

TUGAS AKHIR
KL 1702

**PEMBUATAN PIRANTI LUNAK
STRUKTUR PERLINDUNGAN PANTAI
DI PANTAI SITUBONDO**



RSKe
005.1
And
p-1
2001

Oleh :

YUDI ANDRIONO
NRP. 4396100009

**JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2001**

Rp 30.000.

PERPUSTAKAAN I T S	
Tgl. Terima	22/02/01
Terima Dari	H

**PEMBUATAN PIRANTI LUNAK
STRUKTUR PERLINDUNGAN PANTAI
DI PANTAI SITUBONDO**

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,

21/2-2001

Wahyudi

Dr. Ir. Wahyudi, MSc.
NIP. 131 842 502



Kriyo Sambodho

Ir. Kriyo Sambodho
NIP. 132 231 071

**SURABAYA
2001**

Dedicated for my parents

ABSTRAK

Daerah Situbondo mempunyai wilayah pantai yang potensial untuk lebih dikembangkan terutama sebagai tempat kunjungan wisata. Untuk kebutuhan tersebut perlu adanya perlindungan pantai dari aktivitas gelombang dan arus yang merusak pantai. Sampai saat ini belum ada struktur pelindung pantai yang sesuai dengan karakteristik oseanografi di daerah ini. Tugas akhir ini bertujuan untuk menentukan alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai dengan kondisi di Situbondo serta membuat model piranti lunak untuk struktur pelindung pantai. Langkah awal untuk mengetahui kondisi pantai Situbondo yaitu melakukan analisa data yang diperoleh kemudian digunakan sebagai masukan data (input) untuk piranti lunak analisa perhitungan refraksi, shoaling dan gelombang pecah. Semua perhitungan disini menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5. Dari hasil perhitungan analisa refraksi kemudian dijadikan masukan data (input) untuk piranti lunak model perubahan garis pantai. Model perubahan garis pantai ini dibuat untuk 4 kondisi yang berlainan. Yaitu model perubahan garis pantai tanpa struktur pelindung pantai, dengan menggunakan breakwater, groin, maupun kombinasi breakwater dan groin. Dengan membandingkan keempat kondisi perubahan garis pantai, maka alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai dapat dipilih. Setelah menentukan alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai, maka dilakukan analisa perhitungan struktur pelindung pantai tersebut dengan memasukkan input yang diperlukan. Dari hasil analisa model perubahan garis pantai dengan menggunakan struktur pelindung pantai, maka alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai untuk kondisi pantai Situbondo menunjukkan bahwa struktur breakwater yang lebih tepat digunakan untuk kondisi pantai tersebut. Dengan membuat suatu model piranti lunak struktur perlindungan pantai maka analisa-analisa perhitungan yang dilakukan menjadi lebih mudah. Diharapkan model piranti lunak struktur perlindungan pantai ini dapat diterapkan untuk pantai yang lain.

KATA PENGANTAR

Puji sukur alhamdulillah kami panjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang karena atas berkat dan rahmat-Nya penyusunan Tugas Akhir dengan judul “PEMBUATAN PIRANTI LUNAK STRUKTUR PERLINDUNGAN PANTAI DI PANTAI SITUBONDO” ini dapat terselesaikan. Adapun penyelesaian Tugas Akhir merupakan syarat untuk menyelesaikan studi di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dan untuk meraih gelar kesarjanaaan.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Wahyudi, MSc. Selaku Dosen Pembimbing I dan Sekretaris Jurusan Teknik Kelautan yang telah banyak meluangkan waktu dan pemikiran serta dukungan moral bagi penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Kriyo Sambodho, S.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktu dan pemikiran serta dukungan moral bagi penyelesaian Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Daniel M. Rosyid selaku Dosen Wali yang telah membantu dan memberikan dukungan moral selama masa studi.
4. Bapak Dr.Ir. Paulus Indiyono, MSc. selaku Ketua Jurusan Teknik Kelautan yang selalu memberikan motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Orang Tua tercinta dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moral, material, dan motivasi hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.

6. Seluruh Dosen Teknik Kelautan yang telah banyak membantu selama masa studi dan penyelesaian Tugas Akhir ini.
7. Rochim dan Hafidz yang telah banyak membantu didalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
8. Fakhruddin, Hery, Andri, Eko, Amir, Sidiq, Sudiharsono, Bachtiar, Deni, Rumanto, Hendri, Billy, Hari, Bobby, Dadan yang telah banyak membantu.
9. Semua teman-teman Angkatan 96 yang tidak dapat disebutkan satu-satu di sini.
10. Semua teman-teman Angkatan 95 dan 97 yang tidak dapat disebutkan satu-satu di sini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. Oleh sebab itu saran dan kritik dari semua pihak sangat diharapkan sebagai masukan untuk terus memperbaiki ketidaksempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, semoga tulisan ini dapat bermanfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi bangsa dan negara khususnya bidang kelautan tercinta ini.

Wassalam,

Surabaya, Pebruari 2001

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Pengesahan	
Abstrak	i
Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iv
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel	viii
Daftar Notasi	ix
Bab I. Pendahuluan	
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Perumusan Masalah	I-2
I.3. Tujuan	I-2
I.4. Manfaat	I-2
I.5. Batasan Masalah	I-3
Bab II. Tinjauan Pustaka Dan Landasan Teori	
II.1. Tinjauan Pustaka	II-1
II.2. Landasan Teori	II-1
II.2.1. Erosi Pantai	II-2
II.2.2. Karakteristik Gelombang	II-6
II.2.3. Deformasi Gelombang	II-6
II.2.3.1. Pendangkalan Gelombang	II-6
II.2.3.2. Refraksi Gelombang	II-7
II.2.3.3. Difraksi Gelombang	II-10

II.2.3.4. Gelombang Pecah	II-11
II.2.4. Littoral Currents	II-13
II.2.5. Transpor Sedimen Pantai	II-14
II.2.5.1. Transpor Sedimen Menuju Meninggalkan Pantai	II-14
II.2.5.2. Transpor Sedimen Sepanjang Pantai	II-15
II.2.6. Pemodelan Perubahan Garis Pantai	II-15
II.2.7. Struktur Pelindung Pantai	II-20

Bab III. Metodologi Penelitian

III.1. Studi Literatur	III-2
III.2. Pengumpulan Data-Data	III-2
III.3. Peramalan Gelombang	III-2
III.4. Kondisi Fisik Pantai	III-3
III.5. Analisa-Analisa	III-3
III.6. Perencanaan Struktur Pelindung Pantai	III-3

Bab IV. Analisa Data Dan Pembahasan

IV.1. Analisa Pasang Surut	IV-1
IV.2. Analisa Data Arus	IV-2
IV.3. Analisa Data Angin	IV-4
IV.4. Analisa Gelombang	IV-5
IV.4.1. Pembangkitan Gelombang Akibat Angin	IV-6
IV.5. Analisa Refraksi, Shoaling, Dan Gelombang Pecah	IV-13
IV.6. Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai	IV-13
IV.7. Analisa Erosi Pantai	IV-16
IV.8. Perencanaan Perlindungan Pantai Yang Sesuai	IV-21
IV.8.1. Alternatif Pelindung Pantai Situbondo	IV-21

IV.8.2. Tata Letak Bangunan Pelindung Pantai	IV-21
IV.8.2.1. Analisa Gelombang Setelah Melewati Breakwater	IV-26
IV.8.3. Alternatif Bahan Penyusun Bangunan Pelindung Pantai	IV-28
IV.8.4. Perhitungan Dimensi Breakwater	IV-28
IV.8.4.1. Berat Butir Batu Pelindung	IV-29
IV.8.4.2. Lebar Puncak Breakwater	IV-29
IV.8.4.3. Tebal Lapisan Batu Pelindung	IV-30
IV.8.4.4. Jumlah Butiran Pada Tiap Lapisan	IV-30
IV.9. Perencanaan Groin	IV-30
IV.9.1. Jenis Groin	IV-31
IV.9.2. Dimensi Groin	IV-31

Bab V. Kesimpulan Dan Saran

V.1. Kesimpulan	V-1
V.2. Saran	V-2

Daftar Pustaka

Lampiran A. Peta Bathimetri, Topografi.

Lampiran B. Data Angin Tahun 1989-1999.

Lampiran C. Tampilan Utama Program Struktur Perlindungan Pantai.

Lampiran D. Program Dan Analisa Perhitungan Refraksi, Shoaling, Dan Gelombang Pecah.

Lampiran E. Program Dan Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai.

Lampiran F. Program Dan Analisa Perhitungan Breakwater

Lampiran G. Program Dan Analisa Perhitungan Groin

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Refraksi Gelombang Pada Kontur Lurus Dan Sejajar	II-10
Gambar 2.2. Pembagian Garis Pantai Dalam Beberapa Pias	II-17
Gambar 2.3. Volume Sel Akibat Littoral Drift Dan Perubahan Garis Pantai	II-17
Gambar 2.4. Hubungan antara α_o , α_i , α_b	II-18
Gambar 4.1. Komponen Arah arus Untuk Arah Timur Dan Utara	IV-3
Gambar 4.2. Koreksi Kecepatan Angin Terhadap Perbedaan Temperatur	IV-8
Gambar 4.3. Koefisien koreksi terhadap pencatatan Kecepatan angin di darat	IV-9
Gambar 4.4. Konstruksi groin	IV-18
Gambar 4.5. Konstruksi detached breakwater	IV-19
Gambar 4.6. Layout breakwater tampak samping	IV-23
Gambar 4.7. Layout breakwater tampak atas	IV-23
Gambar 4.8. Penentuan koefisien K'	IV-27
Gambar 4.9. Panjang groin	IV-32
Gambar 4.10. Komponen panjang groin	IV-32
Gambar 4.11. Jarak antar groin	IV-33

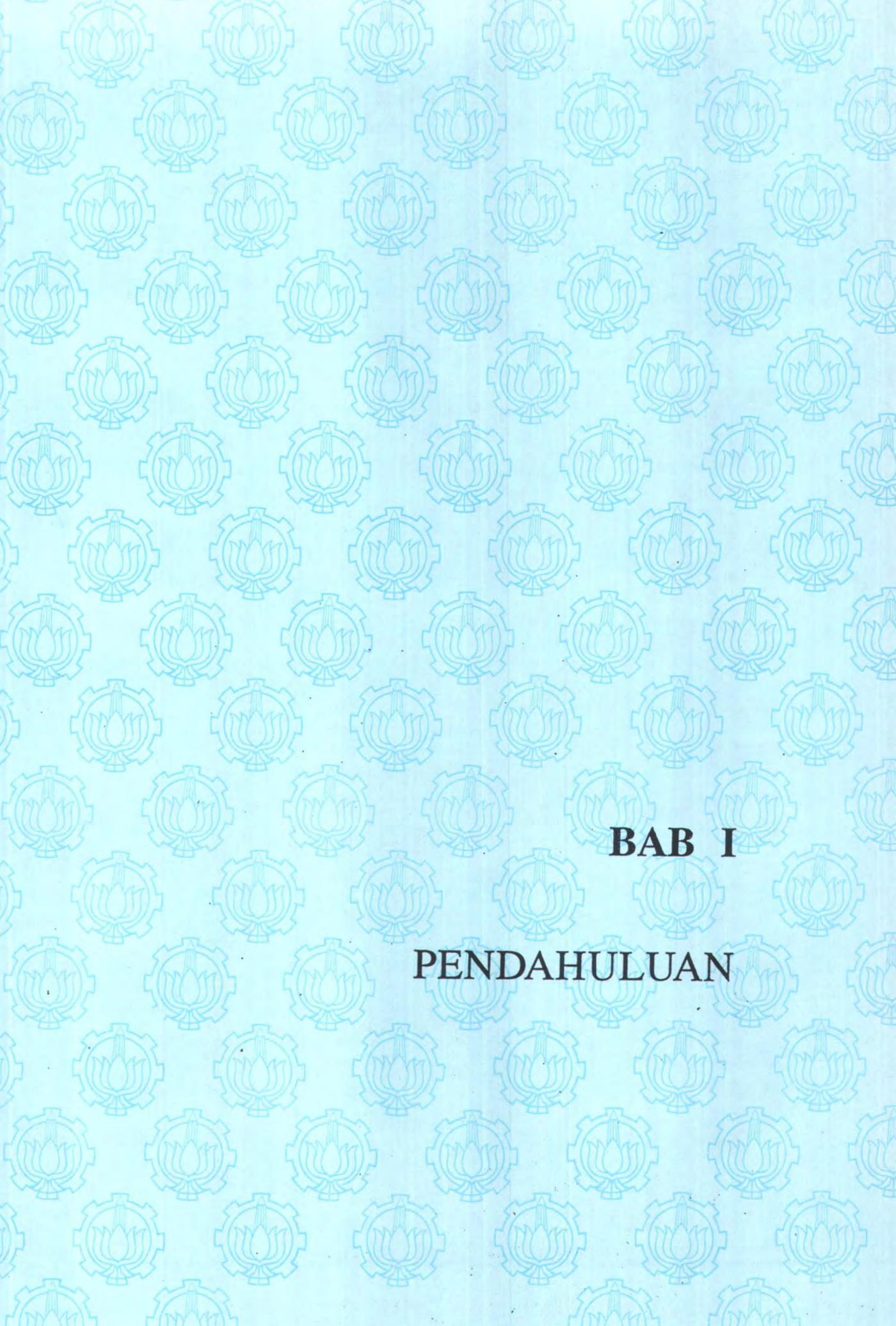
DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Prosentase kejadian data angin keseluruhan (1989-1999)	IV-5
Tabel 4.2. Tabel Perhitungan Fetch Efektif Lokasi Situbondo	IV-11
Tabel 4.3. Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Situbondo	IV-12
Tabel 4.4. Angka perbandingan panjang breakwater dengan jarak breakwater terhadap garis pantai	IV-24
Tabel 4.5. Pemilihan panjang breakwater, jarak antar breakwater, jarak breakwater terhadap pantai	IV-24
Tabel 4.6. Panjang total setiap pemilihan alternatif breakwater	IV-26

DAFTAR NOTASI

Ks	Koefisien <i>shoaling</i>
d	Kedalaman air
L	Panjang gelombang
H	Tinggi gelombang di titik yang ditinjau
H _o	Tinggi gelombang dilaut dalam
C	<i>Celerity</i> gelombang
α_1	Sudut datang gelombang di perairan pantai
α_o	Sudut datang gelombang di laut dalam
C ₁	Cepat rambat gelombang di daerah pantai
C _o	Cepat rambat gelombang di laut dalam
Kr	Koefisien refraksi
H _b	Tinggi gelombang pecah
H _o '	Tinggi gelombang di laut dalam pengaruh refraksi
L _o	Panjang gelombang di laut dalam
db	Kedalaman air pada saat gelombang pecah (m)
m	Kemiringan dasar laut
g	Percepatan gravitasi (9.81 m/dt ²)
T	Periode gelombang
Y	Jarak antara garis pantai dan garis referensi
Db	Kedalaman air saat gelombang pecah
Qs	Transpor sedimen sepanjang pantai
t	Waktu
x	Absis searah panjang pantai

ρ	Massa jenis air laut
C_b	Cepat rambat gelombang pecah
α_b	Sudut datang gelombang pecah
ΔV	Merupakan volume sel garis pantai
Q_r	Merupakan batas kesetimbangan <i>littoral drift</i>
Δt	Merupakan waktu yang dilewati selama perubahan garis pantai
Q_i	Merupakan <i>littoral drift</i> sel ke i .
Q_{i+1}	Merupakan <i>littoral drift</i> sel ke $i+1$
U_{10}	Kecepatan angin pada ketinggian 10 m
U_z	Kecepatan angin pada ketinggian z m
Z	Ketinggian pengukuran (m)
R_T	Koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air
R_L	Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat
$(U_{10})_L$	Kecepatan angin pada ketinggian 10 m diatas tanah.
U	Kecepatan angin (m/dt)
U_A	<i>wind stress factor</i>
F_{eff}	Fetch efektif
X_i	Panjang garis fetch
i	Sudut antara garis fetch yang ditinjau dengan arah angin
L_s	Panjang breakwater
L_g	Jarak antar breakwater



BAB I

PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan dimana 2/3 dari seluruh wilayahnya merupakan lautan, terdiri dari 13.667 pulau dengan panjang pantainya yang mempunyai panjang ± 80.000 Km. Dengan pantai yang sangat panjang ini banyak timbul masalah pada kawasan tersebut seperti erosi pantai, pendangkalan di muara sungai, dan sebagainya.

Daerah Situbondo merupakan daerah yang terletak di Jawa Timur yang memiliki pantai yang panjang. Dengan pantai yang sangat panjang ini, maka untuk mengetahui penyebab kerusakan pantai serta alternatif struktur yang akan dibuat untuk menanggulangi kerusakan Pantai Situbondo, maka diambil studi kasus untuk daerah sebelah timur wilayah Besuki dengan panjang pantai kurang lebih 7 Km. Penentuan daerah studi kasus ini didasarkan pada peta hasil prediksi perubahan garis pantai yang didapat dari Dinas Pusat Penelitian Geologi Laut (PPGL) dan dari studi lokasi dilapangan. Penentuan batasan daerah studi kasus dengan panjang pantai kurang lebih 7 km, dimaksudkan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

Untuk mengetahui secara cepat penyebab kerusakan pantai dan alternatif yang akan dibuat untuk mencegah erosi di beberapa lokasi Pantai Situbondo, maka dibuat suatu *software* (piranti lunak) dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 5.

Bahasa pemrograman Delphi 5 merupakan bahasa pemrograman yang bekerja dalam lingkup MS-Windows. Bahasa pemrograman ini mampu membuat suatu program aplikasi secara cepat dan andal dengan tampilan dan cara kerja MS-Windows.

Pembuatan piranti lunak untuk struktur perlindungan pantai untuk studi kasus di satu lokasi Pantai Situbondo (sebelah timur daerah Besuki dengan panjang pantai ± 7 Km), diharapkan nantinya penerapan *software* ini bisa digunakan untuk Pantai Situbondo yang sangat panjang serta daerah pantai lain yang mempunyai kondisi pantai yang hampir sama.

2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dari Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai untuk kondisi pantai Situbondo.
2. Bagaimana model piranti lunak untuk struktur perlindungan pantai.

3. Tujuan

1. Menentukan alternatif struktur pelindung pantai yang sesuai dengan kondisi pantai Situbondo.
2. Membuat model piranti lunak struktur pelindung pantai.

4. Manfaat

Dari hasil studi ini diharapkan manfaat yang akan diperoleh:

1. Memberikan masukan alternatif penanggulangan erosi pantai dengan membuat struktur perlindungan pantai yang sesuai kepada instansi terkait.

2. Memberikan alternatif kemudahan dalam memilih dan mendesain secara teknis struktur perlindungan pantai yang tepat dengan menggunakan piranti lunak.

5. Batasan Masalah

- a) Penentuan lokasi studi dengan cara studi kasus pada satu tempat yang banyak terjadi erosi pantai.
- b) Studi kasus dilakukan di pantai Situbondo (sebelah timur daerah Besuki dengan panjang pantai ± 7 Km).
- c) Data perairan menggunakan data sekunder.
- d) Dalam perencanaan bangunan pelindung pantai hanya alternatif yang dipilih saja dan hanya ditekankan pada desain teknis saja.



BAB II

**TINJAUAN PUSTAKA
DAN LANDASAN TEORI**

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

II.1. TINJAUAN PUSTAKA

Secara alamiah sebenarnya pantai telah memiliki mekanisme perindungannya sendiri, yaitu berupa kemiringan pantai dan bukit-bukit pasir yang terdapat di sepanjang pantai. Kemiringan pantai merupakan garis terluar pertahanan untuk meredam energi gelombang, meskipun tetap akan terjadi pengikisan pada pantai, tetapi seringkali bukit-bukit pasir tersebut akan dapat secara alamiah terbentuk kembali. Dengan demikian akan mampu melindungi tanah daratan yang ada di belakangnya. Pembentukan kembali bukit-bukit pasir tersebut terjadi dalam suatu periode kurun waktu tertentu. Dalam hal ini sedimen yang terkikis akan dapat digantikan oleh adanya endapan pada daerah tersebut. Hal ini biasanya disebut pantai yang stabil atau seimbang (Brians&Edward,1972).

Salah satu penampakan penampakan dinamis dari suatu pantai dan salah satu sistem phisik dari suatu wilayah pantai adalah adanya sedimen transport yang didefinisikan sebagai suatu gerakan sedimen di wilayah antara garis pantai dan batas gelombang pecah yang diakibatkan oleh adanya gelombang dan arus (Sarwono, 1994).

Stabilitas pantai tergantung pada kecepatan debit sedimen yang terendapkan dan terpindahkan dari suatu kawasan pantai. Perpindahan sedimen terjadi karena interaksi gelombang, angin, arus, pasang-surut dan gaya lingkungan lainnya (Fairchild, 1972).

Pada saat sistim perlindungan pantai yang alami mulai terganggu, langkah pertama yang harus dilakukan adalah dengan memakai metode quasi natural atau metode yang meniru perilaku alam, misalnya dengan membuat bukit pasir tiruan yang berupa

sand dune untuk mengatasi permasalahan diatas. Selama metode tersebut masih mampu mengatasi kondisi permasalahan maka akan tetap dipakai tanpa perlu menggunakan metode perlindungan pantai dalam bentuk lain. Apabila sudah tidak dimungkinkan metode ini dimana erosi dan transportasi sedimen masih terjadi serta dapat merusak kondisi lingkungan kawasan pantai, maka selanjutnya diperlukan konstruksi buatan untuk melindungi kawasan pantai (Moni,1972).

II.2. LANDASAN TEORI

II.2.1. Erosi Pantai

Bentuk garis pantai mempengaruhi proses terjadinya erosi. Pantai dengan bagian yang menjorok ke laut (tanjung) terkena serangan gelombang lebih parah dibanding garis pantai yang terletak di teluk. Perlindungan ekstra sangat diperlukan untuk daerah pantai yang memiliki bagian yang menjorok ke laut. Sementara di daerah teluk, dimana garis pantai lebih panjang dibanding tanjung, energi gelombang cenderung disebarkan ke sepanjang pantai.

Gelombang yang memecah di pantai merupakan penyebab utama proses erosi dan akresi (pengendapan) garis pantai. Karakteristik gelombang ini tergantung pada kecepatan angin, durasi dan jarak seret gelombang (*fetch*). Pada saat gelombang akan memecah bibir pantai, terjadi *run-up*, kemudian surut kembali ke laut, dan membawa sedimen/material disekitar pantai. Sedimen ini disebut *littoral drift*

Sebagian besar gelombang datang dengan membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai, dan menimbulkan arus sejajar garis pantai (*longshore current*), yang menggerakkan *littoral drift* atau sedimen sekitar garis pantai dalam bentuk zigzag sebagai

akibat datang dan surutnya gelombang ke laut. Arah dominan transpor sedimen sejajar garis pantai (longshore transport) disebut *downdrift*, sedangkan arah sebaliknya adalah *updrift*.

Elevasi muka air juga mempengaruhi proses terjadinya erosi pantai. Perubahan tinggi gelombang disebabkan karena pasang surut, musim, atau badai. Pantai dengan kemiringan relatif datar, memiliki sistem perlindungan alami terhadap erosi. Keberadaan terumbu karang dan kemiringan pantai yang relatif datar akan memudahkan tereduksinya energi gelombang yang mendekati pesisir pantai.

Erosi pantai dikategorikan menjadi 2 yaitu karena kondisi alam dan karena aktivitas manusia.

1. Pengaruh alami

a. Terjadinya kenaikan permukaan air laut

kenaikan ini terjadi karena kenaikan permukaan yang naik secara absolut atau karena adanya penurunan permukaan tanah (*land subsidence*). Akibat permukaan tersebut maka terjadi kemunduran garis pantai.

b. Terjadinya perubahan suplai sedimen

Suplai sedimen ke wilayah pantai berasal dari daratan dan laut. Perubahan suplai sedimen dapat berubah karena terjadinya proses alami pelapukan batuan di daratan atau debit sungai yang membawa sedimen semakin berkurang. Selain itu perubahan suplai sedimen dari laut berubah karena daerah karang yang rusak atau pertumbuhan karang yang cepat.

c. Gelombang badai

Salah satu penyebab alami yang mempercepat proses erosi adalah gelombang badai, gelombang yang datang ini memiliki energi yang cukup besar dan menghantam pantai sehingga terjadi pengikisan material pantai. Pada saat badai terjadi, arus tegak lurus pantai yang cukup besar dan mengangkut material ke arah tegak lurus pantai. Proses erosi karena gelombang badai berlangsung dalam waktu singkat tetapi temporer, karena material yang tererosi akan tinggal di *surf zone* dan akan kembali ke pantai ketika gelombang tenang.

d. Overwash

Pada saat pasang tinggi akan terjadi *overwash* yang disertai gelombang yang cukup tinggi, yang membentur pantai dan melimpas di atas *dune*. Akibatnya pantai tererosi dan sedimen akan diendapkan.

e. Angkutan sejajar pantai

Karena aktivitas gelombang dipantai dapat terjadi pemilihan (*sorting*) material pantai akan berubah sesuai dengan gradasi butiran dan keadaan lingkungan gelombangnya.

f. Angkutan oleh angin

Angin yang bertiup berperan mendistribusikan pasir pantai ke arah sejajar pantai dan apabila suplai sedimen pasir di suatu tempat lebih kecil dari kapasitas angkutan angin, maka akan terjadi erosi pada pantai tersebut.

2. Pengaruh aktivitas manusia

a. Penurunan tanah

Terjadinya penurunan tanah di daerah pantai yang diakibatkan aktivitas manusia adalah berupa pengambilan material air tanah yang tidak terkendali atau juga adanya aktivitas penambangan minyak dan penambangan lainnya di daerah sekitar pantai.

b. Penggalian pasir

Wilayah pantai yang berpasir sering terjadi kasus pengambilan bahan pasir untuk bangunan, sedangkan untuk pantai berbatu karang penambangan batuan menyebabkan proses erosi pantai semakin cepat. Penambangan pasir di daerah *dune* atau *spit* akan mengurangi cadangan pasir di daerah tersebut, akibatnya pantai akan semakin tererosi .

c. Interupsi angkutan sejajar pantai

Berkurangnya suplai sedimen untuk pantai bisa disebabkan adanya aktivitas manusia di darat, seperti pembuatan bendungan, pengaturan aliran sungai, dan sebagainya, sehingga yang terjadi adalah berkurangnya suplai sedimen mengakibatkan adanya pengangkutan material pantai karena kapasitas angkutan sedimen yang tetap.

d. Pemusatan energi gelombang di pantai

Pembuatan bangunan pantai dapat mengakibatkan terjadinya pemusatan energi gelombang di daerah tersebut, akibatnya gelombang yang mencapai pantai memiliki energi yang cukup besar sehingga mempercepat terjadinya erosi.

e. Perusakan pelindung pantai alami

Pada dasarnya alam menyediakan pelindung alami, baik berupa tumbuhan bakau maupun cadangan pasir dalam bentuk *dune*. Perusakan pelindung alami mengakibatkan daerah pantai yang di belakangnya menjadi pantai yang terbuka terhadap gelombang, sehingga daerah yang tidak memiliki pelindung alami cenderung lebih cepat erosi.

II.2.2. Karakteristik Gelombang

Karakteristik utama untuk menjelaskan gelombang air laut adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, kedalaman dimana gelombang tersebut dimana gelombang tersebut menjalar, sedang parameter-parameter lain seperti pengaruh kecepatan dan percepatan ditentukan dari ketiga parameter di atas (Pratikto, 1997).

Banyak teori menjelaskan tentang gelombang, yang pada umumnya yang sering digunakan adalah teori gelombang airy. Teori ini merupakan profil gelombang yang sederhana dalam bentuk sinusoidal linier. Teori memberi model persamaan penting untuk properties gelombang pada permukaan gelombang yang akan digunakan untuk memprediksi properties-properties gelombang yang nantinya dapat digunakan pada kondisi praktis.

II.2.3. Deformasi Gelombang

II.2.3.1. Pendangkalan Gelombang

Jika suatu gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang, dan kecepatan gelombang. Jadi pengertian pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) yaitu proses berkurangnya tinggi gelombang dan kecepatan gerak gelombang akibat perubahan kedalaman. Untuk laut dalam kecepatan lebih besar daripada di laut dangkal, begitu pula tinggi gelombangnya. Rumus yang diberikan untuk perhitungan tinggi pendangkalan gelombang yaitu:

$$\frac{H}{H_0} = \sqrt{\frac{C_0}{2nC}} \quad (2.1)$$

$$n = \frac{1}{2} \left| 1 + \frac{\frac{4\pi d}{L}}{\sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \right| \quad (2.2)$$

$$\frac{C}{C_0} = \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.3)$$

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \left(1 + \frac{4\pi d / L}{\sinh(4\pi d / L)}\right)}} \quad (2.4)$$

dimana

H/H_0 = Koefisien *shoaling*

K_s = Koefisien *shoaling*

d = Kedalaman air

L = Panjang gelombang

H = Tinggi gelombang di titik yang ditinjau

H_0 = Tinggi gelombang dilaut dalam

C = *Celerity* gelombang

II.2.3.2. Refraksi Gelombang

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang, yaitu di laut dalam, gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Di daerah ini apabila ditinjau suatu garis puncak

gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut. Garis ortogonal gelombang yaitu garis yang tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur dasar laut.

Cepat rambat gelombang tergantung pada kedalaman air dimana gelombang menjalar. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat daripada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Refraksi dan pendangkalan gelombang (*wave shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Perubahan arah gelombang karena refraksi tersebut menghasilkan konvergensi (penguncupan) atau divergensi (penyebaran) energi gelombang dan mempengaruhi energi gelombang yang terjadi di suatu tempat di daerah pantai.

Studi refraksi dilakukan secara analitis dengan anggapan bahwa kontur dasar laut yang dilintasi oleh setiap garis orthogonal gelombang untuk berbagai arah gelombang (angin) adalah sejajar. Studi refraksi berdasarkan pada persamaan berikut ini:

$$\sin \alpha_1 = \frac{C_1}{C_0} \sin \alpha_0 \quad (2.5)$$

Dimana

α_1 = Sudut datang gelombang di perairan pantai

α_0 = Sudut datang gelombang di laut dalam

C_1 = Cepat rambat gelombang di daerah pantai

C_0 = Cepat rambat gelombang di laut dalam

Dengan menggunakan persamaan diatas maka sudut datang gelombang pada setiap kedalaman di daerah pantai dapat dihitung apabila arah gelombang di laut dalam diketahui. Koefisien refraksi (Kr) dapat dihitung dengan menggunakan perumusan pada persamaan berikut ini:

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_0}{\cos \alpha_1}} \quad (2.6)$$

Selanjutnya tinggi gelombang pada kedalaman tertentu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$H = K_s \cdot Kr \cdot H_0 \quad (2.7)$$

Dimana

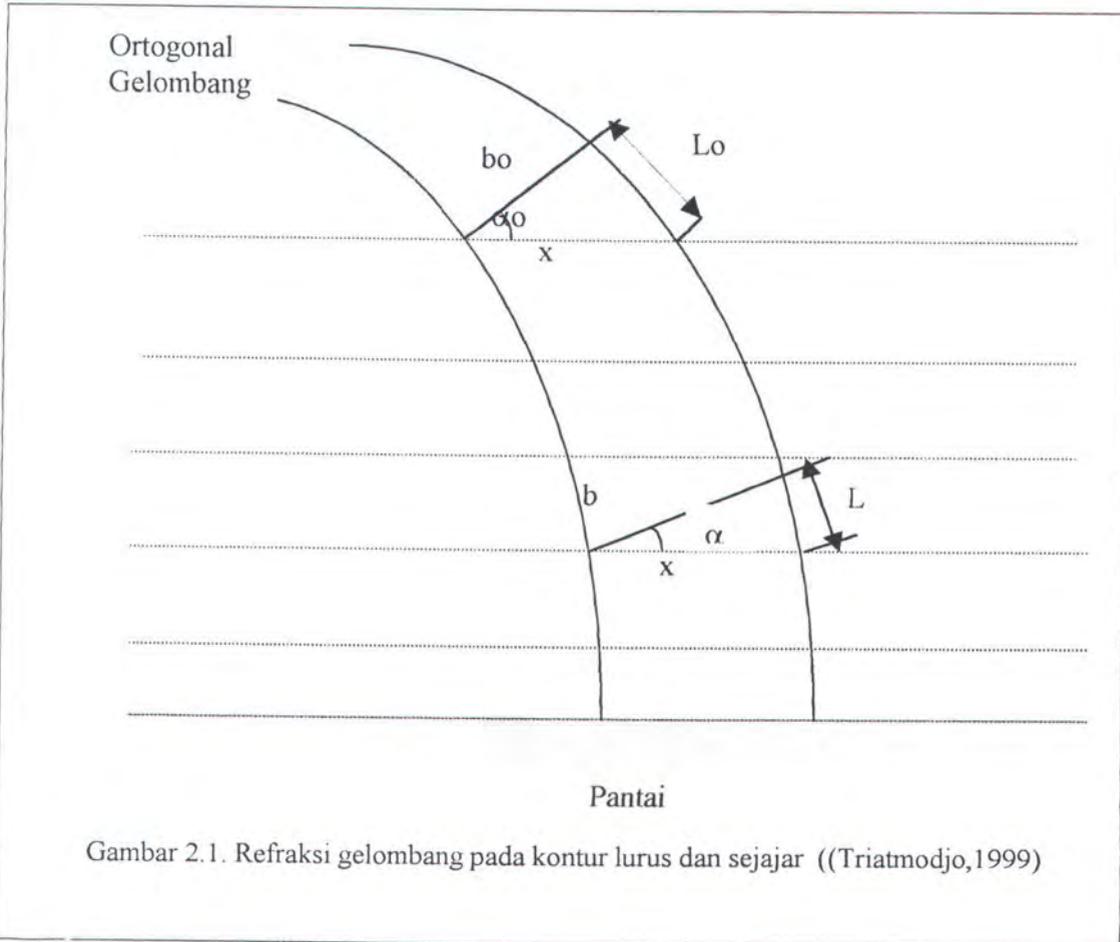
H = Tinggi gelombang dititik yang ditinjau

H_0 = Tinggi gelombang di laut dalam

K_s = Koefisien shoaling

Kr = Koefisien refraksi

Koefisien shoaling (K_s) pada persamaan di atas adalah pengaruh pendangkalan sedangkan koefisien refraksi (Kr) adalah pengaruh garis orthogonal menguncup (*konvergen*) atau menyebar (*divergen*) yang disebkana refraksi gelombang.



Gambar 2.1. Refraksi gelombang pada kontur lurus dan sejajar ((Triatmodjo,1999)

II.2.3.3. Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya (Triatmodjo,1999). Fenomena ini dikenal dengan difraksi gelombang. Dalam difraksi gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Jadi pengertian dari difraksi gelombang yaitu proses pemindahan energi gelombang ke arah daerah yang terlindungi oleh pulau, bukit batu/karang yang menjorok ke laut atau

bangunan pantai. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung. Garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan. Dianggap bahwa kedalaman air adalah konstan. Apabila tidak maka selain difraksi juga terjadi refraksi gelombang. Biasanya tinggi gelombang berkurang di sepanjang puncak gelombang menuju daerah terlindung.

II.2.3.4. Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke daerah yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Selain itu kecepatan dan panjang gelombang berkurang secara berangsur-angsur sementara tinggi gelombang bertambah.

Apabila gelombang bergerak menuju laut dangkal, kemiringan batas tersebut tergantung pada kedalaman relatif d/L dan kemiringan dasar laut m . Gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu, yang disebut dengan kedalaman pecah d_b . Tinggi gelombang pecah diberi notasi dengan H_b . Munk memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah (U.S Army, 1984):

$$\frac{H_b}{H_o'} = \frac{1}{3,3(H_o'/L_o)^{1/3}} \quad (2.8)$$

$$db = \frac{Hb}{b - (a.Hb / g.T^2)} \quad (2.9)$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19m}) \quad (2.10)$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5m})} \quad (2.11)$$

Parameter Hb/Ho' disebut dengan indeks tinggi gelombang pecah.

Dimana

Hb = Tinggi gelombang pecah

Ho' = Tinggi gelombang di laut dalam

Lo = Panjang gelombang di laut dalam

db = Kedalaman air pada saat gelombang pecah (m)

m = Kemiringan dasar laut

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/dt^2)

T = Periode gelombang

Gelombang pecah dapat dibedakan menjadi tiga tipe berikut ini:

1. *Spilling*

Spilling biasanya terjadi apabila gelombang dengan kemiringan kecil menuju ke pantai yang datar (kemiringan kecil). Gelombang mulai pecah pada jarak yang cukup jauh dari pantai dan pecahnya terjadi berangsur-angsur. Buih terjadi pada puncak gelombang lama mengalami pecah dan meninggalkan suatu lapis tipis buih pada jarak yang cukup panjang.

2. *Plunging*

Apabila kemiringan dasar bertambah, gelombang akan pecah dan puncak gelombang akan memutar dengan massa air pada puncak gelombang akan terjun ke depan. Energi gelombang pecah dihancurkan dalam turbulensi, sebagian kecil dipantulkan pantai ke laut, dan tidak banyak gelombang baru terjadi ada air yang lebih dangkal.

3. *Surging*

Surging terjadi pada pantai dengan kemiringan yang sangat besar seperti yang terjadi pantai yang berkarang. Daerah gelombang pecah sangat sempit, dan sebagian besar energi dipantulkan kembali ke laut dalam. Gelombang pecah tipe *surging* ini mirip dengan *plunging*, tetapi sebelum puncaknya terjun, dasar gelombang sudah pecah.

II.2.4. Littoral Currents

Littoral currents meliputi aliran arus laut sejajar pantai maupun yang tegak lurus pantai. Aliran arus sejajar pantai di *surf zone* disebut *longshore currents*, yang timbul dari persyaratan kontinuitas dari massa momentum dan energi gelombang dekat pantai.

Ada 2 jenis pola arus dekat pantai yaitu:

1. Aliran memutar yang meliputi daerah-daerah baik di dalam maupun di luar *surf zone*.
2. Aliran linier dalam *surf zone* (*longshore currents*)

Pemahaman tentang pembangkitan *longshore currents* mencakup rangkaian antara gelombang, pergerakan sedimen dan evolusi garis pantai. *Longshore currents*

dibangkitkan oleh sejumlah mekanisme yang meliputi kemiringan gelombang, aliran pasang surut, difraksi gelombang atau gaya geser angin secara langsung.

II.2.5. Transpor Sedimen Pantai

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya. Transpor sedimen dapat diklasifikasikan menjadi transpor sedimen menuju dan meninggalkan pantai (*onshore-offshore transport*) dan transpor sepanjang pantai (*longshore transport*). Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus pantai, sedang transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sepanjang pantai.

II.2.5.1. Transpor sedimen menuju meninggalkan pantai (*Cross-shore Sediment Transport*)

Cross-shore sediment transport yang dikenal juga dengan *onshore-offshore transport* adalah angkutan sedimen tegak lurus garis pantai ditentukan terutama oleh gelombang, ukuran butiran sedimen dan kemiringan pantai. Angkutan sedimen ini biasanya terjadi dalam kurun waktu relatif singkat seperti proses angkutan sedimen tegak lurus pantai yang dikaitkan oleh terjadinya gelombang pasang (*storm waves*). Jika suatu iklim gelombang spesifik menghantam suatu pantai berpasir, setelah beberapa saat akan terbentuk suatu keseimbangan profil pantai.

II.2.5.2. Transpor sedimen sepanjang pantai

Transpor sedimen sepanjang pantai banyak menimbulkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transpor sedimen sepanjang pantai sangat penting. Beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut:

- a. Cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau.
- b. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen. Cara ini terutama baik apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transpor sedimen sepanjang pantai.
- c. Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

II.2.6. Pemodelan Perubahan Garis Pantai

Perubahan garis pantai merupakan fenomena alam yang terjadi terus-menerus (dinamis). Jika hal ini dibiarkan dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas di sekitar pantai tersebut. Untuk itu perlu adanya studi untuk mengamati perubahan yang terjadi dengan menggunakan suatu pemodelan matematik, sehingga dapat dicari alternatif untuk memelihara kondisi pantai tersebut agar tidak terjadi pengikisan dan erosi pantai (Pratikto, 1997).

Model perubahan garis pantai di dasarkan pada persamaan kontinuitas sedimen (Triatmodjo, 1999). Model perubahan garis pantai dilakukan untuk memprediksi daerah yang mengalami erosi dan akresi karena adanya transpor sedimen yang ditimbulkan oleh

gelombang yang sampai di pantai. Model ini didasarkan pada persamaan berikut ini (Bambang, 1999):

$$\frac{\partial Y}{\partial t} = \frac{i}{db} \frac{\partial Q_s}{\partial x} \quad (2.12)$$

dimana

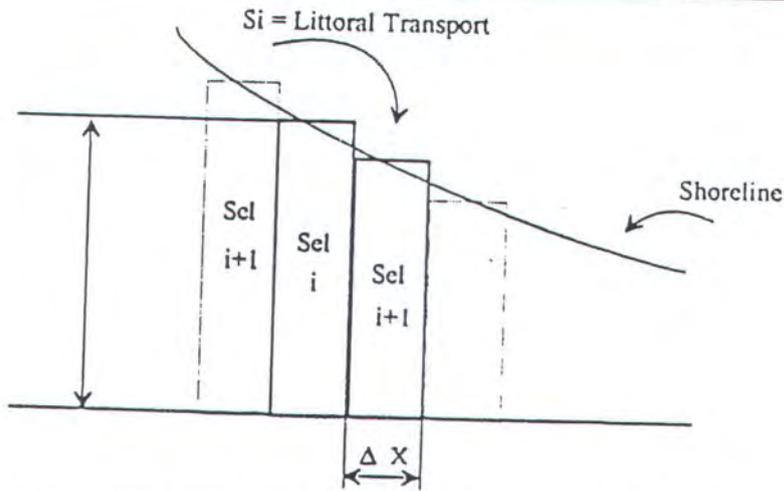
- Y = jarak antara garis pantai dan garis referensi
- Db = Kedalaman air saat gelombang pecah
- Qs = Transpor sedimen sepanjang pantai
- t = Waktu
- x = Absis searah panjang pantai

Rumus empiris untuk transpor sedimen sepanjang pantai yang digunakan dalam perhitungan adalah (U.S. Army, 1984):

$$Q_s = 0.02 \times \rho \times g \times H_b^2 \times C_b/8 \times \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.13)$$

Dimana

- Qs = Angkutan sedimen sepanjang pantai
- ρ = Massa jenis air laut
- Hb = Tinggi gelombang pecah
- Cb = Cepat rambat gelombang pecah
- $\sin \alpha_b$ = Sudut datang gelombang pecah



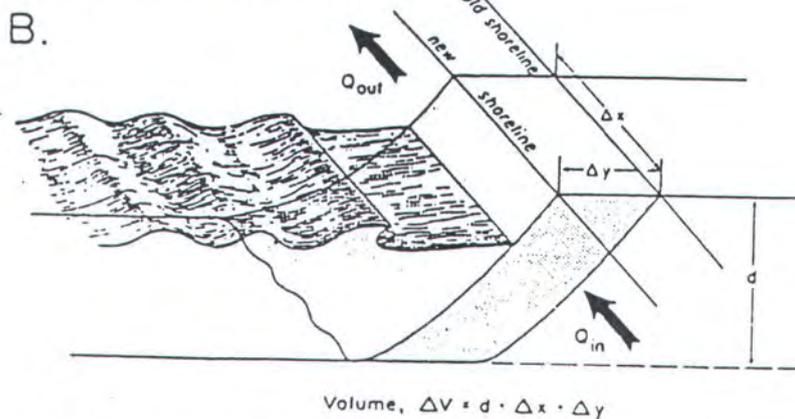
Gambar 2.2. Pembagian garis pantai dalam beberapa pias (Triatmodjo, 1999)

Pada gambar 2.2 menyatakan volume sel garis pantai ΔV akibat *littoral drift* dari sel i ke sel $i+1$. Maka besarnya ΔV dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\Delta V = (Q_{i+1} - Q_i \pm Q_r) \Delta t \quad (2.14)$$

dimana

- ΔV = merupakan volume sel garis pantai
- Q_r = merupakan batas kesetimbangan *littoral drift*
- Δt = merupakan waktu yang dilewati selama perubahan garis pantai
- Q_i = merupakan *littoral drift* sel ke i .
- Q_{i+1} = merupakan *littoral drift* sel ke $i+1$



Gambar 2.3. Volume sel akibat littoral drift dan perubahan garis pantai (Triatmodjo, 1999)

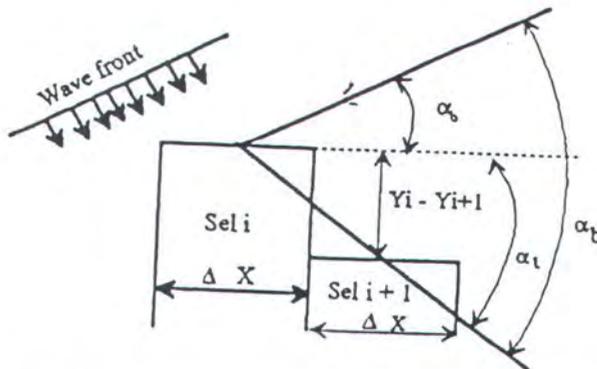
Transpor sedimen sejajar pantai tergantung pada sudut datang gelombang pecah α_b . sudut datang gelombang pecah akan berubah dari satu sel ke sel satu yang lain karena adanya perubahan garis pantai. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3, sudut α_i adalah sudut yang dibentuk oleh garis pantai dengan garis pantai sejajar sumbu x, antara sel i dan sel i+1 seperti dalam persamaan berikut:

$$\tan \alpha_i = \frac{Y_i - Y_{i+1}}{\Delta x} \quad (2.15)$$

Apabila gelombang datang membentuk sudut α_o dengan arah sumbu x (lihat gambar 2.4), maka sudut datang gelombang pecah terhadap garis pantai adalah $\alpha_b = \alpha_i \pm \alpha_o$.

Sudut gelombang pecah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Tan} \alpha_b = \frac{\text{Tan} \alpha_i \pm \text{Tan} \alpha_o}{1 + \text{Tan} \alpha_i \cdot \text{Tan} \alpha_o} \quad (2.16)$$



Gambar 2.4. Hubungan antara α_o , α_i , α_b (Triatmodjo, 1999)

Model perubahan garis pantai dilakukan dengan urutan langkah berikut ini:

- a. Menentukan bentuk garis pantai awal ($Y_1, Y_2, Y_3, \dots Y_n$).
- b. Membagi garis pantai menjadi beberapa sel (ΔX).
- c. Menentukan sumber sedimen dan sedimen yang hilang pada seluruh pias.
- d. Menghitung perubahan garis pantai untuk setiap langkah waktu Δt .

Dalam menentukan sumber sedimen sungai maka menggunakan persamaan prisma pasang surut dengan rumus sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

$$P = \int_0^{T_{pasang}T_s} Q(t) dt \quad (2.17)$$

dimana

- P = prisma pasang surut
Tp = periode air pasang
Ts = periode air surut
Q(t) = debit yang lewat mulut sungai
T = periode pasang surut = Tp + Ts

Sehingga sumber sedimen dari sungai dapat di dekati dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{Ck.P.\pi}{T} \quad (2.18)$$

dimana

- Ck = faktor koreksi yang besarnya antara 0.811 dan 0.999
Q = debit maksimum

II.2.7. Struktur Pelindung Pantai

Struktur pengaman pantai dibangun untuk mengendalikan erosi yang terjadi dan juga untuk mengendalikan erosi yang terjadi dan juga untuk merawat kondisi pantai. Oleh karena itu perencanaan struktur pengaman pantai merupakan solusi bagi permasalahan pantai.

Pada umumnya langkah-langkah yang direncanakan untuk memberikan stabilitas terhadap pantai dibedakan kedalam dua kelas (U.S. Army, 1984). Yang pertama adalah struktur yang dipergunakan untuk menjaga agar gelombang yang besar tidak menjangkau kawasan pantai dermaga ataupun pelabuhan. Contoh struktur ini adalah breakwater, seawall, bulkheads dan revetment. Yang kedua struktur buatan yang digunakan untuk mengurangi laju sedimen transport sepanjang pantai, baik yang sejajar dengan garis pantai maupun pada arah yang tegak lurus garis pantai. Contoh dari struktur ini adalah groin dan jetties.

Secara fisik penempatan struktur dapat diklasifikasikan dalam 3 kelompok yaitu:

1. Struktur yang dibangun pada permukaan garis pantai dan sejajar terhadap garis pantai. Contoh struktur ini yaitu seawall dan revetment.
2. Struktur yang dibangun di lepas pantai dan sejajar terhadap garis pantai. Yang termasuk struktur ini yaitu breakwater.
3. Struktur yang dibangun tegak lurus terhadap garis pantai dan biasanya berhubungan langsung secara fisik terhadap garis pantai. Contoh groin untuk menjaga stabilitas pantai, jetties pada pelabuhan dan beberapa tipe breakwater.

Penjelasan detail tentang beberapa jenis struktur pengaman pantai disajikan pada poin-poin berikut.

II.2.6.1. Jetties

Jetties adalah suatu struktur yang dibangun memanjang ke perairan dan kearah batas sungai atau aliran pasang-surut. Jetties dibangun untuk mencegah terjadinya pendangkalan karena pengendapan material. Jetties biasanya ditempatkan pada sekitar muara sungai untuk melindunginya terhadap aksi gelombang dan arus (U.S. Army, 1984).

II.2.6.2. Bulkhead.

Fungsi utama *bulkhead* adalah untuk menahan terjadinya sliding tanah, selain melindungi tanah dari kerusakan akibat gelombang. Menurut Quin (1972) sheet pile bulkhead dapat terbuat dari kayu, baja, atau beton yang di dukung tie rod yang dihubungkan dengan *anchored wall* atau *anchored pile* yang terletak pada jarak yang aman di balik (sisi belakang) bulkhead.

II.2.6.3. Revetment

Revetment atau yang biasa disebut dengan *slope protection* adalah merupakan bangunan pelindung tebing pantai terhadap gelombang yang relatif kecil, misalnya pada kolam pelabuhan, reservoir atau bendungan, jalan air (*water-way*) ataupun pantai dengan gelombang kecil. Ada 2 kelompok revetment yaitu *permeable* revetment dan *impermeable* revetment (Yuwono, 1999).

a. *Permeable* revetment

1. Open filter material (rip-rap)
2. Stone Pitching

3. Concrete block revetment
- b. Impermeable revetment
 1. Aspalt revetment
 2. Bitumen grouted stone, concrete block

II.2.6.4. Seawall

Seawall (dinding laut) merupakan pelindung tebing pantai terhadap gelombang yang cukup besar. Kelemahan dari revetment maupun seawall adalah kemungkinan terjadinya penggerusan yang cukup dalam di kaki bangunan, sehingga dapat mengganggu stabilitas bangunan. Oleh karenanya pada bagian kaki bangunan ini harus dibuatkan suatu pelindung erosi (*toe protection*) yang cukup baik.

Pemakaian dan bentuk:

Secara kasar profil seawall dapat dikelompokkan dalam bentuk (Pratikto, 1997):

- a) Struktur dinding yang vertikal kurang efektif menahan hempasan gelombang terutama *overtopping* dibanding dengan dinding cekung. Pemakaian dinding vertikal dapat mempercepat terjadinya *scouring* di kaki seawall (pada air dangkal). Namun struktur ini cukup murah dan cepat pengerjaannya (*sheet pile*).
- b) Struktur dinding miring yang terdiri dari tumpukan batu sangat efektif untuk menyerap dan menghancurkan energi gelombang, mereduksi *run-up*, *overtopping* dan *scour*. Dinding cembung dan miring kurang efektif untuk mereduksi *run-up* dan *overtopping*.
- c) Struktur dinding cekung merupakan struktur yang paling efektif mereduksi *overtopping* gelombang jika angin laut tidak begitu keras. Jika puncak struktur

akan digunakan sebagai jalan maka desain ini adalah merupakan bentuk yang terbaik untuk melindungi puncak dan mereduksi hempasan air.

II.2.6.5. Breakwater

Breakwater adalah struktur yang dibangun untuk melindungi kawasan pantai dan pelabuhan. Biasanya dibangun berupa *rubble mound*, struktur beton, *sheet -piling* dan sebagainya, atau dapat juga berupa struktur *floating*.

Ada dua jenis breakwater yang biasa di bangun (U.S. Army, 1984), yaitu *Shore-connected Breakwater* dan *offshore breakwater*. *Shore-connected Breakwater* dicirikan bahwa struktur ini berhubungan langsung dengan daratan. Sedangkan *offshore breakwater* sebaliknya tidak berhubungan secara fisik dengan daratan, keduanya hampir dapat dipastikan mempunyai kesamaan dalam kegunaannya. Ada beberapa macam breakwater yang pernah dibangun, salah satunya adalah breakwater dari tumpukan batu. Ada 2 macam tipe breakwater tumpukan batu yaitu:

a. Overtopping breakwater

Yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan memperkenankan/mengijinkan air melimpas di atas pemecah gelombang tersebut. Pemecah gelombang tipe ini biasanya direncanakan apabila di daerah yang dilindungi tidak begitu sensitif terutama terhadap gelombang yang terjadi akibat adanya *overtopping* (pemecah gelombang untuk melindungi alur pelayaran, jetty, ataupun groin). Jika pemecah gelombang direncanakan boleh *overtopping*, maka lereng pemecah gelombang bagian dalam harus terjamin tidak akan rusak pada saat terjadi hempasan air pada saat *overtopping*.

b. *Non-overtopping* breakwater

Yaitu pemecah gelombang yang direncanakan dengan tidak memperkenankan/mengijinkan air tinggi puncak pemecah gelombang harus direncanakan/ditentukan berdasarkan *wave run-up* yang akan terjadi. Ukuran batu pelindung bagian lereng pemecah dalam, dalam hal ini dapat lebih kecil dari lapis lereng lindung bagian luar. Kadang-kadang ukuran batu dibuat sama namun lereng dalam lebih tegak.

II.2.6.6. Groin

Groin adalah salah satu jenis struktur pengaman pantai yang didesain pada sepanjang pantai untuk membangun pantai yang stabil. Biasanya groin dibangun dengan material batu alam, tribar, dolos dan sebagainya. Secara operasional groin ditentukan oleh beberapa ketentuan (U.S. Army, 1984) yaitu :

1. Groin hanya dapat digunakan terhadap kondisi *longshore transport*.
2. Penyesuaian keadaan pantai disekitar groin akan bergantung pada jarak dan arah *longshore transport*.
3. Hasil akumulasi *longshore transport* oleh groin pada pantai akan mengubah profil pantai.
4. Gelombang yang menempa groin kadang-kadang akan dipantulkan ke lepas pantai sepanjang sisi groin.
5. Prosentase *longshore transport* yang melalui groin akan bergantung pada dimensi groin, material pengisi groin, *water level* dan iklim gelombang.

Panjang Groin:

- a. Untuk pantai kerikil : Groin direncanakan dan dibangun sampai dasar pasir dan tidak perlu diperpanjang terlalu jauh dari titik pertemuan antara pasir dan kerikil.
- b. Untuk pantai pasir: Mengingat mahalnnya harga groin beserta pembangunannya, maka groin biasanya dibuat sampai LWNT (*Low Water Near Tide*).

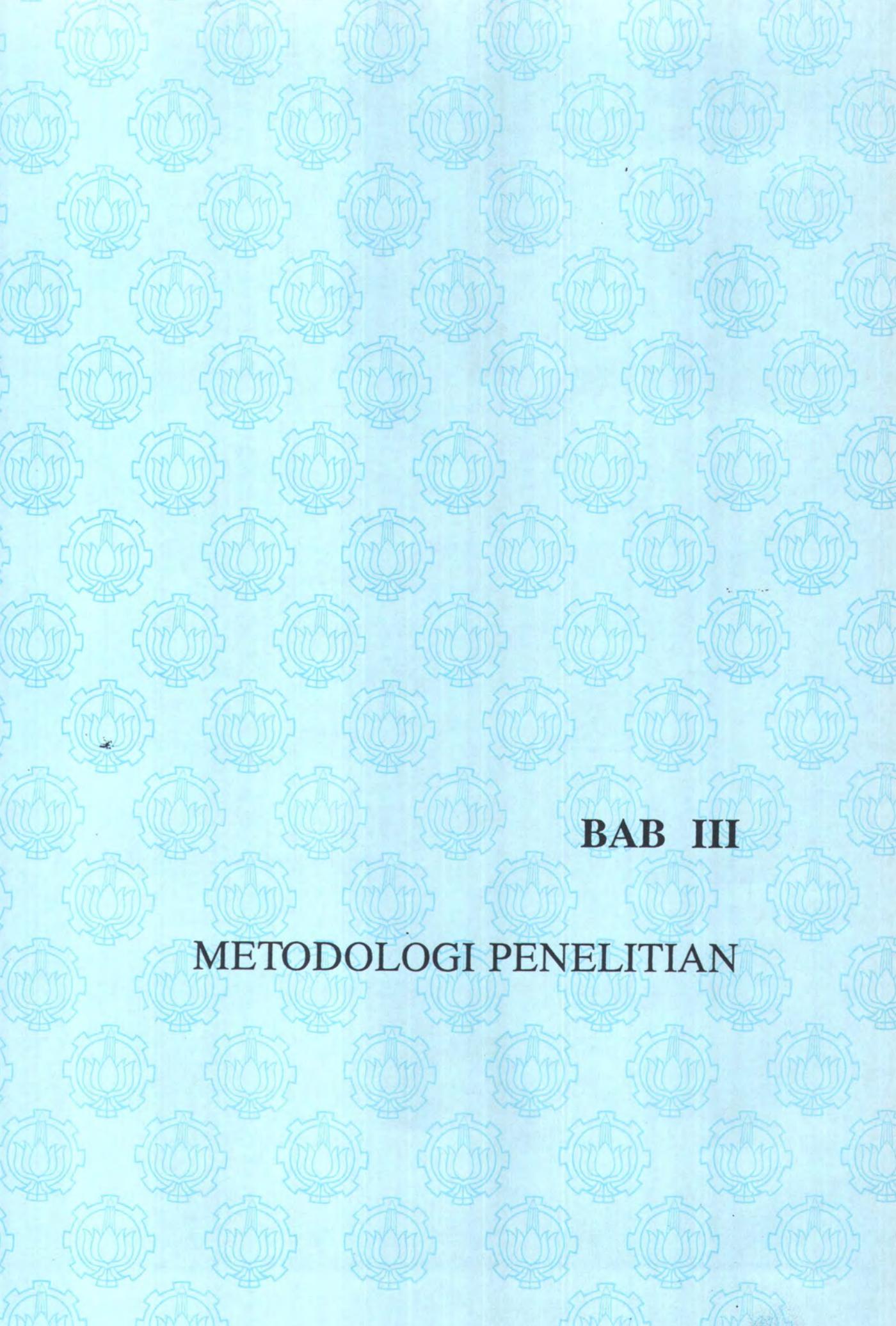
Tinggi Groin:

Jika groin dibuat terlalu tinggi, hal ini akan menyebabkan gerusan yang cukup besar akibat adanya refraksi gelombang yang berlebihan dan turbulensi. Padahal perbedaan elevasi pada kedua sisi groin yang terlalu besar tidak diinginkan, terutama apabila pantai tersebut merupakan daerah pariwisata. Disamping itu groin yang terlalu tinggi sangat efektif dalam menahan dan menangkis sedimen dan hal ini dapat menyebabkan erosi yang cukup parah pada bagian hilir. Oleh karena itu jika dimungkinkan groin direncanakan tidak terlalu tinggi terhadap desain level. Tinggi groin menurut Thomas dan Roberts berkisar antara 50-60 cm di atas elevasi rencana, sedangkan berdasarkan Muir Wood dan Fleming antara 0,5-1,0 m di atas elevasi rencana (Yuwono, 1999).

Jarak Groin B:

Jarak groin B merupakan fungsi dari panjang groin, sudut datang gelombang, selisih pasang surut material dan landai pantai. Jarak groin pada pantai berpasir biasanya diambil $B=(1 s/d 2)L$, sedangkan pada pantai berpasir diambil $B=(2 s/d 4)L$. Jarak groin yang terlalu dekat akan menghasilkan sistem groin yang mahal, sedangkan jarak yang

terlalu jauh akan menghasilkan perencanaan groin yang tidak efektif dan proses erosi tetap berlanjut.



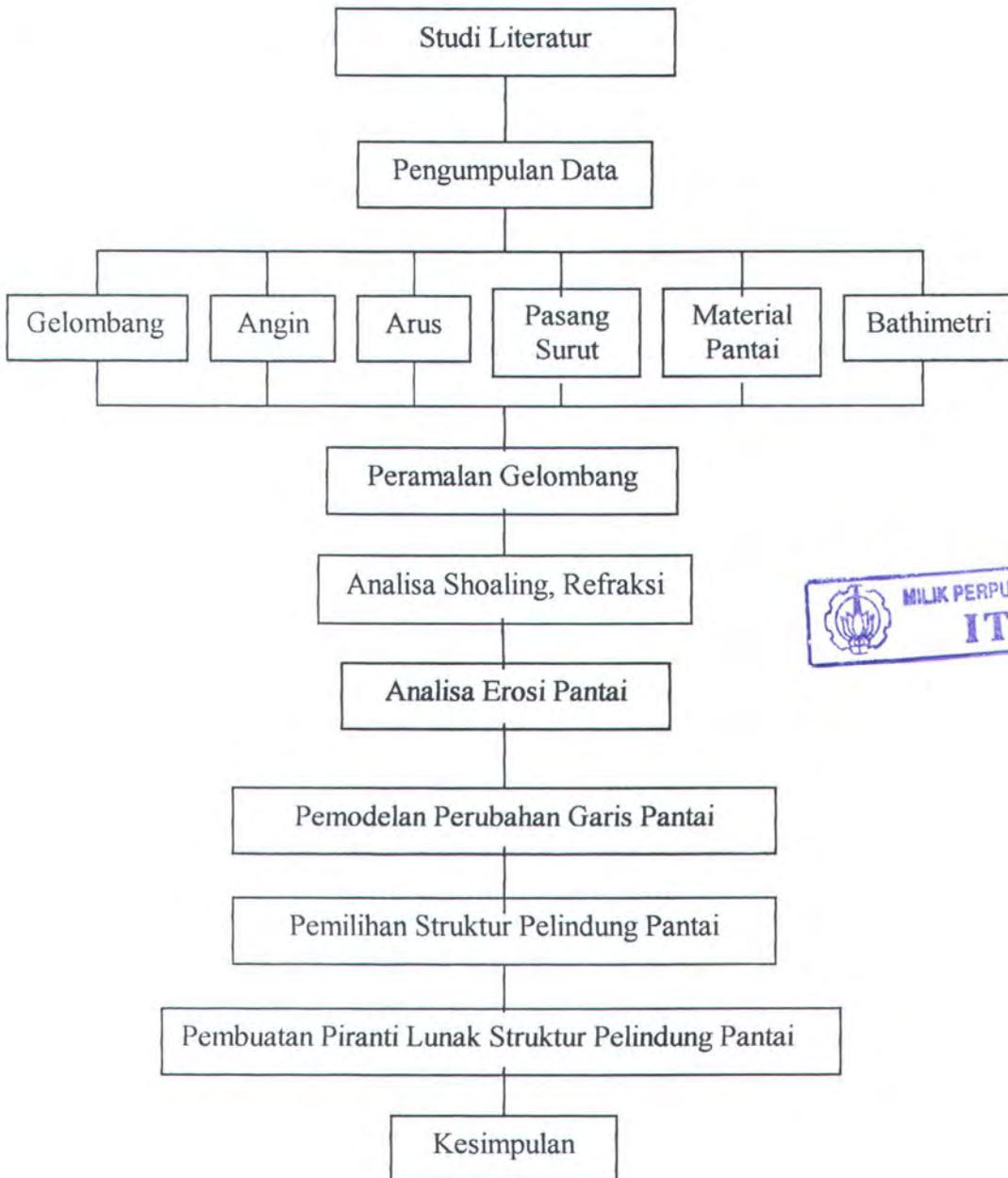
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan yang telah disebutkan diatas , maka metodologi dan tahapan pengerjaan dapat dijelaskan dengan diagram alir berikut ini:



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi Penelitian

III.1. Studi Literatur

Pelaksanaan studi literatur meliputi seleksi paper-paper journal dan buku yang berkaitan dengan masalah perlindungan dan pengamanan pantai, jenis bangunan pelindung pantai, rekayasa pantai serta memperkaya penulis pada bidang yang sedang dituliskannya. Antara lain studi literatur yang berkaitan dengan pembuatan piranti lunak bahasa pemrograman Delphi, yang nantinya semua input maupun output akan ditampilkan melalui bahasa pemrograman tersebut.

III.2. Pengumpulan Data-Data

Data-data yang diperlukan dapat diperoleh dari berbagai sumber-sumber antara lain Dinas Hidro-Oseanografi, Pusat Penelitian Geologi Laut, Badan Meteorologi dan Geofisika. Data-data yang diperlukan meliputi:

- ◆ Data gelombang
- ◆ Data angin
- ◆ Data arus
- ◆ Data pasang surut
- ◆ Bathimetri

Dengan menggunakan data-data tersebut, maka beberapa hal atau analisa-analisa maupun tahapan-tahapan selanjutnya dapat diperinci pada bab-bab selanjutnya.

III.3. Peramalan Gelombang

Data-data gelombang yang cukup lengkap dalam jangka waktu yang cukup panjang (lebih kurang 10 tahun) sulit untuk diperoleh, maka diperlukan pendekatan dengan parameter-parameter gelombang (tinggi, periode, dan arahnya) ditentukan dengan melakukan peramalan gelombang yang didasarkan pada data angin.

III.4. Kondisi Fisik Pantai

Data ini berhubungan erat dengan beberapa analisa yang akan dilaksanakan, seperti peta topografi dan bathimetri Pantai Situbondo. Peta batimetri pantai Situbondo ini digunakan untuk menganalisa refraksi gelombang, pendangkalan gelombang, dan analisa gelombang pecah. Sedangkan peta topografi Pantai Situbondo digunakan untuk pemodelan perubahan garis pantai.

III.5. Analisa-Analisa

Suatu rangkaian pengerjaan-pengerjaan dari data-data yang diperoleh yang akan menunjang dalam studi kasus ini, yang meliputi:

1. Analisa refraksi dan shoaling

Menganalisa kondisi gelombang yang bergerak ke pantai, dalam analisa ini ada beberapa asumsi-asumsi yang akan digunakan.

2. Analisa erosi

Menentukan besar sedimen transpor yang terjadi, sehingga model perubahan garis pantai akan dapat diketahui, sehingga alternatif struktur perlindungan pantai yang cocok untuk mengantisipasi kondisi kerusakan pantai dapat dipilih.

III.6. Perencanaan Struktur Pelindung Pantai

Data hasil analisa tinggi gelombang rencana, analisa refraksi, dan pendangkalan gelombang, gelombang pecah, sedimen transpor akan mempengaruhi alternatif struktur perlindungan pantai yang dipilih.

III.7. Pembuatan Piranti Lunak

Setelah mendapatkan tinggi gelombang rencana dan periode gelombang rencana, maka dibuat suatu *software* (piranti lunak) untuk analisa perhitungan refraksi, pendangkalan gelombang, dan gelombang pecah. Hasil dari perhitungan ini untuk menghitung besar sedimen transpor yang terjadi sehingga model perubahan garis pantai dapat dimodelkan dengan piranti lunak ini.

Adapun yang dijadikan data masukan (input) dan output sebagai berikut:

- ❖ Input program refraksi, shoaling, dan gelombang pecah sebagai berikut:
 - Tinggi gelombang di laut dalam (H_0).
 - Periode gelombang (T_0).
 - Sudut datang gelombang (α).
 - Kedalaman (d).
 - Kemiringan dasar laut (m).
- ❖ Output program refraksi, shoaling, dan gelombang pecah sebagai berikut:
 - Panjang gelombang (L).
 - Koefisien refraksi (K_r).
 - Koefisien shoaling (K_s).
 - Tinggi gelombang di dekat pantai (H).
 - Tinggi gelombang pecah (H_b).
 - Kedalaman gelombang pecah (db).
- ❖ Input program model perubahan garis pantai.
 - Tinggi gelombang pecah (H_b).
 - Kedalaman gelombang pecah (db).
 - Sudut datang gelombang.

- Jarak pias (X).
- Jangka waktu (t).
- Periode gelombang (T).
- Panjang gelombang pecah (Lb).
- Koordinat awal garis pantai (Y awal).

❖ Output model perubahan garis pantai

- Perubahan garis pantai yang terjadi (ΔY).
- Koordinat garis pantai dalam jangka waktu tertentu (Y akhir).
- Litoral drift (Q).

Cara penggunaan piranti lunak analisa refraksi, shoaling, dan gelombang pecah:

1. Memasukkan input data seperti pada bahasan sebelumnya.
2. Menekan tombol yang bernomor 1, 2, 3, ... 10, untuk melihat hasil dari proses perhitungan.
3. Menekan tombol print untuk proses pencetakan.
4. Setelah menekan tombol print, maka akan terlihat tampilan menu utama yang terdiri dari tombol-tombol:

- Zoom: digunakan untuk memperbesar/memperkecil hasil proses perhitungan.
- Setup print: Untuk mengatur proses pencetakan.
- Print: Digunakan untuk proses pencetakan.
- Save As: Untuk menyimpan input/output program penghitungan.
- Open: Digunakan untuk membuka file dari proses penyimpanan input/output program.
- Close: Digunakan untuk menutup file input/output program.

Cara penggunaan piranti lunak model perubahan garis pantai:

1. Memasukkan input data seperti pada bahasan sebelumnya.
2. Menekan tombol yang bernomor 1, 2, 3, ... 10, untuk melihat hasil dari proses perhitungan.
3. Untuk mencetak input/output analisa perhitungan perubahan garis pantai, maka tekan tombol print.



BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Pasang Surut

Pasang surut adalah naik turunnya air laut yang dipengaruhi oleh adanya daya tarik menarik antara bumi dengan planet-planet terutama bulan dan matahari. Data pasang surut diperlukan untuk mengetahui kedudukan permukaan air laut dan pola pasang surut di daerah studi.

Pengamatan pasang surut dilakukan pada tempat dimana air tidak surut yang diamati selama 15 hari. Pengamatan pasang surut dilakukan pada lokasi $07^{\circ}43'06''$ LS dan $114^{\circ}12'34''$ BT (PPGL, 1994). Pengukuran dilakukan dengan palem (rambu ukur) dipasang di dermaga pelabuhan secara permanen untuk mengetahui perubahan elevasi permukaan air laut secara vertikal saat pasang naik/turun. Lokasi ini dipilih karena strategis, stabil, karena tidak dipengaruhi gelombang laut yang dapat mempengaruhi ketelitian pembuatan skala.

Pengamatan pasang surut dilakukan dengan periode jangka pendek (15 hari) terus-menerus tanggal 10-24 Juli 1994, dengan interval 30 menit. Sehingga didapat tinggi air maksimum 254 cm dan tinggi air minimum 55 cm.

Konstanta harmonik pasang surut:

A (amplitudo), fase (g) dengan $S_0, M_2, S_2, N_2, K_1, O_1, M_4, MS_4, K_2, P_1$.

$$A = S_0 + A_n \cos (wt + G_n) \quad (4.1)$$

S_0 = Tinggi muka air laut rata-rata diatas titik 0 rambu

A_n = Amplitudo komponen harmonik pasang surut

G_n = Fase komponen harmonik pasang surut

n = Konstanta yang diperoleh hasil perhitungan astronomis

$$F(\text{indexformzal}) = \frac{A(O_1) + A(K_1)}{A(M_2) + A(S_2)} = 1.14 \quad (4.2)$$

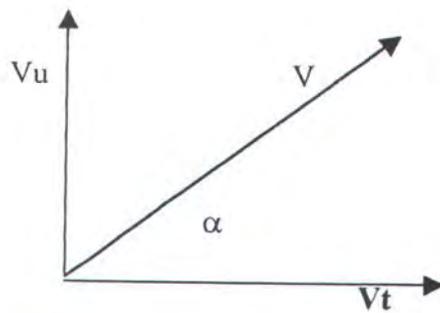
Sehingga dapat disimpulkan tipe pasang surut campuran cfondong ke setengah harian ganda (*mixed tide predominantly semi diurnal*).

IV.2. Analisa Data Arus

Dalam analisa sedimen transpor arus memegang peranan jika mempunyai kecepatan > 0.1 m/dt. Kapasitas sedimen transpor akan lebih besar jika gelombang dan arus bekerja bersama-sama. Jika bekerja sendiri-sendiri maka gelombang akan menghamburkan material sedangkan arus akan membawa material tersebut.

Analisa arus dilakukan untuk mendapatkan apakah arus mempunyai efek penting terhadap sedimen transpor atau tidak. Melihat kondisi alam daerah pantai Situbondo yang berada pada perairan lepas sehingga tidak terlindungi secara alami. Sehingga gelombang pecah yang terjadi pada perairan dangkal akan berperan dalam pengikisan pantai. Arus laut ini juga dipengaruhi oleh kecepatan angin yang berpengaruh terhadap pembentukan gelombang. Semakin tinggi gelombang semakin besar arusnya, sehingga sangat berpengaruh terhadap pengikisan pantai. Dengan adanya struktur tambahan dapat berguna untuk mengatasi terjadinya pengikisan yang disebabkan oleh gelombang datang dan arus sepanjang pantai. Dengan adanya groin maka arus sepanjang pantai ditahan sehingga laju arus laut tersebut semakin lama semakin berkurang sehingga sedimen yang dibawa arus tersebut akan mengendap dan dibawa oleh groin.

Untuk perolehan arus pasang surut murni dan arus tetap dilakukan analisa lebih lanjut terhadap data arus umum. Data arus ini dipisahkan ke dalam komponen Timur dan Utara .



Gambar 4.1. Komponen arah arus untuk arah timur dan utara (PPGL, 1994)

Arus tetap merupakan harga rata-rata dari V_u dan V_t .

$$\overline{V_u} = \frac{Vu_1 + Vu_2 + Vu_3 + \dots + Vu_{25}}{25} \quad (4.3)$$

$$\overline{V_t} = \frac{Vt_1 + Vt_2 + Vt_3 + \dots + Vt_{25}}{25} \quad (4.4)$$

Arus umum mempunyai jumlah dari komponen arus tetap dan arus pasang surut.

$$V_{pu} = V_u - \overline{V_u} \quad (4.5)$$

$$V_{pt} = V_t - \overline{V_t} \quad (4.6)$$

V_{pu} = Komponen arus pasang surut arah Utara.

V_{pt} = Komponen arus pasang surut arah Timur.

Untuk dapatkan arah dan kecepatan arus pasang surut dihitung:

$$V_p = \{ (V_{pu})^2 + (V_{pt})^2 \}^{1/2} \quad (4.7)$$

$$\alpha = \arctan \frac{V_{pt}}{V_{pu}} \quad (4.8)$$

Sehingga dapat disimpulkan hasil pada kedalaman 4 meter, kecepatan arus pasang surut maksimum 0.4 m/dt dengan arah $15.3^\circ - 18.5^\circ$. Sedangkan pada kedalaman 14 meter kecepatan arus pasang surut minimum 0.05 m/dt dengan arah 288.6° . Kecepatan arus maksimum terjadi pada saat surut minimum dan kecepatan

arus minimum terjadi pada saat pasang. Pengukuran arus ini dilakukan selama 10-20 Juli 1994 pukul 23.00-23.00 WIB, pada lokasi 07°43'34'' LS – 114°12'34'' BT (PPGI.). Pengukuran arah dan kecepatan arus umum diamati terus-menerus dengan interval 1 jam.

Jadi dapat disimpulkan hasil pengukuran arus di lapangan terjadi arus pasang surut maksimum 0.39 m/dt – 0.4 m/dt dengan arah rata-rata membentuk sudut $\alpha=20^\circ$ dan arus pasang surut minimum 0.05 m/dt dengan arah rata-rata membentuk sudut 280° .

IV.3. Analisa Data Angin

Data angin yang digunakan disini adalah data angin bulanan yang didapatkan dari Badan Meteorologi dan Geofisika. Interval waktu catatan yang diperoleh adalah dari tahun 1989 sampai tahun 1999, jadi data angin ini tersedia selama 10 tahun.

Arah angin dinyatakan dalam bentuk delapan penjuru arah angin yaitu Utara, Timur, Timur Laut, Selatan, Barat, Barat Daya, Tenggara, dan Barat Laut. Kecepatan angin disajikan dalam satuan knot, dimana 1 knot sama dengan 1 mil laut per jam atau 0.515 m/dt, sedangkan 1 mil laut sama dengan 6080 ft atau 1853.18 meter.

Data angin yang digunakan di sini selama kurun waktu 10 tahun. Berikut ini ikhtisar dari data angin selama kurun waktu 10 tahun (1989-1999):

- ✓ Secara keseluruhan angin dominan bertiup dari arah Timur.
- ✓ Bila dipisahkan menurut bulannya, angin bertiup dari arah berikut:
 - Januari : dari Barat
 - Pebruari : dari Barat
 - Maret : dari Barat Laut
 - April : dari Timur

- Mei : dari Timur
- Juni : dari Timur
- Juli : dari Timur
- Agustus : dari Tenggara
- September : dari Tenggara
- Oktober : dari Tenggara
- Nopember : dari Timur
- Desember : dari Barat

Tabel 4.1. Prosentase kejadian data angin keseluruhan (1989-1999)

Arah Angin	Kecepatan angin (Knot)					Jumlah
	<5	5s/d10	10s/d15	15s/d20	>20	
Utara	0	8	0	0	0	8
Timur Laut	0	0	0	1	1	2
Timur	0	44	3	3	2	52
Tenggara	0	18	0	0	0	18
Selatan	0	0	0	1	0	1
Barat Daya	0	1	0	0	0	1
Barat	0	11	0	2	1	14
Barat Laut	2	0	2	0	0	4
					Total	100

IV.4. Analisa Gelombang

Data gelombang adalah sangat penting untuk perencanaan bangunan pelindung pantai terutama data pencatatan jangka panjang. Data gelombang ini disamping digunakan untuk perhitungan stabilitas bangunan juga diperlukan untuk analisa gerakan sedimen. Untuk peramalan jangka panjang data gelombang diambil dari hasil perhitungan gelombang berdasarkan kecepatan angin yang diuraikan pada bagian-bagian berikutnya.

Gelombang angin adalah gelombang yang ada di laut/danau. Dengan demikian gelombang angin merupakan gelombang yang sangat penting, terutama terhadap hal yang berkaitan dengan proses morfologi pantai ataupun perencanaan bangunan pantai.

Angin yang berhembus diatas permukaan air akan memindahkan energinya ke air dan akan menimbulkan gelombang. Daerah dimana gelombang dibentuk disebut daerah pembentukan gelombang. Gelombang yang terjadi di daerah pembentukan gelombang ini kejadiannya bersamaan dengan hembusan angin, gelombang ini mempunyai bentuk seperti gunung dengan puncak tajam, dengan panjang gelombang antara 10-20 kali tinggi gelombang, gelombang semacam ini disebut gelombang *sea*. Sedangkan gelombang yang menjalar keluar daerah pembentukan merupakan gelombang bebas yang bentuknya lebih beraturan dengan panjang gelombang antara 30-500 kali tinggi gelombang, gelombang semacam ini disebut sebagai gelombang *sweel*.

IV.4.1. Pembangkitan Gelombang Akibat Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang akan menyebabkan gangguan pada permukaan tersebut, dengan riak gelombang kecil diatas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama semakin kuat angin berhembus semakin besar gelombang yang terbentuk. Tinggi dan periode gelombang yang terbentuk tergantung dari kecepatan angin (U), lama hembusan angin (t), panjang fetch (F), serta arah angin. Panjang fetch membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada dibawah pengaruh angin. Jadi apabila panjang fetchnya pendek, energi yang ditransfer angin ke air belum

cukup besar, sehingga gelombang yang terjadi belum cukup tinggi. Gelombang dengan periode lama akan terjadi jika fetch cukup panjang.

Untuk keperluan peramalan gelombang biasanya dipergunakan kecepatan angin pada ketinggian 10 m. Apabila kecepatan angin tidak diukur pada ketinggian tersebut, maka kecepatan angin perlu dikoreksi terhadap ketinggian dengan formulasi berikut (U.S. Army, 1984):

$$U_{10} = Uz \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (4.9)$$

dimana

U_{10} = Kecepatan angin pada ketinggian 10 m

Uz = Kecepatan angin pada ketinggian z m

z = Ketinggian pengukuran (m)

Disamping itu juga *stability corection* terhadap perbedaan temperatur udara dan air dengan menggunakan formulasi seperti pada persamaaan berikut ini:

$$U = R_T R_L (U_{10})_L \quad (4.10)$$

dimana

R_T = Koreksi akibat adanya perbedaan antara temperatur udara dan air

R_L = Koreksi terhadap pencatatan angin yang dilakukan di darat

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

Untuk menggunakan grafik dan perumusan yang ada pada buku SPM 1984, dalam peramalan gelombang maka kecepatan angin tersebut harus diubah ke dalam *wind stress factor* (U_A), dengan menggunakan formulasi pada persamaan (4.11) berikut:

$$U_A = 0.71 U^{1.23} \quad (4.11)$$

Dimana

U = Kecepatan angin (m/dt)

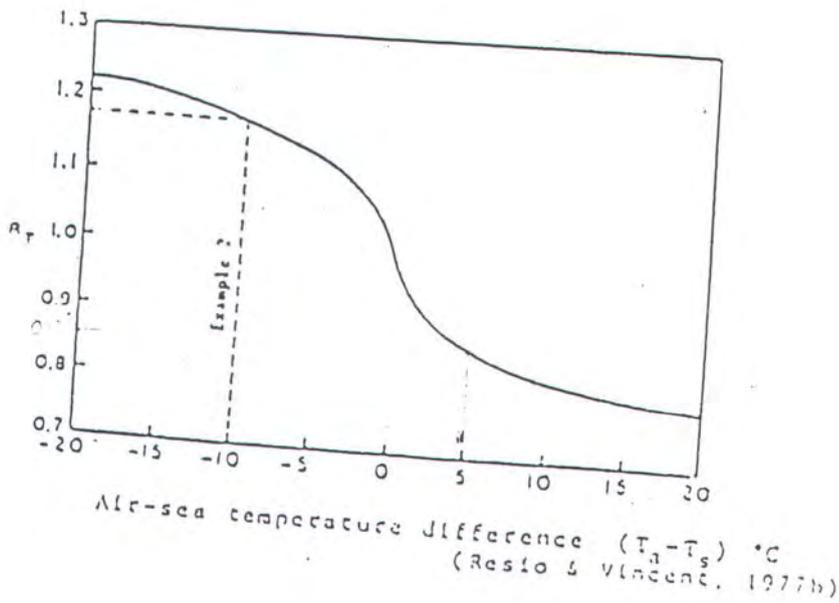
$U_A = \text{wind stress factor}$

Tinggi gelombang signifikan (H_s), periode signifikan (T_s) didapatkan dengan cara memasukkan nilai *wind stress factor*, U_A , panjang fetch efektif (F_{eff}) pada grafik SPM atau dengan memasukkan nilai-nilai tersebut ke dalam formulasi pendekatan dari grafik SPM

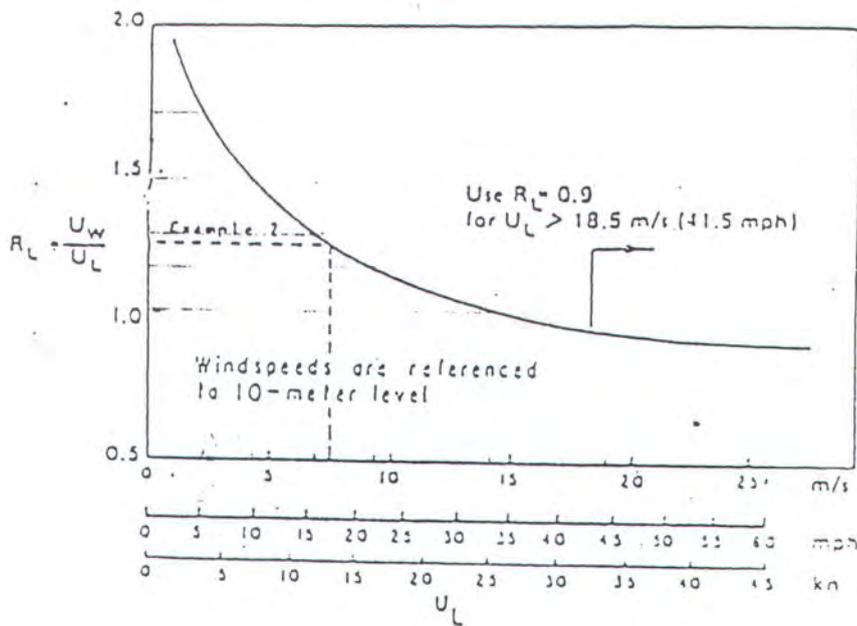
$$H_s = 5.112 \times 10^{-4} U_A F^{1/2} \quad (4.12)$$

$$T_s = 6.23 \times 10^{-2} (U_A F)^{1/3} \quad (4.13)$$

$$t = 3.215 \times 10 (F^2/U_A)^{1/3} \quad (4.14)$$



Gambar 4.2. Koefisien koreksi kecepatan angin terhadap perbedaan temperatur (Triatmodjo, 1999)



Gambar 4.3. Koefisien koreksi terhadap pencatatan kecepatan angin di darat (Triatmodjo, 1999)

Dalam peramalan gelombang angin, fetch biasanya dibatasi oleh daratan yang mengelilingi daerah pembangkitan gelombang. Fetch dapat didefinisikan sebagai panjang daerah pembangkitan gelombang pada arah datangnya angin. Apabila bentuk daerah pembangkitan tidak teratur maka untuk keperluan peramalan gelombang perlu ditentukan besarnya fetch efektif dengan formulasi pada persamaan (4.15) berikut ini:

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha_i}{\sum \cos \alpha_i} \quad (4.15)$$

dimana

F_{eff} = Fetch efektif

X_i = Panjang garis fetch

i = Sudut antara garis fetch yang ditinjau dengan arah angin

Dalam lampiran ditunjukkan penarikan garis-garis fetch untuk peramalan gelombang di perairan Situbondo. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa dari Situbondo menghadap ke laut hanya dalam empat dari delapan penjurur mata angin.

Panjang daerah pembentukan gelombang atau fetch ditentukan sebagai berikut:

- ✓ Pertama ditarik garis-garis fetch setiap interval sudut 5 derajat.
- ✓ Tiap penjurur angin mempunyai daerah pengaruh selebar 22,5 derajat ke sebelah kiri dan kanannya.
- ✓ Panjang garis fetch dari lokasi peramalan sampai ke daratan diujung lainnya.
- ✓ Masing-masing garis fetch dalam daerah pengaruh suatu penjurur angin diproyeksikan ke arah penjurur tersebut.
- ✓ Panjang garis fetch diperoleh dengan membagi jumlah panjang proyeksi garis-garis dengan jumlah cosinus sudutnya.

Perhitungan fetch disajikan dalam tabel 4.2. Asumsi yang digunakan dalam peramalan gelombang adalah sebagai berikut:

- Angin yang bertiup dari arah darat (daerah Situbondo) dianggap tidak menimbulkan gelombang di perairan Situbondo.
- Data angin mencerminkan pada ketinggian 10 m dari muka tanah. Metode peramalan gelombang yang digunakan menuntut spesifikasi ini.
- Data angin diperoleh dari lokasi darat, sementara penggunaannya adalah untuk perairan Situbondo. SPM memberikan petunjuk untuk mengkonversikan data angin yang diperoleh di darat menjadi angin di laut. Hanya saja petunjuk SPM harus diikuti dengan hati-hati, karena

petunjuk tersebut di dasarkan pada studi terbatas di Greak Leaks, Amerika Serikat, yang belum tentu berlaku untuk wilayah lain. Dalam perencanaan ini angin darat digunakan apa adanya (dianggap sama dengan angin laut) karena lokasi stasiun pengamatan angin yang digunakan berada di dekat laut.

- Dalam pemakaian grafik dan rumus pendekatan peramalan tinggi gelombang signifikan yang ada di SPM 1984, fetch yang digunakan adalah besarnya fetch efektif karena daerah pembentukan gelombang di perairan Situbondo tidak teratur.

Dengan menggunakan data angin, data fetch dan formulasi yang digunakan dalam peramalan gelombang angin di atas, maka hasil perhitungannya dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.2. Tabel Perhitungan Fetch Efektif Lokasi Situbondo

Arah Utama	Simpangan Terhadap Arah Utama(derajat)	Panjang Garis Fetch Xi (Km)	Cos a	Xi*Cos a (Km)	Fetch Efektif Feff (Km)
Barat Laut	20	118.8	0.9397531	111.643	89.387
	15	132	0.9659602	127.507	
	10	103.95	0.9848231	102.372	
	5	90.75	0.9961986	90.405	
	0	82.5	1	82.500	
	5	77.55	0.9961986	77.255	
	10	70.95	0.9848231	69.873	
	15	66	0.9659602	63.753	
	20	62.7	0.9397531	58.923	
Utara	20	61.05	0.9397531	57.372	65.854
	15	66	0.9659602	63.753	
	10	72.6	0.9848231	71.498	
	5	72.6	0.9961986	72.324	
	0	69.3	1	69.300	
	5	59.4	0.9961986	59.174	
	10	61.05	0.9848231	60.123	
	15	66	0.9659602	63.753	
	20	64.35	0.9397531	60.473	
Timur Laut	20	62.7	0.9397531	58.923	

	15	82.5	0.9659602	79.692	139.515
	10	200	0.9848231	196.965	
	5	200	0.9961986	199.240	
	0	95.7	1	95.700	
	5	99	0.9961986	98.624	
	10	115.5	0.9848231	113.7470696	
	15	200	0.9659602	193.1920337	
	20	200	0.9397531	187.9506261	
Timur	20	200	0.9397531	187.951	86.048
	15	200	0.9659602	193.192	
	10	13.2	0.9848231	13.000	
	5	13.2	0.9961986	13.150	
	0	13.2	1	13.200	
	5		0.9961986		
	10		0.9848231		
	15		0.9659602		
	20		0.9397531		

Tabel 4.3. Perhitungan Gelombang Angin Lokasi Perairan Situbondo

ANGIN DARI ARAH BARAT LAUT								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	6	3.09	3.66991	5.688361	6.024	89387	0.921	5.068
2	7	3.605	4.281562	6.336712	6.879	89387	1.051	5.298
3	8	4.12	4.893214	6.850499	7.572	89387	1.157	5.470
4	9	4.635	5.504865	7.431568	8.369	89387	1.279	5.656
5	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	89387	1.390	5.815
6	12	6.18	7.33982	9.174776	10.846	89387	1.658	6.166
ANGIN DARI ARAH UTARA								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	7	3.605	4.281562	6.336712	6.879	65854	0.902	4.785
2	8	4.12	4.893214	6.850499	7.572	65854	0.993	4.940
3	10	5.15	6.116517	7.951472	9.095	65854	1.193	5.252
4	16	8.24	9.786427	11.05866	13.646	65854	1.790	6.012
ANGIN DARI ARAH TIMUR LAUT								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (Km)	Hs (m)	Ts (m)
1	18	9.27	11.00973	12.1107	15.260	139515	2.914	8.015
2	22	11.33	13.45634	13.72546	17.800	139515	3.399	8.437
ANGIN DARI ARAH TIMUR								
No	U (knot)	U (m/dt)	U10(m/dt)	U(m/dt)	Ua	Feff (m)	Hs (m)	Ts (m)
1	7	3.605	4.2816	6.336712	6.879	86048	1.032	5.231
2	8	4.12	4.8932	6.850499	7.572	86048	1.135	5.401
3	9	4.635	5.5049	7.431568	8.369	86048	1.255	5.584
4	10	5.15	6.1165	7.951472	9.095	86048	1.364	5.741
5	11	5.665	6.7282	8.544774	9.937	86048	1.490	5.913
6	12	6.18	7.3398	9.174776	10.846	86048	1.626	6.088
7	16	8.24	9.7864	11.05866	13.646	86048	2.046	6.573

8	20	10.3	12.2330	12.96702	16.598	86048	2.489	7.016
9	21	10.815	12.8447	13.35847	17.216	86048	2.582	7.102

IV.5. Analisa Refraksi, Shoaling, dan Gelombang Pecah

Untuk melakukan analisa refraksi, shoaling dan gelombang pecah dipersiapkan suatu program perhitungan dengan menggunakan rumus seperti pada bab II.

Program tersebut dibuat dalam bahasa pemrograman Delphi 5. Sebelum memulai program terlebih dahulu ditetapkan data-data yang dibutuhkan dan asumsi sebagai berikut:

- Data gelombang H_s dan T_s hanya dari arah Timur, Timur Laut, Utara, dan Barat Laut.
- Data kemiringan pantai diambil harga rata-rata kemiringan pantai Situbondo sebesar 0.04.
- Kontur kedalaman laut dianggap lurus dan paralel.

Untuk lebih jelas proses perhitungan, tampilan menu utama, listing program serta hasil dari proses perhitungan tersebut dapat dilihat pada lampiran D.

IV.6. Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai

Untuk melakukan analisa model perubahan garis pantai, maka dibuat piranti lunak model perubahan garis pantai dengan metode CERC, dengan bahasa pemrograman Delphi 5.

Asumsi dasar dari model perubahan garis pantai adalah sebagai berikut:

1. Kontur kedalaman diasumsikan paralel.
2. Data gelombang pecah dan kedalaman gelombang pecah diambil dari hasil analisa refraksi dan *shoaling* yang telah dibahas pada sub bab IV.5.
3. Pantai Situbondo dibagi menjadi 100 pias dengan panjang tiap pias adalah 70 meter.

Proses pemrograman diawali dengan memasukkan data-data gelombang dan data kondisi pantai. Data gelombang berupa periode dan tinggi gelombang di laut dalam, serta arah gelombang datang terhadap garis pantai dan kedudukan awal garis pantai. Data kondisi pantai berupa kemiringan dasar pantai dan kedudukan awal garis pantai (koordinat tiap-tiap pias).

Data untuk gelombang pecah, kedalaman tempat gelombang pecah, sudut gelombang penjalaran pecah diambil dari hasil analisa refraksi gelombang pada sub bab sebelumnya. Untuk analisa perubahan garis pantai data gelombang pecah yang diambil adalah dari masing-masing arah datangnya gelombang yang diperhitungkan dalam analisa refraksi yang tertinggi.

Setelah itu, hitungan *budget* sedimen dan perubahan garis pantai diproses dengan piranti lunak pada tiap-tiap pias, dalam waktu tertentu. Proses pencetakan dari hasil perhitungan berupa koordinat tiap-tiap titik yang ditinjau dan kapasitas sedimen yang terjadi.

Sebenarnya faktor yang sangat berperan dalam perubahan garis pantai adalah arus laut. Arus laut inilah yang akan mengikis dan membawa sedimen disepanjang pantai sehingga nantinya akan terjadi perubahan garis pantai. Arus laut ini dapat disebabkan oleh adanya gelombang pecah yang terjadi di perairan dangkal terutama yang disebabkan oleh gelombang dominan yang datang dari arah Timur, Timur Laut,

Utara, dan Barat Laut. Gelombang pecah ini akan menimbulkan energi yang cukup besar yang dapat menyebabkan terkikisnya pantai Situbondo.

Pada grafik perubahan garis pantai Situbondo selama 10 tahun tanpa dipasang pelindung pantai dapat dilihat besarnya kemunduran pantai pada tiap-tiap pias untuk arah gelombang dominan. Kemunduran garis pantai terbesar terjadi pada pias III-2 (pias 22) yaitu sebesar -15.777 m (lampiran E). Untuk mengatasi kemunduran pantai sebesar itu, maka perlu adanya struktur pantai untuk melindungi kawasan tersebut. Sebaliknya untuk pias II-6 (pias 16) memberikan kemajuan garis pantai terbesar untuk dari lokasi pantai yang lain untuk gelombang yang datang dari arah Timur, hal ini terjadi karena lokasi pantai tersebut memberikan kemungkinan besar untuk terjadinya akresi pantai yang terbesar dibandingkan yang lain.

Dari pemodelan garis pantai tanpa pelindung pantai tersebut, selanjutnya dikembangkan untuk menghitung perubahan garis pantai Situbondo dengan dipasang struktur groin sebanyak 40 dengan spasi 160 meter sepanjang pantai. Dari hasil pemodelan tersebut ternyata jika dibandingkan dengan pemodelan tanpa pelindung pantai, erosi yang terjadi pertahunnya relatif lebih rendah atau dengan kata lain banyak terjadi kemajuan garis pantai (lihat lampiran E). Dari pemodelan tersebut, untuk pias III-2 terjadi perubahan garis pantai dari -15.777 meter menjadi 3.956 meter.

Setelah itu pemodelan perubahan garis pantai dikembangkan untuk menghitung perubahan garis pantai Situbondo dengan dipasang struktur breakwater sebanyak 40 dengan panjang breakwater 130 meter. Dari pemodelan tersebut, untuk pias III-2 terjadi perubahan garis pantai dari -15.777 meter menjadi -2.347 meter.

Setelah dengan struktur groin dan breakwater, maka pemodelan perubahan garis pantai dikembangkan lagi dengan menggunakan kombinasi struktur groin dan

breakwater. Dari hasil tersebut didapat, untuk pias III-2 terjadi perubahan garis pantai dari -15.777 menjadi 9.914 meter. Hal ini berarti terjadi akresi pantai apabila menggunakan kombinasi antara struktur groin dan breakwater.

IV.7. Analisa erosi pantai

Dalam perencanaan struktur perlindungan pantai langkah pertama yang harus dilakukan adalah menganalisa sebab-sebab timbulnya permasalahan pantai tersebut. Pada pantai Situbondo permasalahan yang utama adalah terjadinya erosi pantai pada beberapa lokasi di sekitar pantai. Oleh sebab itu sebelum merencanakan pola penanganan masalah, perkiraan sebab-sebab erosi pantai tersebut kiranya perlu ditinjau terlebih dahulu (Pratikto.dkk, 1997).

Erosi pantai dapat terjadi oleh berbagai sebab, secara umum sebab erosi dapat dikelompokkan menjadi dua hal:

1. Akibat secara alami yang meliputi:

- Naiknya muka air laut
- Perubahan suplai sedimen
- Gelombang badai
- Overwash
- Angkutan sedimen sejajar pantai
- Angkutan sedimen oleh angin

2. Akibat aktivitas manusia

- Penurunan tanah akibat pengambilan air tanah yang tak terkendali
- Penggalan pasir dan mineral di daerah pesisir dan pantai

- Interupsi angkutan sedimen sejajar pantai karena pembuatan bangunan sejajar pantai
- Pengurangan suplai sedimen ke pantai akibat aktivitas manusia di darat
- Pemusatan energi gelombang di pantai akibat pembuatan bangunan pantai
- Perusakan pelindung alam baik berupa tumbuhan bakau maupun cadangan pasir (*dunes*)

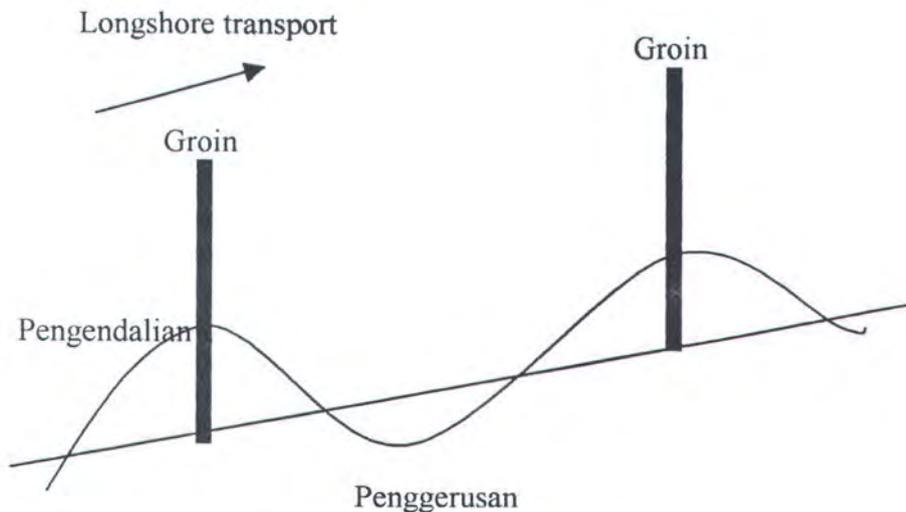
Berdasarkan pengamatan di lapangan, perhitungan dan analisa refraksi serta hasil analisa perubahan garis pantai maka dapat dipastikan bahwa penyebab utama terjadinya erosi di pantai Situbondo adalah arus laut dan gelombang laut. Arus laut inilah yang akan mengikis dan membawa sedimen sepanjang pantai sehingga akan terjadi perubahan garis pantai atau erosi. Arus laut dapat disebabkan oleh gelombang pecah yang terjadi di perairan dangkal. Gelombang pecah ini akan menimbulkan energi cukup besar yang dapat menyebabkan terkikisnya pantai Situbondo.

Permasalahan erosi pantai yang ada di Situbondo ini jika tidak segera ditangani dikhawatirkan akan menimbulkan pengurangan pantai yang cukup potensial. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu disusun atau dibuat pola perlindungan dan pengamanan pantai untuk lokasi pantai Situbondo yang dapat di dekati dengan lima pendekatan teknis sebagai berikut:

1. Mengubah laju angkutan sedimen sejajar pantai.

Cara ini cukup efektif apabila pantai yang akan diamankan berupa pantai pasir, apabila pantai lumpur ataupun tanah liat hasilnya kurang memuaskan. Untuk menambah laju angkutan sedimen sejajar pantai dapat

dilakukan dengan mengatur atau mengurangi *longshore transport* yaitu dengan membangun groins tegak lurus pantai. Tugas groins ini adalah untuk menangkap dan membatasi gerakan sedimen sepanjang pantai. Bentuk dair groins sendiri bermacam-macam yaitu berbentuk huruf I, L, T, dan Y. Kelemahan groins adalah terjadinya erosi dibagian hilir (*down drift*) groin, sehingga untuuk melindungi suatu pantai secara menyeluruh harus dipertimbangkan sejauh mana pantai harus dipasang groin tersebut.

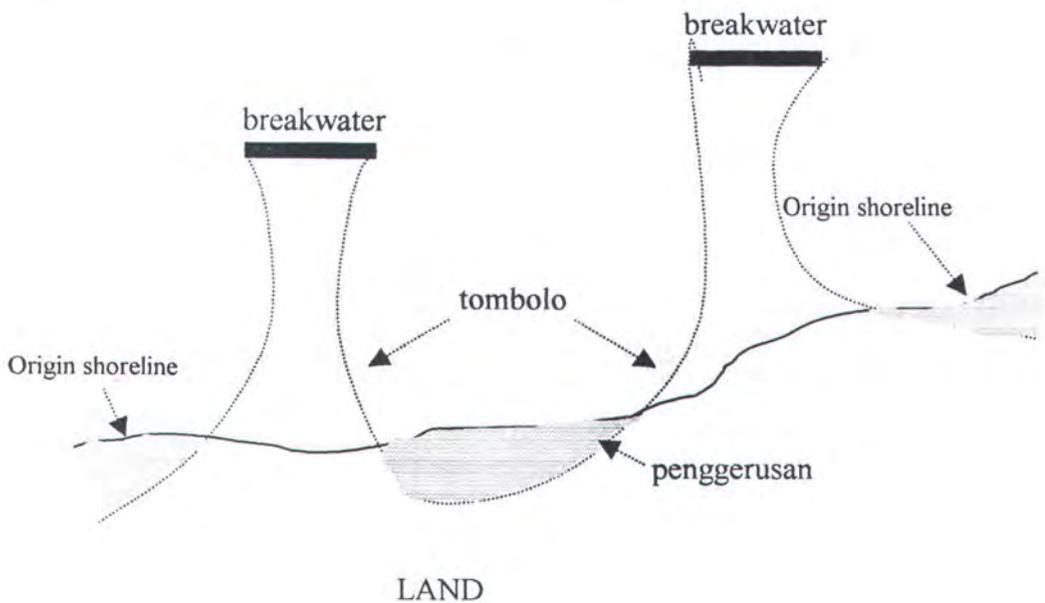


Gambar 4.4. Konstruksi groin (Pratikto, 1997)

2. Pengurangan energi gelombang yang mengenai pantai.

Cara pengurangan tenaga gelombang yang menghantam pantai dapat dilakukan dengan membuat bangunan pemecah gelombang sejajar pantai (*detach Breakwater*). Dengan adanya bangunan ini gelombang yang datang menghantam pantai sudah pecah pada suatu tempat yang agak jauh dari pantai, sehingga energi gelombang yang datang di pantai cukup kecil. *Detached breakwater* selain untuk melindungi hantaman gelombang juga

digunakan untuk menahan sedimen yang kembali ke laut yang disebabkan oleh arus laut (*onshore-offshore transport*). Lama-kelamaan sedimen yang tertahan tersebut menumpuk dan membentuk tombolo (lihat gambar 4.5). Tombolo ini nantinya berfungsi sebagai penahan sedimen sejajar pantai, akan tetapi pembentukan tombolo ini memerlukan waktu yang lama.



Gambar 4.5 konstruksi detached breakwater (Pratikto, 1997)

3. Perkuatan Tebing

Perkuatan tebing dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah dengan pemasangan *revetment* dan *seawall*. Bangunan tersebut berfungsi untuk melindungi tanah di belakang *seawall/revetment* tersebut dari gempuran gelombang. Kelemahan bangunan ini adalah kemungkinan terjadinya penggerusan yang cukup dalam di kaki bangunan, sehingga dapat mengganggu stabilitas bangunan. Oleh karena itu pada bagian kaki

bangunan harus dibuatkan suatu perlindungan erosi (*toe protection*) yang cukup baik.

4. Penanaman tumbuhan pelindung pantai

Penanaman tumbuhan pelindung pantai seperti pohon bakau atau pohon api-api sangat cocok untuk pantai lumpur atau lempung. Pohon bakau selain dapat mematahkan energi gelombang juga dapat bermanfaat untuk beberapa hal seperti:

- a. Perlindungan dan pelestarian terhadap kehidupan pantai, seperti ikan, burung, dan satwa-satwa lain yang hidup di daerah tersebut.
- b. Membantu mempercepat pertumbuhan pantai karena lumpur yang terbawa air dapat diendapkan disela-sela akar.
- c. Sebagai daerah *green belt* yang dapat berfungsi sebagai daerah produksi oksigen.

5. Penambahan suplai sedimen

Cara ini biasanya dilakukan pada pantai berpasir, sedangkan untuk pantai lumpur hal ini sulit dilakukan. Penambahan suplai sedimen dapat dilakukan dengan menggunakan bahan dari laut maupun dari darat, tergantung ketersediaan material dan kemudahan transportasi. Cara ini sesungguhnya merupakan cara yang cukup baik dan tidak memberikan dampak negatif pada daerah lain, namun perlu dilakukan secara terus-menerus.

IV.8. Perencanaan Perlindungan Pantai Yang Sesuai Untuk Pantai Situbondo



IV.8.1. Alternatif Pelindung Pantai Situbondo

Pada sub bab sebelumnya telah diuraikan beberapa jenis pola pengamanan untuk perlindungan pantai seperti breakwater, groins, sand nourishment, perkuatan tebing pantai, dan reboisasi. *Sand nourishment* terlihat kurang efisien karena diperlukan pengisian pasir untuk jangka waktu tertentu. Oleh karena itu *sand nourishment* dalam perlindungan pantai Situbondo tidak menjadi pilihan utama.

Untuk bangunan jenis breakwater, jika berdiri sendiri akan mempunyai masalah dengan *littoral drift* (transportasi sedimen sejajar pantai) seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Sedangkan bangunan yang cocok untuk mengatasi masalah *littoral drift* adalah groin.

Pantai situbondo menjadi tererosi karena akibat hantaman gelombang terutama pada bagian yang terbuka terhadap laut. Sedimen-sedimen terbawa ke laut karena tidak ada yang menahan. Selain akibat dari gelombang, butiran sedimen juga terbawa ke laut lepas oleh arus akibat pasang surut. Untuk mengatasi akibat penggerusan akibat gelombang offshore dan arus akibat pasang surut serta mencegah terbawanya butiran ke arah laut, diperlukan bangunan pelindung pantai jenis breakwater. Selain itu untuk mengatasi angkutan sedimen sepanjang pantai maka diperlukan bangunan pelindung pantai jenis groin. Diharapkan dengan adanya kombinasi kedua bangunan tersebut masalah yang timbul di pantai Situbondo dapat teratasi.

IV.8.2. Tata Letak Bangunan Pelindung Pantai

Tata letak bangunan pelindung pantai Situbondo perlu dipilih secara seksama agar pelindung pantai yang dibangun dapat berfungsi secara optimal. Tata letak

bangunan yang digunakan untuk mengembalikan kondisi pantai pada keadaan yang diinginkan perlu mempertimbangkan hal-hal berikut ini:

- Tujuan yang ingin dicapai.
- Kondisi gelombang dan sedimen di lokasi studi serta kondisi bathimetri.
- Bahan-bahan bangunan yang tersedia.
- Tata guna lahan dan aktivitas masyarakat setempat.
- Efektivitas bangunan dan segi estetika bangunan

Alternatif untuk pelindung pantai Situbondo adalah Groin dan Breakwater yang dibangun pada kedalaman rata-ratanya -3.6 meter dari MSL atau -2.5 meter terhadap LWS, pertimbangan ini disebabkan oleh pemakaian tinggi gelombang rencana sebesar ± 3 meter, sehingga pada saat gelombang melibas breakwater pada ujung kakinya tidak terjadi penggerusan, lain halnya jika breakwater tersebut dipasang pada kedalaman -1.5 meter terhadap LWS akibatnya akan mengalami penggerusan.

Panjang efektif breakwater yang akan dipasang di sepanjang pantai Situbondo dapat didekati dengan berdasar pada suatu koefisien *dimensionless breakwater length* (U.S Army, 1984) yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\pi = \frac{L_s}{gT^2} \tag{4.16}$$

Dimana

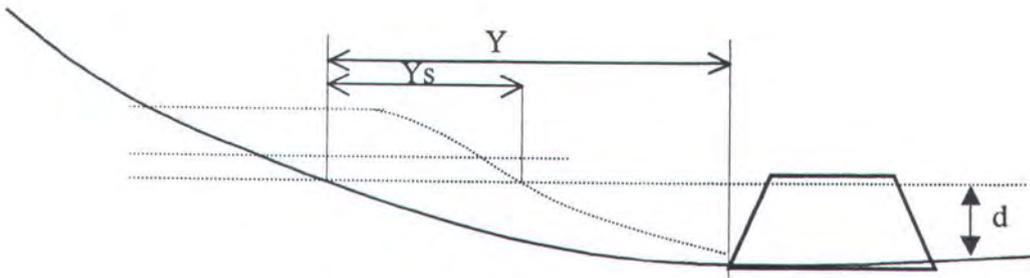
L_s = Panjang breakwater (meter)

g = Percepatan gravitasi (meter/detik)

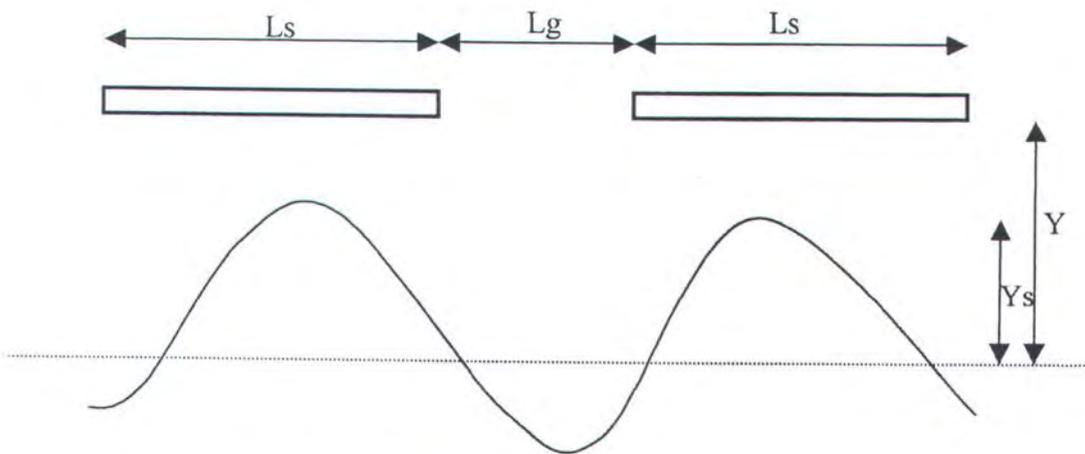
T = Periode gelombang (detik)

Untuk mendapatkan harga π , maka didasarkan pada suatu kasus perencanaan breakwater di Pacific Coast Beaches, Amerika Serikat, maka dipakai harga $\pi = 0.206$ untuk periode gelombang 5.5 detik. Jarak antar breakwater (L_g) yaitu antara 0.56 s/d

0.66 dari panjang breakwater, sedang jarak breakwater ke pantai tergantung pada formasi tombolo yang diinginkan yang akan terbentuk. Jarak breakwater terhadap garis pantai (y) dihitung dari puncak breakwater ke LWL.



Gambar 4.6 . Layout breakwater tampak samping (U.S. Army, 1984).



Gambar 4.8. Layout breakwater tampak atas (U.S. Army, 1984).

Kondisi formasi tombolo yang akan terbentuk berdasarkan perbandingan antara panjang breakwater dan jarak breakwater terhadap garis pantai diberikan dalam tabel 4.4 (U.S Army,1984).

Tabel 4.4. Angka perbandingan panjang breakwater dengan jarak breakwater terhadap garis pantai.

No	Condition	Comment	Reference:
1	$Ls/y > 2$		SPM
2	$Ls/y > 2$	Double tombolo	Gourlay (1981)
3	$Ls/y > 0.67$ to 1	Tombolo (shallow water)	Gourlay (1981)
4	$Ls/y > 2.5$	Periodic tombolo	Ahren & Cox (1990)
5	$Ls/y > 1.5$ to 2	Tombolo	Dally & Pope (1986)
6	$Ls/y > 1.5$	Tombolo (multiple breakwater)	Dally & Pope (1986)
7	$Ls/y > 1$	Tombolo (single breakwater)	Suh & Darlymple (1987)
8	$Ls/y > 2x/Lg$	Tombolo (multiple breakwater)	Suh & Darlymple (1987)

Untuk mendapatkan panjang breakwater di pantai Situbondo, maka diadakan studi banding (*scaling factor*) dimana periode gelombang 8 detik.

$$0.206 = \frac{Ls}{9.81 \times 8^2}$$

$$Ls = 129.34 \text{ meter} \approx 130 \text{ meter}$$

Alternatif untuk beberapa kondisi panjang breakwater, jarak breakwater terhadap garis pantai dan panjang celah antar breakwater serta perbandingan antara panjang breakwater dengan jarak breakwater terhadap garis pantai serta formasi tombolo yang mungkin akan terjadi diberikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5. Pemilihan panjang breakwater, jarak antar breakwater, jarak breakwater terhadap garis pantai.

Alternatif	Ls (m)	Lg (m)	y (m)	Ls/y
1A	130	30	80	1.625
2A	130	30	54	2.41
3A	130	30	36	3.61
4A	130	30	27	4.81
1B	130	33	80	1.625
2B	130	33	54	2.41
3B	130	33	36	3.61
4B	130	33	27	4.81
1C	130	36	80	1.625
2C	130	36	54	2.41
3C	130	36	36	3.61

4C	130	36	27	4.81
----	-----	----	----	------

Keterangan:

Ls = Panjang breakwater

Lg = Jarak antar breakwater

y = Jarak breakwater terhadap garis pantai

Pemilihan perbandingan antara panjang breakwater dengan jarak breakwater terhadap garis pantai dilakukan berdasar pada besar formasi tombolo yang dikehendaki setelah dibangun *detached* breakwater.

Selanjutnya dilakukan pemilihan alternatif struktur *detached* breakwater.

Pemilihan ini dilakukan dengan dasar-dasar pertimbangan sebagai berikut:

1. Panjang struktur breakwater yang dipilih adalah struktur breakwater yang terpendek.
2. Kedalaman dasar laut untuk banugnan yang akan dibangun dipilih pada daerah yang paling dangkal, hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan ketinggian struktur yang terendah.
3. Lokasi konstruksi breakwater diusahakan pada jarak yang sedekat mungkin dengan pantai. Hal ini berhubungan dengan kemudahan akses material ke lokasi.
4. Nilai perbandingan antara panjang breakwater dan jarak breakwater terhadap garis pantai dipilih yang paling besar. Hal ini berhubungan dengan pembentukan tombolo yang diinginkan.

Dengan dasar-dasar pertimbangan di atas, maka dapat dipilih 3 buah alternatif tata letak struktur breakwater, yaitu alternatif 4A, 4B, 4C. Untuk menentukan konstruksi breakwater yang paling efektif dalam melindungi pantai, maka digunakan tabel 4.6.

Tabel 4.6. Panjang total setiap pemilihan alternatif breakwater.

Alternatif	Ls (m)	Y (m)	Lg (m)
4A	130	27	30
4B	130	27	33
4C	130	27	36

Dari tabel di atas dapat ditentukan karakteristik konstruksi breakwater yang akan dibangun beserta formasi tombolo yang akan terbentuk di belakang breakwater, yaitu:

1. Panjang struktur breakwater yang akan direncanakan 130 meter, jarak antar breakwater 36 meter, jarak breakwater terhadap garis pantai diukur dari muka air rendah (LWL) adalah 27 meter atau 50 meter dari muka air tinggi (HWL).
2. Nilai perbandingan antara panjang breakwater dengan jarak relatif breakwater terhadap garis pantai adalah > 2 . Hal ini berarti akan terbentuk tombolo dibelakang konstruksi *detached* breakwater. Dengan terbentuknya tombolo ini diharapkan keseimbangan pantai dapat tercapai kembali sehingga dengan demikian kerusakan pantai yang lebih jauh dapat segera diatasi.

IV.8.2.1. Analisa Kondisi Gelombang Setelah Melewati Breakwater

Untuk menghitung ketinggian gelombang setelah melewati breakwater, dapat digunakan persamaan yang diberikan CERC (U.S. Army, 1984).

$$H_D = K' \cdot H_o \quad (4.17)$$

H_D = Tinggi gelombang setelah melewati breakwater

K' = Koefisien difraksi

H_o = Tinggi gelombang saat menyentuh breakwater

Penentuan koefisien difraksi dengan memakai grafik Johnson dalam SPM (U.S. Army, 1984) seperti pada gambar 4.8 dimana dalam menentukan koefisien difraksi tergantung pada arah datang gelombang terhadap breakwater (θ), lebar celah (B), panjang gelombang (L) dan jarak breakwater ke pantai. Dengan $\theta=45^\circ$, lebar celah (B=36 meter), Panjang gelombang (L=38.58 meter) dan jarak breakwater ke pantai (Y=50 meter), sehingga didapat:

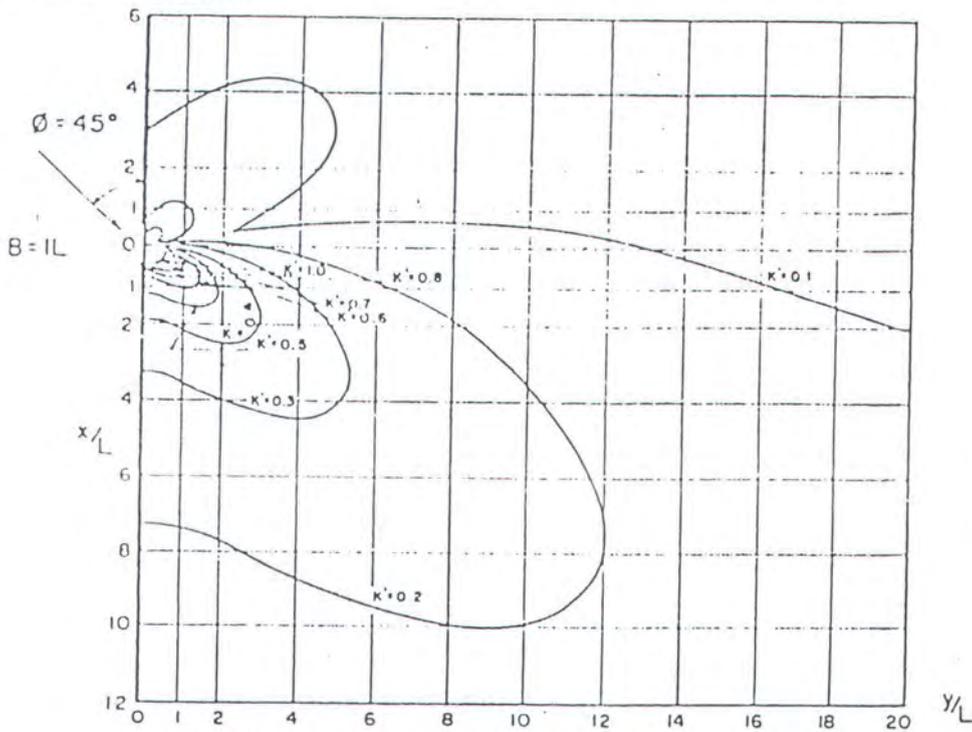
$$B/L=36/38.58 \approx 1$$

$$Y/L=50/38.58 \approx 1.3$$

$$X/L=130/38.58 \approx 3.4$$

Dengan menggunakan gambar 4.6 . maka didapat koefisien difraksi $K'=0.37$

$$H_D=0.37 \times 3 = 1.1 \text{ meter}$$



Gambar 4.8. Penentuan Koefisien K' (U.S. Army, 1984).

IV.8.3. Alternatif Bahan Penyusun Bangunan Pelindung Pantai

Dalam pemilihan alternatif pelindung pantai Situbondo juga mempertimbangkan penggunaan bahan-bahan penyusun breakwater dan groins. Pemilihan jenis bahan penyusun ini ditentukan dengan mempertimbangkan:

- Material penyusun breakwater atau groin banyak tersedia di sekitar lokasi proyek pengerjaan.
- Murah.
- Perbaikan mudah.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor di atas, maka dalam pemilihan alternatif bahan penyusun breakwater atau groin untuk lokasi pantai Situbondo dipakai bahan penyusun batu alam.

IV.8.4. Perhitungan Dimensi Breakwater

Bangunan pelindung pantai yang direncanakan adalah tipe detach breakwater yang dibangun pada kontur -2.5 LWS untuk mencegah terjadinya penggerusan tanah dasar. Elevasi mercu breakwater ini berada pada 1.1 LWS sehingga tinggi total breakwater adalah 3.6 meter.

Bangunan ini memiliki beberapa keuntungan, yaitu:

- 1) Volume material yang dibutuhkan lebih sedikit dibanding breakwater konvensional (tinggi mercu berada diatas muka air tinggi), sehingga jika ditinjau dari segi ekonomis jelas bahwa tipe ini menguntungkan.
- 2) Tidak semua gelombang datang ke pantai diredam oleh detach breakwater ini. Sebagian dari gelombang yang datang diteruskan ke pantai dengan tinggi gelombang yang cukup aman/mampu ditahan oleh struktur yang ada di pantai. Untuk daerah wisata, panati yang bergelombang lebih disukai daripada pantai

yang tidak ada gelombangnya sama sekali. Pantai yang tenang (tinggi gelombang sekecil mungkin) umumnya dibutuhkan untuk lokasi pelabuhan, bukan daerah wisata.

- 3) Struktur breakwater yang direncanakan ini tidak menghalangi pandangan ke arah laut, karena elevasi mercunya sejajar MSL. Dengan ketinggian tersebut diharapkan lokasi studi tidak terkesan dilingkupi.
- 4) Gelombang yang direncanakan adalah gelombang setinggi ± 3 meter dengan periode 8 detik.

IV.8.4.1. Berat Butir Lapis Lindung

Di dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung, yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus Hudson (U.S. Army, 1984).

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \alpha} \quad (4.18)$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a} \quad (4.19)$$

$$W = \frac{2600 \times (3.4)^3}{4.2 \times \left(\frac{2600}{1025} - 1 \right)^3 \times 2}$$

$$W = 2303.53 \text{ Kg} \approx 2.3 \text{ Ton}$$

IV.7.4.2. Lebar Puncak Breakwater

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini (U.S. Army, 1984).

$$B = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (4.20)$$

$$B = 3 \times 1.1 \times \left(\frac{2311.35}{2600} \right)^{1/3} = 3.2 \text{ meter}$$

IV.8.4.3. Tebal Lapisan Batu Pelindung

Tebal lapisan batu pelindung dapat dihitung dengan rumus berikut ini (U.S. Army, 1984):

$$t = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3} \quad (4.21)$$

$$t = 2 \times 1.1 \times \left(\frac{2311.35}{2600} \right)^{1/3}$$

$$t = 2.1 \text{ meter}$$

IV.8.4.4. Jumlah butiran pada tiap-tiap lapisan

Jumlah butir batu pelindung tiap satuan luas (10m^2) dihitung dengan rumus berikut (U.S. Army, 1984):

$$N_r = Ank_{\Delta} \left(1 - \left(\frac{p}{100} \right) \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3} \quad (4.22)$$

$$N_r = 10 \times 2 \times 1.1 \left(1 - \left(\frac{40}{100} \right) \right) \left(\frac{2.6}{2.3} \right)^{2/3}$$

$$N_r = 14.3 \approx 15 \text{ butir}$$

IV.9. Perencanaan Groin

Groin adalah suatu bangunan pelindung pantai yang direncanakan untuk menahan/menangkap angkutan pasir (*longshore transport*) atau untuk mengurangi

angkutan pasir. Groin hanya dapat digunakan untuk melindungi erosi pantai yang disebabkan karena *longshore transport* dan bukan karena *offshore onshore transport* (Yuwono, 1999).

Perlindungan pantai dengan menggunakan satu groin tidak akan efektif. Biadanya perlindungan pantai dilakukan dengan menggunakan satu seri bangunan yang terdiri dari beberapa groin yang ditempatkan dengan jarak tertentu, karena jika menggunakan satu groin saja maka perubahan garis pantai yang terjadi tidak terlalu besar (Triatmodjo, 1999).

IV.9.1. Jenis Groin

Groin dapat dibedakan menjadi beberapa tipe yaitu tipe lurus, tipe T, dan tipe L. Menurut konstruksinya groin dapat berupa tumpukan batu, caison beton, turap, tiang yang dipancang berjajar, atau tumpukan buis beton yang didalamnya diisi beton (Triatmodjo, 1999).

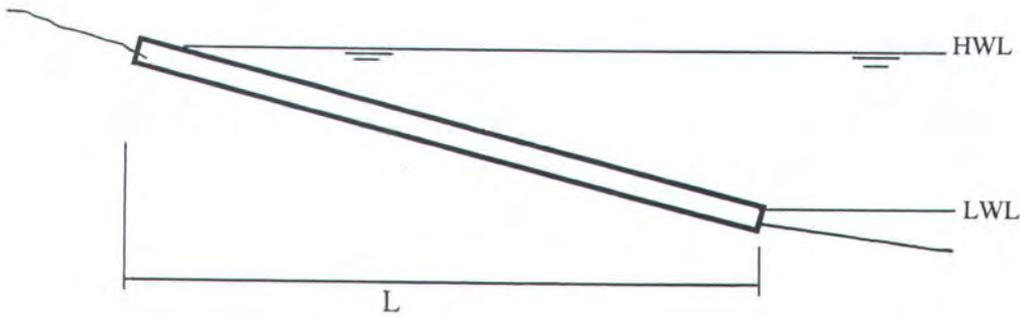
Pada pantai Situbondo tipe struktur groin yang direncanakan adalah tipe lurus, hal ini dikarenakan lebih mempertimbangkan masalah ekonomis. Untuk jenis struktur groin yang direncanakan adalah jenis groin dengan sisi miring dari tumpukan batu alam (*rubble mound groin*). Penggunaan ini didasarkan pada:

- Material banyak tersedia disekitar lokasi
- Harga bahan dari batu alam lebih murah dibanding dengan bahan lain
- Apabila terjadi kerusakan maka akan terjadi berangsur-angsur, perbaikan mudah dan murah

IV.9.2. Dimensi Groin

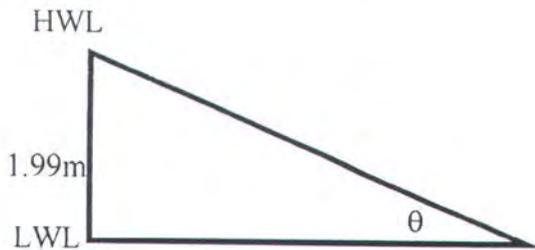
1. Panjang Groin

Mengingat mahal nya groin maka groin biasanya dibuat sampai LWL. Berdasarkan penelitian, 90% angkutan pasir sepanjang pantai dianggap terjadi di atas muka air rendah (Yuwono,1999).



Gambar 4.9 Panjang Groin (Yuwono,1999)

Panjang groin didapat berdasar parameter-parameter berikut:



Gambar 4.10. Komponen Panjang Groin (Yuwono,1999)

$$\tan \theta = 1/20$$

$$\theta = 2.86^\circ$$

$$\sin 2.86^\circ = 1.99/L \quad L = 39.89 \text{ m} \approx 40 \text{ m}$$

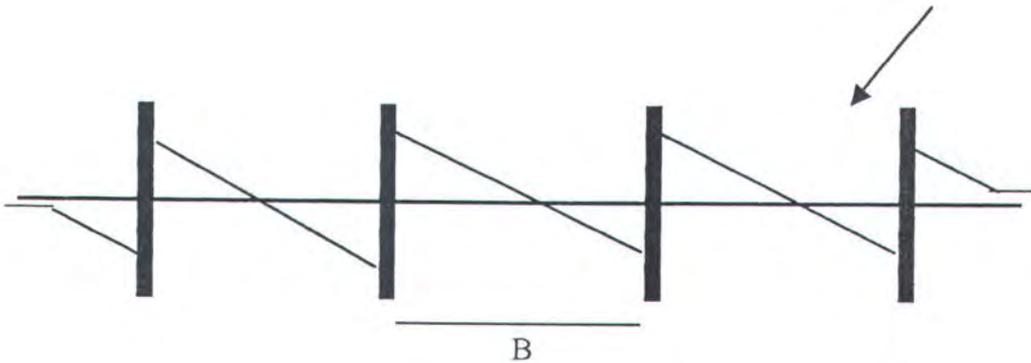
2. Jarak Antar Groin (B)

Jarak groin B yang terlalu dekat akan menghasilkan sistem groin yang mahal, sedangkan jarak groin yang terlalu jauh akan menghasilkan suatu perencanaan groin

yang tidak efektif dan proses erosi tetap berlanjut. Maka dari itu untuk penentuan jarak groin diambil $B = (2 \text{ s/d } 4)L$ (Yuwono, 1999). Sehingga

$$B = 4L$$

$$B = 160 \text{ meter}$$



Gambar 4.11. Jarak antar groin (Yuwono, 1999)

3. Berat Batu Pelindung

Kemiringan groin yang direncanakan adalah 1: 1.5. Untuk menghitung berat batu pelindung, terlebih dahulu harus diketahui tinggi gelombang pada lokasi bangunan. Tinggi gelombang pada lokasi bangunan groin merupakan tinggi gelombang yang telah mengalami difraksi. Hal ini dikarenakan groin terletak di belakang breakwater, sehingga gelombang yang melewati celah akan mengalami difraksi. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya didapat tinggi gelombang pada ujung groin adalah 1.1 meter.

Dengan menggunakan persamaan 4.18, yaitu untuk harga $\gamma_r=2600 \text{ Kg/m}^3$, $H=1.1\text{m}$, $K_D=4.2$ maka dapat diperoleh berat batu pelindung $W=151 \text{ Kg}$.

4. Lebar Puncak

Penentuan lebar puncak groin dengan menggunakan persamaan 4.20 yaitu untuk $n=3$, $K_{\Delta}=1.1$, $W=151$ Kg, $\gamma_r=2600$ Kg/m³ sehingga didapat lebar puncak groin $B=1.3$ meter.

5. Tebal Lapisan

Untuk Penentuan tebal lapisan groin dengan menggunakan persamaan 4.21 yaitu untuk $n=2$, $K_{\Delta}=1.1$, $W=151$ Kg, $\gamma_r=2600$ Kg/m³ sehingga didapat tebal lapisan groin $t=0.85$ meter

6. Tinggi Groin

Tinggi groin didapat dengan menggunakan persamaan untuk perhitungan panjang groin dimana akhirnya didapat tinggi groin sebesar 1.99 meter ≈ 2 meter.

7. Jumlah Butir Batu Pelindung

Untuk penentuan jumlah butir batu pelindung untuk tiap satuan luas (10m^2) menggunakan persamaan 4.22 yaitu untuk luasan $A=10\text{m}^2$, $n=2$, koefisien lapisan $K_{\Delta}=1.1$, porositas $P=40$, $W=151$ Kg, $\gamma_r=2600$ Kg/m³ sehingga didapat jumlah butir batu pelindung $N_r=88$ butir.

Hasil perhitungan

Masukkan data:

$$H_o = 2.046 \text{ meter}$$

$$T_o = 6.573 \text{ detik}$$

$$\alpha_o = 60^\circ$$

$$d = 2.5 \text{ meter}$$

$$L_o = 67.49 \text{ meter}$$

$$d/L_o = 0.037$$

Dengan melihat tabel buku Teknik Pantai (Triatmodjo, 1999) dan interpolasi, maka didapat:

$$d/L = 0.07984$$

$$L = 31.313 \text{ meter}$$

Hasil program: $L = 31.284$

Menghitung koefisien refraksi:

$$\sin \alpha_1 = \frac{C_1}{C_o} \sin \alpha_o$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{31.313/6.573}{67.49/6.573} \sin 60 = 0.4018$$

$$\alpha_1 = 23.691$$

$$Kr = \sqrt{\frac{\cos \alpha_v}{\cos \alpha_1}} = \sqrt{\frac{\cos 60}{\cos 23.691}} = 0.7389$$

Hasil program: Kr = 7.389E-001

Menghitung koefisien Shoaling

$$Ks = \sqrt{\frac{1}{\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \left(1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)}\right)}}$$

$$Ks = \sqrt{\frac{1}{\tanh\left(\frac{2\pi 2.5}{31.313}\right) \left(1 + \frac{4\pi 2.5/31.313}{\sinh(4\pi 2.5/31.313)}\right)}} = 1.0802$$

Hasil program: Ks = 1.080E+000

Menghitung tinggi gelombang:

$$H = Kr.Ks.Ho$$

$$= 1.63304 \text{ meter}$$

Hasil program: H = 1.632E+000

Menghitung tinggi gelombang pecah:

$$\frac{Hb}{Ho'} = \frac{1}{3.3(Ho'/Lo)^{1/3}}$$

$$Ho' = Kr.Ho = 0.7389 \times 2.046$$

$$= 1.51179$$

$$Hb = \frac{1.51179}{3,3(1.51179/67.49)^{1/3}} = 1.6252 \text{ meter}$$

Hasil program: Hb = 1.625E+000

$$db = \frac{Hb}{b - (a \cdot Hb / g \cdot T^2)}$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19m})$$

$$a = 43.75(1 - e^{-19 \cdot 0.04}) = 23.2896$$

$$b = \frac{1.56}{(1 + e^{-19.5 \cdot 0.04})} = 1.0697$$

$$db = \frac{1.6252}{1.0697 - (23.2896 \cdot 1.6252 / 9.81 \cdot 6.573^2)} = 1.6577 \text{ meter}$$

Hasil program: db = 1.657E+000



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan-pembahasan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Untuk mengatasi erosi ini, maka dibuat 3 alternatif struktur pelindung pantai yaitu dengan groin, dengan breakwater, dan dengan kombinasi groin dan breakwater. Dengan melihat perubahan garis pantai pada lampiran E, maka hasil yang relatif baik terjadi bila pantai dipasang struktur groin. Tetapi pada struktur groin ini masih terjadi erosi yang cukup besar pada beberapa pias. Apabila sepanjang pantai dipasang struktur breakwater, maka hasil perubahan pantai yang terjadi sangat cukup baik. Hal ini karena hampir seluruh pias sudah mengalami kemajuan garis pantai dan erosi pantai yang terjadi menjadi relatif kecil. Selanjutnya hasil yang sangat baik terjadi apabila sepanjang pantai dibangun struktur kombinasi antara breakwater dan groin. Tetapi apabila sepanjang pantai dibangun struktur kombinasi groin dan breakwater, maka bila ditinjau dari segi ekonomis hal ini sangat mahal sekali. Untuk itu maka alternatif yang terbaik untuk pantai Situbondo yaitu dengan dibangun struktur pelindung pantai breakwater.
- Model piranti lunak struktur perlindungan pantai yang dibuat diharapkan dapat digunakan untuk memodelkan pantai Situbondo yang memiliki pantai yang panjang dan pantai-pantai lain.

V.2. Saran

Dalam melakukan penentuan dan pemilihan bangunan pelindung pantai Situbondo dilakukan secara bertahap mulai analisa data, analisa refraksi, shoaling, dan gelombang pecah, analisa perhitungan perubahan garis pantai, pemilihan jenis bangunan pelindung. Dalam hal ini pasti melibatkan banyak parameter dimana parameter-parameter tersebut tidak bisa ditetapkan dengan pasti dan banyak menggunakan asumsi-asumsi. Dengan adanya asumsi-asumsi tersebut, maka hasil yang akan dicapai tidak akan sampai pada kondisi yang ideal. Untuk hasil yang lebih mendekati ideal perlu dipertimbangkan saran-saran berikut ini:

1. Dalam analisa refraksi gelombang masih menggunakan asumsi kontur dasar laut paralel sejajar dan masih ada kemungkinan untuk dikembangkan dengan menggunakan kontur dasar laut yang sesuai dengan kondisi pantai Situbondo.
2. Model yang dibuat untuk menghitung perubahan garis pantai merupakan model yang sederhana dengan berbagai keterbatasan, untuk itu masih dimungkinkan suatu pengembangan terhadap model perubahan garis pantai yang lebih sempurna.

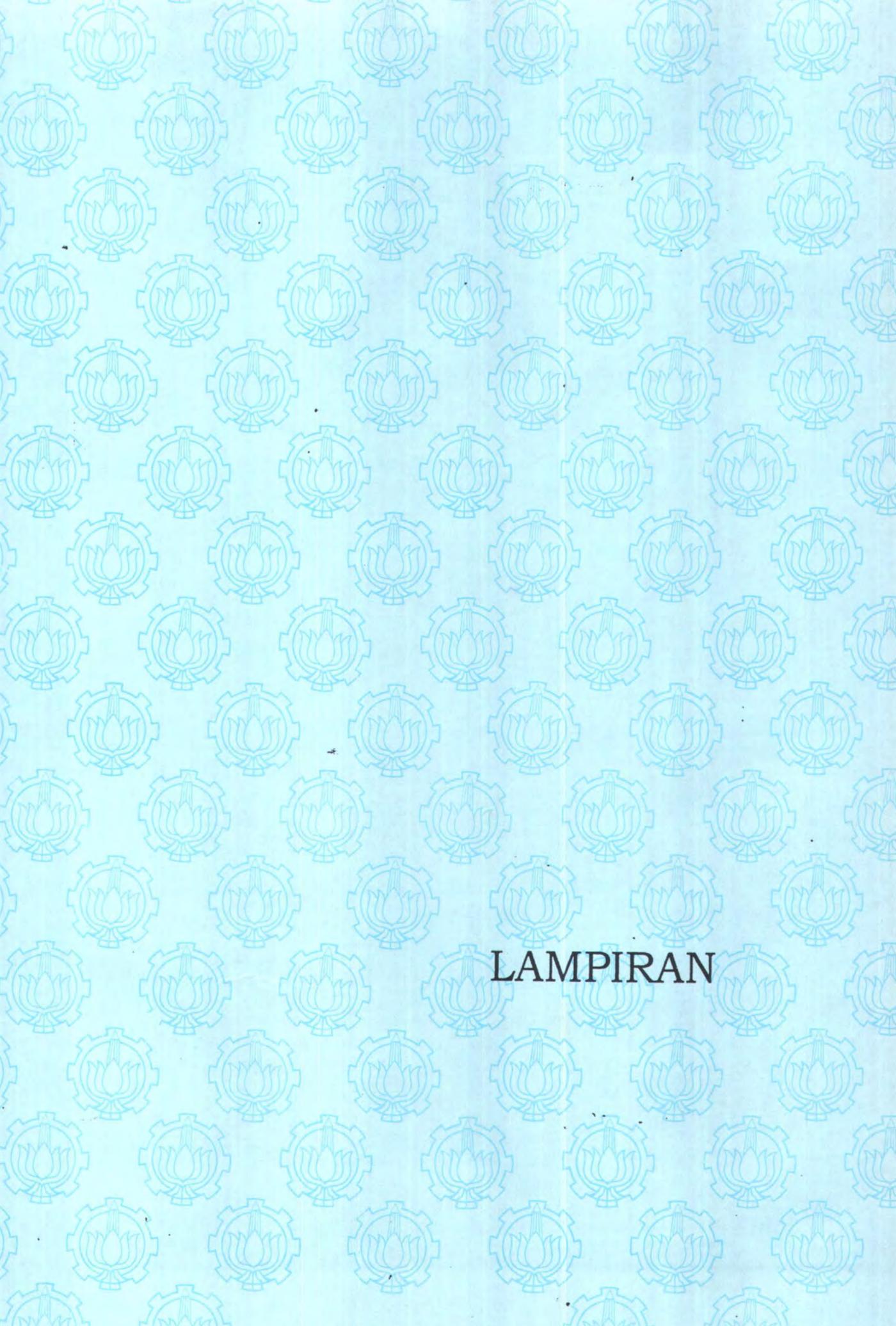


DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Brians Mc Cann. S & Edward A. Bryant, 1972, Beach Changes And Wave Condition, *Proceedings of The Thirteenth Coastal Engineering Conference*, Volume I, Vancouver, Canada.
- John C. Fairchild, 1972, Longshore Transpor of Suspended Sediment, *Proceedings of The Thirteenth Coastal Engineering Conference*, Volume I, Vancouver, Canada.
- Moni, N.S., 1972, Systematic Study of Coastal Erosion & Defence Works, *Proceedings of The Thirteenth Coastal Engineering Conference*, Volume I, Vancouver, Canada.
- Pratikto, W.A., 1997, *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*, BPFE, Yogyakarta.
- Pratikto, W.A., 1997, Kajian Pengamanan Dan Perlindungan Pantai Candidasa, *Laporan Penelitian*, Teknik Kelautan-ITS, Surabaya.
- Sarwono, B., 1994, Erosi Pantai Desa Kalibuntu Kraksaan Probolinggo, *Laporan Penelitian*, Teknik Sipil-ITS, Surabaya.
- Triatmodjo, B., 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- U.S. Army Corp Engineering, 1984, *Shore Protection Manual*, Volume I&II, Washington, D.C.
- Yuwono, N., 1999, *Dasar-Dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Biro Penerbit FT UGM, Yogyakarta.





LAMPIRAN

GEJALA PERUBAHAN GARIS PANTAI DAN POLA ANGIN REGIONAL

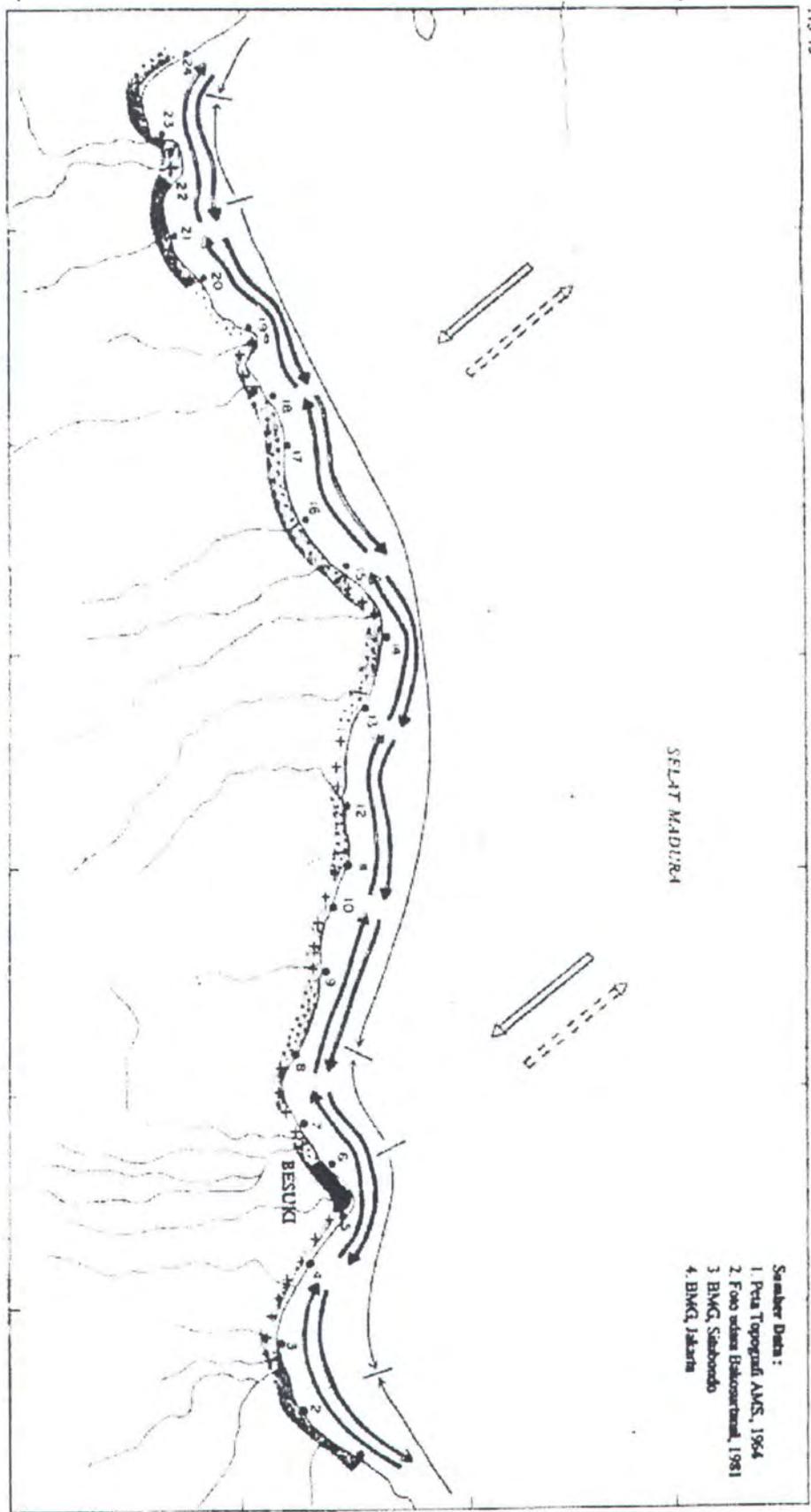
113°15'

113°50'

07°35'

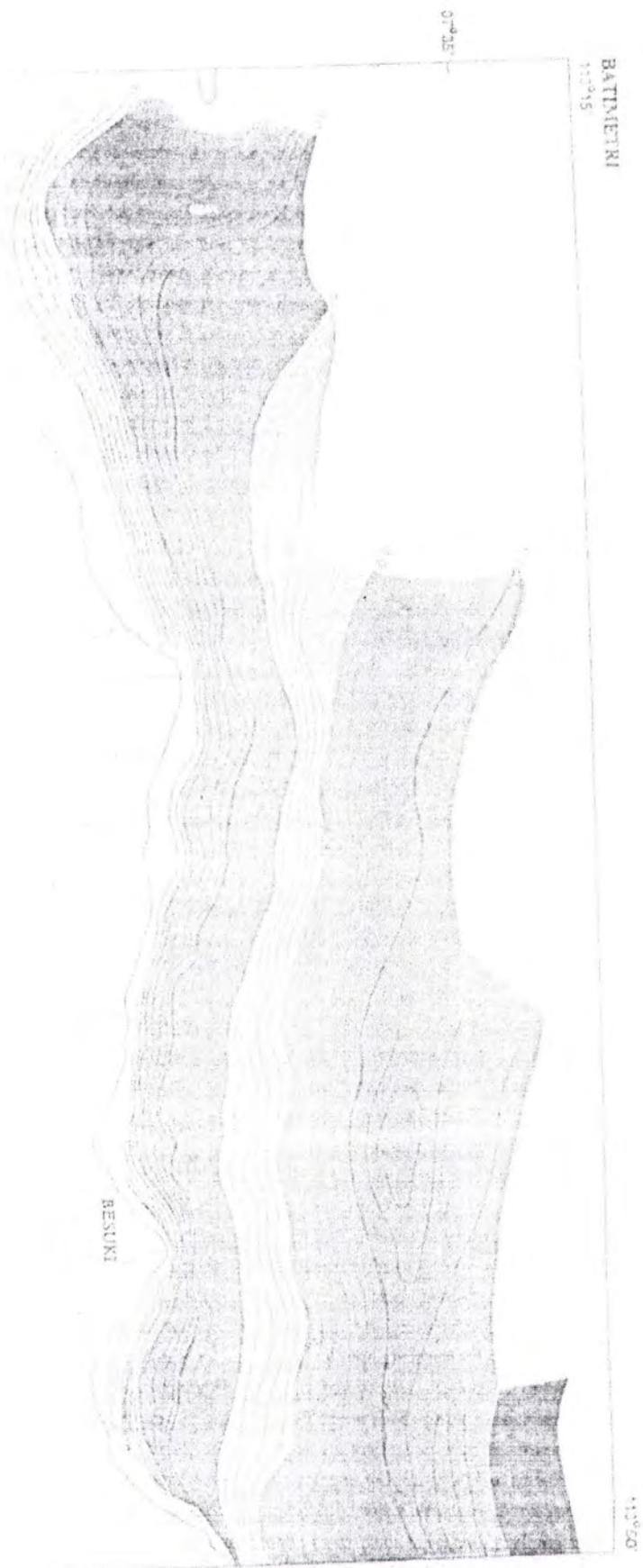
SELAT MADURA

07°50'



- Sumber Data:
1. Peta Topografi AMS, 1964
 2. Foto udara Bakostranal, 1981
 3. BMG, Surabaya
 4. BMG, Jakarta

- | | | | | | | | |
|--|--|--|------------------------------|--|--------------------------|--|--|
| | Arus angin Barat laut pada musim Barat | | Proses akresi/depresi pantai | | Stabil | | Arus permukaan regional pada musim Barat |
| | Arus angin Tenggara pada musim Timur | | Proses erosi/akresi | | Arus arus sejajar pantai | | Arus permukaan regional pada musim Timur |
| | Arus angin Tenggara pada musim Timur | | Proses akresi/depresi pantai | | Arus arus sejajar pantai | | Tidak terasa |

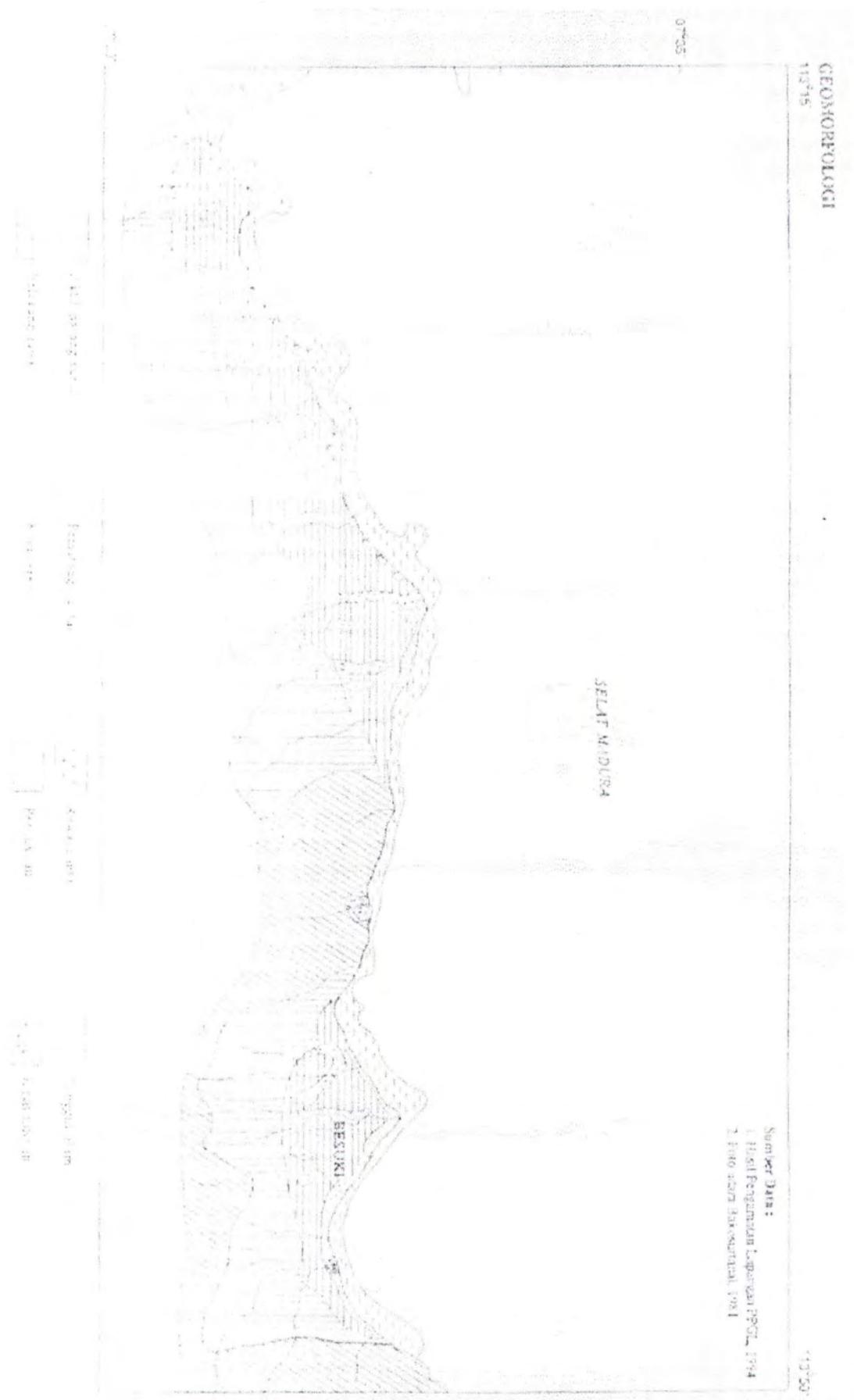


BATTALINI
117915

RESUKI

01°35'

117°50'



STASIUN METEOROLOGI PAVAR (MARITIM) SURABAYA

TAHUN	1989			1990			1991			1992		
	ARAH/KECEPATAN ANGIN			ARAH/KECEPATAN ANGIN			ARAH/KECEPATAN ANGIN			ARAH/KECEPATAN ANGIN		
BULAN	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FF EX	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FF EX	DD/FF	DD/FFMAX	DD /FFEX	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FFX
JANUARY	B / 06	B / 09	360 / 10	BL / 06	BL / 09	300 / 15	NW/06	BL/09	330 / 12	N/05	U/08	180 / 13
FEBRUARY	U / 06	B / 07	300 / 12	VAR/05	U / 08	090 / 12	NW/07	BL/07	360 / 15	N/06	U/08	280 / 10
MARCH	B / 07	BL / 08	270 / 12	BL / 05	BL / 06	310 / 70	T/06	T/08	150 / 11	VAR/06	VAR / 08	200 / 10
APRIL	BL / 06	U / 07	100 / 10	T / 06	T / 08	090 / 10	VAR/05	VAR/08	050 / 12	T/06	T/08	180 / 13
MAY	T / 06	T / 09	090 / 12	T / 05	T / 09	100 / 10	T/06	T/08	090 / 12	T/06	T/09	090 / 20
JUNE	T / 07	T / 08	090 / 10	T / 06	T / 08	090 / 10	T/06	TG/08	110 / 10	T/07	T/09	090 / 12
JULY	T / 06	T / 07	100 / 10	T / 06	T / 10	100 / 10	TG/06	TG/09	110 / 14	T/07	T/10	100 / 14
AUGUST	TG / 06	T / 08	090 / 12	T / 06	T / 10	090 / 11	TG/06	TG/09	130 / 13	T/07	T/08	090 / 12
SEPTEMBER	T / 07	T / 08	100 / 14	T / 06	T / 09	120 / 12	T/06	TG/08	130 / 09	T/06	T/09	100 / 15
OCTOBER	T / 06	T / 07	100 / 10	T / 07	T / 09	100 / 12	T/06	TG/08	110 / 15	T/06	T/08	100 / 14
NOVEMBER	T / 07	T / 08	090 / 12	T / 06	T / 08	100 / 12	T/06	110/07	100 / 08	T/05	T/08	210 / 13
DECEMBER	VAR /05	B / 07	040 / 15	BL / 07	BL/ 10	100 / 10	VAR/06	VAR/08	040 / 12	T/06	T/07	110 / 15

KETERANGAN

DD	ARAH ANGIN
FF	KECEPATAN ANGIN (KNOT)
FF MAX	KECEPATAN ANGIN MAKSIMUM RATA-RATA
FF EX	KECEPATAN ANGIN EKSTRIM
T	TIMUR
B	BARAT
S	SELATAN
U	UTARA
TG	TENGGARA
TL	TIMUR LAUT
BL	BARAT LAUT
BD	BARAT DAYA
V AR	VARIABEL (BERUBAH - UBAH ARAH)

DATA ANGIN

STASIUN METEOROLOGI PERAK II(MARITIM) SURABAYA

Bulan	1993			1994			1995			1996		
	ARAH/KECEPATAN ANGIN			ARAH/KEC. ANGIN			ARAH/KEC. ANGIN			ARAH/KEC. ANGIN		
	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FFEX	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FFEX	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FFEX	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FFEX
JANUARI	U/06	U / 10	360 / 15	U/5	BL / 06	330 / 12	B/05	B / 10	360 / 20	B / 5	VAR / 08	300 / 10
FEBRUARI	N/06	B / 07	280 / 10	U/5	BL / 08	300 / 15	U/05	B / 08	270 / 10	B / 6	BD / 07	200 / 18
MARCH	N/05	T / 07	180 / 10	U/5	U / 08	360 / 10	VAR/04	BL / 08	330 / 12	B / 5	B / 09	330 / 13
APRIL	T/05	T / 07	180 / 10	T/5	T / 08	170 / 12	T/05	VAR/06	360 / 10	T / 4	T / 10	180 / 15
MAY	TG/05	TG / 06	160 / 10	TG/5	S / 07	150 / 12	T/05	T / 08	110 / 10	T / 6	T / 10	090 / 12
JUNE	T/06	T / 10	170 / 12	T/5	TG / 08	180 / 10	T/05	T / 07	110 / 10	T / 6	T / 08	090 / 10
JULY	TG/07	T / 08	180 / 12	TG/5	TG / 10	170 / 12	T/05	T / 10	100 / 12	T / 6	T / 10	100 / 12
AUGUST	TG/06	TG / 09	150 / 14	TG/6	TG / 10	120 / 13	T/05	TG / 10	150 / 13	T / 7	T / 10	170 / 15
SEPTEMBER	TG/06	TG / 07	180 / 12	TG/6	TG / 08	130 / 10	TG/04	TG / 10	150 / 12	T / 5	T / 10	110 / 13
OCTOBER	T/03	TG / 08	120 / 14	T/6	TG / 10	120 / 15	TG/05	TG / 08	150 / 12	T / 6	T / 10	040 / 15
NOVEMBER	T/05	TG / 08	150 / 12	T/5	T / 08	080 / 10	T/04	T / 06	110 / 10	T / 5	T / 08	030 / 12
DECEMBER	N/05	U / 10	340 / 15	U/5	VAR/06	090 / 08	B/05	B / 10	290 / 15	B / 5	B / 10	330 / 15

ARAH ANGIN	DD
KECEPATAN ANGIN (KNOT)	FF
KECEPATAN ANGIN MAKSIMUM RATA-RATA	FF MAX
KECEPATAN ANGIN EKSTRIM	FF EX
TIMUR	T
BARAT	B
SELATAN	S
UTARA	U
TENGGARA	TG
TIMUR LAUT	TL
BARAT LAUT	BL
BARAT DAYA	BD
VARIABEL (BERUBAH - UBAH ARAH)	VAR

DATA ANGIN

STASIUN METEOROLOGI PERAK II (MARITIM) SURABAYA

TAHUN	1997			1998			1999		
	ARAH/KEC. ANGIN			ARAH/KEC. ANGIN			ARAH/KEC. ANGIN		
	DD/FF	DD/FFMAX.	DD/FFEX	DD/FF	DD/FFMAX.	DD/FFEX	DD/FF	DD/FFMAX.	DD/FF EX
JANUARY	B/6	B / 10	230 / 20	T / 4	T / 16	240 / 22	BL / 4	B / 19	160 / 30
FEBRUARY	B/5	B / 10	360 / 15	TG / 4	TG / 16	220 / 21	BL / 6	B / 23	230 / 30
MARCH	T/5	T / 10	290 / 12	TG / 4	TL / 22	140 / 23	VAR / 3	U / 16	270 / 41
APRIL	T/4	T / 12	090 / 15	TG / 4	T / 20	040 / 32	TL / 3	TG / 17	020 / 29
MAY	T/5	T / 11	120 / 13	TG / 5	TG / 20	110 / 24	T / 5	T / 22	120 / 29
JUNE	TG/6	T / 11	100 / 17	TG / 4	TG / 16	150 / 29	T / 5	T / 21	100 / 26
JULY	TG/5	TG / 12	110 / 20	T / 3	T / 20	220 / 26	TG / 5	TG / 21	120 / 25
AUGUST	TG/7	TG / 12	130 / 16	TG / 5	TG / 20	100 / 29	TG / 5	TG / 17	100 / 30
SEPTEMBER	TG/7	TG / 13	120 / 14	TG / 5	S / 20	110 / 29	TG / 6	TG / 25	110 / 33
OCTOBER	TG/5	TG / 12	130 / 18	TG / 4	TG / 12	130 / 18	TG / 5	TG / 20	110 / 33
NOVEMBER	TG/5	TG / 12	100 / 13	VAR/3	BL / 12	100 / 20	VAR/3	TG / 14	330 / 27
DECEMBER	TL/7	VAR / 12	010 / 25	VAR/4	TL / 18	300 / 28	BL / 4	B / 18	320 / 26

KETERANGAN	DD	ARAH ANGIN
	FF	KECEPATAN ANGIN (KNOT)
	FF MAX	KECEPATAN ANGIN MAKSIMUM RATA-RATA
	FF EX	KECEPATAN ANGIN EKSTRIM
	T	TIMUR
	B	BARAT
	S	SELATAN
	U	UTARA
	TG	TENGGARA
	TL	TIMUR LAUT
	BL	BARAT LAUT
	BD	BARAT DAYA
	V AR	VARIABEL (BERUBAH - UBAH ARAH)

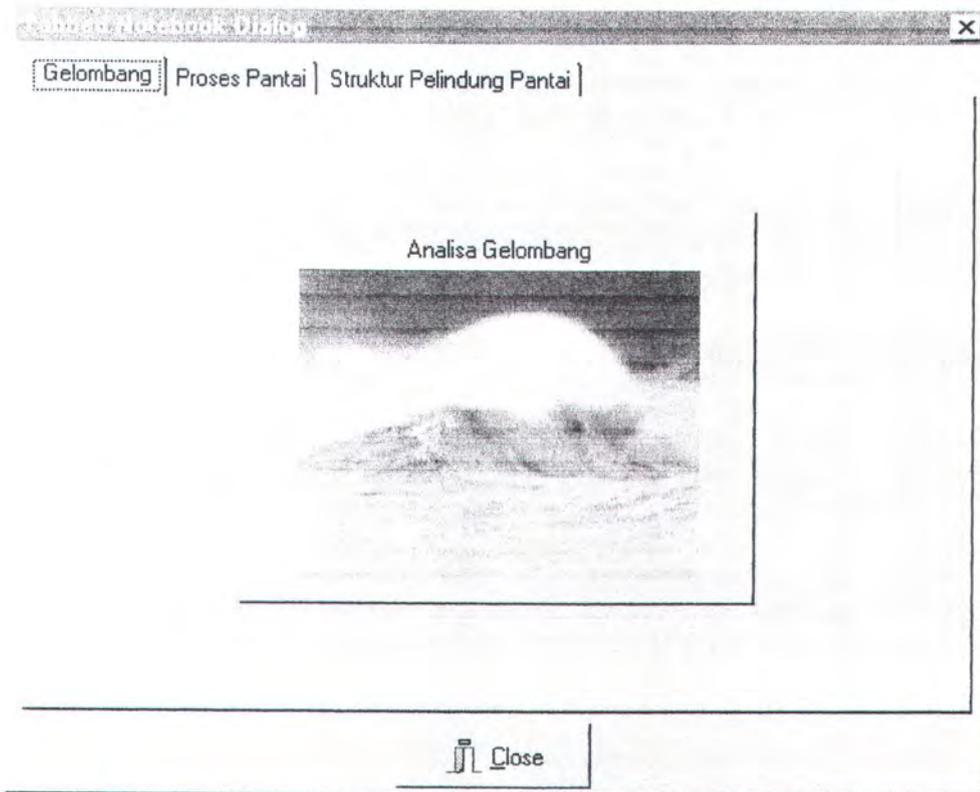
DATA KLIMAT TAHUN 1988
STASIUN METEOROLOGI PERAK II (MARITIM) SURABAYA

SUHU UDARA (o C)					TEKANAN UDARA (Mb)			KELEMBABAN UD (%)				CURAH HUJAN			ARAH/KECEPATAN ANGIN			PENY.
RATA-2	MAX	MAXX	MIN	MINX	RATA-2	MAX	MIN	RATA-2	MAX	MIN	JUMLAH	H.H	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FF EX	MTH		
28.0	32.7	34.0	24.7	23.1	1,010.0	1,012.1	1,007.7	82	97	61	401.7	22	U / 05	B / 16	030 / 36	54		
28.4	33.3	34.8	25.2	24.5	1,010.4	1,012.6	1,008.1	80	97	52	146.2	15	B / 05	U / 06	160 / 12	69		
28.7	33.9	36.8	25.8	25.1	1,008.8	1,012.6	1,005.7	79	92	49	156.9	15	B / 05	T / 07	270 / 10	62		
29.1	33.2	34.0	25.6	24.7	1,011.0	1,013.6	1,009.7	77	94	64	157.6	8	T / 05	TG / 07	100 / 10	84		
28.1	33.0	34.0	25.7	24.2	1,010.7	1,012.6	1,008.5	78	98	54	94.1	10	T / 05	T / 06	100 / 10	70		
26.8	32.3	33.3	24.4	22.8	1,012.0	1,013.4	1,010.0	76	97	49	41.8	8	T / 05	T / 07	090 / 12	85		
26.6	32.1	32.5	23.1	21.4	1,012.3	1,014.5	1,010.9	78	94	52	0	0	T / 05	T / 07	090 / 10	92		
27.5	32.3	33.6	23.7	22.4	1,012.0	1,013.7	1,011.1	76	91	44	20.1	2	T / 06	T / 08	110 / 10	90		
28.6	33.7	34.6	24.3	23.6	1,011.3	1,012.5	1,010.8	65	92	42	0	0	T / 06	T / 08	090 / 10	96		
29.1	33.7	34.8	25.0	24.0	1,010.8	1,012.4	1,009.6	67	92	37	21.3	5	T / 05	TL / 07	125 / 10	72		
28.5	32.8	34.9	25.4	24.2	1,010.0	1,012.1	1,009.9	74	92	39	95.5	14	S / 06	T / 07	245 / 12	52		
27.6	33.1	34.9	24.9	23.0	1,010.9	1,012.8	1,009.1	77	92	51	225.6	23	TL / 07	B / 07	320 / 15	58		

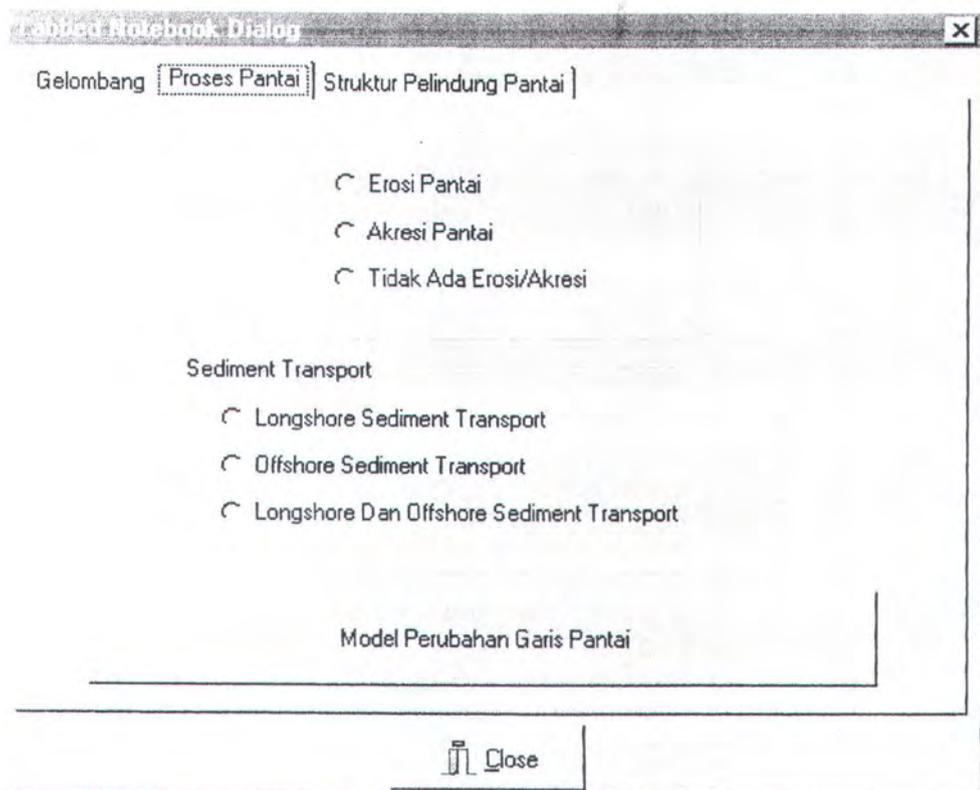
DATA KLIMAT TAHUN 1989
STASIUN METEOROLOGI PERAK II (MARITIM) SURABAYA

	SUHU UDARA (o C)					TEKANAN UDARA (Mb)			KELEMBABAN UD(%)			CURAH HUJAN		ARAH/KECEPATAN ANGIN			PENYINARAN
	RATA-2	MAX	MAXX	MIN	MINX	RATA-2	MAX	MIN	RATA-	MAX	MIN	JUMLAH	H.H	DD/FF	DD/FFMAX	DD/FF EX	MATAHARI
	27.9	33.1	35.5	25.1	23.4	1,009.2	1,012.0	1,006.7	78	93	58	249.7	17	B / 06	B / 09	360 / 10	38
	26.7	32.4	33.6	24.2	23.0	1,010.4	1,012.7	1,008.6	82	93	63	379.7	21	U / 06	B / 07	300 / 12	43
	27.5	32.5	34.8	24.3	23.2	1,009.7	1,011.0	1,008.9	87	92	62	199.1	17	B / 07	BL / 08	270 / 12	49
	28.2	33.4	35.2	25.0	23.4	1,010.0	1,012.1	1,007.2	78	93	60	85.9	12	BL / 06	U / 07	100 / 10	75
	28.0	32.9	34.5	25.2	23.5	1,010.2	1,012.3	1,009.8	77	97	57	154.2	10	T / 06	T / 09	090 / 12	73
	27.3	31.8	34.0	24.5	23.8	1,011.7	1,012.5	1,010.4	80	97	57	70.2	13	T / 07	T / 08	090 / 10	87
	28.1	32.3	33.5	25.0	23.0	1,011.4	1,012.7	1,010.3	76	97	58	28.4	6	T / 06	T / 07	100 / 10	86
	27.3	32.1	32.7	24.1	23.2	1,012.1	1,012.8	1,011.2	75	93	51	17.1	3	TG / 06	T / 08	090 / 12	86
EF	27.7	33.4	35.2	24.3	23.2	1,012.1	1,013.6	1,012.0	69	90	41	0.5	1	T / 07	T / 08	100 / 14	93
	29.3	34.1	34.0	25.5	24.2	1,011.7	1,012.9	1,010.5	69	98	57	54.9	6	T / 06	T / 07	100 / 10	88
R	29.4	34.2	36.4	25.7	25.0	1,011.2	1,013.6	1,007.9	72	94	48	60.1	10	T / 07	T / 08	090 / 12	79
R	29.0	34.2	35.6	25.3	24.9	1,011.6	1,014.1	1,010.4	80	94	60	158.4	21	VAR / 05	B / 07	040 / 15	79

TAMPILAN UTAMA PROGRAM ANALISA GELOMBANG



TAMPILAN UTAMA MODEL PERUBAHAN GARIS PANTAI



TAMPILAN UTAMA PROGRAM STRUKTUR PERLINDUNGAN PANTAI

Windows Notebook Dialog

Gelombang | Proses Pantai | Struktur Pelindung Pantai

Perlu Struktur Pelindung Pantai ?

Jenis Struktur Yang Dibutuhkan ?

BREAKWATER GROINS

Close

LISTING PROGRAM MENU UTAMA
STRUKTUR PERLINDUNGAN PANTAI

```

unit PilihanSPP1;
interface
uses Windows, SysUtils, Classes, Graphics, Forms, Controls, StdCtrls,
    Buttons, ComCtrls, ExtCtrls;
type
TPagesDlg = class(TForm)
    Panel1: TPanel;
    Panel2: TPanel;
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    TabSheet2: TTabSheet;
    TabSheet3: TTabSheet;
    GroupBox1: TGroupBox;
    RadioButton1: TRadioButton;
    RadioButton2: TRadioButton;
    RadioButton3: TRadioButton;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Edit1: TEdit;
    GroupBox3: TGroupBox;
    BitBtn1: TBitBtn;
    BitBtn2: TBitBtn;
    GroupBox4: TGroupBox;
    BitBtn3: TBitBtn;
    BitBtn4: TBitBtn;
    GroupBox5: TGroupBox;
    RadioButton4: TRadioButton;
    RadioButton5: TRadioButton;
    RadioButton6: TRadioButton;
    BitBtn5: TBitBtn;
    Edit2: TEdit;
    BitBtn6: TBitBtn;
    BitBtn7: TBitBtn;
    procedure Edit1Change(Sender: TObject);
    procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
    procedure OKBtnClick(Sender: TObject);
    procedure RadioButton1Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton2Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton3Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton4Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton5Click(Sender: TObject);
    procedure RadioButton6Click(Sender: TObject);
    procedure Edit2Change(Sender: TObject);
private

```

```

    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
    PagesDlg: TPagesDlg;
implementation
{$R *.DFM}
procedure TPagesDlg.Edit1Change(Sender: TObject);
begin
    Edit1.Color:=ClYellow;
    if radiobutton1.Checked then
        edit1.Text:='ya';
    if radiobutton2.Checked then
        edit1.Text:='Tidak';
    if radiobutton3.Checked then
        edit1.Text:='Tidak';
    //if edit1.Text<>'tidak' then
    //bitbtn5.Enabled:=false;

end;

procedure TPagesDlg.BitBtn4Click(Sender: TObject);
begin

    Edit1.Color:=Clyellow;
    if radiobutton1.Checked then
        edit1.Text:='ya';
    if radiobutton2.Checked then
        edit1.Text:='Tidak';
    if radiobutton3.Checked then
        edit1.Text:='Tidak';

end;

procedure TPagesDlg.OKBtnClick(Sender: TObject);
begin
    edit1.Text:="";
end;

procedure TPagesDlg.RadioButton1Click(Sender: TObject);
begin
    if radiobutton1.Checked then
        edit1.Text:='ya';
    bitbtn5.Enabled:=True;
    //groupbox5.Enabled:=True;
    Radiobutton4.Enabled:=true;
    Radiobutton5.Enabled:=true;
    Radiobutton6.Enabled:=true;

```

```
Edit2.Enabled:=True;
edit1.Text:='';
```

```
end;
```

```
procedure TPagesDlg.RadioButton2Click(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton2.Checked then
    edit1.Text:='Tidak';
  if radiobutton2.Checked then
    edit2.Text:='Tidak ada';
    bitbtn1.Enabled:=false;
    bitbtn2.Enabled:=false;
    bitbtn5.Enabled:=false;
    Radiobutton4.Enabled:=false;
    Radiobutton5.Enabled:=false;
    Radiobutton6.Enabled:=false;
    Edit2.Enabled:=false;
```

```
edit1.Text:='';
```

```
end;
```

```
procedure TPagesDlg.RadioButton3Click(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton2.Checked then
    edit1.Text:='Tidak';
    bitbtn1.Enabled:=false;
    bitbtn2.Enabled:=false;
    bitbtn5.Enabled:=false;
    Radiobutton4.Enabled:=false;
    Radiobutton5.Enabled:=false;
    Radiobutton6.Enabled:=false;
    Edit2.Enabled:=false;
    edit1.Text:='';
```

```
end;
```

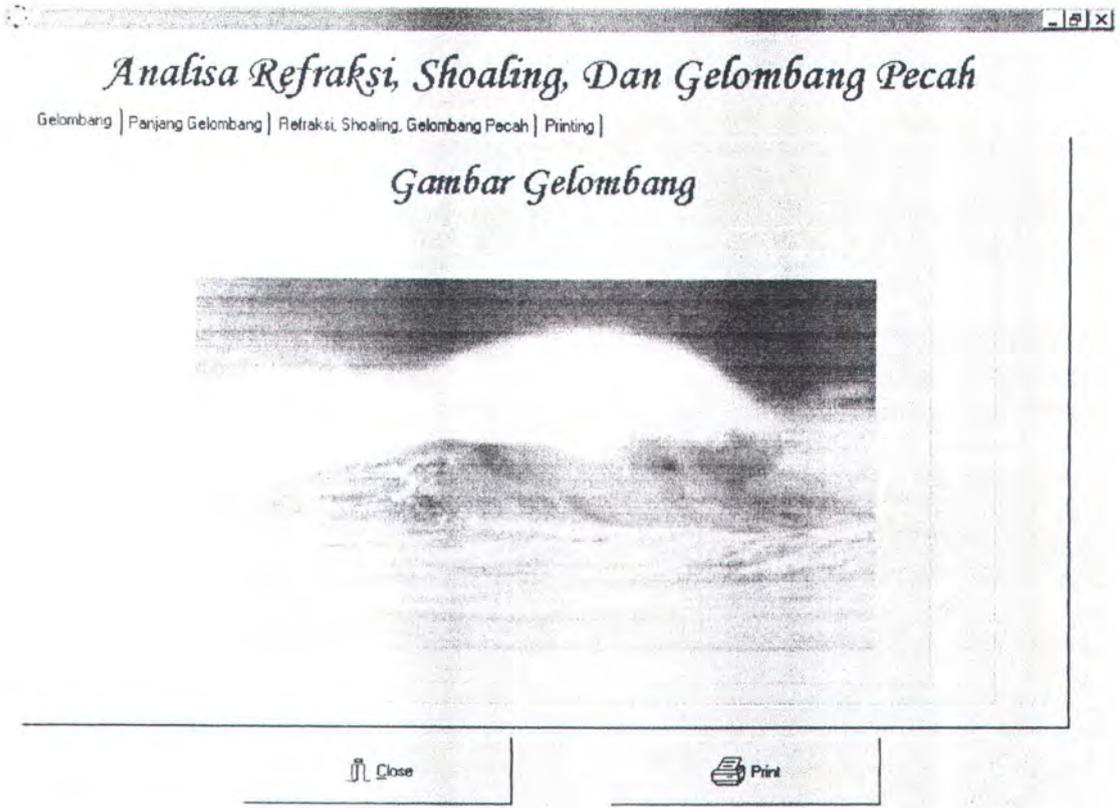
```
procedure TPagesDlg.BitBtn5Click(Sender: TObject);
begin
  Fdit2.Color:=Clyellow;
  if radiobutton4.Checked then
    edit2.Text:='Groins';
  if radiobutton5.Checked then
    edit2.Text:='Breakwater';
  if radiobutton6.Checked then
    edit2.Text:='Groins Dan Breakwater';
```

```
end;
```

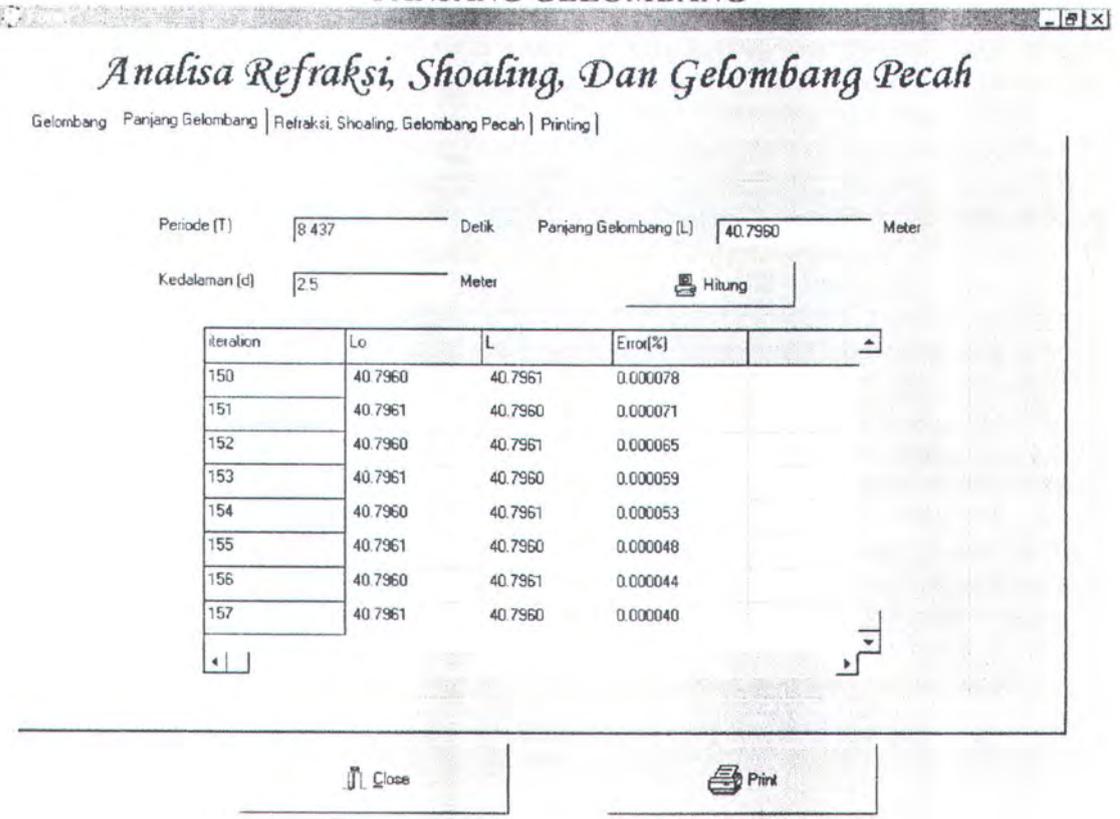
```
procedure TPagesDlg.RadioButton4Click(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton4.Checked then
    bitbtn1.Enabled:=false;
    bitbtn2.Enabled:=true;
    edit2.Text:="";
end;
procedure TPagesDlg.RadioButton5Click(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton5.Checked then
    bitbtn2.Enabled:=false;
    bitbtn1.Enabled:=true;
    edit2.Text:="";
end;
procedure TPagesDlg.RadioButton6Click(Sender: TObject);
begin
  if radiobutton6.Checked then
    bitbtn2.Enabled:=true;
    bitbtn1.Enabled:=true;
    edit2.Text:="";
end;
procedure TPagesDlg.Edit2Change(Sender: TObject);
begin
  Edit2.Color:=ClYellow;
  {if radiobutton4.Checked then
  edit2.Text:='Groins';
  if radiobutton5.Checked then
  edit2.Text:='Breakwater';
  if radiobutton6.Checked then
  edit2.Text:='Groins Dan Breakwater';}
end;
end.
```



TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA GELOMBANG



TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN PANJANG GELOMBANG



TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN REFRAKSI, PENDANGKALAN GELOMBANG, DAN GELOMBANG PECAH

Analisa Refraksi, Shoaling, Dan Gelombang Pecah

Gelombang | Panjang Gelombang | Refraksi, Shoaling, Gelombang Pecah | Printing |

Kemiringan Dasar Laut (m) Lokasi Pantai
 Arah Gelombang Sudut Garis Pantai

No	Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H
1	2.914	8.015	15	2.5	1.003E+002	3.865E+001	9.853E-001	1.169E+000	3.357E+000
2	3.359	8.437	15	2.5	1.111E+002	4.080E+001	9.850E-001	1.195E+000	4.001E+000
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Close

Print

TAMPILAN MENU UTAMA PROSES PENCETAKAN HASIL PERHITUNGAN ANALISA GELOMBANG

Close



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
 FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
 INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Lokasi Pantai: Situbondo		Kemiringan Dasar Laut (m): 0.04				Arah Gelombang: Timur Laut				Sudut Garis Pantai: 105	
No	Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H	Na	ds
1	2.914	8.015	15	2.5	1.003E+002	3.865E+001	9.853E-001	1.169E+000	3.357E+000	2.930E+000	2.930E+000
2	3.359	8.437	15	2.5	1.111E+002	4.080E+001	9.850E-001	1.195E+000	4.001E+000	3.244E+000	3.374E+000

**LISTING PROGRAM ANALISA PERHITUNGAN REFRAKSI,
PENDANGKALAN GELOMBANG, DAN GELOMBANG PECAH**

```
unit Gelombang3;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ExtCtrls, StdCtrls, ComCtrls, Grids, Buttons, math, QuickRpt, Qrctrls,
  ToolWin;

type
  TForm1 = class(TForm)
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    TabSheet2: TTabSheet;
    GroupBox1: TGroupBox;
    GroupBox2: TGroupBox;
    Panel1: TPanel;
    Image1: TImage;
    SG1: TStringGrid;
    TabSheet10: TTabSheet;
    GroupBox10: TGroupBox;
    SGGel: TStringGrid;
    SpeedButton1: TSpeedButton;
    SpeedButton2: TSpeedButton;
    SpeedButton3: TSpeedButton;
    SpeedButton4: TSpeedButton;
    SpeedButton5: TSpeedButton;
    SpeedButton6: TSpeedButton;
    SpeedButton7: TSpeedButton;
    SpeedButton8: TSpeedButton;
    SpeedButton9: TSpeedButton;
    SpeedButton10: TSpeedButton;
    Edit1: TEdit;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    Label3: TLabel;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Label6: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    Edit5: TEdit;
```

Edit6: TEdit;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
BitBtn1: TBitBtn;
TabSheet3: TTabSheet;
GroupBox3: TGroupBox;
QRGel: TQuickRep;
PageHeaderBand1: TQRBand;
TitleBand1: TQRBand;
QRImage1: TQRImage;
QRLabel1: TQRLabel;
QRLabel2: TQRLabel;
QRLabel3: TQRLabel;
QRShape1: TQRShape;
QRLabel4: TQRLabel;
ToolBar1: TToolBar;
RadioButton1: TRadioButton;
RadioButton2: TRadioButton;
RadioButton3: TRadioButton;
RadioButton4: TRadioButton;
RadioButton5: TRadioButton;
RadioButton6: TRadioButton;
RadioButton7: TRadioButton;
RadioButton8: TRadioButton;
RadioButton9: TRadioButton;
RadioButton10: TRadioButton;
QRLabel5: TQRLabel;
QRLabel6: TQRLabel;
QRLabel7: TQRLabel;
QRLabel8: TQRLabel;
QRLabel9: TQRLabel;
QRLabel10: TQRLabel;
QRLabel11: TQRLabel;
QRLabel12: TQRLabel;
QRLabel13: TQRLabel;
QRLabel14: TQRLabel;
QRLabel15: TQRLabel;
QRLabel16: TQRLabel;
QRLabel17: TQRLabel;
QRLabel18: TQRLabel;
QRLabel19: TQRLabel;
QRLabel20: TQRLabel;
QRLabel21: TQRLabel;
QRLabel22: TQRLabel;
QRLabel23: TQRLabel;
QRLabel24: TQRLabel;

QRLabel25: TQRLabel;
QRLabel26: TQRLabel;
BitBtn2: TBitBtn;
QRLabel27: TQRLabel;
QRLabel28: TQRLabel;
QRLabel29: TQRLabel;
QRLabel30: TQRLabel;
QRLabel31: TQRLabel;
QRLabel32: TQRLabel;
QRLabel33: TQRLabel;
QRLabel34: TQRLabel;
QRLabel35: TQRLabel;
QRLabel36: TQRLabel;
QRLabel37: TQRLabel;
QRLabel38: TQRLabel;
QRLabel39: TQRLabel;
QRLabel40: TQRLabel;
QRLabel41: TQRLabel;
QRLabel42: TQRLabel;
QRLabel43: TQRLabel;
QRLabel44: TQRLabel;
QRLabel45: TQRLabel;
QRLabel46: TQRLabel;
QRLabel47: TQRLabel;
QRLabel48: TQRLabel;
QRLabel49: TQRLabel;
QRLabel50: TQRLabel;
QRLabel51: TQRLabel;
QRLabel52: TQRLabel;
QRLabel53: TQRLabel;
QRLabel54: TQRLabel;
QRLabel55: TQRLabel;
QRLabel56: TQRLabel;
QRLabel57: TQRLabel;
QRLabel58: TQRLabel;
QRLabel59: TQRLabel;
QRLabel60: TQRLabel;
QRLabel61: TQRLabel;
QRLabel62: TQRLabel;
QRLabel63: TQRLabel;
QRLabel64: TQRLabel;
QRLabel65: TQRLabel;
QRLabel66: TQRLabel;
QRLabel67: TQRLabel;
QRLabel68: TQRLabel;
QRLabel69: TQRLabel;
QRLabel70: TQRLabel;
QRLabel71: TQRLabel;
QRLabel72: TQRLabel;
QRLabel73: TQRLabel;

QRLabel74: TQRLabel;
QRLabel75: TQRLabel;
QRLabel76: TQRLabel;
QRLabel77: TQRLabel;
QRLabel78: TQRLabel;
QRLabel79: TQRLabel;
QRLabel80: TQRLabel;
QRLabel81: TQRLabel;
QRLabel82: TQRLabel;
QRLabel83: TQRLabel;
QRLabel84: TQRLabel;
QRLabel85: TQRLabel;
QRLabel86: TQRLabel;
QRLabel87: TQRLabel;
QRLabel88: TQRLabel;
QRLabel89: TQRLabel;
QRLabel90: TQRLabel;
QRLabel91: TQRLabel;
QRLabel92: TQRLabel;
QRLabel93: TQRLabel;
QRLabel94: TQRLabel;
QRLabel95: TQRLabel;
QRLabel96: TQRLabel;
QRLabel97: TQRLabel;
QRLabel98: TQRLabel;
QRLabel99: TQRLabel;
QRLabel100: TQRLabel;
QRLabel101: TQRLabel;
QRLabel102: TQRLabel;
QRLabel103: TQRLabel;
QRLabel104: TQRLabel;
QRLabel105: TQRLabel;
QRLabel106: TQRLabel;
QRLabel107: TQRLabel;
QRLabel108: TQRLabel;
QRLabel109: TQRLabel;
QRLabel110: TQRLabel;
QRLabel111: TQRLabel;
QRLabel112: TQRLabel;
QRLabel113: TQRLabel;
QRLabel114: TQRLabel;
QRLabel115: TQRLabel;
QRLabel116: TQRLabel;
QRLabel117: TQRLabel;
QRLabel118: TQRLabel;
QRLabel119: TQRLabel;
QRLabel120: TQRLabel;
QRLabel121: TQRLabel;
QRLabel122: TQRLabel;
QRLabel123: TQRLabel;

```
QRLabel124: TQRLabel;
QRLabel125: TQRLabel;
QRLabel126: TQRLabel;
QRLabel127: TQRLabel;
QRLabel128: TQRLabel;
QRLabel129: TQRLabel;
QRLabel130: TQRLabel;
QRLabel131: TQRLabel;
QRLabel132: TQRLabel;
QRLabel133: TQRLabel;
QRLabel134: TQRLabel;
QRLabel135: TQRLabel;
QRLabel136: TQRLabel;
BitBtn4: TBitBtn;
QRLabel137: TQRLabel;
QRLabel138: TQRLabel;
QRLabel139: TQRLabel;
QRLabel140: TQRLabel;
QRLabel141: TQRLabel;
QRLabel142: TQRLabel;
QRLabel143: TQRLabel;
QRLabel144: TQRLabel;
Edit7: TEdit;
QRShape2: TQRShape;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure SpeedButton1Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton2Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton4Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton5Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton6Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton7Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton8Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton9Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton10Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton9Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton8Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton7Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton6Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton5Click(Sender: TObject);
procedure Edit1Enter(Sender: TObject);
procedure Edit1Change(Sender: TObject);
procedure Edit7Change(Sender: TObject);
procedure Edit2Change(Sender: TObject);
procedure Edit3Change(Sender: TObject);
procedure RadioButton4Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton3Click(Sender: TObject);
procedure RadioButton2Click(Sender: TObject);
```

```

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
  a1,a2,a3,a4,a5,a6,a7,a8,a81,a9,a10,a11:array[1..10]of double;
  a71,a72,a73,a74,a75,a76,a77,a78,a79,a710,a711,a712,a713,a714,a715,
  a716,a717,a718,a719,a720,m,a,b:double;
  lo,Erur,ko,T,L,d:Double;
  i:Integer;

end;

var
  Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  with sg1 do
  begin
    cells[0,0]:='No'; cells[0,1]:='1';
    cells[1,0]:='Ho'; cells[0,2]:='2';
    cells[2,0]:='To'; cells[0,3]:='3';
    cells[3,0]:='Qo'; cells[0,4]:='4';
    cells[4,0]:='d'; cells[0,5]:='5';
    cells[5,0]:='Lo'; cells[0,6]:='6';
    cells[6,0]:='L'; cells[0,7]:='7';
    cells[7,0]:='Kr'; cells[0,8]:='8';
    cells[8,0]:='Ks'; cells[0,9]:='9';
    cells[9,0]:='H'; cells[0,10]:='10';
    cells[10,0]:='Hb';
    cells[11,0]:='db';
  end;

  with sggel do
  begin
    cells[0,0]:='iteration';
    cells[1,0]:='Lo';
    cells[2,0]:='L';
    cells[3,0]:='Error(%)';
  end;

  { with SGKabeh do
  begin
    cells[0,0]:='No';
    cells[1,0]:='Ho';
    cells[2,0]:='To';

```

```

cells[3,0]:='Qo';
cells[4,0]:='d';
cells[5,0]:='Lo';
cells[6,0]:='L';
cells[7,0]:='Kr';
cells[8,0]:='Ks';
cells[9,0]:='H';
cells[10,0]:='Hb';
cells[11,0]:='db';
end; }

```

```

{cbarah.Items.append('Utara');
cbarah.Items.append('Timur Laut');
cbarah.Items.append('Timur');
cbarah.Items.append('Tenggara');
cbarah.Items.append('Selatan');
cbarah.Items.append('Barat Daya');
cbarah.Items.append('Barat');
cbarah.Items.append('Barat Laut');}
end;

```

```

procedure TForm1.SpeedButton1Click(Sender: TObject);
begin

```

```

with SG1 do

```

```

begin

```

```

a1[1]:=strtofloat(cells[1,1]);

```

```

a2[1]:=strtofloat(cells[2,1]);

```

```

a3[1]:=strtofloat(cells[3,1]);

```

```

a4[1]:=strtofloat(cells[4,1]);

```

```

a5[1]:=9.81*a2[1]*a2[1]/(2*pi);

```

```

cells[5,1]:=format('%10.4E',[a5[1]]);

```

```

//a6[1]:=strtofloat(cells[6,1]);

```

```

lo:=9.81*a2[1]*a2[1]/(2*pi);

```

```

i:=0;

```

```

Erur:=1;

```

```

while erur > 0.00004 do

```

```

begin

```

```

inc(i,1);

```

```

ko:=2*pi/Lo;

```

```

a6[1]:=9.81*a2[1]*a2[1]/(2*pi)*tanh(ko*a4[1]);

```

```

Erur:=abs((a6[1]-Lo)/Lo)*100;

```

```

Lo:=a6[1];

```

```

cells[6,1]:=format('%10.4E',[a6[1]]);

```

```

a71:=((a6[1]/a2[1])/(a5[1]/a2[1]))*sin(a3[1]*Pi/180);

```

```

a72:=(arcsin(a71)*180/Pi);

```

```

a7[1]:=sqrt(cos(a3[1]*Pi/180)/cos(a72*Pi/180));

```

```

cells[7,1]:=format('%10.4E',[a7[1]]);

```

```

a81[1]:=4*Pi*a4[1]/a6[1];

```

```

a8[1]:=sqrt(1/((Tanh(a81[1]/2))*(1+(a81[1]/sinh(a81[1])))));

```

```

cells[8,1]:=format('%10.4E',[a8[1]]);
a9[1]:=a8[1]*a7[1]*a1[1];
cells[9,1]:=format('%10.4E',[a9[1]]);
a10[1]:=a1[1]*a7[1]/(3.3*(exp((1/3)*ln(a1[1]/a5[1]))));
cells[10,1]:=format('%10.4E',[a10[1]]);
m:=strtofloat(edit1.text);
a:=(43.75*(1-(exp(-19*m))));
b:=1.56/(1+(exp(-19.5*m)));
a11[1]:=a10[1]/(b-(a*a10[1]/(9.81*a2[1]*a2[1])));
cells[11,1]:=format('%10.4E',[a11[1]]);
qrlabel27.caption:=cells[1,1];
qrlabel28.caption:=cells[2,1];
qrlabel29.caption:=cells[3,1];
qrlabel30.caption:=cells[4,1];
qrlabel31.caption:=cells[5,1];
qrlabel32.caption:=cells[6,1];
qrlabel33.caption:=cells[7,1];
qrlabel34.caption:=cells[8,1];
qrlabel35.caption:=cells[9,1];
qrlabel36.caption:=cells[10,1];
qrlabel37.caption:=cells[11,1];
end;
end;

end;

procedure TForm1.SpeedButton2Click(Sender: TObject);
begin
  with SG1 do
  begin
    a1[2]:=strtofloat(cells[1,2]);
    a2[2]:=strtofloat(cells[2,2]);
    a3[2]:=strtofloat(cells[3,2]);
    a4[2]:=strtofloat(cells[4,2]);
    a5[2]:=9.81*a2[2]*a2[2]/(2*pi);
    cells[5,2]:=format('%10.4E',[a5[2]]);
    //a6[2]:=strtofloat(cells[6,2]);
    lo:=9.81*a2[2]*a2[2]/(2*pi);
    i:=0;
    Erur:=1;
    while erur >0.00004 do
    begin
      inc(i,1);
      ko:=2*pi/Lo;
      a6[2]:=9.81*a2[2]*a2[2]/(2*pi)*tanh(ko*a4[2]);
      Erur:=abs((a6[2]-Lo)/Lo)*100;
      Lo:=a6[2];
      cells[6,2]:=format('%10.4E',[a6[2]]);
      a73:=((a6[2]/a2[2])/(a5[2]/a2[2]))*sin(a3[2]*Pi/180);
      a74:=(arcsin(a73)*180/Pi);
    end;
  end;
end;

```



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

ntai: Situbondo

Kemiringan Dasar Laut (m): 0.04

Arah Gelombang: Timur

Sudut Garis Pantai: 135

Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H	Hb	db
1.032	5.231	45	2.5	4.272E+001	2.431E+001	8.789E-001	9.970E-001	9.043E-001	9.508E-001	9.631E-001
1.135	5.401	45	2.5	4.554E+001	2.520E+001	8.766E-001	1.007E+000	1.002E+000	1.032E+000	1.047E+000
1.255	5.584	45	2.5	4.868E+001	2.616E+001	8.743E-001	1.018E+000	1.117E+000	1.126E+000	1.144E+000
1.364	5.741	45	2.5	5.146E+001	2.698E+001	8.726E-001	1.028E+000	1.223E+000	1.210E+000	1.231E+000
1.49	5.913	45	2.5	5.459E+001	2.787E+001	8.631E-001	1.039E+000	1.336E+000	1.294E+000	1.318E+000
1.626	6.088	45	2.5	5.787E+001	2.878E+001	8.691E-001	1.049E+000	1.483E+000	1.409E+000	1.438E+000
2.046	6.573	45	2.5	6.746E+001	3.128E+001	8.652E-001	1.080E+000	1.911E+000	1.720E+000	1.764E+000
2.489	7.016	45	2.5	7.685E+001	3.356E+001	8.622E-001	1.107E+000	2.376E+000	2.040E+000	2.101E+000
2.582	7.102	45	2.5	7.875E+001	3.400E+001	8.617E-001	1.113E+000	2.476E+000	2.107E+000	2.171E+000



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Pantai: Situbondo

Kemiringan Dasar Laut (m): 0.04

Arah Gelombang: Timur Laut

Sudut Garis Pantai: 105

Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H	Hb	db
2.914	8.015	15	2.5	1.003E+002	3.865E+001	9.853E-001	1.169E+000	3.357E+000	2.830E+000	2.933E+000
3.399	8.437	15	2.5	1.111E+002	4.080E+001	9.850E-001	1.195E+000	4.001E+000	3.244E+000	3.374E+000



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Pantai: Situbondo		Kemiringan Dasar Laut (m): 0.04					Arah Gelombang: Utara			Sudut Garis Pantai: 60	
Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H	Hb	db	
0.902	4.785	30	2.5	3.575E+001	2.195E+001	9.539E-001	9.714E-001	8.358E-001	8.890E-001	9.095E-001	
0.993	4.94	30	2.5	3.810E+001	2.278E+001	9.526E-001	9.801E-001	9.271E-001	9.668E-001	9.910E-001	
1.193	5.252	30	2.5	4.307E+001	2.442E+001	9.503E-001	9.983E-001	1.132E+000	1.135E+000	1.168E+000	
1.79	6.012	30	2.5	5.643E+001	2.839E+001	9.459E-001	1.045E+000	1.769E+000	1.621E+000	1.683E+000	



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Pantai: Situbondo Kemiringan Dasar Laut (m): 0.04 Arah Gelombang: Barat Laut Sudut Garis Pantai: 15

Ho	To	Qo	d	Lo	L	Kr	Ks	H	Hb	db
0.921	5.068	75	2.5	4.010E+001	2.345E+001	5.601E-001	9.875E-001	5.094E-001	5.499E-001	5.397E-001
1.051	5.298	75	2.5	4.382E+001	2.466E+001	5.553E-001	1.001E+000	5.842E-001	6.133E-001	6.026E-001
1.157	5.47	75	2.5	4.672E+001	2.556E+001	5.522E-001	1.011E+000	6.461E-001	6.642E-001	6.531E-001
1.279	5.656	75	2.5	4.995E+001	2.654E+001	5.491E-001	1.023E+000	7.183E-001	7.221E-001	7.107E-001
1.39	5.815	75	2.5	5.279E+001	2.736E+001	5.353E-001	1.032E+000	7.682E-001	7.579E-001	7.456E-001
1.658	6.166	75	2.5	5.936E+001	2.918E+001	5.423E-001	1.054E+000	9.479E-001	8.980E-001	8.860E-001

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN PERUBAHAN GARIS PANTAI

Model Perubahan Garis Pantai | Shoreline | Printing

Hb Periode (T)
 db Lb
 Sudut Datang Longshore Sedimen Sungai
 Delta x Longshore Sedimen (Q_{ls})
 Delta t Pias
 Littoral Drift (Q_o)

No	Y awal	Delta Y	Y akhir	Littoral Drift
1	3300	-15.399447	3284.600553	2340.253925
2	3210	0.000000	3210.000000	2340.253925
3	3210	-7.690988	3202.309012	3509.053351
4	3150	-11.529221	3138.470779	5261.149043
5	3110	6.916231	3116.916231	4210.089470
6	3060	4.612990	3064.612990	3509.053351
7	3000	-4.612990	2995.387010	4210.089470
8	2950	-6.916231	2943.083769	5261.149043
9	2910	11.529221	2921.529221	3509.053351
10	2850	-7.687408	2842.312592	4677.308739

Print

TAMPILAN MENU UTAMA MODEL PERUBAHAN GARIS PANTAI

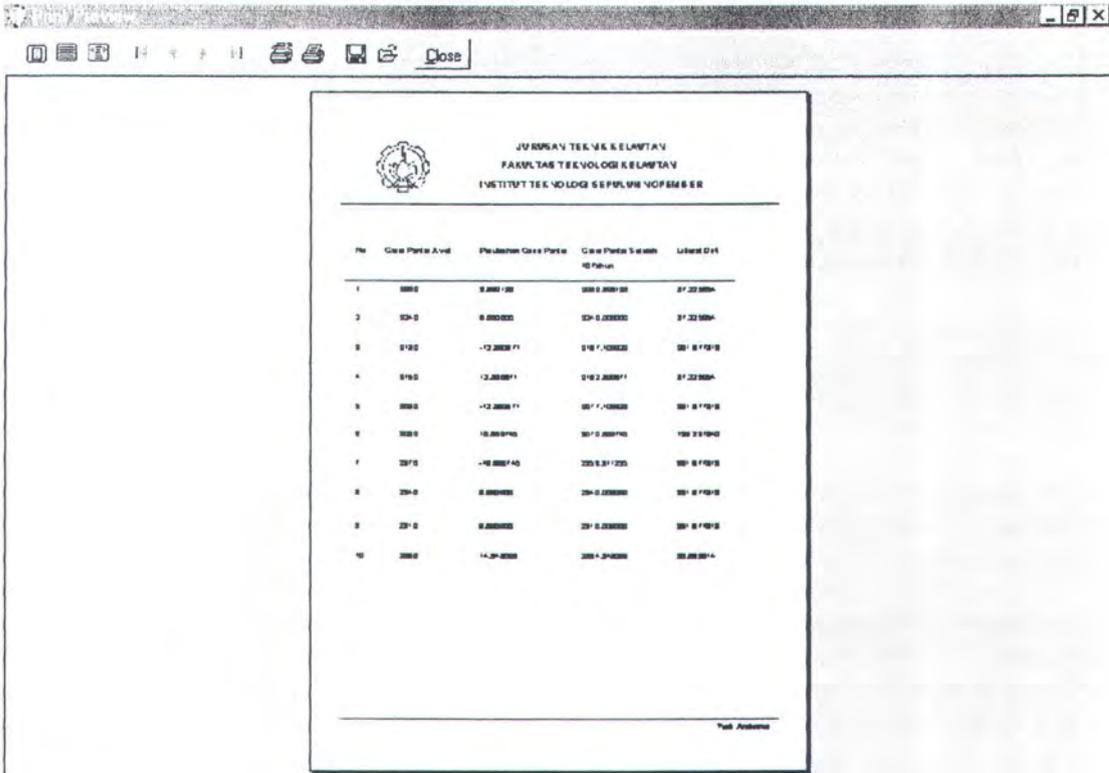
Data Masukan | Model Perubahan Garis Pantai | Model Perubahan Garis Pantai | Shoreline | TabSheet5

TChart

Jarak Pias

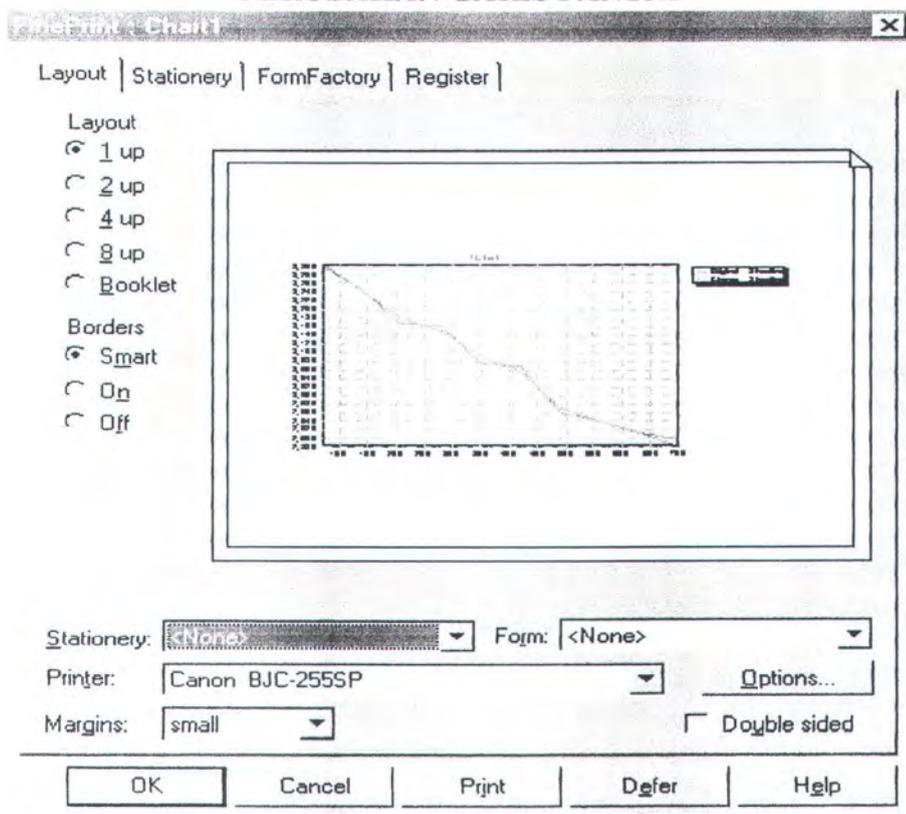
Original Shoreline
Change Shoreline

TAMPILAN MENU UTAMA PROSES PENCETAKAN PERHITUNGAN PERUBAHAN GARIS PANTAI



0% Page 1 of 1

TAMPILAN MENU UTAMA PROSES PENCETAKAN MODEL PERUBAHAN GARIS PANTAI



LISTING PROGRAM MODEL PERUBAHAN GARIS PANTAI

```
unit PerubahanPantai5;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  StdCtrls, ComCtrls, Grids, Buttons,math, TeEngine, Series, ExtCtrls,
  TeeProcs, Chart, QuickRpt, Qrctrls;

type
  TForm1 = class(TForm)
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet3: TTabSheet;
    GroupBox3: TGroupBox;
    SG2: TStringGrid;
    SpeedButton3: TSpeedButton;
    Edit7: TEdit;
    Edit8: TEdit;
    Label11: TLabel;
    Label12: TLabel;
    Edit9: TEdit;
    Label13: TLabel;
    Edit10: TEdit;
    Label14: TLabel;
    Edit11: TEdit;
    Label15: TLabel;
    SpeedButton4: TSpeedButton;
    SpeedButton5: TSpeedButton;
    SpeedButton6: TSpeedButton;
    SpeedButton7: TSpeedButton;
    SpeedButton8: TSpeedButton;
    SpeedButton9: TSpeedButton;
    SpeedButton10: TSpeedButton;
    SpeedButton11: TSpeedButton;
    SpeedButton12: TSpeedButton;
    TabSheet4: TTabSheet;
    GroupBox4: TGroupBox;
    Chart1: TChart;
    BitBtn1: TBitBtn;
    TabSheet5: TTabSheet;
    GroupBox5: TGroupBox;
    Edit12: TEdit;
    Label16: TLabel;
    Series1: TLineSeries;
```

Button1: TButton;
Series2: TLineSeries;
BitBtn2: TBitBtn;
QRGaris: TQuickRep;
PageHeaderBand1: TQRBand;
TitleBand1: TQRBand;
QRImage1: TQRImage;
QRLabel1: TQRLabel;
QRLabel2: TQRLabel;
QRLabel3: TQRLabel;
QRShape1: TQRShape;
QRLabel4: TQRLabel;
QRLabel5: TQRLabel;
QRLabel6: TQRLabel;
QRLabel7: TQRLabel;
QRLabel8: TQRLabel;
QRLabel9: TQRLabel;
QRLabel10: TQRLabel;
QRLabel11: TQRLabel;
QRLabel12: TQRLabel;
QRLabel13: TQRLabel;
QRLabel14: TQRLabel;
QRLabel15: TQRLabel;
QRLabel16: TQRLabel;
QRLabel17: TQRLabel;
QRLabel18: TQRLabel;
QRLabel19: TQRLabel;
QRShape2: TQRShape;
QRLabel20: TQRLabel;
QRLabel21: TQRLabel;
QRLabel22: TQRLabel;
QRLabel23: TQRLabel;
QRLabel24: TQRLabel;
QRLabel25: TQRLabel;
QRLabel26: TQRLabel;
QRLabel27: TQRLabel;
QRLabel28: TQRLabel;
QRLabel29: TQRLabel;
QRLabel30: TQRLabel;
QRLabel31: TQRLabel;
QRLabel32: TQRLabel;
QRLabel33: TQRLabel;
QRLabel34: TQRLabel;
QRLabel35: TQRLabel;
QRLabel36: TQRLabel;
QRLabel37: TQRLabel;
QRLabel38: TQRLabel;
QRLabel39: TQRLabel;
QRLabel40: TQRLabel;
QRLabel41: TQRLabel;

```
QRLabel42: TQRLabel;
QRLabel43: TQRLabel;
QRLabel44: TQRLabel;
QRLabel45: TQRLabel;
QRLabel46: TQRLabel;
QRLabel47: TQRLabel;
QRLabel48: TQRLabel;
QRLabel49: TQRLabel;
QRLabel50: TQRLabel;
QRLabel51: TQRLabel;
QRLabel52: TQRLabel;
QRLabel53: TQRLabel;
QRLabel54: TQRLabel;
QRLabel55: TQRLabel;
QRLabel56: TQRLabel;
QRLabel57: TQRLabel;
QRLabel58: TQRLabel;
QRLabel59: TQRLabel;
QRLabel60: TQRLabel;
QRLabel61: TQRLabel;
QRShape3: TQRShape;
BitBtn3: TBitBtn;
Edit1: TEdit;
Label1: TLabel;
Edit2: TEdit;
Label2: TLabel;
GroupBox1: TGroupBox;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Edit5: TEdit;
Label5: TLabel;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure SpeedButton3Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton4Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton5Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton6Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton7Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton8Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton9Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton10Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton11Click(Sender: TObject);
procedure SpeedButton12Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure Edit11Change(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
private
```

```

    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
    f4:array[1..10]of double;
    a4,b4,c4,d4,e4,g4,k1,arah,j1,Lb,Td,N1,T,Qe,Pias,Qo:double;
    a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m,n,o,m1,x:double;
    a5,b5,c5,d5,e5,f5,g5,h5,i5,j5:double;
    a6,b6,c6,d6,e6,f6,g6,h6,i6,j6:double;
end;

var
    Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    with sg2 do
    begin
        cells[0,0]:='No';        cells[0,1]:='1';
                                cells[0,2]:='2';
                                cells[0,3]:='3';
        cells[1,0]:='Y awal';    cells[0,4]:='4';
        cells[4,0]:='Littoral Drift'; cells[0,5]:='5';
                                cells[0,6]:='6';
                                cells[0,7]:='7';
        cells[0,8]:='8';
        cells[2,0]:='Delta Y';   cells[0,9]:='9';
        cells[3,0]:='Y akhir';   cells[0,10]:='10';
    end;
end;

procedure TForm1.SpeedButton3Click(Sender: TObject);
begin
    with sg2 do
    begin
        a:=strtofloat(edit7.text);
        b:=strtofloat(edit8.text);
        c:=strtofloat(edit9.text);
        d:=strtofloat(edit10.text);
        l:=strtofloat(edit11.text);
        Lb:=strtofloat(edit1.text);
        T:=strtofloat(edit2.text);
        Qe:=strtofloat(edit3.text);
        Pias:=strtofloat(edit4.text);
        Qo:=strtofloat(edit5.text);
        e:=Lb/T;
    end;
end;

```

```

f:=tan(c*pi/180);
g:=strtofloat(cells[1,1]);
h:=strtofloat(cells[1,2]);
if g>h then i:=(arctan((g-h)/d))*180/pi;
if g<h then i:=(arctan((h-g)/d))*180/pi;
j:=(tan(i*3.14/180));
k1:=tan((f+j)/(1-(f*j))*pi/180);
k:=(arctan(k1))*180/pi;  //(arctan((f+j)/(1-(f*j))))*180/pi;
Td:=4*pi*b/Lb;
N1:=0.5*(1+(Td/sinh(Td)));
m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
n:=(Qo-m)*l/(b*d);
o:=n+g;

if g=h then k1:=f;
if g=h then arah:=1;
if g>h then j:=tan((g-h)/d*pi/180);
if g>h then k1:=tan((f+j)/(1+(f*j))*pi/180);
if g>h then arah:=1;
if g<h then j1:=tan((h-g)/d*pi/180);
if j1<f then k1:=tan((f-j1)/(1+(f*j1))*pi/180);
if j1<f then arah:=1;
if j1>f then k1:=tan((j1-f)/(1+(f*j1))*pi/180);
if j1>f then arah:=-1;
if pias=0 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
  if pias=1 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1)+Qe;
  //if pias=2 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1)+Qe;

cells[3,1]:=Format("%8.6f",[o]);  //Format("%8.4f",[Lo]);
cells[2,1]:=Format("%8.6f",[n]);
cells[4,1]:=Format("%8.6f",[m]);

qrlabel21.caption:=cells[1,1];
qrlabel31.caption:=cells[2,1];
qrlabel41.caption:=cells[3,1];
qrlabel52.caption:=cells[4,1];
end;
end;

procedure TForm1.SpeedButton4Click(Sender: TObject);
begin
with sg2 do
begin
a:=strtofloat(edit7.text);
b:=strtofloat(edit8.text);
c:=strtofloat(edit9.text);

```

```

d:=strtofloat(edit10.text);
l:=strtofloat(edit11.text);
Lb:=strtofloat(edit1.text);
T:=strtofloat(edit2.text);
Qe:=strtofloat(edit3.text);
Pias:=strtofloat(edit4.text);
e:=Lb/T;
f:=tan(c*pi/180);
g:=strtofloat(cells[1,2]);
h:=strtofloat(cells[1,3]);
if g>h then i:=(arctan((g-h)/d))*180/pi;
if g<h then i:=(arctan((h-g)/d))*180/pi;
j:=(tan(i*3.14/180));
k1:=tan((f+j)/(1-(f*j))*pi/180);
k:=(arctan(k1))*180/pi; //(arctan((f+j)/(1-(f*j))))*180/pi;
Td:=4*pi*b/Lb;
N1:=0.5*(1+(Td/sinh(Td)));
m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
m1:=strtofloat(cells[4,1]);
n:=(m1-m)*l/(b*d);
o:=n+g;

if g=h then k1:=f;
if g=h then arah:=1;
if g>h then j:=tan((g-h)/d*pi/180);
if g>h then k1:=tan((f+j)/(1+(f*j))*pi/180);
if g>h then arah:=1;
if g<h then j1:=tan((h-g)/d*pi/180);
if j1<f then k1:=tan((f-j1)/(1+(f*j1))*pi/180);
if j1<f then arah:=1;
if j1>f then k1:=tan((j1-f)/(1+(f*j1))*pi/180);
if j1>f then arah:=-1;
if pias=0 then
m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
if pias=2 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1)+Qe;

cells[2,2]:=Format('%8.6f',[n]);
cells[3,2]:=Format('%8.6f',[o]); //Format('%8.4f',[Lo]);
cells[4,2]:=Format('%8.6f',[m]);

qrlabel22.caption:=cells[1,2];
qrlabel32.caption:=cells[2,2];
qrlabel42.caption:=cells[3,2];
qrlabel53.caption:=cells[4,2];
end;
end;

procedure TForm1.SpeedButton5Click(Sender: TObject);

```

```

begin
  with sg2 do
  begin
    a:=strtofloat(edit7.text);
    b:=strtofloat(edit8.text);
    c:=strtofloat(edit9.text);
    d:=strtofloat(edit10.text);
    l:=strtofloat(edit11.text);
    Lb:=strtofloat(edit1.text);
    T:=strtofloat(edit2.text);
    Qe:=strtofloat(edit3.text);
    Pias:=strtofloat(edit4.text);
    e:=Lb/T;
    f:=tan(c*pi/180);
    g:=strtofloat(cells[1,3]);
    h:=strtofloat(cells[1,4]);
    if g>h then i:=(arctan((g-h)/d))*180/pi;
    if g<h then i:=(arctan((h-g)/d))*180/pi;
    j:=(tan(i*3.14/180));
    k1:=tan((f+j)/(1-(f*j))*pi/180);
    k:=(arctan(k1))*180/pi; //((arctan((f+j)/(1-(f*j))))*180/pi;
    Td:=4*pi*b/Lb;
    N1:=0.5*(1+(Td/sinh(Td)));
    m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
    m1:=strtofloat(cells[4,2]);
    n:=(m1-m)*l/(b*d);
    o:=n+g;

    if g=h then k1:=f;
    if g=h then arah:=1;
    if g>h then j:=tan((g-h)/d*pi/180);
    if g>h then k1:=tan((f+j)/(1+(f*j))*pi/180);
    if g>h then arah:=1;
    if g<h then j1:=tan((h-g)/d*pi/180);
    if j1<f then k1:=tan((f-j1)/(1+(f*j1))*pi/180);
    if j1<f then arah:=1;
    if j1>f then k1:=tan((j1-f)/(1+(f*j1))*pi/180);
    if j1>f then arah:=-1;
    if pias=0 then
m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
    if pias=3 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1)+Qe;

    cells[2,3]:=Format('%8.6f',[n]);
    cells[3,3]:=Format('%8.6f',[o]); //Format('%8.4f',[Lo]);
    cells[4,3]:=Format('%8.6f',[m]);

    qrlabel23.caption:=cells[1,3];
    qrlabel33.caption:=cells[2,3];

```

```

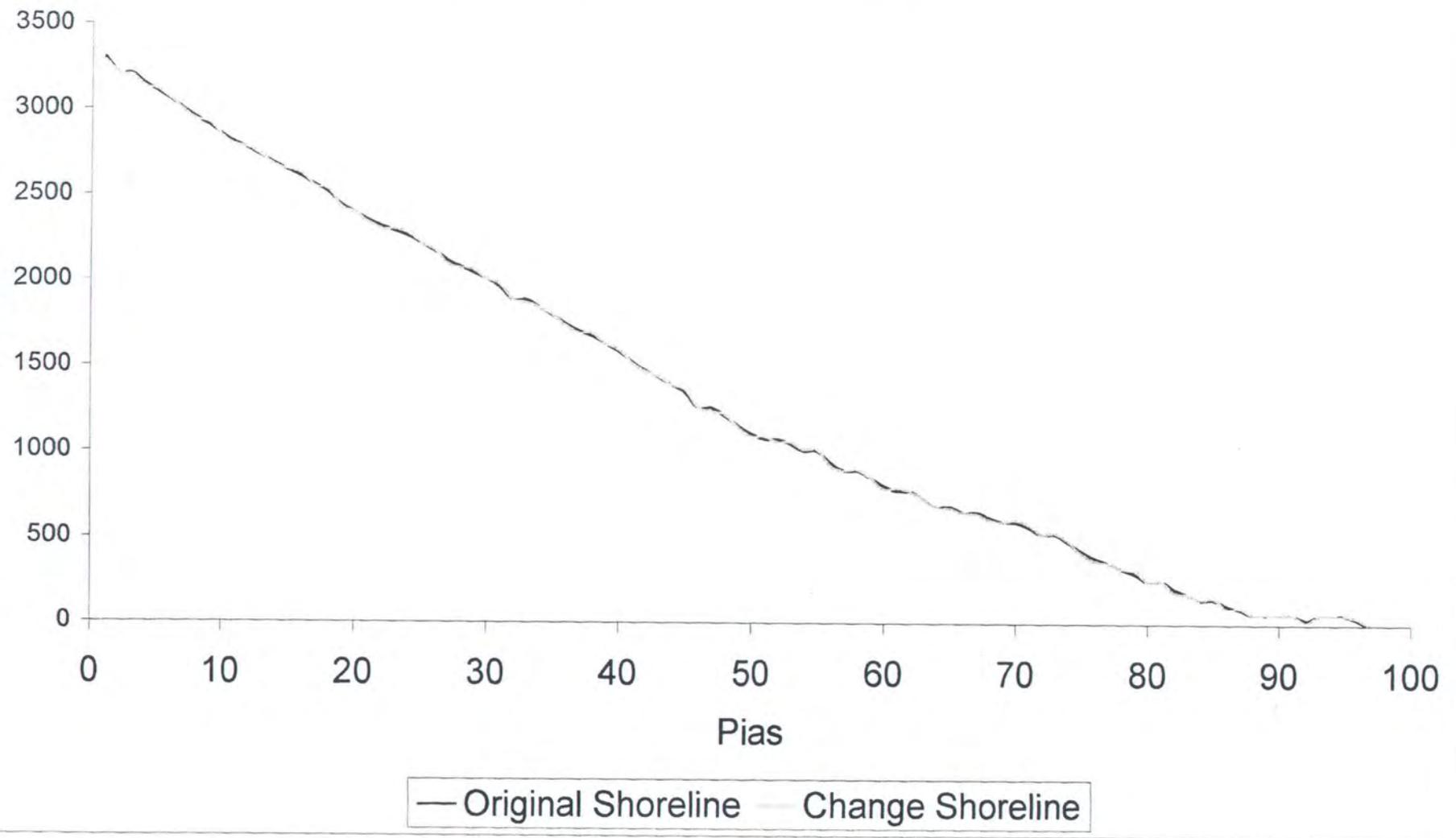
qrlabel43.caption:=cells[3,3];
qrlabel54.caption:=cells[4,3];
end;
end;

procedure TForm1.SpeedButton6Click(Sender: TObject);
begin
  with sg2 do
  begin
    a:=strtofloat(edit7.text);
    b:=strtofloat(edit8.text);
    c:=strtofloat(edit9.text);
    d:=strtofloat(edit10.text);
    l:=strtofloat(edit11.text);
    Lb:=strtofloat(edit1.text);
    T:=strtofloat(edit2.text);
    Qe:=strtofloat(edit3.text);
    Pias:=strtofloat(edit4.text);
    e:=Lb/T;
    f:=tan(c*pi/180);
    g:=strtofloat(cells[1,4]);
    h:=strtofloat(cells[1,5]);
    if g>h then i:=(arctan((g-h)/d))*180/pi;
    if g<h then i:=(arctan((h-g)/d))*180/pi;
    j:=(tan(i*3.14/180));
    k1:=tan((f+j)/(1-(f*j))*pi/180);
    k:=(arctan(k1))*180/pi; //(arctan((f+j)/(1-(f*j))))*180/pi;
    Td:=4*pi*b/Lb;
    N1:=0.5*(1+(Td/sinh(Td)));
    m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
    m1:=strtofloat(cells[4,3]);
    n:=(m1-m)*l/(b*d);
    o:=n+g;

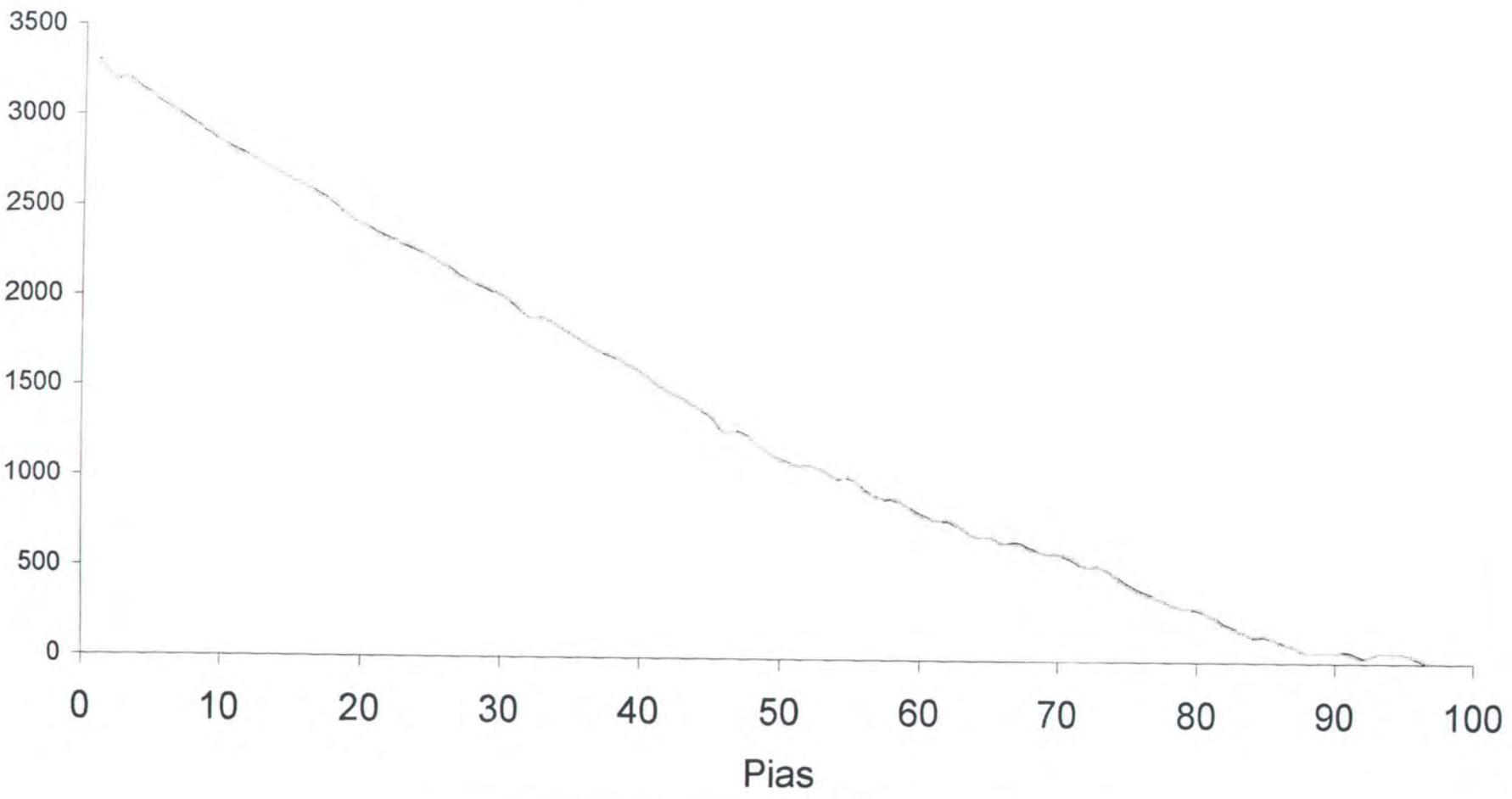
    if g=h then k1:=f;
    if g=h then arah:=1;
    if g>h then j:=tan((g-h)/d*pi/180);
    if g>h then k1:=tan((f+j)/(1+(f*j))*pi/180);
    if g>h then arah:=1;
    if g<h then j1:=tan((h-g)/d*pi/180);
    if j1<f then k1:=tan((f-j1)/(1+(f*j1))*pi/180);
    if j1<f then arah:=1;
    if j1>f then k1:=tan((j1-f)/(1+(f*j1))*pi/180);
    if j1>f then arah:=-1;
    if pias=0 then
m:=Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1;
    if pias=4 then
m:=(Arah*(0.02*1025*9.81/8*a*a*e*sin(k*pi/180)*cos(k*pi/180)*365)*N1)+Qe;

```

Model Perubahan Garis Pantai

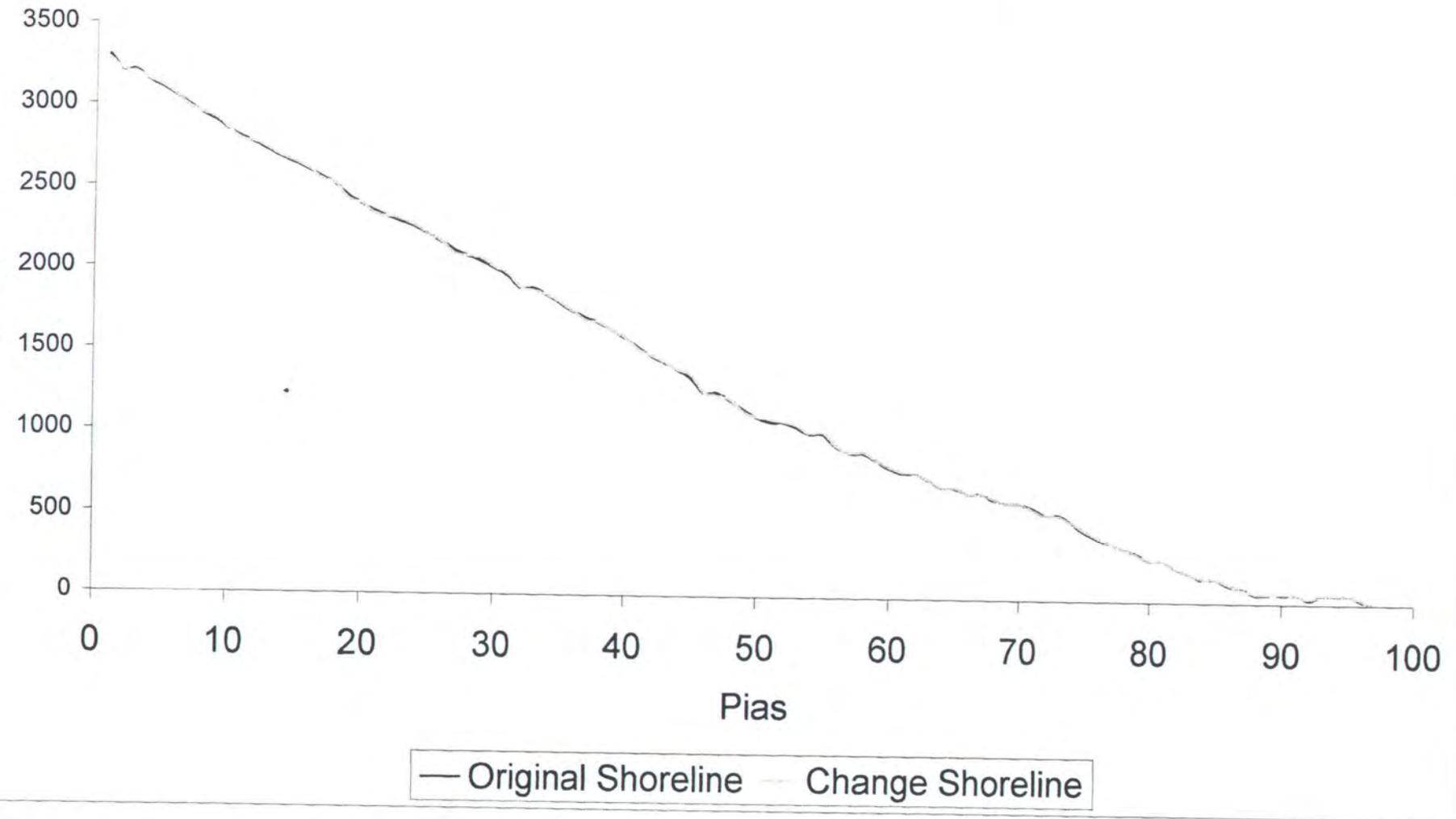


Model Perubahan Garis Pantai

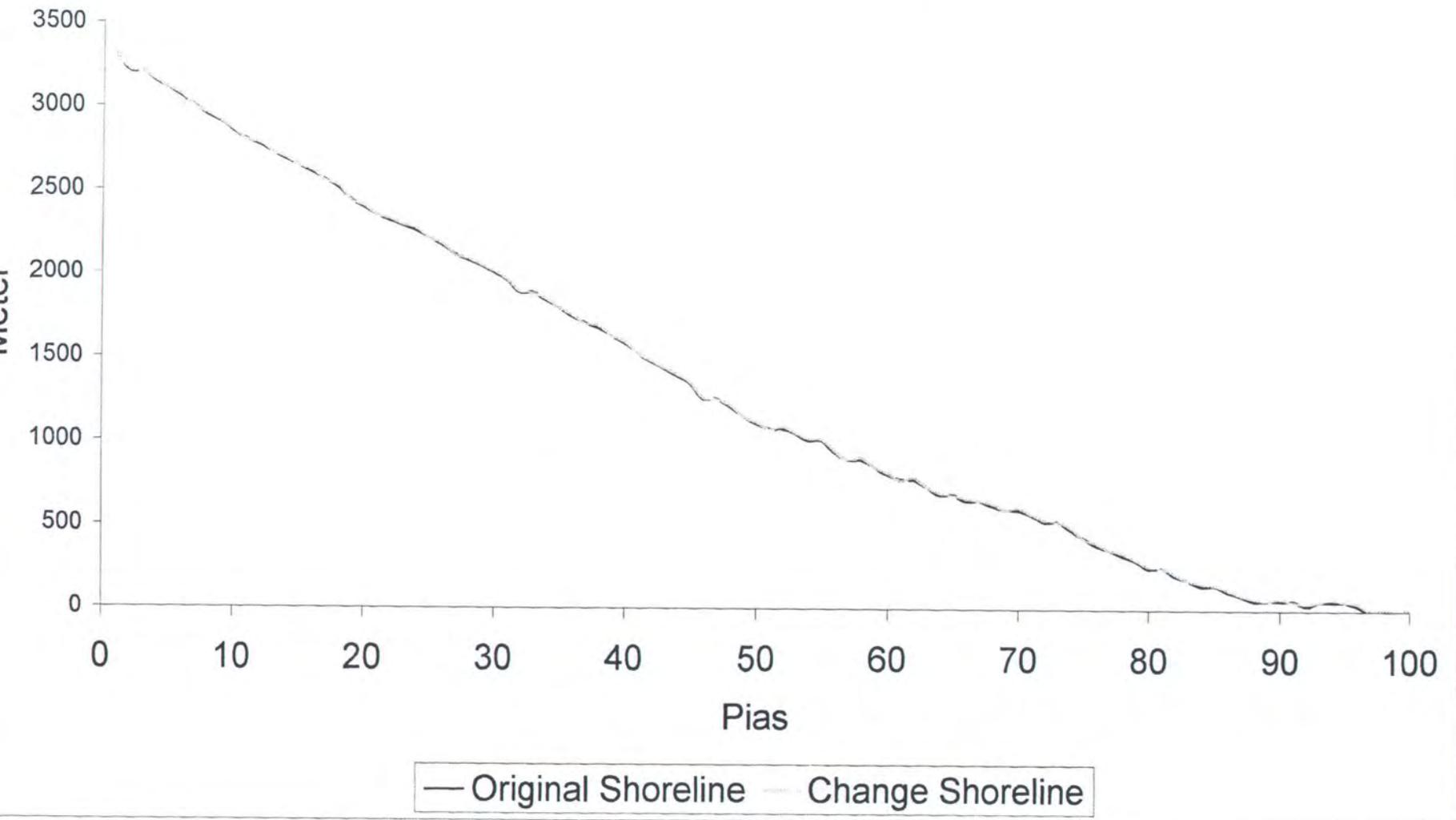


— Original Shoreline — Change Shoreline

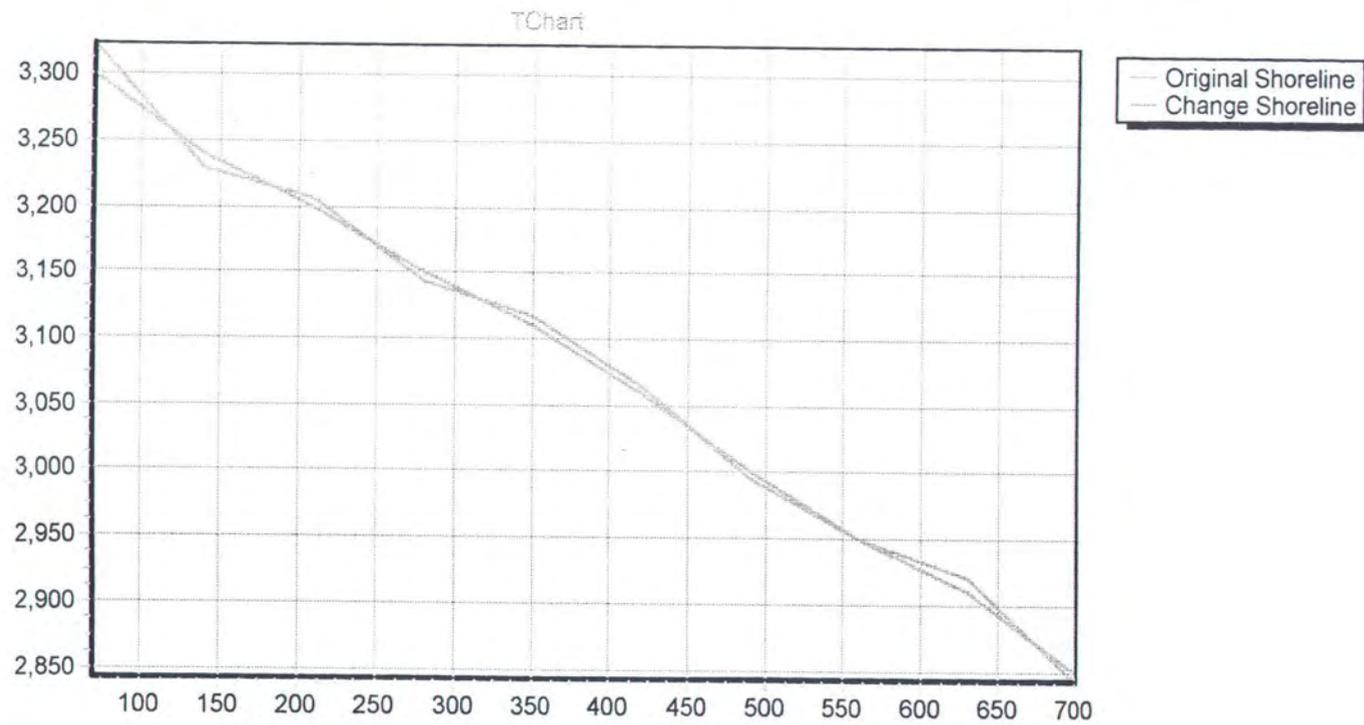
Model Perubahan Garis Pantai



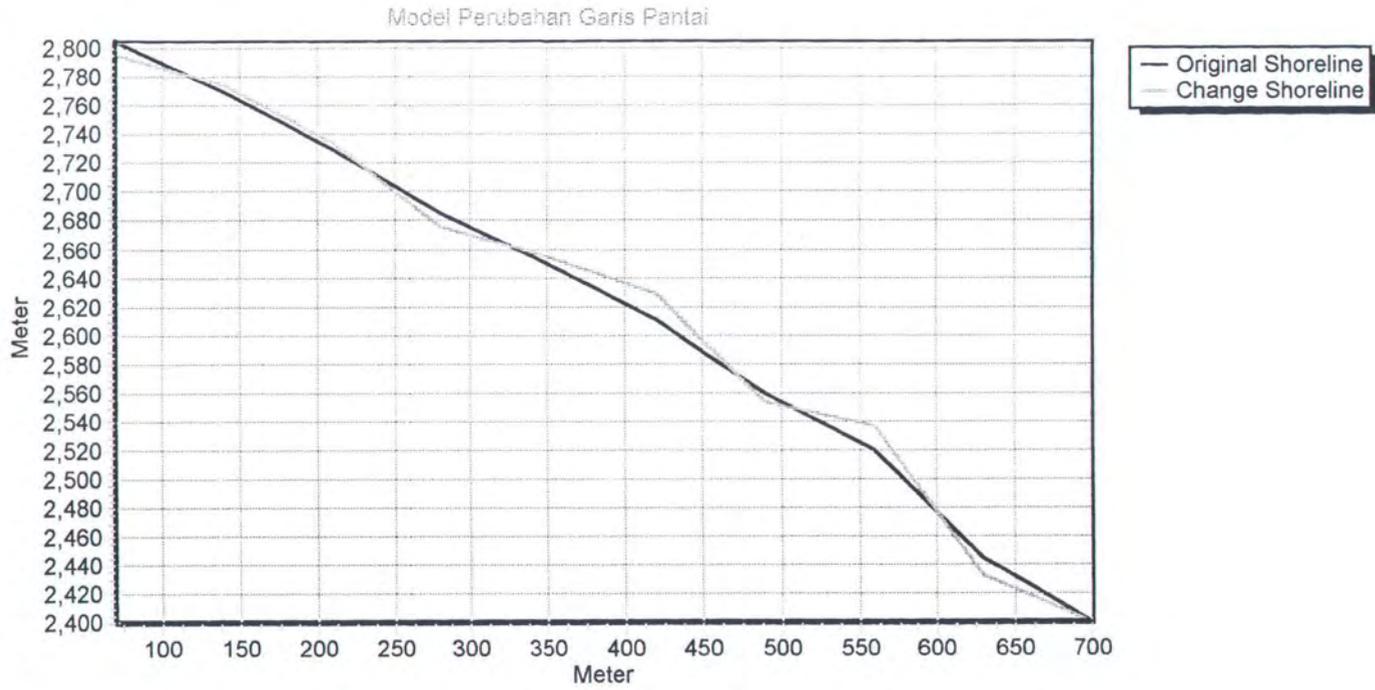
Model Perubahan Garis Pantai



Model Perubahan Garis Pantai Tanpa Bangunan Pelindung Pantai Selama 10 Tahun



Model Perubahan Garis Pantai Tanpa Bangunan Pelindung Pantai Selama 10 Tahun





JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Tanpa Bangunan Pelindung Pantai
 Selama 10 Tahun

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-15.399447	3284.600553	2340.253925
2	3210	0.000000	3210.000000	2340.253925
3	3210	-7.690988	3202.309012	3509.053351
4	3150	-11.529221	3138.470779	5261.149043
5	3110	6.916231	3116.916231	4210.089470
6	3060	4.612990	3064.612990	3509.053351
7	3000	-4.612990	2995.387010	4210.089470
8	2950	-6.916231	2943.083769	5261.149043
9	2910	11.529221	2921.529221	3509.053351
10	2850	-7.687408	2842.312592	4677.308739



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	2805	-8.779013	2796.220987	6011.455368
2	2770	4.937200	2774.937200	5261.149043
3	2730	3.841813	2733.841813	4677.308739
4	2685	-8.779013	2676.220987	6011.455368
5	2650	4.937200	2654.937200	5261.149043
6	2610	18.431731	2628.431731	4210.089470
7	2560	-6.916231	2553.083769	5261.149043
8	2520	16.143506	2536.143506	2807.820400
9	2445	-12.301693	2432.698307	4677.308739
10	2400	0.000000	2400.000000	4677.308739



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
2355	-8.779013	2346.220987	6011.455368
2320	-15.777373	2304.222627	8409.142731
2295	9.199073	2304.199073	7011.159608
2265	15.357313	2280.357313	4677.308739
2220	0.000000	2220.000000	4677.308739
2175	5.590410	2180.590410	3827.734134
2120	-14.369423	2105.630577	6011.455368
2085	-6.578300	2078.421700	7011.159608
2055	15.357313	2070.357313	4677.308739
2010	0.000000	2010.000000	4677.308739



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan Breakwater Selama 10 Tahun

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-2.290447	3297.709553	400.828165
2	3210	0.000000	3210.000000	400.828165
3	3210	-1.143924	3208.856076	601.014873
4	3150	-1.714806	3148.285194	901.105942
5	3110	1.028690	3111.028690	721.085186
6	3060	0.686116	3060.686116	601.014873
7	3000	-0.686116	2999.313884	721.085186
8	2950	-1.028690	2948.971310	901.105942
9	2910	1.714806	2911.714806	601.014873
10	2850	-1.143392	2848.856608	801.108401



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

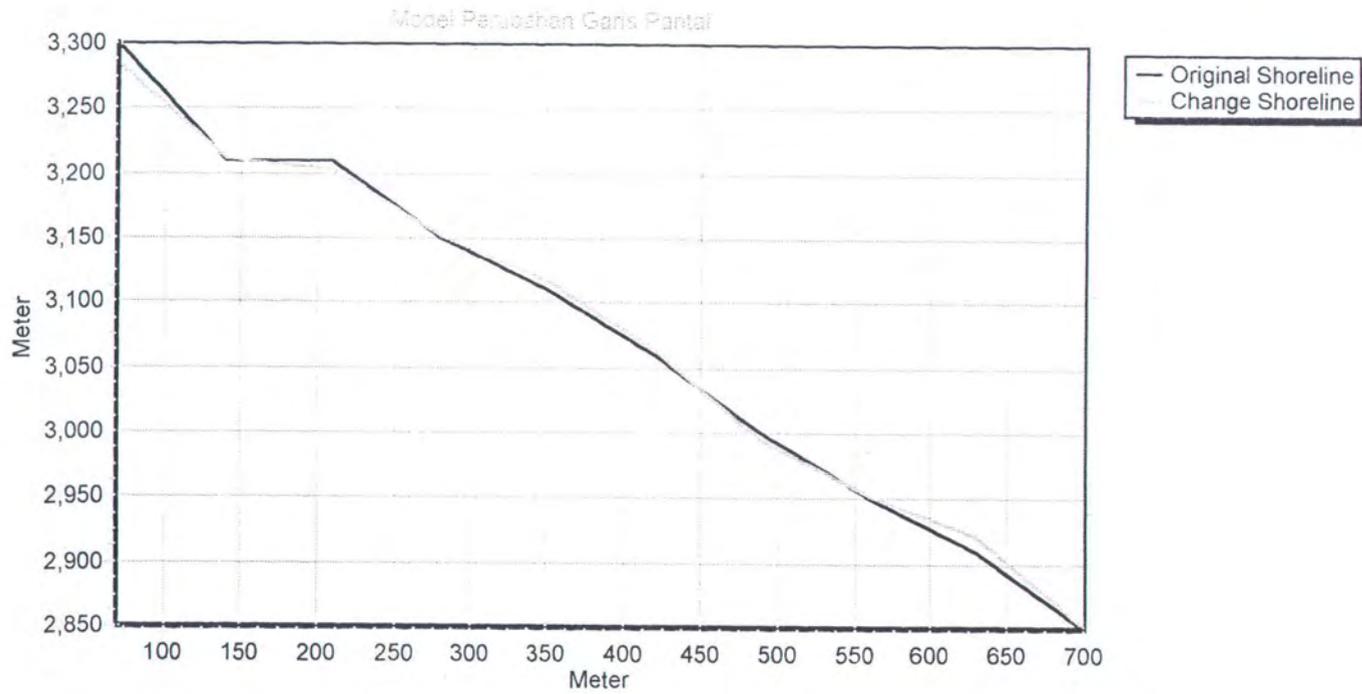
No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	2805	-1.305752	2803.694248	1029.615034
2	2770	0.734338	2770.734338	901.105942
3	2730	0.571415	2730.571415	801.108401
4	2685	-1.305752	2683.694248	1029.615034
5	2650	0.734338	2650.734338	901.105942
6	2610	1.028690	2611.028690	721.085186
7	2560	-1.028690	2558.971310	901.105942
8	2520	2.401115	2522.401115	480.910848
9	2445	-1.829700	2443.170300	801.108401
10	2400	0.000000	2400.000000	801.108401



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
2355	-1.305752	2353.694248	1029.615034
2320	-2.346658	2317.653342	1440.280140
2295	1.368230	2296.368230	1200.839879
2265	2.284180	2267.284180	801.108401
2220	0.000000	2220.000000	801.108401
2175	0.831493	2175.831493	655.597084
2120	-2.137245	2117.862755	1029.615034
2085	-0.978428	2084.021572	1200.839879
2055	2.284180	2057.284180	801.108401
2010	0.000000	2010.000000	801.108401

Model Perubahan Garis Pantai Dengan Groin Selama 10 Tahun





JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan Groin Selama 10 Tahun

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-15.399447	3284.600553	2340.253925
2	3210	1.539945	3211.539945	2340.253925
3	3210	-7.690988	3202.309012	3509.053351
4	3150	2.309043	3152.309043	5261.149043
5	3110	6.916231	3116.916231	4210.089470
6	3060	2.770342	3062.770342	3509.053351
7	3000	-4.612990	2995.387010	4210.089470
8	2950	2.770342	2952.770342	5261.149043
9	2910	11.529221	2921.529221	3509.053351
10	2850	2.309043	2852.309043	4677.308739



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

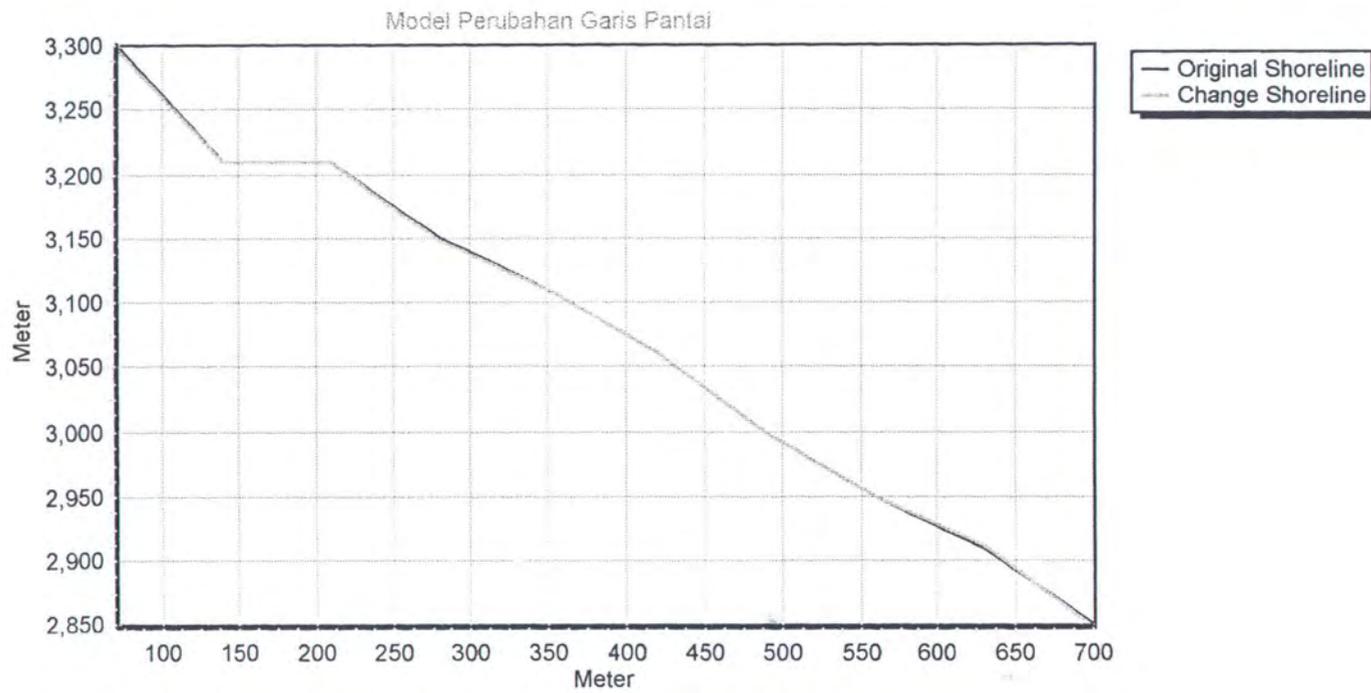
No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	2805	-8.779013	2796.220987	6011.455368
2	2770	3.955686	2773.955686	5261.149043
3	2730	3.841813	2733.841813	4677.308739
4	2685	3.077784	2688.077784	6011.455368
5	2650	4.937200	2654.937200	5261.149043
6	2610	3.461966	2613.461966	4210.089470
7	2560	-6.916231	2553.083769	5261.149043
8	2520	3.461966	2523.461966	2807.820400
9	2445	-12.301693	2432.698307	4677.308739
10	2400	3.077784	2403.077784	4677.308739



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10Tahun	Littoral Drift
1	2355	-8.779013	2346.220987	6011.455368
2	2320	3.955686	2323.955686	8409.142731
3	2295	9.199073	2304.199073	7011.159608
4	2265	4.613516	2269.613516	4677.308739
5	2220	0.000000	2220.000000	4677.308739
6	2175	3.077784	2178.077784	3827.734134
7	2120	-14.369423	2105.630577	6011.455368
8	2085	3.955686	2088.955686	7011.159608
9	2055	15.357313	2070.357313	4677.308739
10	2010	3.077784	2013.077784	4677.308739

Model Perubahan Garis Pantai Dengan Breakwater Dan Groin Selama 10 Tahun





JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan Breakwater Dan Groin
Selama 10 Tahun

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-3.859395	3296.140605	675.394076
2	3210	3.859395	3213.859395	675.394076
3	3210	-1.927508	3208.072492	1012.707989
4	3150	5.786903	3155.786903	1518.360406
5	3110	1.733339	3111.733339	1215.026053
6	3060	6.943006	3066.943006	1012.707989
7	3000	-1.156103	2998.843897	1215.026053
8	2950	6.943006	2956.943006	1518.360406
9	2910	2.889442	2912.889442	1012.707989
10	2850	5.786903	2855.786903	1349.864894



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

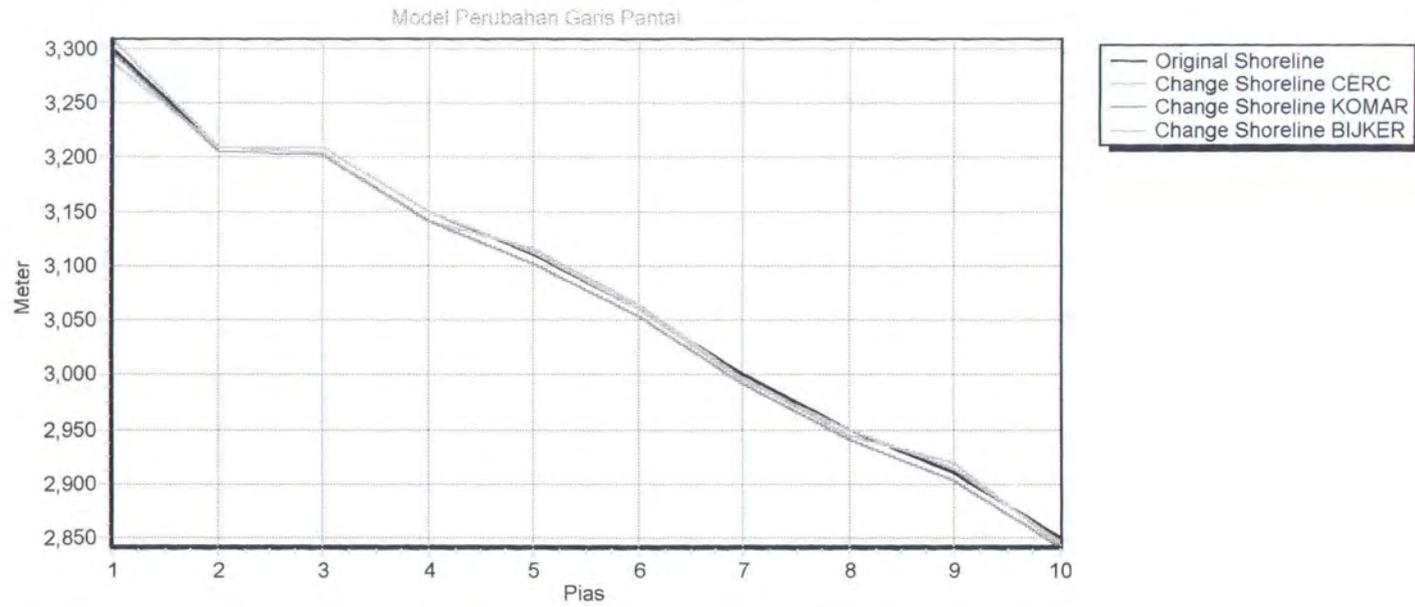
No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10 Tahun	Littoral Drift
1	2805	-2.200188	2802.799812	1734.897783
2	2770	9.913702	2779.913702	1518.360406
3	2730	0.962831	2730.962831	1349.864894
4	2685	7.713514	2692.713514	1734.897783
5	2650	1.237356	2651.237356	1518.360406
6	2610	8.676345	2618.676345	1215.026053
7	2560	-1.733339	2558.266661	1518.360406
8	2520	8.676345	2528.676345	810.333121
9	2445	-3.083039	2441.916961	1349.864894
10	2400	7.713514	2407.713514	1349.864894



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 10Tahun	Littoral Drift
1	2355	-2.200188	2352.799812	1734.897783
2	2320	9.913702	2329.913702	2426.867071
3	2295	2.305463	2297.305463	2023.411057
4	2265	11.562349	2276.562349	1349.864894
5	2220	0.000000	2220.000000	1349.864894
6	2175	7.713514	2182.713514	1104.678827
7	2120	-3.601251	2116.398749	1734.897783
8	2085	9.913702	2094.913702	2023.411057
9	2055	3.848835	2058.848835	1349.864894
10	2010	7.713514	2017.713514	1349.864894

Hasil Kalibrasi Model Perubahan Garis Pantai Dengan Metode CERC, KOMAR, dan BIJKER





JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan CERC

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 1 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-1.305208	3298.694792	201.002060
2	3210	0.000000	3210.000000	201.002060
3	3210	-0.651864	3209.348136	301.389069
4	3150	-0.977180	3149.022820	451.874809
5	3110	0.586198	3110.586198	361.600358
6	3060	0.390982	3060.390982	301.389069
7	3000	-0.390982	2999.609018	361.600358
8	2950	-0.586198	2949.413802	451.874809
9	2910	0.977180	2910.977180	301.389069
10	2850	-0.651560	2849.348440	401.729351



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan KOMAR

No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 1 Tahun	Littoral Drift
1	3300	-0.447034	3299.552966	68.843206
2	3210	-0.447034	3209.552966	68.843206
3	3210	-0.670297	3209.329703	103.225756
4	3150	-1.004981	3148.995019	154.767122
5	3110	-0.804209	3109.195791	123.848122
6	3060	-0.670297	3059.329703	103.225756
7	3000	-0.804209	2999.195791	123.848122
8	2950	-1.004981	2948.995019	154.767122
9	2910	-0.670297	2909.329703	103.225756
10	2850	-0.893457	2849.106543	137.592303



JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan BIJKER

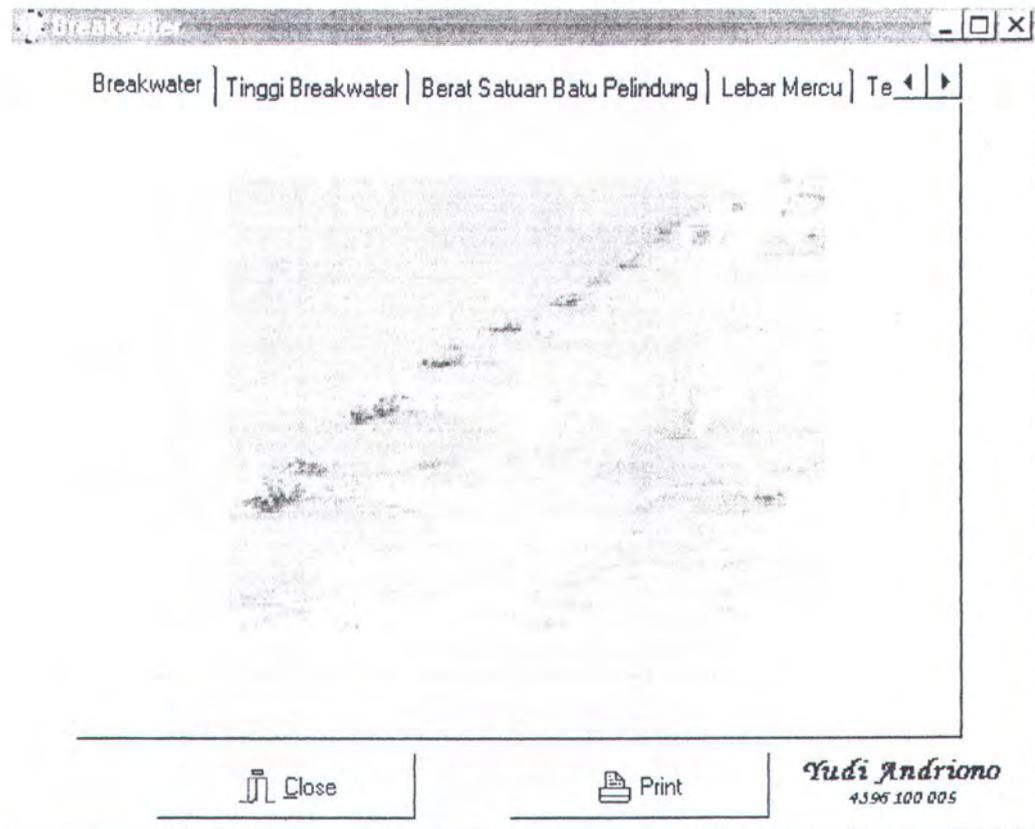
No	Garis Pantai Awal	Perubahan Garis Pantai	Garis Pantai Setelah 1 Tahun	Littoral Drift
1	3300	0.870303	3300.870303	134.0267
2	3210	-0.057279	3209.942721	142.8476
3	3210	-0.057675	3209.942325	151.7296
4	3150	-0.058021	3149.941979	160.6648
5	3110	0.286089	3110.286089	116.6071
6	3060	0.055686	3060.055686	108.0315
7	3000	-0.400095	2999.599905	169.6461
8	2950	-0.117386	2949.882614	187.7235
9	2910	0.405501	2910.405501	125.2763
10	2850	-0.346695	2849.653305	178.6674

Analisa Perhitungan Perubahan Garis Pantai Dengan Metode BIJKER

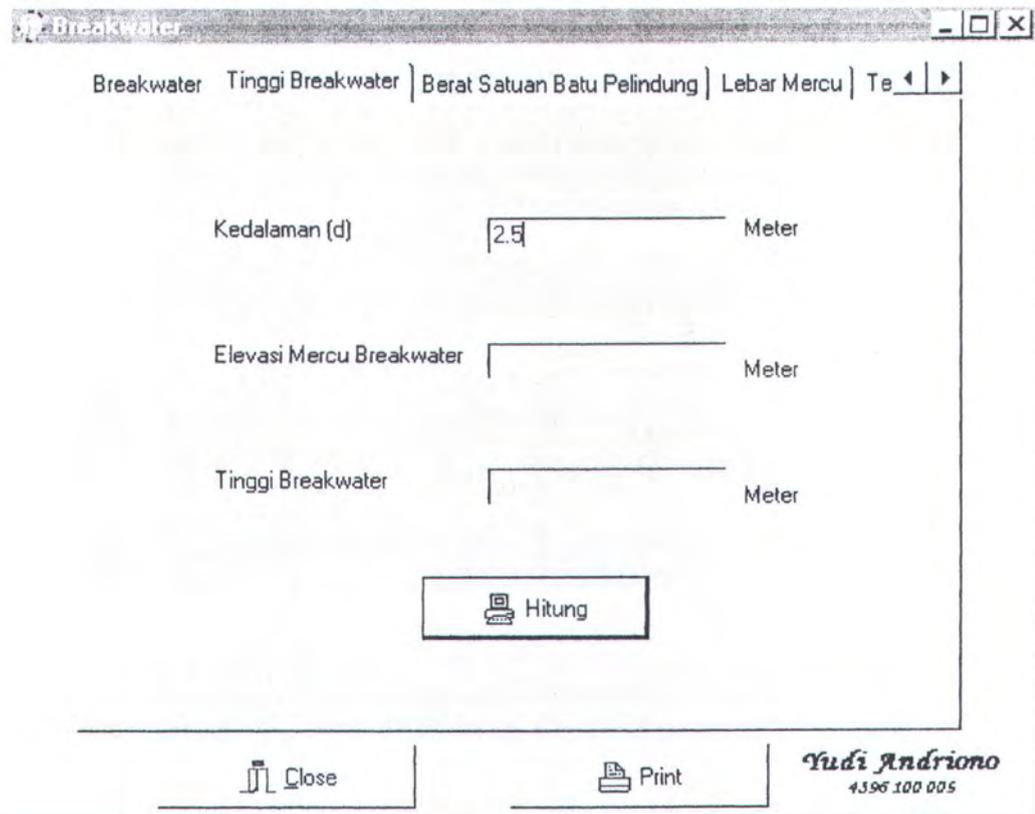
No	Kedalaman (h)	D50 (mm)	D90 (mm)	D50 (m)	D90 (m)	Kekasar (r)	V (m/dt)	Arah arus thd U	C (m/dt)	C90 (m/dt)	M (m/dt)	Gs (kg/m3)
1	0	0.048	0.425	0.000048	0.000425	0.06	0.23	270	#NUM!	#NUM!	#NUM!	2.73
2	0.03	0.075	0.8	0.000075	0.0008	0.06	0.23	270	14.00672	47.75783	0.441429	2.76
3	0.12	0.29	0.9	0.00029	0.0009	0.06	0.23	270	24.8438	57.67416	0.570372	2.65
4	0.46	0.065	0.3	0.000065	0.0003	0.06	0.23	270	35.34818	76.76672	0.596297	2.84
5	0.66	0.115	0.19	0.000115	0.00019	0.06	0.23	270	38.17033	83.15949	0.595035	2.65
6	0.97	0.14	0.185	0.00014	0.000185	0.06	0.23	270	41.18043	86.37806	0.610274	2.67
7	1.27	0.135	0.325	0.000135	0.000325	0.06	0.23	270	43.28701	84.07983	0.642358	2.61
8	1.49	0.145	0.175	0.000145	0.000175	0.06	0.23	270	44.53589	90.16793	0.624845	2.63
9	1.75	0.125	0.235	0.000125	0.000235	0.06	0.23	270	45.79322	89.12073	0.641527	2.91
10	2.03	0.145	0.2	0.000145	0.0002	0.06	0.23	270	46.95347	91.54165	0.640766	2.85
11	2.31	0.13	0.34	0.00013	0.00034	0.06	0.23	270	47.96356	88.40366	0.665213	2.98

c (N/m2)	a0	fw	E	Tcw (N/m2)	Sb (m3/dt)	V*	e	Cb	C1	Ss	Stot m3/dt	Stot m3/th
#NUM!	0.2600318	0.128123	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	0	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!	#NUM!
0.0027113	0.2600318	0.128123	1.131882	0.004448	1.62E-05	0.065876	0.001104	0.000185	8.464E-06	1.67E-08	1.62E-05	21.28472
0.0008618	0.2600318	0.128123	2.007625	0.002599	1.81E-05	0.050351	0.004416	0.000207	9.474E-06	5.72E-08	1.82E-05	23.87479
0.0004257	0.2600318	0.128123	2.856483	0.002163	5.2E-06	0.045932	0.016928	5.94E-05	2.719E-06	5.74E-08	5.26E-06	6.90567
0.0003651	0.2600318	0.128123	3.08454	0.002102	7.31E-06	0.045284	0.024288	8.35E-05	3.821E-06	1.14E-07	7.42E-06	9.748989
0.0003137	0.2600318	0.128123	3.327786	0.00205	7.52E-06	0.044726	0.035696	8.6E-05	3.934E-06	1.71E-07	7.69E-06	10.10656
0.0002839	0.2600318	0.128123	3.498019	0.002021	7.26E-06	0.0444	0.046736	8.3E-05	3.797E-06	2.14E-07	7.47E-06	9.819702
0.0002682	0.2600318	0.128123	3.598941	0.002005	7.17E-06	0.044227	0.054832	8.19E-05	3.75E-06	2.47E-07	7.42E-06	9.745765
0.0002537	0.2600318	0.128123	3.700546	0.00199	6.03E-06	0.044067	0.0644	6.89E-05	3.155E-06	2.43E-07	6.27E-06	8.244211
0.0002413	0.2600318	0.128123	3.794305	0.001978	6.4E-06	0.04393	0.074704	7.31E-05	3.347E-06	2.98E-07	6.7E-06	8.799631
0.0002312	0.2600318	0.128123	3.87593	0.001968	5.84E-06	0.043818	0.085008	6.67E-05	3.054E-06	3.09E-07	6.15E-06	8.077006
											Jumlah	116.6071

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN BREAKWATER



TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN TINGGI BREAKWATER



TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN BERAT BATU PELINDUNG

Breakwater

Breakwater | Tinggi Breakwater | Berat Satuan Batu Pelindung | Lebar Mercu | Te

Berat Jenis Batu, γ_r Kg/m³

Berat Jenis Air Laut, γ_a Kg/m³

Tinggi Gelombang Rencana (H) Meter

Koefisien Stabilitas (Kd)

Lereng Bangunan (ctg α)

Rapat Massa Relatif (Sr) Kg/m³

Berat Minimum Batu Pelindung (W) Kg

 Hitung

 Close  Print *Yudi Andriano*
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN LEBAR PUNCAK

Breakwater

Berat Satuan Batu Pelindung | Lebar Mercu | Tebal Lapisan Batu | Jumlah Butiran |

Jumlah Butir Batu (n) Meter

Lebar Puncak Breakwater Meter

 Hitung

 Close  Print *Yudi Andriano*
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN BATU

Breakwater

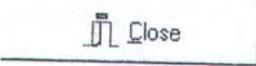
Lebar Mercu | Tebal Lapisan Batu | Jumlah Butiran Batu | Panjang Efektif | Printin ◀ ▶

Jumlah Lapisan Batu Pelindung (n)

Koefisien Lapisan (K)

Tebal Lapis Pelindung (t)

 Hitung

 Close  Print *Yudi Andriano*
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN JUMLAH BUTIRAN BATU

Breakwater

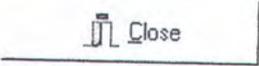
Lebar Mercu | Tebal Lapisan Batu | Jumlah Butiran Batu | Panjang Efektif | Printin ◀ ▶

Luas Permukaan (A) meter²

Porositas (P)

Jumlah Butiran Batu (N) Butir

 Hitung

 Close  Print *Yudi Andriano*
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA PERHITUNGAN PANJANG EFEKTIF

Breakwater

Tebal Lapisan Batu | Jumlah Butiran Batu Panjang Efektif | Printing

Periode Gelombang Detik

Panjang Breakwater Meter

 Hitung

 Close  Print *Yudi Andriano*
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA PROSES PENCETAKAN ANALISA PERHITUNGAN BREAKWATER

Analisa Proses

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Data Masukan :

Kedalaman (d): 2.5

Berat Jenis Batu: 2600

Berat Jenis Air Laut: 1025

Tinggi Gelombang Rencana (H_d): 3.4

Koefisien Stabilitas (K_d): 4.2

Lereng Bangunan: 2

Panjang Gelombang (L_b): 30

Jumlah Lapisan Batu Pelindung (n): 2

Data Keluaran:

Elevasi Mercu Breakwater: 1.1

Tinggi Breakwater: 3.6

Rapat Massa Relatif (S_r): 2.53658536585366

Berat Batu Pelindung (W): 3353.20986245062

Lebar Mercu Breakwater (B): 2.5

Tebal Lapisan Batu Pelindung (t): 2.38470383541686

Jumlah Butiran Batu (N): 15.6398357982562

0% Page 1 of 1

LISTING PROGRAM ANALISA PERHITUNGAN
STRUKTUR BREAKWATER

```
unit Breakwater1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ComCtrls, ExtCtrls, ToolWin, StdCtrls, Buttons, QrCtrls, QuickRpt;

type
  TForm1 = class(TForm)
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    TabSheet2: TTabSheet;
    TabSheet3: TTabSheet;
    TabSheet4: TTabSheet;
    TabSheet5: TTabSheet;
    TabSheet6: TTabSheet;
    Panel1: TPanel;
    Image1: TImage;
    Label1: TLabel;
    Label2: TLabel;
    Label3: TLabel;
    Edit1: TEdit;
    Edit2: TEdit;
    Edit3: TEdit;
    BitBtn1: TBitBtn;
    GroupBox1: TGroupBox;
    GroupBox2: TGroupBox;
    GroupBox3: TGroupBox;
    GroupBox4: TGroupBox;
    Label4: TLabel;
    Label5: TLabel;
    Edit4: TEdit;
    Edit5: TEdit;
    BitBtn2: TBitBtn;
    Label6: TLabel;
    Label7: TLabel;
    Label8: TLabel;
    Label9: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
```

Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
Label24: TLabel;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
BitBtn3: TBitBtn;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label28: TLabel;
Label30: TLabel;
Label32: TLabel;
Label29: TLabel;
Label31: TLabel;
Label33: TLabel;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
BitBtn4: TBitBtn;
Label12: TLabel;
Label20: TLabel;
Label13: TLabel;
Label27: TLabel;
Label34: TLabel;
Edit8: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
BitBtn5: TBitBtn;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
TabSheet7: TTabSheet;
TabSheet8: TTabSheet;
GroupBox5: TGroupBox;
GroupBox6: TGroupBox;
QuickRep1: TQuickRep;
PageHeaderBand1: TQRBand;
TitleBand1: TQRBand;
QRImage1: TQRImage;
QRLabel1: TQRLabel;
QRLabel2: TQRLabel;
QRLabel3: TQRLabel;

QRShape1: TQRShape;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
QRLabel4: TQRLabel;
QRLabel5: TQRLabel;
QRLabel6: TQRLabel;
QRLabel7: TQRLabel;
QRLabel8: TQRLabel;
QRLabel9: TQRLabel;
QRLabel10: TQRLabel;
QRLabel11: TQRLabel;
QRLabel12: TQRLabel;
QRLabel13: TQRLabel;
QRLabel14: TQRLabel;
QRLabel15: TQRLabel;
QRLabel16: TQRLabel;
QRLabel17: TQRLabel;
QRLabel18: TQRLabel;
QRLabel19: TQRLabel;
QRLabel20: TQRLabel;
QRLabel21: TQRLabel;
QRLabel22: TQRLabel;
QRLabel23: TQRLabel;
QRLabel24: TQRLabel;
QRLabel25: TQRLabel;
QRLabel26: TQRLabel;
QRLabel27: TQRLabel;
QRLabel28: TQRLabel;
QRLabel29: TQRLabel;
QRLabel30: TQRLabel;
QRLabel31: TQRLabel;
QRLabel32: TQRLabel;
QRLabel33: TQRLabel;
QRLabel34: TQRLabel;
QRLabel35: TQRLabel;
QRLabel36: TQRLabel;
QRLabel37: TQRLabel;
QRLabel38: TQRLabel;
QRLabel39: TQRLabel;
QRLabel40: TQRLabel;
QRLabel41: TQRLabel;
BitBtn6: TBitBtn;
BitBtn7: TBitBtn;
Edit19: TEdit;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
BitBtn8: TBitBtn;
Edit20: TEdit;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;

```

procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn6Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn8Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
  a2,b2,c2,d2,e2,f2,g2,h2,i2,j2,k2,l2,m2,n2,o2,p2,q2,r2,s2,t2,u2:double;
end;

```

```

var
  Form1: TForm1;

```

```

implementation

```

```

{$R *.DFM}

```

```

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  edit2.Enabled:=false;
  edit2.Color:=clbtnface;
  edit3.Enabled:=false;
  edit3.Color:=clbtnface;
  edit5.Enabled:=false;
  edit5.Color:=clbtnface;
  edit11.Enabled:=false;
  edit11.Color:=clbtnface;
  edit13.Enabled:=false;
  edit13.Color:=clbtnface;
  edit16.Enabled:=false;
  edit16.Color:=clbtnface;
  edit18.Enabled:=false;
  edit18.Color:=clbtnface;
end;

```

```

procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
  a2:=StrToFloat(Edit1.Text);
  b2:=1.1;
  Edit2.Text:=FloatToStr(b2);
  c2:=a2+b2;
  Edit3.Text:=FloatToStr(c2);
  Qrlabel24.caption:=edit1.Text;
  Qrlabel35.caption:=edit2.Text;
  Qrlabel36.caption:=edit3.Text;

```

```
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
  d2:=StrToFloat(Edit4.Text);
  e2:=d2/2;
  Edit5.Text:=FloatToStr(e2);
  Qrlabel30.caption:=edit4.Text;
  Qrlabel39.caption:=edit1.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn3Click(Sender: TObject);
begin
  f2:=StrToFloat(Edit6.Text);
  g2:=StrToFloat(Edit7.Text);
  i2:=StrToFloat(Edit9.Text);
  j2:=StrToFloat(Edit10.Text);
  k2:=StrToFloat(Edit12.Text);
  l2:=f2/g2;
  Edit11.Text:=FloatToStr(l2);
  m2:=f2*i2*i2*i2/(j2*k2*(l2-1)*(l2-1)*(l2-1));
  Edit13.Text:=FloatToStr(m2);
  Qrlabel25.caption:=edit6.Text;
  Qrlabel26.caption:=edit7.Text;
  Qrlabel27.caption:=edit9.Text;
  Qrlabel28.caption:=edit10.Text;
  Qrlabel29.caption:=edit12.Text;
  Qrlabel37.caption:=edit11.Text;
  Qrlabel38.caption:=edit13.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn4Click(Sender: TObject);
//var
// n2,o2,p2:double;
begin
  n2:=StrToFloat(Edit14.Text);
  o2:=StrToFloat(Edit15.Text);
  p2:=n2*o2*(exp((1/3)*Ln(m2/f2)));
  Edit16.Text:=FloatToStr(p2);
  Qrlabel31.caption:=edit14.Text;
  Qrlabel32.caption:=edit15.Text;
  Qrlabel40.caption:=edit16.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn5Click(Sender: TObject);
begin
  q2:=StrToFloat(Edit8.Text);
  r2:=StrToFloat(Edit17.Text);
  s2:=q2*n2*o2*(1-r2/100)*(exp((2/3)*Ln(m2/f2)));
  Edit18.Text:=FloatToStr(s2);
```

```
Qrlabel33.caption:=edit8.Text;  
Qrlabel34.caption:=edit17.Text;  
Qrlabel41.caption:=edit18.Text;  
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn6Click(Sender: TObject);  
begin  
    quickrep1.Preview;  
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn8Click(Sender: TObject);  
begin  
    t2:=StrToFloat(Edit20.Text);  
    u2:=0.206*9.81*t2*t2;  
    Edit19.Text:=FloatToStr(u2);  
end;  
  
end.
```

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN PANJANG GROIN

Groin
Panjang Groin
Jarak Antar Groin
Tinggi Groin
Berat Satuan Batu Pelin

Kemiringan Pantai (m)	0.04	
High Water Level (HWL)	2.54	Meter
Low Water Level (LWL)	0.55	Meter
Panjang Groin	49.7897840927233	Meter

Yudi Andriano
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN JARAK GROIN

Groin
Panjang Groin
Jarak Antar Groin
Tinggi Groin
Berat Satuan Batu Pelin

Jarak Antar Groin (B) Meter

Yudi Andriano
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN TINGGI GROIN

Groin | Panjang Groin | Jarak Antar Groin | Tinggi Groin | Berat Satuan Batu Pelin

Tinggi Groin _____ Meter

 Hitung

 Close  Print **Yudi Andriano**
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN BERAT BATU PELINDUNG GROIN

Jarak Antar Groin | Tinggi Groin | Berat Satuan Batu Pelindung | Tebal Lapisan Bat

Berat Jenis Batu, γ_r Kg/m³

Berat Jenis Air Laut, γ_a Kg/m³

Tinggi Gelombang Rencana (H) Meter

Koefisien Stabilitas (Kd)

Lereng Bangunan (ctg α)

Rapat Massa Relatif (Sr) Kg/m³

Berat Minimum Batu Pelindung (W) Kg

 Hitung

 Close  Print **Yudi Andriano**
4396 100 005

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN TEBAL LAPISAN BATU PELINDUNG GROIN

Tinggi Groin	Berat Satuan Batu Pelindung	Tebal Lapisan Batu	Jumlah Butiran E
Jumlah Lapisan Batu Pelindung (n)	<input type="text" value="3"/>		
Koefisien Lapisan (K)	<input type="text" value="1.1"/>		
Tebal Lapis Pelindung (t)	<input type="text"/>		
<input type="button" value="Hitung"/>			
<input type="button" value="Close"/>		<input type="button" value="Print"/>	
<i>Yudi Andriano</i> 4396 100 005			

TAMPILAN MENU UTAMA ANALISA PERHITUNGAN JUMLAH BUTIRAN BATU GROIN

Berat Satuan Batu Pelindung	Tebal Lapisan Batu	Jumlah Butiran Batu	Printing
Luas Permukaan (A)	<input type="text" value="10"/>	meter ²	
Porositas (P)	<input type="text" value="40"/>		
Jumlah Butiran Batu (N)	<input type="text"/>		
<input type="button" value="Hitung"/>			
<input type="button" value="Close"/>		<input type="button" value="Print"/>	
<i>Yudi Andriano</i> 4396 100 005			

TAMPILAN MENU UTAMA PROSES PENCETAKAN ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR GROIN

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI 10 NOPEMBER SURABAYA

Data Masukan :

Kedalaman (d): QRLabel24

Berat Jenis Batu: 2600

Berat Jenis Air Laut: 1025

Tinggi Gelombang Rencana (Ho): 3

Koefisien Stabilitas (Kd): 1.1

Lereng Bangunan: 2

Data Keluaran:

Elevasi Mercu Breakwater: QRLabel35

Tinggi Breakwater: QRLabel36

Rapat Massa Relatif (Sr): 2.53658536585366

Berat Batu Pelindung (W): 8795.17232578457

Lebar Mercu Breakwater (B): QRLabel39

Tebal Lapisan Batu Pelindung (t): 4.95379018403874

Jumlah Barisan Batu (N): 44.6192404217702

0% Page 1 of 1

LISTING PROGRAM ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR GROIN

```
unit Groin1;

interface

uses
  Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
  ComCtrls, ExtCtrls, ToolWin, StdCtrls, Buttons, Qrcctrls, QuickRpt,math;

type
  TForm1 = class(TForm)
    PageControl1: TPageControl;
    TabSheet1: TTabSheet;
    TabSheet2: TTabSheet;
    TabSheet3: TTabSheet;
    TabSheet4: TTabSheet;
    TabSheet5: TTabSheet;
    TabSheet6: TTabSheet;
    Panel1: TPanel;
    Image1: TImage;
    Label3: TLabel;
    Edit3: TEdit;
    BitBtn1: TBitBtn;
    GroupBox1: TGroupBox;
    GroupBox2: TGroupBox;
    GroupBox3: TGroupBox;
    GroupBox4: TGroupBox;
    Label5: TLabel;
    Edit5: TEdit;
    BitBtn2: TBitBtn;
    Label8: TLabel;
    Label10: TLabel;
    Label11: TLabel;
    Label14: TLabel;
    Label15: TLabel;
    Label16: TLabel;
    Label17: TLabel;
    Label18: TLabel;
    Label19: TLabel;
    Label21: TLabel;
    Label22: TLabel;
    Label23: TLabel;
    Label24: TLabel;
    Edit6: TEdit;
    Edit7: TEdit;
    Edit9: TEdit;
```

Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
BitBtn3: TBitBtn;
Label25: TLabel;
Label26: TLabel;
Label28: TLabel;
Label30: TLabel;
Label32: TLabel;
Label29: TLabel;
Label31: TLabel;
Label33: TLabel;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
BitBtn4: TBitBtn;
Label12: TLabel;
Label20: TLabel;
Label13: TLabel;
Label27: TLabel;
Label34: TLabel;
Edit8: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
BitBtn5: TBitBtn;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
TabSheet7: TTabSheet;
TabSheet8: TTabSheet;
GroupBox5: TGroupBox;
GroupBox6: TGroupBox;
QuickRep1: TQuickRep;
PageHeaderBand1: TQRBand;
TitleBand1: TQRBand;
QRImage1: TQRImage;
QRLabel1: TQRLabel;
QRLabel2: TQRLabel;
QRLabel3: TQRLabel;
QRShape1: TQRShape;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
QRLabel4: TQRLabel;
QRLabel5: TQRLabel;
QRLabel6: TQRLabel;
QRLabel7: TQRLabel;
QRLabel8: TQRLabel;
QRLabel9: TQRLabel;
QRLabel10: TQRLabel;
QRLabel11: TQRLabel;

```
QRLabel12: TQRLabel;
QRLabel13: TQRLabel;
QRLabel14: TQRLabel;
QRLabel15: TQRLabel;
QRLabel16: TQRLabel;
QRLabel17: TQRLabel;
QRLabel18: TQRLabel;
QRLabel19: TQRLabel;
QRLabel20: TQRLabel;
QRLabel21: TQRLabel;
QRLabel22: TQRLabel;
QRLabel23: TQRLabel;
QRLabel24: TQRLabel;
QRLabel25: TQRLabel;
QRLabel26: TQRLabel;
QRLabel27: TQRLabel;
QRLabel28: TQRLabel;
QRLabel29: TQRLabel;
QRLabel30: TQRLabel;
QRLabel31: TQRLabel;
QRLabel32: TQRLabel;
QRLabel33: TQRLabel;
QRLabel34: TQRLabel;
QRLabel35: TQRLabel;
QRLabel36: TQRLabel;
QRLabel37: TQRLabel;
QRLabel38: TQRLabel;
QRLabel39: TQRLabel;
QRLabel40: TQRLabel;
QRLabel41: TQRLabel;
BitBtn6: TBitBtn;
BitBtn7: TBitBtn;
Edit19: TEdit;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
BitBtn8: TBitBtn;
Edit20: TEdit;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Edit21: TEdit;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Edit22: TEdit;
Label45: TLabel;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure BitBtn1Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn2Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn3Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn4Click(Sender: TObject);
procedure BitBtn5Click(Sender: TObject);
```

```

    procedure BitBtn6Click(Sender: TObject);
    procedure BitBtn8Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
    a2,b2,c2,d2,e2,f2,g2,h2,i2,j2,k2,l2,m2,n2,o2,p2,q2,
    r2,s2,t2,u2,v2,w2,x2:double;
end;

var
    Form1: TForm1;

implementation

{$R *.DFM}

procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
begin
    edit3.Enabled:=false;
    edit3.Color:=clbtnface;
    edit5.Enabled:=false;
    edit5.Color:=clbtnface;
    edit11.Enabled:=false;
    edit11.Color:=clbtnface;
    edit13.Enabled:=false;
    edit13.Color:=clbtnface;
    edit16.Enabled:=false;
    edit16.Color:=clbtnface;
    edit18.Enabled:=false;
    edit18.Color:=clbtnface;
end;

procedure TForm1.BitBtn1Click(Sender: TObject);
begin
    //a2:=StrToFloat(Edit1.Text);
    //b2:=1.1;
    //Edit2.Text:=FloatToStr(b2);
    c2:=t2-u2;
    Edit3.Text:=FloatToStr(c2);
    //Qrlabel24.caption:=edit1.Text;
    //Qrlabel35.caption:=edit2.Text;
    //Qrlabel36.caption:=edit3.Text;
end;

procedure TForm1.BitBtn2Click(Sender: TObject);
begin
    //d2:=StrToFloat(Edit4.Text);
    e2:=v2*2;
    Edit5.Text:=FloatToStr(e2);

```

```
//Qrlabel30.caption:=edit4.Text;
//Qrlabel39.caption:=edit1.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn3Click(Sender: TObject);
begin
  f2:=StrToFloat(Edit6.Text);
  g2:=StrToFloat(Edit7.Text);
  i2:=StrToFloat(Edit9.Text);
  j2:=StrToFloat(Edit10.Text);
  k2:=StrToFloat(Edit12.Text);
  l2:=f2/g2;
  Edit11.Text:=FloatToStr(l2);
  m2:=f2*i2*i2*i2/(j2*k2*(l2-1)*(l2-1)*(l2-1));
  Edit13.Text:=FloatToStr(m2);
  Qrlabel25.caption:=edit6.Text;
  Qrlabel26.caption:=edit7.Text;
  Qrlabel27.caption:=edit9.Text;
  Qrlabel28.caption:=edit10.Text;
  Qrlabel29.caption:=edit12.Text;
  Qrlabel37.caption:=edit11.Text;
  Qrlabel38.caption:=edit13.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn4Click(Sender: TObject);
//var
// n2,o2,p2:double;
begin
  n2:=StrToFloat(Edit14.Text);
  o2:=StrToFloat(Edit15.Text);
  p2:=n2*o2*(exp((1/3)*Ln(m2/f2)));
  Edit16.Text:=FloatToStr(p2);
  Qrlabel31.caption:=edit14.Text;
  Qrlabel32.caption:=edit15.Text;
  Qrlabel40.caption:=edit16.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn5Click(Sender: TObject);
begin
  q2:=StrToFloat(Edit8.Text);
  r2:=StrToFloat(Edit17.Text);
  s2:=q2*n2*o2*(1-r2/100)*(exp((2/3)*Ln(m2/f2)));
  Edit18.Text:=FloatToStr(s2);
  Qrlabel33.caption:=edit8.Text;
  Qrlabel34.caption:=edit17.Text;
  Qrlabel41.caption:=edit18.Text;
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn6Click(Sender: TObject);
begin
```

```
quickrep1.Preview;  
end;
```

```
procedure TForm1.BitBtn8Click(Sender: TObject);  
begin  
  t2:=StrToFloat(Edit20.Text);  
  u2:=StrToFloat(Edit21.Text);  
  w2:=StrToFloat(Edit22.Text);  
  x2:=arctan(w2)*180/pi;  
  v2:=(t2-u2)/sin(x2*pi/180);  
  Edit19.Text:=FloatToStr(v2);  
end;  
  
end.
```