.670	76.64	6.97	0.00029	7938.13
	4.00	12.00	224.83	18.74	4.90	3.9240	-16.346	89.49	7.46	0.00029	11102.34
										Total	85299.84
	0.50	5.00	39.03	7.81	0.59	0.4685	16.394	13.29	2.66	0.0900	17492.81
	1.00	5.00	39.03	7.81	1.02	0.8192	23.012	18.41	3.68	0.0710	76455.20
	1.50	5.50	47.23	8.59	1.48	1.1865	25.522	24.55	4.46	0.0340	99860.33
90 ⁰	2.00	56.0	56.21	9.37	1.94	1.5559	26.947	30.72	5.12	0.0110	65893.18
	2.50	6.50	65.97	10.15	2.41	1.9282	27.766	37.07	5.70	0.0075	78173.78
	3.00	7.00	76.50	10.93	2.88	2.3035	28.218	43.63	6.23	0.0035	57415.48
	3.50	7.50	87.82	11.71	3.35	2.6819	28.434	50.44	6.73	0.0015	36132.73
	4.00	8.00	99.92	12.49	3.83	3.0633	28.494	57.50	7.19	0.0015	50437.21
										Total	481860.72
										TOTAL	482825.70

ARAH GEL.	TINGGI GEL.	ARAH GEL.	PERIODE	PANJANG GEL.	KEC. GEL.	KEDALAMAN GEL. PECAH	TINGGI GEL. PECAH	ARAH GEL. PECAH	PANJANG GEL. PECAH	KECEPATAN GEL. PECAH	FREKUENSI KEJADIAN	SEDIMEN TRANSPORT SEDIMEN
	Bso (M)	Fio (degress)	T (dt)	Lo (m)	Co (m/dt)	dbr (m)	Hbr (m)	Fibr (degress)	Lbr (m)	Cbr (m/dt)	(f) (degress)	(m ³ /year)
SI GARIS PANTAI = 131.0												
30 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.77	0.6138	3.725	13.29	2.66	0.00300	235.28
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.43	1.1410	4.356	22.37	3.73	0.00700	3084.02
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.09	1.6757	4.559	31.87	4.55	0.00240	2904.79
	2.00	11.0	8.00	99.92	12.49	2.78	2.2244	4.604	42.03	5.25	0.00104	2581.89
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.48	2.7879	4.577	52.89	5.88	0.00036	1561.78
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.21	3.3661	4.516	64.43	6.44	0.00013	862.98
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.95	3.9583	4.439	76.64	6.97	0.00005	473.76
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.70	4.5638	4.356	89.49	7.46	0.00005	662.62
											Total	12367.12
60 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.75	0.6032	6.364	13.29	2.66	0.02400	3093.47
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.40	1.1220	7.445	22.37	3.73	0.01800	13033.33
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.06	1.6483	7.795	31.87	4.55	0.00600	11934.91
	2.00	19.0	8.00	99.92	12.49	2.74	2.1882	7.871	42.03	5.25	0.00260	10608.36
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.43	2.7424	7.825	52.89	5.88	0.00090	6416.93
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.14	3.3109	7.721	64.43	6.44	0.00032	3602.04
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.87	3.8930	7.589	76.64	6.97	0.00011	1855.43
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.61	4.4881	7.445	89.49	7.46	0.00011	2.595.08
											Total	53139.56
330 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.45	0.3580	-18.778	13.29	2.66	0.01500	1933.43
	1.00		6.00	56.21	9.37	0.84	0.6707	-22.107	22.37	3.73	0.01000	7240.83
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.23	0.9880	-23.198	31.87	4.55	0.00490	9746.87
	2.00	(71.0)	8.00	99.92	12.49	1.64	1.3123	-23.436	42.03	5.25	0.00220	8976.37
	2.50		9.00	126.47	14.05	2.06	1.6441	-23.292	52.89	5.88	0.00108	7700.39
	3.00		10.00	156.13	15.61	2.48	1.9833	-22.966	64.43	6.44	0.00045	5065.40
	3.50		11.00	188.92	17.17	2.91	2.3296	-22.555	76.64	6.97	0.00029	4887.11
	4.00		12.00	224.83	18.74	3.35	2.6828	-22.107	89.49	7.46	0.00029	6835.34
											Total	52385.73

	0.50		5.00	39.03	7.81	0.42	0.3392	19.001	13.29	2.66	0.0900	10550.14
	1.00		5.00	39.03	7.81	0.74	0.5960	26.804	18.41	3.68	0.0710	46110.99
	1.50		5.50	47.23	8.59	1.08	0.8656	29.802	24.55	4.46	0.0340	60226.73
90 ⁰	2.00	73.0	6.00	56.21	9.37	1.42	1.1370	31.515	30.72	5.12	0.0110	39740.75
	2.50		6.50	65.97	10.15	1.76	1.4106	32.505	37.07	5.70	0.0075	47147.26
	3.00		7.00	76.50	10.93	2.11	1.6863	33.053	43.63	6.23	0.0035	34627.79
	3.50		7.50	87.82	11.71	2.45	1.9639	33.315	50.44	6.73	0.0015	21791.95
	4.00		8.00	99.92	12.49	2.80	2.2434	33.388	57.50	7.19	0.0015	30419.18
											Total	290614.79
											TOTAL	111192.8
ARAH GEL.	TINGGI	ARAH		PANJANG	KEC.	KEDALAMAN	TINGGI	ARAH	PANJANG	KECEPATAN	FREKUENSI	SEDIMEN
	GEL.	GEL.	PERIODE	GEL.	GEL.	GEL. PECAH	GEL. PECAH	GEL. PECAH	GEL. PECAH	GEL. PECAH	KEJADIAN	TRANSPORT
	Bso	Fio	T	Lo	Co	dbr	Hbr	Fibr	Lbr	Cbr	(f)	SEDIMEN
	(M)	(degress)	(dt)	(m)	(m/dt)	(m)	(m)	(degress)	(m)	(m/dt)	(degress)	(m ³ /year)
SI GARIS PANTAI = 124.0												
	0.50		5.00	39.03	7.80	0.77	0.6183	1.361	13.29	2.66	0.00300	87.41
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.44	1.1491	1.591	22.37	3.73	0.00700	1145.79
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.11	1.6875	1.665	31.87	4.55	0.00240	1079.20
30 ⁰	2.00	4.0	8.00	99.92	12.49	2.80	2.2400	1.681	42.03	5.25	0.00104	959.22
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.51	2.8076	1.672	52.89	5.88	0.00036	580.24
	3.00		10.00	156.13	15.61	2.24	3.3899	1.650	64.43	6.44	0.00013	320.62
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.98	3.9864	1.622	76.64	6.97	0.00005	176.01
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.75	4.5965	1.591	89.49	7.46	0.00005	246.18
											Total	4594.68
	0.50		5.00	39.03	7.80	0.74	0.5891	8.5830	13.29	2.66	0.02400	3959.48
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.37	1.0967	10.048	22.37	3.73	0.01800	16681.92
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.01	1.6116	10.523	31.87	4.55	0.00600	15275.91
60 ⁰	2.00	26.0	8.00	99.92	12.49	2.67	2.1395	10.626	42.03	5.25	0.00280	13578.11
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.35	2.6813	10.564	52.89	5.88	0.00090	8213.30
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.05	3.2368	10.422	64.43	6.44	0.00032	4610.41
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.76	3.8055	10.244	76.64	6.97	0.00011	2374.84
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.48	4.3867	10.480	89.49	7.46	0.00011	3321.56
											Total	68015.53

330⁰

0.50		5.00	39.03	7.80	0.52	0.4153	-17.818	13.29	2.66	0.01500	2474.69
1.00		6.00	56.21	9.37	0.97	0.7776	-20.961	22.37	3.73	0.01000	9267.84
1.50		7.00	76.50	10.93	1.43	1.1452	-21.989	31.87	4.55	0.00490	12475.38
2.00	64.0	8.00	99.92	12.49	1.90	1.5210	-22.214	42.03	5.25	0.00220	11489.17
2.50		9.00	126.47	14.05	2.38	1.9057	-22.078	52.89	5.88	0.00108	9856.03
3.00		10.00	156.13	15.61	2.87	2.2990	-21.800	64.43	6.44	0.00045	6483.42
3.50		11.00	188.92	17.17	3.38	2.7007	-21.384	76.64	6.97	0.00029	6255.21
4.00		12.00	224.83	18.74	3.89	2.1104	-20.961	89.49	7.46	0.00029	8748.84
										Total	67050.57

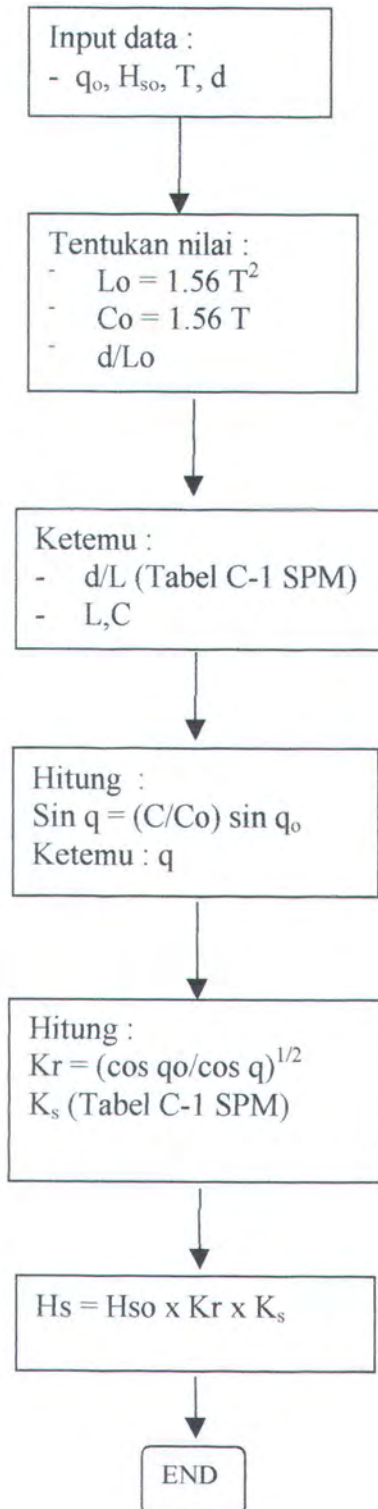
ARAH GEL.	TINGGI GEL. Bso (M)	ARAH GEL. Fio (degress)	PERIODE T (dt)	PANJANG GEL. Lo (m)	KEC. GEL. Co (m/dt)	KEDALAMAN GEL. PECAH dbr (m)	TINGGI GEL. PECAH Hbr (m)	ARAH GEL. PECAH Fibr (degress)	PANJANG GEL. PECAH Lbr (m)	KECEPATAN GEL. PECAH Cbr (m/dt)	FREKUENSI KEJADIAN (f) (degress)	SEDIMEN TRANSPORT SEDIMEN (m ³ /year)
SI GARIS PANTAI = 107.0												
30 ⁰	0.50	13.0	5.00	39.03	7.80	0.76	0.6117	4.392	13.29	2.66	0.00300	275.33
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.42	1.1372	5.137	22.37	3.73	0.00700	3608.99
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.09	1.6703	5.377	31.87	4.55	0.00240	3399.21
	2.00		8.00	99.92	12.49	2.77	2.2172	5.430	42.03	5.25	0.00104	3021.42
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.47	2.7789	5.398	52.89	5.88	0.00036	1827.62
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.19	3.3551	5.327	64.43	6.44	0.00013	1009.88
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.93	3.9453	5.236	76.64	6.97	0.00005	654.40
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.69	4.5880	5.137	89.49	7.46	0.00005	775.42
	Total											14472.28
60 ⁰	0.50	43.0	5.00	39.03	7.80	0.67	0.5340	13.426	13.29	2.66	0.02400	5012.40
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.25	0.9968	15.750	22.37	3.73	0.01800	21118.16
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.83	1.4662	16.506	31.87	4.55	0.00600	19338.19
	2.00		8.00	99.92	12.49	2.43	1.9469	16.671	42.03	5.25	0.00260	17188.92
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.05	2.4396	16.571	52.89	5.88	0.00090	10397.47
	3.00		10.00	156.13	15.61	3.68	2.9442	16.346	64.43	6.44	0.00032	5836.48
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.33	3.4601	16.061	76.64	6.97	0.00011	3006.38
	4.00		12.00	224.83	18.74	4.98	3.9871	15.750	89.49	7.46	0.00011	4204.86
	Total											86102.83
330 ⁰	0.50	(47.0)	5.00	39.03	7.80	0.65	0.5163	-14.418	13.29	2.66	0.01500	3132.75
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.21	0.9643	-16.923	22.37	3.73	0.01000	11732.32
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.77	1.4187	-17.739	31.87	4.55	0.00490	15792.92
	2.00		8.00	99.92	12.49	2.36	1.8840	-17.917	42.03	5.25	0.00220	14544.44
	2.50		9.00	126.47	14.05	2.95	2.3608	-17.809	52.89	5.88	0.00108	12476.95
	3.00		10.00	156.13	15.61	3.56	2.8488	-17.566	64.43	6.44	0.00045	8207.49
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.18	3.3477	-17.259	76.64	6.97	0.00029	7918.61
	4.00		12.00	224.83	18.74	4.82	3.8571	-16.923	89.49	7.46	0.00029	11075.31
	Total											84880.77

330 ⁰		0.50	5.00	39.03	7.80	0.39	0.3085	-19.289	13.29	2.66	0.01500	1474.34	
		1.00	6.00	56.21	9.37	0.72	0.5781	-22.718	22.37	3.73	0.01000	5521.50	
		1.50	7.00	76.50	10.93	1.06	0.8516	-23.843	31.87	4.55	0.04900	7432.46	
		2.00	(76.0)	8.00	99.92	12.49	1.41	1.1312	-24.088	42.03	5.25	0.00220	6844.92
		2.50		9.00	126.47	14.05	1.77	1.4172	-23.940	52.89	5.88	0.00108	5871.93
		3.00		10.00	156.13	15.61	2.14	1.7095	-23.604	64.43	6.44	0.00045	3962.63
		3.50		11.00	188.92	17.17	2.51	2.0079	-23.184	76.64	6.97	0.00029	3727.26
		4.00		12.00	224.83	18.74	2.89	2.3123	-22.718	89.49	7.46	0.00029	5212.30
												39947.34	
90 ⁰		0.50	5.00	39.03	7.81	0.66	0.5298	13.680	13.29	2.66	0.0900	18855.17	
		1.00	5.00	39.03	7.81	1.16	0.9216	19.121	18.41	3.68	0.0710	82409.36	
		1.50	5.50	47.23	8.59	1.66	1.3313	21.163	24.55	4.46	0.0340	107636.96	
		2.00	44.0	6.00	56.21	9.37	2.18	1.7427	22.315	30.72	5.12	0.0110	71024.65
		2.50		6.50	65.97	10.15	2.7	2.1574	22.976	37.07	5.70	0.0070	84261.46
		3.00		7.00	76.5	10.93	3.22	2.5758	23.340	43.63	6.23	0.0035	61886.75
		3.50		7.50	87.82	11.71	3.75	2.998	23.514	50.44	6.73	0.0015	38946.67
		4.00		8.00	99.92	12.49	4.28	3.4241	23.562	57.50	7.19	0.0015	54365.27
												519386.29	
											Total	537455.2	
90 ⁰		1.00	5.00	39.03	7.81	0.60	0.4813	27.573	18.41	3.68	0.0710	30889.56	
		1.50	5.50	47.23	8.59	0.87	0.6992	30.675	24.55	4.46	0.0340	40346.23	
		2.00	6.00	56.21	9.37	1.15	0.9186	32.450	30.72	5.12	0.0110	26622.57	
		2.50	79.0	6.50	65.97	10.15	1.42	1.1398	33.477	37.07	5.70	0.0075	31684.29
		3.00		7.00	76.50	10.93	1.70	1.3627	34.046	43.63	6.23	0.0035	23197.37
		3.50		7.50	87.82	11.71	1.98	1.5871	34.318	50.44	6.73	0.0015	14598.56
		4.00		8.00	99.92	12.49	2.27	1.8130	34.394	57.50	7.19	0.0015	20377.99
												194684.19	
											TOTAL	-57687	

ARAH GEL.	TINGGI GEL.	ARAH GEL.	PERIODE	PANJANG GEL.	KEC. GEL.	KEDALAMAN GEL. PECAH	TINGGI GEL. PECAH	ARAH GEL. PECAH	PANJANG GEL. PECAH	KECEPATAN GEL. PECAH	FREKUENSI KEJADIAN	SEDIMEN TRANSPORT SEDIMEN
	Bso (M)	Fio (degress)	T (dt)	Lo (m)	Co (m/dt)	dbr (m)	Hbr (m)	Fibr (degress)	Lbr (m)	Cbr (m/dt)	(f) (degress)	(m ³ /year)
SI GARIS PANTAI = 157.0												
30 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.70	0.5571	11.823	13.29	2.66	0.00300	603.75
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.30	1.0387	13.859	22.37	3.73	0.00700	7913.76
	1.50		7.00	76.50	10.93	1.91	1.5273	14.520	31.87	4.55	0.00240	7453.82
	2.00	37.0	8.00	99.92	12.49	2.53	2.1279	14.664	42.03	5.25	0.00104	6625.33
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.18	2.5413	14.577	52.89	5.88	0.00036	4007.64
	3.00		10.00	156.13	15.61	3.83	3.0672	14.380	64.43	6.44	0.00013	2214.46
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.51	3.6052	14.131	76.64	6.97	0.00005	1215.70
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.19	4.1549	13.859	89.49	7.46	0.00005	1700.33
											31734.78	
60 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.80	0.77	0.6169	2.373	13.29	2.66	0.02400	1213.01
	1.00		6.00	56.21	9.37	1.43	1.1466	2.780	22.37	3.73	0.01800	5121.51
	1.50		7.00	76.50	10.93	2.10	1.6838	2.910	31.87	4.55	0.00600	4689.8
	2.00	7.0	8.00	99.92	12.49	2.79	2.2351	2.938	42.03	5.25	0.00260	4168.51
	2.50		9.00	126.47	14.05	3.50	2.8014	2.921	52.89	5.88	0.00090	2521.54
	3.00		10.00	156.13	15.61	4.23	3.3824	2.883	64.43	6.44	0.00032	1415.39
	3.50		11.00	188.92	17.17	4.97	3.9776	2.834	76.64	6.97	0.00011	729.09
	4.00		12.00	224.83	18.74	5.73	4.5862	2.780	89.49	7.46	0.00011	1019.75
											20878.61	
90 ⁰	0.50		5.00	39.03	7.81	0.74	0.5957	7.644	13.29	2.66	0.0900	13571.50
	1.00		5.00	39.03	7.81	1.28	1.0277	10.617	18.41	3.68	0.0710	59316.45
	1.50		5.50	47.23	8.59	1.85	1.4787	11.717	24.55	4.46	0.0340	77.474.99
	2.00	23.0	6.00	56.21	9.37	2.41	1.9307	12.332	30.72	5.12	0.0110	51121.96
	2.50		6.50	65.97	10.15	2.98	2.3865	12.683	37.07	5.70	0.0075	60649.45
	3.00		7.00	76.50	10.93	3.56	2.8468	12.876	43.63	6.23	0.0035	44544.76
	3.50		7.50	87.82	11.71	4.14	3.312	12.968	50.44	6.73	0.0015	28032.91
	4.00		8.00	99.92	12.49	4.73	3.7823	12.994	57.50	7.19	0.0015	39130.99
											373843.01	
											TOTAL = 426456.4	

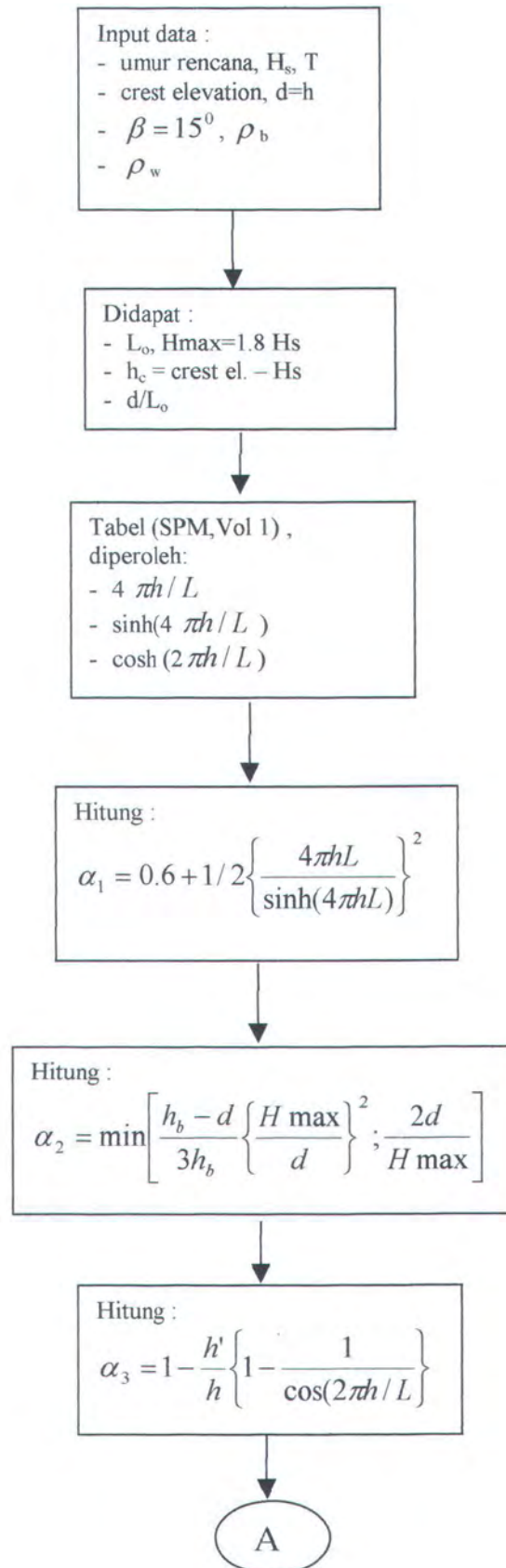
300°	2.00	(75.0)	8.00	99.92	12.49	1.46	1.1701	-23.973	42.03	5.25	0.0110	36450.17
	2.50		9.00	126.47	14.05	1.83	1.4659	-23.825	52.89	5.88	0.0070	40533.65
	3.00		10.00	156.13	15.61	2.21	1.7683	-23.492	64.43	6.44	0.0032	29253.74
	3.50		11.00	188.92	17.17	2.60	2.0770	-23.070	76.64	6.97	0.0018	24214.37
	4.00		12.00	224.83	18.74	2.99	2.3919	-22.610	89.49	7.46	0.0018	33871.81
												222341.49
	0.50		5.00	39.03	7.81	0.40	0.3191	19.199	13.29	2.66	0.0900	9433.33
	1.00		5.00	39.03	7.81	0.60	0.4813	27.573	18.41	3.68	0.0710	41899.53
	1.50		5.50	47.23	8.59	1.02	0.8145	30.133	24.55	4.46	0.0340	53851.47
90°	2.00	75.0	6.00	56.21	9.37	1.34	1.0701	31.869	30.72	5.12	0.0110	35534.00
	2.50		6.50	65.97	10.15	1.66	1.3277	32.873	37.07	5.70	0.0075	42156.53
	3.00		7.00	76.50	10.93	1.98	1.5872	33.429	43.63	6.23	0.0035	30982.29
	3.50		7.50	87.82	11.71	2.31	1.8486	33.695	50.44	6.73	0.0015	19485.18
	4.00		8.00	99.92	12.49	2.64	2.1116	33.769	57.50	7.19	0.0015	27199.15
												260.521.56
											TOTAL =	56119.5

LAMPIRAN ~~D~~
C :



Gambar 4. Flow chart perhitungan refraksi gelombang

Lampiran D





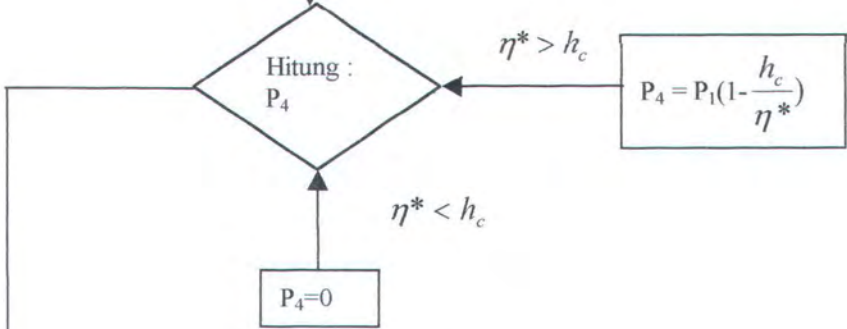
Hitung :
$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) (\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \gamma_o H \max$$

Hitung :
$$P_2 = \frac{P_1}{\cosh(2\pi h / L)}$$

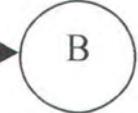
Hitung :
$$P_3 = \alpha_3 \cdot P_1$$

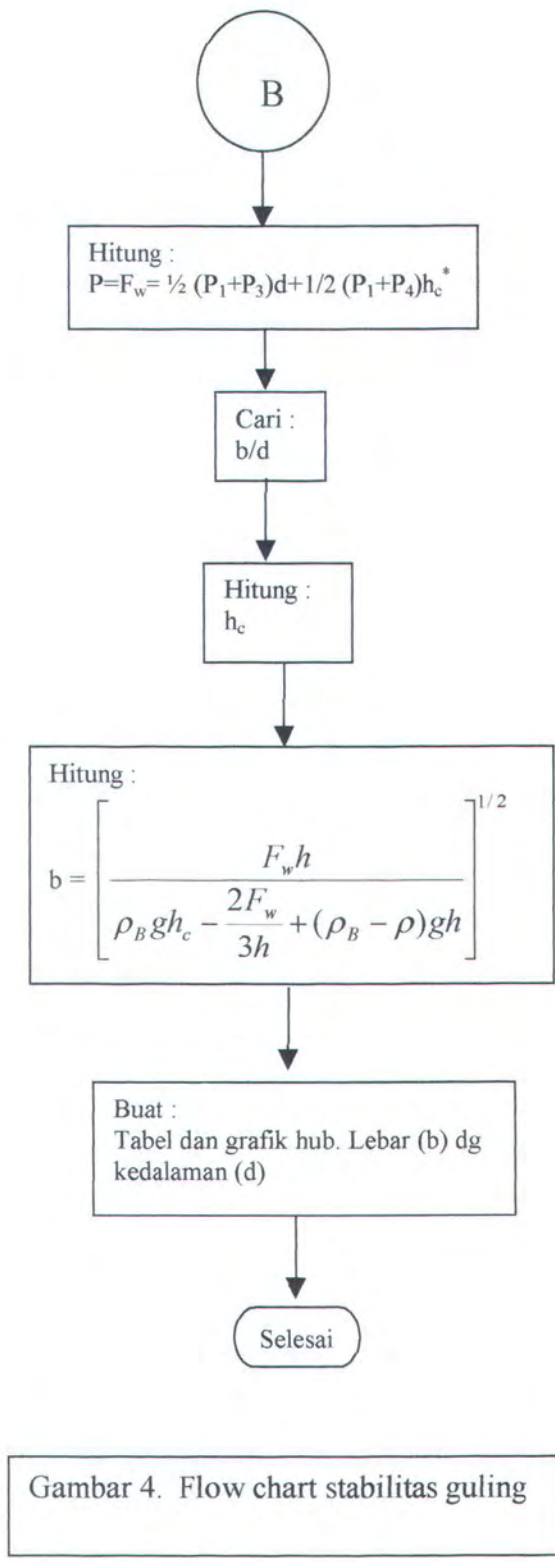
Hitung :
$$P_u = \alpha_1 \alpha_2 \gamma_w H \max$$

Hitung :
$$\eta^* = 0.75 (1 + \cos \beta) H \max$$



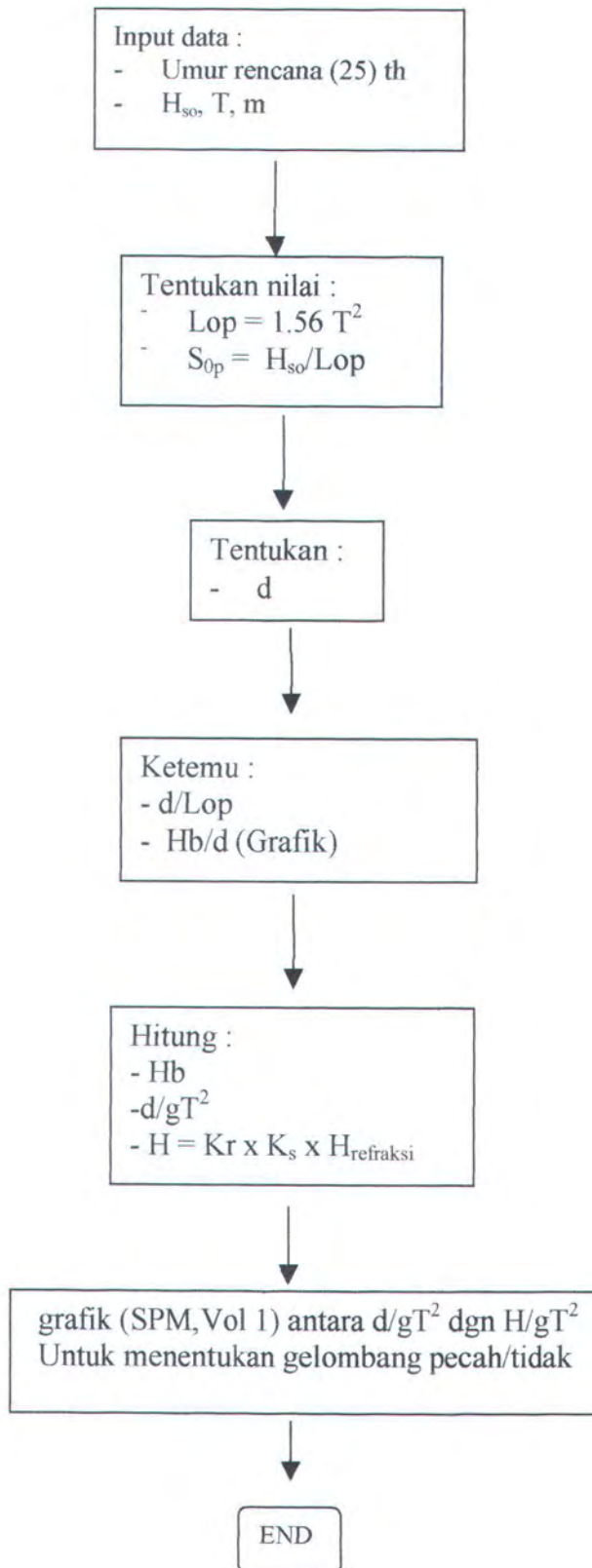
Cari :
$$h_c^* = \min (\eta^*, h_c)$$





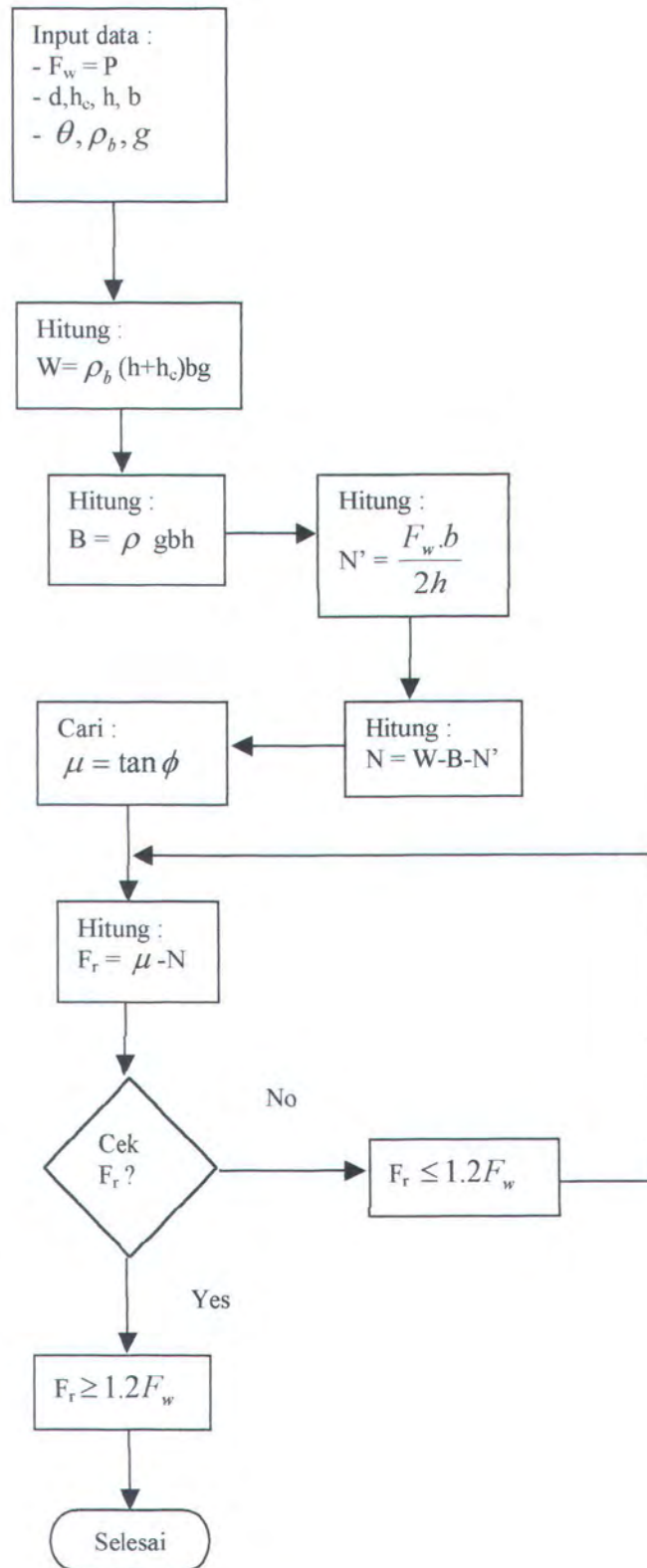
Gambar 4. Flow chart stabilitas guling

LAMPIRAN D:



Gambar Flow chart perhitungan gelombang pecah

Lampiran E



Gambar 4. Flowchart stabilitas geser

Lampiran : program stable untuk d= -2 m
Breakwater monolit

PROFIL

TUGAS AKHIR YUNIAR (d = -2 m)

13 9

0. 42. 10. 42. 2
10. 42. 12. 43. 1
12. 43. 17. 43. 1
17. 43. 17. 46.55 1
17. 46.55 17.6 46.55 1
17.6 46.55 17.6 43. 1
17.6 43. 22.6 43. 1
22.9 43. 24.6 42. 2
24.9 42. 34.6 42. 2
0. 42. 34.6 42. 2
0. 27. 34.6 27. 3
0. 3. 34.6 3. 4
0. 0. 34.6 0. 4

SOIL

4

2.4 2.4 0. 45. 0. 0. 1
1.4 1.4 0. 30. 0. 0. 2
2.0.2.0 0. 0. 0. 0. 3
1.4 1.4 0. 30. 0. 0. 4

WATER

1 1.025

2

0. 75.
34.9 75.

CIRCLE

5 5

0. 10. 12. 17.
0. 1. 0. 0.

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
SIMPLIFIED JANBU METHOD OF SLICES
IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION TUGAS AKHIR YUNIAR

BOUNDARY COORDINATES

9 TOP BOUNDARIES
13 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (FT)	Y-LEFT (FT)	X-RIGHT (FT)	Y-RIGHT (FT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	42.00	10.00	42.00	2
2	10.00	42.00	12.00	43.00	1
3	12.00	43.00	17.00	43.00	1
4	17.00	43.00	17.00	46.55	1
5	17.00	46.55	17.60	46.55	1
6	17.60	46.55	17.60	43.00	1
7	17.60	43.00	22.60	43.00	1
8	22.60	43.00	24.60	42.00	2
9	24.60	42.00	34.60	42.00	2
10	.00	42.00	34.60	42.00	2
11	.00	27.00	34.60	27.00	3
12	.00	3.00	34.60	3.00	4
13	.00	.00	34.60	.00	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (PCF)	SATURATED UNIT WT. (PCF)	COHESION INTERCEPT (PSF)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.4	2.4	.0	45.0	.00	1
2	1.4	1.4	.0	30.0	.00	2
3	2.0	2.0	.0	.0	.00	3
4	1.4	1.4	.0	30.0	.00	4

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.02

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 2 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (FT)	Y-WATER (FT)
-----------	--------------	--------------

1	.00	44.00
2	34.60	44.00

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

25 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

5 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 5 POINTS EQUALLY SPACED ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = .00 FT.
AND X = 10.00 FT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 12.00 FT.
AND X = 17.00 FT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 FT.

1.00 FT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 7 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	42.00
2	8.43	41.63
3	9.42	41.50
4	10.41	41.62
5	11.34	41.98
6	12.16	42.57
7	12.52	43.00

*** 2.364 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	42.00
2	8.24	41.32
3	9.12	40.85
4	10.09	40.63
5	11.09	40.66
6	12.05	40.94
7	12.91	41.46
8	13.60	42.18
9	14.05	43.00

*** 2.586 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	5.00	42.00
2	5.73	41.31
3	6.59	40.81
4	7.55	40.51
5	8.54	40.44
6	9.53	40.59
7	10.46	40.97
8	11.28	41.54
9	11.95	42.28
10	12.35	43.00

*** 2.887 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 12 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	5.00	42.00
2	5.89	41.54
3	6.83	41.20
4	7.80	40.97
5	8.79	40.85
6	9.79	40.85
7	10.79	40.97
8	11.76	41.21
9	12.69	41.57
10	13.58	42.03
11	14.41	42.59
12	14.88	43.00

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	42.00
2	8.36	41.49
3	9.29	41.13
4	10.27	40.94
5	11.27	40.91
6	12.26	41.05
7	13.22	41.35
8	14.10	41.82
9	14.90	42.42
10	15.44	43.00

*** 3.325 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 15 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	5.00	42.00
2	5.71	41.29
3	6.51	40.69
4	7.38	40.21
5	8.32	39.85
6	9.29	39.53
7	10.29	39.54
8	11.29	39.59
9	12.27	39.78
10	13.21	40.11
11	14.10	40.56
12	14.92	41.14
13	15.65	41.82
14	16.28	42.60
15	16.53	43.00

*** 3.507 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	42.00
2	3.22	41.31
3	4.02	40.71
4	4.88	40.20
5	5.80	39.80
6	6.76	39.51
7	7.74	39.34
8	8.74	39.28
9	9.74	39.34
10	10.72	39.52
11	11.68	39.81
12	12.60	40.21
13	13.46	40.72
14	14.25	41.33
15	14.97	42.02
16	15.61	42.80
17	15.74	43.00

*** 3.697 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	42.00
2	3.23	41.31
3	4.02	40.71
4	4.88	40.20
5	5.79	39.79
6	6.75	39.48
7	7.73	39.28
8	8.72	39.19
9	9.72	39.22
10	10.71	39.35
11	11.68	39.59
12	12.62	39.95
13	13.51	40.40
14	14.35	40.95
15	15.11	41.59
16	15.81	42.31
17	16.33	43.00

*** 3.798 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	42.00
2	3.31	41.41
3	4.17	40.90
4	5.08	40.48
5	6.02	40.14
6	6.99	39.90
7	7.98	39.75
8	8.97	39.69
9	9.97	39.73
10	10.96	39.86
11	11.94	40.09
12	12.89	40.41
13	13.80	40.82
14	14.67	41.31
15	15.49	41.88
16	16.25	42.53
17	16.70	43.00

*** 3.829 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 13 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	42.00
2	8.22	41.31
3	9.05	40.75
4	9.97	40.35
5	10.94	40.10
6	11.93	40.03
7	12.93	40.14
8	13.89	40.41
9	14.79	40.85
10	15.60	41.43
11	16.30	42.15
12	16.87	42.97
13	16.88	43.00

*** 3.849 ***

Y A X I S F T

.00 9.31 18.62 27.93 37.24 46.55

X .00 *--*--+-----+-----*+-----+-----.*-W--+
 -
 -
 -
 -
 -
 9.31 +
 -
 -
 -
 -
 -
 18.62 +
 -
 -
 -
 -
 -
 X 27.93 +
 -
 -
 -
 -
 -
 * * ° * * W
 -
 I 37.24 +
 -
 -
 -
 -
 -

.77
 .773
 7734
 7621
 732*
 6621
 622*
 6522
 664
 0* *

*
 *

* W

Lampiran : listing program untuk d= -3 m

PROFIL

TUGAS AKHIR YUNIAR (d = -3 m)

13 9

0. 72. 10. 72. 2

10. 72. 12. 73. 1

12. 73. 17. 73. 1

17. 73. 17. 78.21 1

17. 78.21 17.9 78.21 1

17.9 78.21 17.9 73. 1

17.9 73. 22.9 73. 1

22.9 73. 24.9 72. 2

24.9 72. 34.9 72. 2

0. 72. 34.9 72. 2

0. 69. 34.9 69. 3

0. 57. 34.9 57. 4

0. 0. 34.9 0. 4

SOIL

4

2.4 2.4 0. 45. 0. 0. 1

1.4 1.4 1. 0. 0. 0. 2

1.4 1.4 4. 0. 0. 0. 3

1.8 1.8 25. 30. 0. 0. 4

WATER

1 1.025

2

0. 75.

34.9 75.

CIRCLE

5 5

0. 10. 12. 17.

0. 1. 0. 0.

--SLOPE STABILITY ANALYSIS--
SIMPLIFIED JANBU METHOD OF SLICES
IRREGULAR FAILURE SURFACES

PROBLEM DESCRIPTION TUGAS AKHIR YUNIAR
(d = -3 m)

BOUNDARY COORDINATES

9 TOP BOUNDARIES
13 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY NO.	X-LEFT (FT)	Y-LEFT (FT)	X-RIGHT (FT)	Y-RIGHT (FT)	SOIL TYPE BELOW BND
1	.00	72.00	10.00	72.00	2
2	10.00	72.00	12.00	73.00	1
3	12.00	73.00	17.00	73.00	1
4	17.00	73.00	17.00	78.21	1
5	17.00	78.21	17.90	78.21	1
6	17.90	78.21	17.90	73.00	1
7	17.90	73.00	22.90	73.00	1
8	22.90	73.00	24.90	72.00	2
9	24.90	72.00	34.90	72.00	2
10	.00	72.00	34.90	72.00	2
11	.00	69.00	34.90	69.00	3
12	.00	57.00	34.90	57.00	4
13	.00	.00	34.90	.00	4

ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

4 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TYPE NO.	TOTAL UNIT WT. (PCF)	SATURATED UNIT WT. (PCF)	COHESION INTERCEPT (PSF)	FRICTION ANGLE (DEG)	PORE PRESSURE PARAMETER	PIEZOMETRIC SURFACE NO.
1	2.4	2.4	.0	45.0	.00	1
2	1.4	1.4	1.0	.0	.00	2
3	1.4	1.4	4.0	.0	.00	3
4	1.8	1.8	25.0	30.0	.00	4

1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.02

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 2 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (FT)	Y-WATER (FT)
1	.00	75.00
2	34.90	75.00

A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.

25 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.

5 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 5 POINTS EQUALLY SPACED ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = .00 FT.
AND X = 10.00 FT.

EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 12.00 FT.
AND X = 17.00 FT.

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED, THE MINIMUM ELEVATION AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS Y = .00 FT.

1.00 FT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL FAILURE SURFACE.

FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST CRITICAL OF THE TRIAL FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE ORDERED - MOST CRITICAL FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 9 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	72.00
2	8.24	71.32
3	9.12	70.85
4	10.09	70.63
5	11.09	70.66
6	12.05	70.94
7	12.91	71.46
8	13.60	72.18
9	14.05	73.00

1.287 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 15 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	5.00	72.00
2	5.71	71.29
3	6.51	70.69
4	7.38	70.21
5	8.32	69.85
6	9.29	69.63
7	10.29	69.54
8	11.29	69.59
9	12.27	69.78
10	13.21	70.11
11	14.10	70.56
12	14.92	71.14
13	15.65	71.82
14	16.28	72.60
15	16.53	73.00

1.288 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	72.00
2	3.23	71.31
3	4.02	70.71
4	4.88	70.20
5	5.79	69.79
6	6.75	69.48
7	7.73	69.28
8	8.72	69.19
9	9.72	69.22
10	10.71	69.35
11	11.68	69.59
12	12.62	69.95
13	13.51	70.40
14	14.35	70.95
15	15.11	71.59
16	15.81	72.31
17	16.33	73.00

1.365 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	72.00
2	3.22	71.31
3	4.02	70.71
4	4.88	70.20
5	5.80	69.80
6	6.76	69.51
7	7.74	69.34
8	8.74	69.28
9	9.74	69.34
10	10.72	69.52
11	11.68	69.81
12	12.60	70.21
13	13.46	70.72
14	14.25	71.33
15	14.97	72.02
16	15.61	72.80
17	15.74	73.00

*** 1.387 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 13 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	72.00
2	8.22	71.31
3	9.05	70.75
4	9.97	70.35
5	10.94	70.10
6	11.93	70.03
7	12.93	70.14
8	13.89	70.41
9	14.79	70.85
10	15.60	71.43
11	16.30	72.15
12	16.87	72.97
13	16.88	73.00

*** 1.435 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 17 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.50	72.00
2	3.31	71.41
3	4.17	70.90
4	5.08	70.48
5	6.02	70.14
6	6.99	69.90
7	7.98	69.75
8	8.97	69.69
9	9.97	69.73
10	10.96	69.86
11	11.94	70.09
12	12.89	70.41
13	13.80	70.82
14	14.67	71.31
15	15.49	71.88
16	16.25	72.53
17	16.70	73.00

*** 1.542 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 20 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	72.00
2	.80	71.40
3	1.65	70.87
4	2.54	70.41
5	3.46	70.02
6	4.41	69.71
7	5.38	69.48
8	6.37	69.32
9	7.37	69.24
10	8.37	69.25
11	9.36	69.33
12	10.35	69.50
13	11.32	69.74
14	12.27	70.06
15	13.18	70.46
16	14.07	70.93
17	14.91	71.47
18	15.71	72.07
19	16.45	72.74
20	16.70	73.00

*** 1.638 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	7.50	72.00
2	8.36	71.49
3	9.29	71.13
4	10.27	70.94
5	11.27	70.91
6	12.26	71.05
7	13.22	71.35
8	14.10	71.82
9	14.90	72.42
10	15.44	73.00

*** 1.668 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 18 COORDINATE POINTS

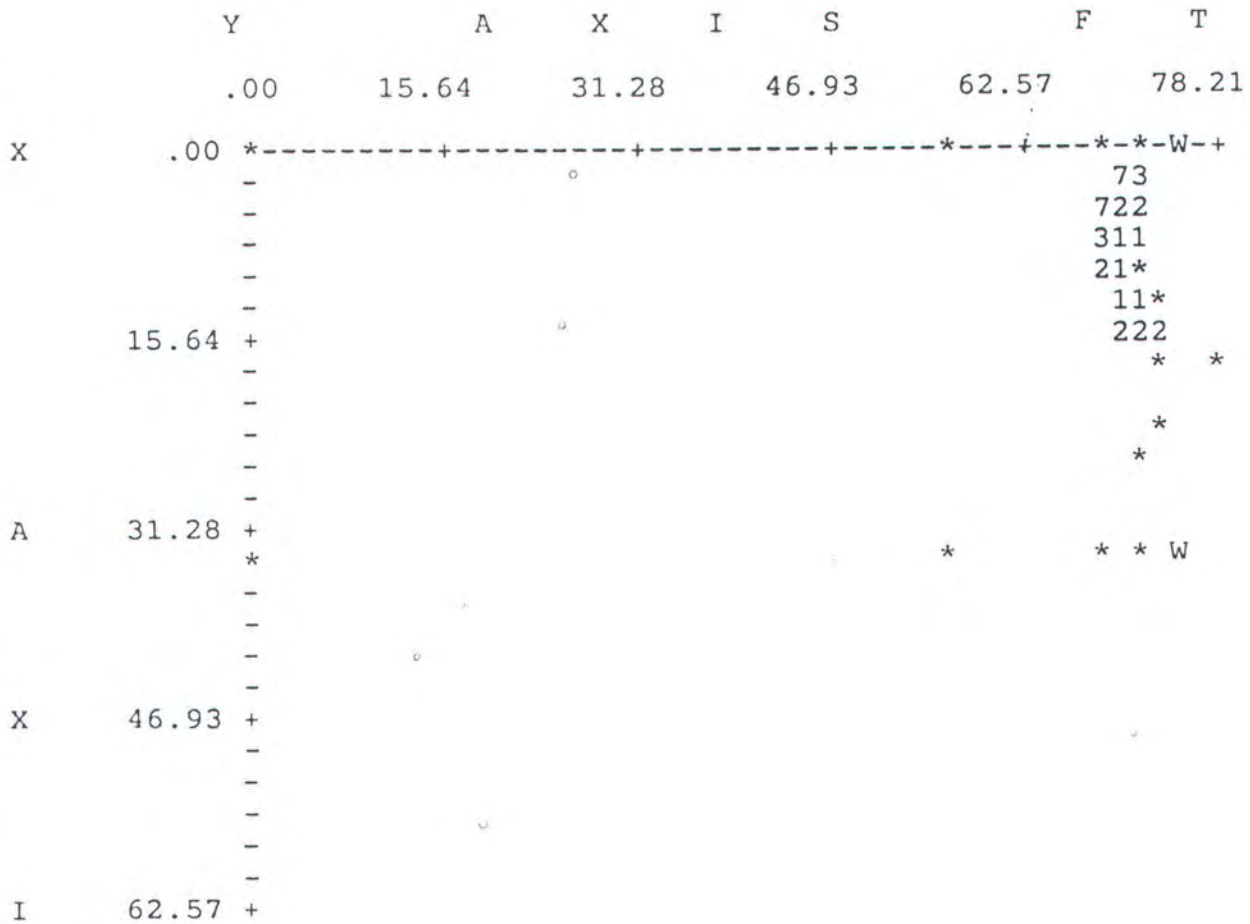
POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	72.00
2	.74	71.32
3	1.54	70.73
4	2.40	70.22
5	3.31	69.81
6	4.26	69.49
7	5.24	69.28
8	6.23	69.17
9	7.23	69.17
10	8.23	69.27
11	9.21	69.48
12	10.16	69.79
13	11.07	70.20
14	11.93	70.70
15	12.74	71.30
16	13.48	71.97
17	14.14	72.72
18	14.34	73.00

*** 1.758 ***

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 10 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	5.00	72.00
2	5.73	71.31
3	6.59	70.81
4	7.55	70.51
5	8.54	70.44
6	9.53	70.59
7	10.46	70.97
8	11.28	71.54
9	11.95	72.28
10	12.35	73.00

1.833 ***



42	Lempung	61														
45	Lempung	61				2.696				61	25.69		1	81.5	0	
48	Lempung	63				2.706				47.5	27.02		3.5	96.5	0	
51	Lempung	61														
54	Lempung	106														
57	Lempung	62														
60	Lempung	62														
63	Lempung	70														
66	Lempung	60				2.722				72	31.12		1.5	98.5	0	
69	Lempung	65														
72	Lempung	65														

Tabel G.4 Rekapitulasi Data Tanah Titik Bor :MB IV Elevasi Seabed = -5.10 m LWS

Depth (m)	Tipe Tanah	SPT (N)	γ (t/m ³)	\dots° (deg)	C (t/m ²)	Gs	e	Cc	Cv	LL %	PL %	W %	Clay %	Silt %	Sand %
3	Leese-core	0													
6	Lempung-lunak	0				2.814				91	22.95		61	27	12
9	Koral-pasiran	7	1.387	1.7	0	2.604	2.6	0.7	3.3E-03	81.5	23.83	91.72	8	82.5	9.5
12	Karang-lempungan	40				2.765				39	16.81		4	32.5	73.5
15	Karang-lempungan	32				2.793				31.5	15.5		0	90	10
18	Karang-lempungan	34				2.797				34	19.16		0	78	22
21	Karang-lempungan	54				2.81				38.5	21.35		6	81	13

