

ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PENYUSUTAN HAMPARAN  
PESISIR PANTAI SEKITAR DELTA SUNGAI

Oleh

HAIDIR  
95 03 100



PERPUSTAKAAN	UNIVERSITAS HASANUDDIN
Tgl. T.	27-06-2002
As.	Fak. MIPA.
Ba.	1 (Satu)
Har.	Halliah
No. In.	020627096.
No. ...	

PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2002

# SKRIPSI

Oleh

**H A I D I R**

**95 03 100**



PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR

2002

**ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PENYUSUTAN HAMPARAN  
PESISIR PANTAI SEKITAR DELTA SUNGAI**

Oleh

**H A I D I R**

**95 03 100**

**S K R I P S I**

*Untuk melengkapi tugas dan memenuhi  
Syarat-syarat memperoleh  
Gelar Sarjana Fisika*

**PROGRAM STUDI FISIKA JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2002**

**ANALISIS PERTUMBUHAN DAN PENYUSUTAN HAMPARAN  
PESISIR PANTAI SEKITAR DELTA SUNGAI**

**Disetujui Oleh:**

**Pembimbing Utama**



**DR. Dadang Ahmad Suriamihardja**  
**NIP : 130 878 550**

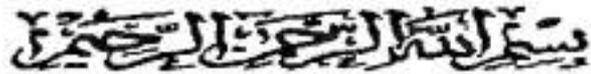
**Pembimbing Pertama**



**Drs. Sakka, M.Si.**  
**NIP : 131 959 057**

**Pada Tanggal, Juni 2002**

## PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH



*Assalamu Alaikum Warohmalullahi Wabarokatuh*

Syukur Alhamdulillah Rabbilalamin penulis haturkan kehadiran Allah swt., oleh karena izin dan petunjuk-Nya tulisan ini dapat diselesaikan dalam wujud yang sederhana. Tulisan ini telah menandai suatu kurun waktu dalam sejarah panjang perjalanan hidup penulis yang memberikan warna suka dan duka untuk menempuh studi strata satu di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa sebagai abdi Tuhan yang jauh dari kesempurnaan, tentu saja ada kekhilafan yang dapat terjadi terhadap segala upaya yang telah dilakukan dalam penyusunan karya ini. Sehubungan dengan itu, penulis akan sangat menghargai kritikan dan saran terhadap upaya-upaya penyempurnaan tulisan ini di masa mendatang. Adapun judul tulisan ini adalah "*Analisis Pertumbuhan dan Penyusutan Hampanan Pesisir Pantai Sekitar Delta Sungai*", yang merupakan suatu studi mengenai pemodelan numerik perubahan garis pantai yang menggunakan model *One Line* dengan obyek yang ditinjau pada hampanan sepanjang pesisir Tanjung Merdeka pada Delta Jeneberang.

Dalam rangka penyelesaian tulisan ini, penulis telah mendapat banyak motivasi dan semangat yang sangat berharga dari banyak pihak. Untuk itulah pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

- 1) Kepada Ayahanda **Lan Daari** dan Bunda **Wa Nuhi**, serta saudara-saudaraku **Muhammad Israh** dan **Ismail** yang dengan penuh cinta dan sabar berdoa

dan menanti keberhasilan penulis menyelesaikan studi di Universitas Hasanuddin.

- 2) **DR. Dadang Ahmad Suriamihardja** selaku *pembimbing utama* sekaligus motivator utama yang telah banyak memberikan buah pikiran yang tak ternilai dan juga dalam meluangkan kesempatan dan tenaganya kepada penulis walaupun ditengah-tengah kesibukan sehingga penulis dapat menempuh dan menghadapi semua rintangan dalam keputusan untuk menyelesaikan tulisan ini.
- 3) **Drs. Sakka, M.Si.** selaku *pembimbing pertama* sekaligus penasehat akademik penulis yang juga telah banyak mencurahkan perhatian dan pengertian kepada penulis dalam menyelesaikan tulisan ini.
- 4) **DR. M. Alimuddin Hamzah A.** yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan saran, perbaikan dan konsultasi pada penulis termasuk landasan teoritis dan numerik dalam penyelesaian program pemodelan perubahan garis pantai dalam tulisan ini.
- 5) Ketua Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin, atas semua kebijaksanaannya terhadap persoalan akademik yang dilalui penulis selama berada di bangku perkuliahan.
- 6) Kepada para tim dosen penguji, yang antara lain terdiri atas:
  - Bapak **DR. M. Alimuddin Hamzah A.**
  - Bapak **Drs. Arsyad Sumah**
  - Bapak **Drs. Hasanuddin, M.S.**
- 7) Seluruh staf dosen dan staf jurusan yang telah memberi arti dan kesan khusus kepada penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Fisika FMIPA Unhas.
- 8) Seluruh Staf dan Crew Laboratorium Dasar dan Laboratorium Jurusan atas segala fasilitas dan kerja samanya.
- 9) Rekan-rekan penulis yang rela hidup selama 14 hari di Lapangan (proyek) Kanda-kandaku yang terbaik yaitu **Wasir S, S.Si, Najamuddin, S.Si, Syamsuddin S.Si, Heru Setiawan, S.Si** ('thanks for your supporting'), dan juga buat rekan seperjuangan **A. Manapiang, S.Si, Kresna IS, S.Si** (in Belgia, 'thanks for your help'), **Zafli Salam, S.Si, Fadly, S.Si, La Ase, S.Si,**

Alifwansyah, S.Si, serta rekan-rekanku calon sarjana fisika St. Aminah S, Anwar, Nismah W. dan Amiruddin serta adik-adiku Syamsul, Amas, Aco, Dayat dan Munasir, dll. Dan juga segenap rekan-rekan di Korpala Unhas dan KPA Omega Unhas yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah rela bersama dalam menempuh tanjakan, rintangan hingga tersesat di antara pos 2 - 3 Gunung Bawakaraeng.

- 10) Terkhusus buat Adinda Siti Hadijah Sanusi, C.S.E. atas pengertiannya dan juga buat rekan-rekan di Pondok Al Khaer Tamalanrea untuk segala gangguannya.
- 11) Dan kepada semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak sempat disebutkan namanya satu persatu.

Semoga amal dan kebaikan yang telah diberikan kepada penulis akan selalu mendapat pahala dan berkah dari Allah swt. Amin.

Akhir kata penulis berharap semoga skripsi yang sederhana ini menjadi karya yang membuahkan nilai tambah terhadap kepedulian kita pada usaha pelestarian lingkungan, sehingga kita dapat memahami akan keharmonisan dan tatanan alam semesta dengan harapan semakin menyadarkan pribadi kita pada keagungan dan kebesaran Sang Pencipta.

*Wassalamu Alaikum Warohmatullahi Wabarokaluh*

Makassar, Mei 2002

**Penulis.**

## SARI BACAAN

Telah dilakukan studi mengenai dinamika pantai untuk memprediksi perubahan garis pantai dengan menggunakan model *One-Line*. Model tersebut diselesaikan dengan menggunakan metode numerik beda hingga. Parameter yang dilibatkan dalam model tersebut meliputi: sudut datang ombak terhadap garis pantai, ketinggian ombak, kedalaman ombak di titik perusakan dan sediaan sedimen dari sungai. Fakta perubahan garis pantai Jeneberang selama puluhan tahun (hampir seabad) merupakan informasi yang penting dalam mendukung hasil prediksi yang diperoleh dengan melalui penggunaan model tersebut. Hasil prediksi yang diperoleh menunjukkan bahwa garis pantai mulai dari TM9428000 hingga ke hamparan di sebelah utara akan senantiasa mengalami pengikisan (erosi). Sebaliknya, pada hamparan di sekitar muara sungai cenderung untuk maju oleh proses pengendapan sedimen (deposisi).

**Kata Kunci :** *garis pantai, oseanografi, metode beda hingga, model One-Line*

## **ABSTRACT**

*Study on coastal dynamic has been carried out in order to predict shoreline changes around the estuary using the One-Line model. The model was solved employing finite difference method. The parameters involved in the model comprise: angle of the incoming wave to shoreline, wave height, water depth at breaker point and sediment supply from the river. Historical changes of Jeneberang shoreline during nearly a century have been used as an important information in validating the result of the model. According to the result, shoreline of TM948000 to northward is experiencing erosion process. While, the segment near estuary has a trend to be enlarged by the deposition process.*

**Key Words:** *shoreline, oceanography, finite difference method, One-Line model*

## DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
SARI BACAAN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Ruang Lingkup .....	2
I.3. Tujuan Penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
II.1. Model <i>One Line</i> .....	4
II. 2. Dinamika Pesisir Pantai .....	5
II.3. Pengangkutan Sedimen Pantai .....	7
II.4. Metode Numerik Beda Hingga .....	11
BAB III METODOLOGI .....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	19
IV.1. Penentuan Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Hamparan Delta Jeneberang .....	19
IV.2. Pertumbuhan dan Penyusutan Hamparan di Sepanjang Mintakat Delta Jeneberang .....	21

IV.3. Perkiraan Posisi Yang Rawan Erosi di Sepanjang Hamparan Pesisir Delta Jeneberang .....	23
IV.4. Pemodelan Perubahan Garis Pantai Sepanjang Delta Sungai.	29
IV.4.1. Diskritisasi Model .....	29
IV.4.2. Bentuk Beda Hingga Persamaan Kontinuitas .....	32
IV.4.3. Syarat Batas .....	33
IV.4.4. Prediksi Perubahan Garis Pantai Pada Hamparan Pesisir Tanjung Merdeka .....	36
BAB V SIMPULAN DAN SARAN .....	47
V.1. Simpulan .....	47
V.2. Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1	Pergerakan sedimen susur pantai pada suatu keualaman kritis $d$	4
2	Perubahan garis pantai dan sudut perusakan	10
3	Perkiraan pendekatan metode beda hingga dengan kurva garis singgung	12
4	Skema bidang $x - t$ yang digunakan dalam menentukan Penyelesaian numerik beda hingga	15
5	Arah arus residu yang menerpa hamparan Delta Jeneberang	26
6	Pembagian garis pantai dalam beberapa bagian (sel)	30
7	Hubungan antara $\alpha_0$ , $\alpha_i$ , dan $\alpha_b$	31
8	Denah lokasi obyek yang ditinjau yang meliputi sepanjang hamparan Tanjung Merdeka	36
9	Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat	39
10	Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat	39
11	Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya	41
12	Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya	41
13	Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya	43

<b>14</b>	<b>Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya</b>	<b>43</b>
<b>15</b>	<b>Pola fluktuasi garis pantai oleh hempasan ombak yang datang dari arah Barat, Barat Daya dan Barat Laut</b>	<b>46</b>

## DAFTAR TABEL

		Halaman
<b>Tabel-1</b>	Perubahan posisi (dalam satuan meter) pada titik-titik pengukuran di sepanjang mintakat tepian hamparan Delta Jeneberang.	20
<b>Tabel-2</b>	Pertumbuhan, penyusutan dan laju perubahan luas hamparan Delta Jeneberang dari tahun 1990 sampai 1998.	22
<b>Tabel-3</b>	Kecenderungan umum perubahan garis pantai di Sepanjang hamparan Delta Jeneberang	28

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN

- A Peta perubahan garis tepi pantai tahun 1900 - 1979
- B Peta perubahan garis tepi pantai tahun 1979 - 1989
- C Peta perubahan garis tepi pantai tahun 1989 - 1995
- D Peta perubahan garis tepi pantai tahun 1995 - 1997
- E Peta perubahan garis tepi pantai tahun 1997 - 1998
- F Diagram Alur Program
- G Sintaks program pemodelan perubahan garis tepi pantai di sekitar muara sungai untuk periode 6 bulan
- H Data hasil program (berupa prediksi) perubahan garis pantai dan pengangkutan sedimen susur pantai pada beberapa variasi arah ombak datang

**B A B I**

**PRODAK**



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

Mintakat delta sungai telah dikenal sejak dahulu sebagai suatu lahan alamiah yang mendukung aktivitas manusia. Pengembangan areal di sekitar delta sungai dilakukan untuk berbagai macam tujuan seperti transportasi, rekreasi dan perlindungan pantai. Demikian pula pada daratan di belakangnya, dikembangkan dalam mendukung kegiatan pertanian, industri dan pemukiman.

Tepian pantai merupakan titik pertemuan antara udara, air dan darat yang saling berinteraksi. Dengan demikian, mintakat pesisir merupakan wilayah yang memiliki kebolehjadian besar untuk mengalami perubahan yang disebabkan oleh aksi-aksi alami yang bersumber dari laut seperti sapuan arus dan hempasan ombak. Pada dasarnya perubahan pesisir berlangsung dalam rangka menuju keadaan setimbang, yang secara umum merupakan kesetimbangan dinamik.

Keberadaan sungai yang bermuara pada suatu pesisir pantai juga memberikan pengaruh terhadap dinamika hamparan pantai. Sungai merupakan sumber utama sedimen bagi hamparan pantai. Distribusi sedimen di sepanjang hamparan pesisir pantai dikendalikan oleh aktivitas astronomis seperti dinamika pasang surut dan arus

pasang surut serta aktivitas meteorologi yang berupa pembangkitan ombak dan refraksi orthogonal ombak.

Bila suatu muara sungai memuntahkan sedimen cukup besar ke perairan pantai maka kecenderungan perubahan garis pantai dapat berupa pertumbuhan delta atau lidah pasir (*spit*) yang arah penjalarnya searah dengan datangnya ombak yang dominan. Sedangkan apabila dianggap bahwa tidak ada sungai yang bermuara ke suatu pesisir, maka perubahan garis pantai cenderung untuk mengalami pola 'penyusutan' (proses abrasi/erosi) pada suatu tempat dan di tempat lain akan mengalami pola 'pertumbuhan' (proses sedimentasi). (Dadang dan Hamzah, 1994).

Adanya fenomena dinamika hamparan pesisir pantai dari waktu ke waktu mengilhami pemikiran bahwa studi mengenai dinamika hamparan pantai diperlukan untuk mengetahui karakteristik pantai dalam kaitannya dengan upaya penanganan dampak buruk yang dapat terjadi akibat aktivitas alamiah maupun oleh aktivitas manusia terhadap kualitas dan kelestarian lingkungan di sekitar hamparan pantai.

## **I.2 Ruang Lingkup**

Analisis 'pertumbuhan' dan 'penyusutan' yang dimaksudkan meliputi perubahan luas hamparan pantai dan fluktuasi perubahan posisi garis pantai dari waktu ke waktu. Fakta yang diperoleh selama puluhan tahun digunakan dalam mendukung prediksi

perubahan posisi garis pantai yang diperoleh melalui penerapan model *One-Line*. Dengan melibatkan parameter-parameter dinamika perairan pantai ke dalam model tersebut seperti arah datang ombak, kedalaman dan ketinggian ombak di titik perusakan ombak, maka prediksi perubahan garis pantai diperoleh sebagai hasil suatu proses iterasi (metode numerik) berdasarkan parameter-parameter tersebut. Model tersebut selanjutnya diterapkan pada suatu daerah studi yang ditinjau yaitu pada hamparan pesisir sepanjang Tanjung Merdeka yang terletak pada mintakat Delta Jeneberang.

### **I.3 Tujuan**

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Memperoleh variasi posisi garis pantai dan laju perubahan luasan hamparan Delta Jeneberang pada beberapa periode tertentu.
2. Memperkirakan perubahan garis pantai di sekitar muara delta sungai Jeneberang dengan menggunakan model *One Line* melalui suatu aplikasi numerik yang menggunakan metode numerik beda hingga.
3. Memperkirakan posisi-posisi yang rawan erosi di sepanjang mintakat tepian hamparan Delta Jeneberang.

# BAB II

## PERJAJARAN

## PURWAKA



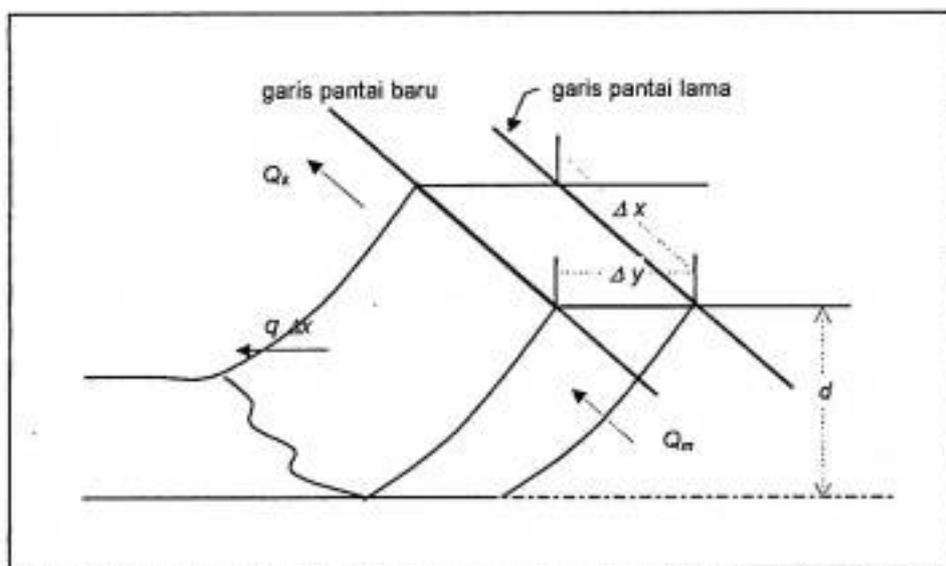
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1. Model One Line

Model perubahan garis pantai (*Shoreline Change Model*) merupakan suatu model prediksi perubahan garis pantai yang melibatkan persamaan kontinuitas sedimen dan persamaan pengangkutan sedimen susur pantai. Dalam model ini, garis tepi pantai digambarkan sebagai satu garis (*One Line*) (Refaat, 1990).

Hanson dan Kraus (1989) menyatakan bahwa dalam model *One Line*, pengangkutan sedimen susur pantai dianggap seragam hingga pada kedalaman tertentu  $d$  seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut (Dabees dan Kamphius, 1998).



**Gambar 1.** Perpindahan Sedimen Susur Pantai Pada Suatu Kedalaman Kritis  $d$

Persamaan matematik yang memenuhi kasus tersebut dinyatakan dalam persamaan berikut ini.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{d} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} + q \right) = 0 \quad (2.1)$$

dengan :  $y$  = posisi garis pantai terhadap titik datum tertentu.

$Q$  = angkutan sedimen susur pantai

$q$  = angkutan sedimen yang menuju dan meninggalkan pantai

$x$  = posisi susur pantai

$t$  = waktu.

Diasumsikan bahwa setelah kedalaman kritis tersebut tidak ada sedimen yang mengalami perpindahan atau dengan kata lain pengangkutan lintas pantainya ( $q$ ) dapat diabaikan.

## II. 2. Dinamika Pesisir Pantai

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian sehingga mampu menghancurkan energi ombak yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap aktivitas lautan. Kondisi ombak normal terjadi dalam waktu yang lama dan energi ombak dengan mudah dapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai. Namun pada saat terjadi badai, ombak mempunyai energi yang besar. Terkadang pertahanan alami

pantai tidak dapat menahan serangan ombak sehingga pantai tererosi. Setelah ombak besar reda, pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh ombak normal. Tetapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke lokasi semula. Material tersebut terendapkan di daerah yang lebih tenang seperti di muara sungai, teluk, pelabuhan, dan sebagainya (Tsuchiya, 1993).

Pada daerah ombak pecah, energi ombak menyebabkan terangkatnya (tererosi) material sedimen dasar. Arah pengangkutan sedimen dasar pantai sesuai dengan arah ombak datang dan sudut antara puncak ombak dan garis pantai. Dengan demikian, karena arah ombak selalu mengalami perubahan maka arah pengangkutan sedimen juga akan berubah dari musim ke musim, hari ke hari, atau dari jam- ke jam.

Jika di suatu areal pantai terdapat muara sungai, maka sungai tersebut akan memberikan suplai sedimen bagi pantai dan kuantitas muntahan sedimen yang diberikan oleh sungai tersebut dapat mempengaruhi pola pertumbuhan dan penyusutan hamparan pesisir pantai di sekitar muara sungai tersebut. Bila terjadi penumpukan sedimen di muara sungai dan sedimentasinya terus bertambah setiap waktu maka akan menghasilkan pertumbuhan suatu hamparan di areal titik pertemuan mulut sungai dan pantai tersebut, hamparan yang terbentuk tersebut dinamakan *delta*.

Suatu pantai mengalami erosi, akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk (suplai) dan yang meninggalkan pantai tersebut. Sebagian besar permasalahan pantai adalah erosi yang berlebihan. Erosi pantai terjadi apabila di suatu ruas pantai yang ditinjau mengalami kehilangan/pengurangan sedimen karena sedimen yang hanyut lebih besar dari pada yang diendapkan (Bambang Triatmodjo, 1999).

### **II. 3. Pengangkutan Sedimen Pantai**

Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut, sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus maka semakin besar gelombang terbentuk.

Pada laut dalam, gerak partikel air karena gelombang jarang mencapai dasar laut. Sedangkan di laut dangkal, partikel air di dekat dasar bergerak maju dan mundur secara periodik. Kecepatan partikel air di dekat dasar naik dengan bertambahnya ketinggian gelombang dan berkurang dengan kedalaman.

Arah gerak partikel air menuju ke arah pesisir pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum

tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Pada daerah lepas pantai yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air. Orbit lintasan partikel air tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor massa air. Transpor massa tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai dan meninggalkan pantai. Pada daerah perusakan ombak yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai, ditandai dengan gelombang pecah ke arah pantai. Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar yang mengakibatkan terangkutnya sedimen dasar ke arah pesisir pantai.

Aktivitas ombak tersebut memberikan pengaruh terhadap pembentukan pantai di sekitar suatu muara sungai. Adanya aktivitas ombak tersebut menyebabkan pengangkutan sedimen pantai yang berupa pergerakan sedimen di sepanjang pesisir pantai dan arah penjarannya searah dengan arah ombak yang dominan. Pengangkutan sedimen diklasifikasikan dalam 2 jenis yaitu:

1. Pengangkutan sedimen lintas pantai (*cross-shore transport*).

Pengangkutan sedimen lintas pantai merupakan pengangkutan sedimen yang arahnya tegak lurus pantai. Pada dasarnya pengangkutan sedimen yang didominasi oleh angkutan sedimen lintas pantai cenderung berada pada bentuk pantai yang stabil. Gelombang badai yang terjadi dalam waktu yang singkat menyebabkan terjadinya erosi pantai. Selanjutnya gelombang biasa yang terjadi sehari-hari akan membentuk kembali pantai

yang sebelumnya tererosi. Dengan demikian dalam satu siklus yang tidak terlalu lama, profil pantai kembali pada bentuk yang semula, dengan kata lain dalam satu siklus tersebut pantai selalu dalam kondisi stabil.

## 2. Pengangkutan sedimen susur pantai (*longshore transport*)

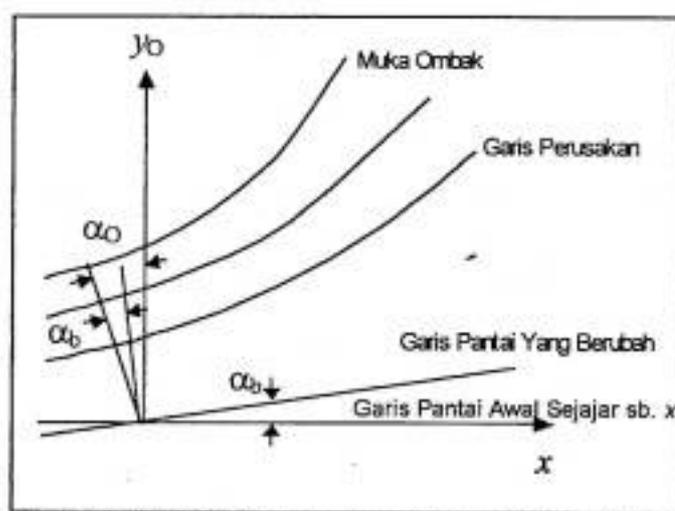
Pengangkutan sedimen susur pantai merupakan pengangkutan sedimen yang terjadi oleh karena pengangkutan sedimen dalam arah tertentu terhadap garis pantai yang arahnya bergantung pada arah ombak yang dominan. Selanjutnya sedimen dapat terangkut sampai jauh dan mengakibatkan perubahan garis pantai. Untuk mengembalikan bentuk pantai pada kondisi semula diperlukan waktu yang cukup lama. Bahkan apabila gelombang dari satu arah lebih dominan dari pada arah yang lain maka sulit untuk mengembalikan pantai pada posisi semula.

Pengangkutan sedimen sepanjang pantai tergantung pada sudut datang, durasi dan energi ombak. Dengan demikian, ombak besar akan mengangkut sedimen lebih banyak tiap satuan waktu dari pada yang digerakan oleh ombak kecil. Tetapi terdapat gejala bahwa ombak kecil yang terjadi dalam waktu yang lama dari ombak besar, dapat mengangkut sedimen lebih banyak dari pada ombak besar.

Angkutan sedimen pantai di sepanjang garis pantai terutama diakibatkan oleh arus susur pantai. Mekanisme pengangkutan sedimen dibagi atas dua jenis yaitu:

1. Angkutan sedimen muatan alas (*bed load transport*) yaitu pergerakan material pada dasar perairan yang terseret oleh arus secara menggelinding, bergeser dan saltasi.
2. Angkutan sedimen muatan layang (*suspended load transport*) yaitu pergerakan material sedimen melayang sebagai beban air yang terhanyut oleh aliran.

Pengangkutan sedimen pantai merupakan gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus susur pantai. Arus susur pantai cenderung memiliki garis puncak ombak yang sejajar dengan garis pantai, yang terbangkit pada saat terjadinya perusakan ombak dan datangnya membentuk sudut  $\alpha_b$  terhadap garis pantai seperti yang tampak dalam **Gambar 2**. Arus ini sebagian besar terkurung dalam mintakat hempasan dan mengangkut sedimen sepanjang pantai.



**Gambar 2.** Perubahan garis pantai dan sudut perusakan

Untuk menyatakan persamaan pengangkutan sedimen susur pantai yang dipengaruhi oleh sudut datang ombak tertentu dengan menggunakan pendekatan daya ombak, umumnya digunakan rumusan empiris yang ditetapkan oleh *Coastal Engineering Research Center (CERC)* pada pantai berpasir digunakan hubungan berikut (Bambang Triatmojo, 1999).

$$Q_x = 3,543 \times P_L \text{ (m}^3\text{/hari)} \quad (2.2)$$

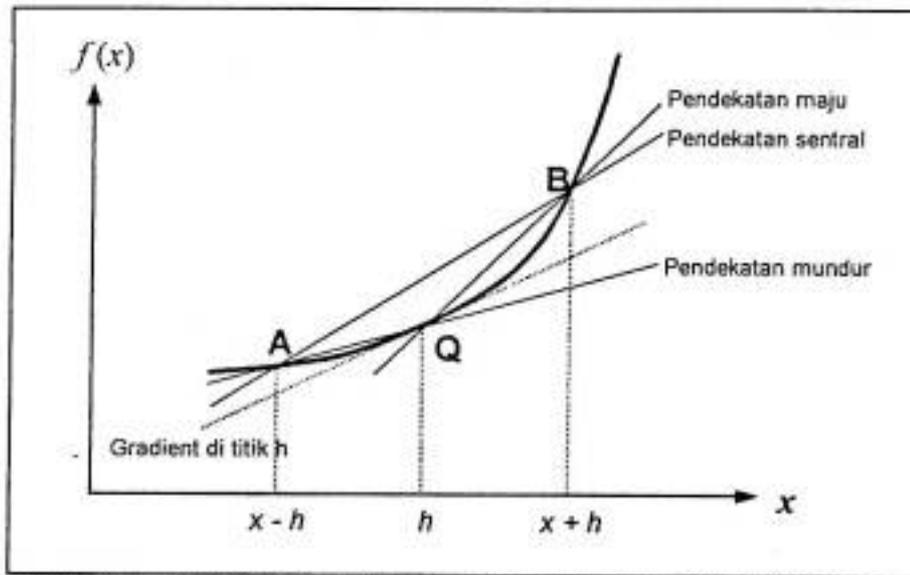
dan 
$$P_L = \frac{\rho g}{8} H_b^2 \sqrt{g d_b} \cos \alpha_b \sin \alpha_b \quad (2.3)$$

dengan  $P_L$  adalah komponen fluks energi ombak pecah susur pantai,  $\rho$  adalah massa jenis air laut,  $g$  adalah percepatan gravitasi,  $H_b$  adalah tinggi ombak pada titik perusakan ombak,  $d_b$  adalah kedalaman air pada titik perusakan ombak dan  $\alpha_b$  adalah sudut ombak pada titik pecah.

#### **II. 4. Metode Numerik Beda Hingga**

Metode numerik beda hingga merupakan salah satu metode dari sekian banyak metode penyelesaian numerik untuk menyelesaikan permasalahan yang diformulasikan secara matematis dan melibatkan operasi hitungan (aritmatik). Dalam metode numerik beda hingga, operasi hitungan dilakukan berulang-ulang (iterasi) dalam kuantitas yang besar. Oleh karena itu diperlukan bantuan komputer untuk melaksanakan operasi hitungan tersebut sehingga lebih efisien.

Terdapat beberapa pendekatan yang dilakukan untuk menyelesaikan metode numerik beda hingga yaitu pendekatan maju (*forward difference*), pendekatan mundur (*backward difference*) dan pendekatan terpusat (*central difference*). Mengenai hal ini diilustrasikan dalam **Gambar 3.** berikut ini.



**Gambar 3.** Perkiraan pendekatan metode beda hingga dengan kurva garis singgung

Pada **Gambar 3** tersebut, pendekatan maju pada *gradient* di titik Q adalah pendekatan kemiringan kurva QB yang menggunakan data pada titik  $h$  dan  $x + h$  dan dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (2.4)$$

Untuk pendekatan mundur pada *gradient* di titik Q yaitu dengan pendekatan kemiringan kurva AQ yang menggunakan data pada titik  $x - h$  dan  $h$  dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$f'(x) = \frac{f(x) - f(x-h)}{h} \quad (2.5)$$

Sedangkan untuk pendekatan sentral yaitu pendekatan kemiringan kurva  $AQ$  dengan menggunakan data pada titik  $x - h$  dan  $x + h$  dan persamaannya dinyatakan dengan persamaan berikut ini.

$$f'(x) = \frac{f(x+h) - f(x-h)}{2h} \quad (2.6)$$

Bentuk persamaan-persamaan tersebut kemudian digunakan dalam penentuan diferensial numerik untuk memperkirakan bentuk diferensial kontinyu menjadi bentuk diskrit. Diferensial numerik ini banyak digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial. Dengan demikian, jika fungsi  $f(x)$  pada selang ke (i) dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan berikut ini.

$$f(x_i) = f_i = f(x + ih) \text{ dengan } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2.7)$$

dan dimisalkan bahwa :

$$\begin{aligned} f(x, t) &= f_i^n \\ f(x+h, t) &= f_{i+1}^n \\ f(x-h, t) &= f_{i-1}^n \\ f(x, t+k) &= f_i^{n+1} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Berdasarkan persamaan (2.8) tersebut, maka pernyataan diferensial numerik untuk persamaan (2.4), (2.5) dan (2.6) adalah sebagai berikut.

$$f_x \equiv \left. \frac{\partial f}{\partial x} \right|_{i,n} \equiv \frac{f_{i+1}^n - f_i^n}{h} \quad (2.9)$$

$$\equiv \frac{f_i^n - f_{i-1}^n}{h} \quad (2.10)$$

$$\equiv \frac{f_{i+1}^n - f_{i-1}^n}{2h} \quad (2.11)$$

Persamaan (2.9), (2.10) dan (2.11) masing-masing adalah bentuk beda hingga dari persamaan diferensial orde pertama melalui pendekatan maju, pendekatan mundur dan pendekatan sentral.

Dengan cara yang sama diperoleh pula bentuk beda hingga untuk diferensial terhadap waktu sebagai berikut ini.

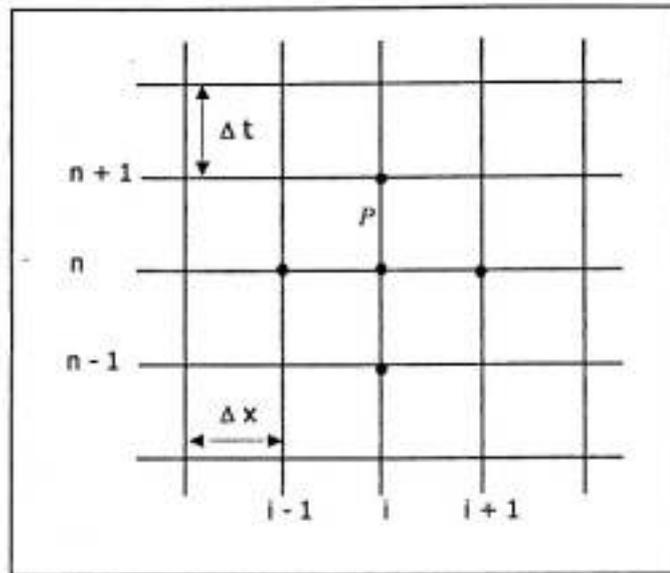
$$f_t = \left. \frac{\partial f}{\partial t} \right|_{i,n+1} \equiv \frac{f_i^{n+1} - f_i^n}{k} \quad (2.12)$$

Skema titik-titik penyelesaiannya dinyatakan dalam bidang  $x$  dan  $t$ . Bidang tersebut digambarkan dalam skema berikut ini dengan garis horisontal merupakan sumbu  $x$  dan yang lainnya adalah sumbu  $t$ . Jika  $f(x)$  dipetakan terhadap bidang  $x$ - $t$  dengan jarak grid  $\Delta x = h$  dan  $\Delta t = k$  maka koordinat di titik Q ditunjukkan dalam

**Gambar 4** berikut ini, dengan :

$$x = ih, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n \quad (2.13)$$

$$t = nk \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2.14)$$



**Gambar 4.** Skema bidang  $x - t$  yang digunakan dalam menentukan penyelesaian numerik beda hingga

Beberapa skema dasar yang digunakan dalam menyelesaikan persamaan parabolik, yaitu:

### 1. Skema eksplisit

Pada skema eksplisit, titik-titik penyelesaian menggunakan titik  $P_i^{n+1}$ ,  $P_{i+1}^n$ ,  $P_i^n$ , dan  $P_{i-1}^n$  dimana variable pada waktu  $n + 1$  dihitung berdasarkan variabel pada waktu  $n$  yang sudah diketahui. Dengan kata lain bahwa titik  $P_i^{n+1}$  tergantung pada ketiga titik sebelumnya, dan selanjutnya ketiga titik yang ini ditentukan oleh lima titik sebelumnya pula, dan seterusnya.

### 2. Skema implisit

Pada skema implisit, titik-titik penyelesaian dituliskan pada waktu  $n + 1$  dimana nilainya belum diketahui. Titik-titik penyelesaiannya meliputi  $P_i^{n+1}$ ,  $P_{i+1}^{n+1}$ ,  $P_i^{n+1}$ , dan  $P_{i-1}^{n+1}$  dimana variable pada waktu  $n + 1$  dihitung

berdasarkan variabel pada waktu  $n$  yang sudah diketahui. Dalam skema ini satu titik digunakan untuk menentukan tiga titik berikutnya. Penyelesaian dengan menggunakan skema ini lebih sulit dibandingkan dengan skema eksplisit. Kelebihan dari skema ini adalah stabil tanpa syarat, langkah waktu  $\Delta t$  dapat ditentukan secara bebas (besar) tanpa menimbulkan ketidak stabilan. Pembahasan  $\Delta t$  hanya untuk menjaga kesalahan pemotongan (*truncation error*) dalam batas-batas yang dapat diterima.

### 3. Skema Crank-Nicholson

Dalam skema ini titik-titik penyelesaian meliputi semua titik-titik penyelesaian dengan menggunakan kedua skema di atas. Dalam skema ini titik penyelesaian dituliskan pada waktu  $n + \frac{1}{2}$  yang merupakan nilai rata-rata dari skema eksplisit dan implisit. Kelebihan dari skema ini adalah bahwa untuk nilai  $\Delta x$  tertentu kesalahan pemotongan pada suku dalam  $\Delta t$  lebih kecil dari pada skema implisit dan eksplisit.

# BAB III

## METODOLOGI



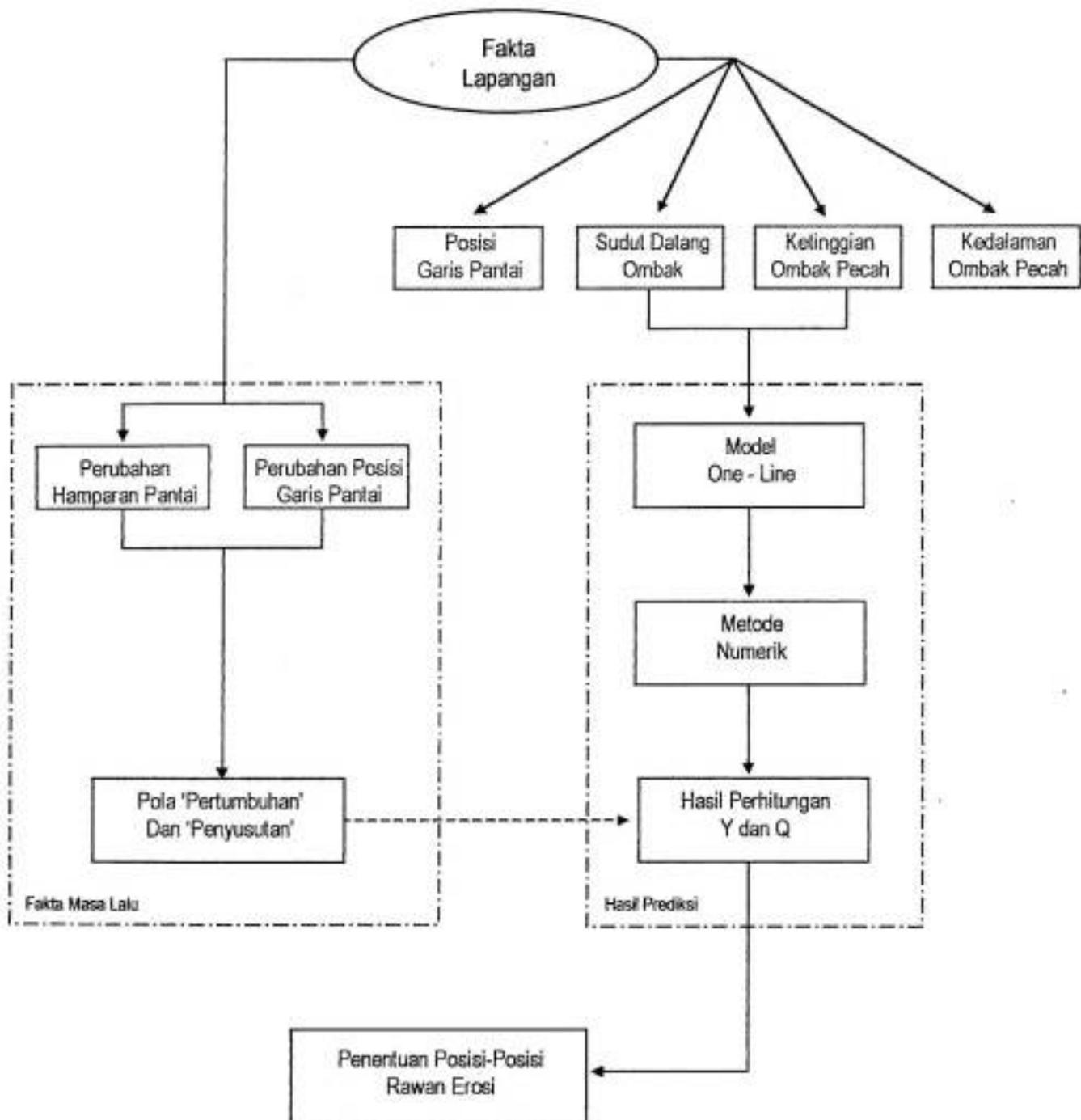
### BAB III

### METODOLOGI

Langkah yang ditempuh dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan perubahan posisi garis pantai dengan menggunakan data utama yang berupa peta yang tercantum dalam **Lampiran A** hingga **Lampiran E** dengan menggunakan program komputer (*AutoCAD*).
2. Menentukan perubahan luas hamparan dan menghitung laju perubahan hamparan Delta Jeneberang yang mengalami perkembangan dan penyusutan berdasarkan peta yang terlampir dengan menggunakan program komputer (*AutoCAD*).
3. Menentukan posisi-posisi yang rawan erosi sepanjang hamparan pantai yang ditinjau berdasarkan data yang diperoleh dari data pada poin 1 dan poin 2 tersebut.
4. Membuat simulasi model perubahan garis pantai (*One-Line Model*) dengan menggunakan metode numerik beda hingga.
5. Memperkirakan bentuk pertumbuhan dan penyusutan hamparan pesisir delta sungai untuk Tanjung Merdeka berdasarkan model numerik yang dibuat tersebut.
6. Menentukan posisi-posisi yang rawan erosi (penyusutan) dan yang mengalami sedimentasi (perkembangan) sebagai hasil prediksi yang berdasarkan model *One Line*.

## DIAGRAM ALUR PENELITIAN



**BAB IV**

**KESELIDINGAN**

**PERSEKUTUAN**

U



## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **IV. 1. Penentuan Perubahan Posisi Garis Pantai di Sepanjang Hamparan Delta Jeneberang**

Untuk mengetahui maju mundurnya posisi garis pantai di sepanjang mintakat Delta Jeneberang dilakukan melalui pengolahan peta batimetri yang bersumber dari *GMTDC (Gowa Makassar Tourism Development Corporation)*. Peta-peta tersebut terbagi atas lima periode pengamatan, yaitu periode-1 (antara tahun 1900-1979), periode-2 (antara tahun 1979-1989), periode-3 (antara tahun 1989-1995), periode-4 (antara tahun 1995-1997) dan periode-5 (antara tahun 1997-1998) yang tercantum dalam **Lampiran A, B, C, D dan E**.

Selanjutnya, posisi-posisi yang dihitung perubahannya (maju atau mundur dari titik awal) ditentukan pada beberapa titik pengukuran tertentu.

- ✳ TB9430000 dan TB9429000  
(berada pada mintakat tepian Tanjung Bunga)
- ✳ TM9428000, TM9427000 dan TM9426000  
(berada pada mintakat tepian Tanjung Merdeka)
- ✳ BR9425000 dan BR9424000  
(berada pada mintakat tepian Barombong)

Berdasarkan hasil pengolahan dari beberapa peta tersebut, diperoleh data perubahan posisi titik-titik pengukuran yang tercantum dalam **Tabel-1** berikut ini.

**Tabel-1.** Perubahan posisi (dalam satuan meter) pada titik-titik di sepanjang mintakat tepian hamparan Delta Jeneberang.

Posisi	Periode-1	Periode-2	Periode-3	Periode-4	Periode-5
TB9430000	1492.0	1492.0	1303.5	1257.5	1485.5
TB9429000	1881.0	2006.5	1946.5	1857.1	1855.6
TM9428000	950.0	1070.0	1011.5	953.0	953.0
TM9427000	541.0	613.0	587.0	587.0	538.0
TM9426000	1130.0	1014.0	1083.5	996.9	930.2
BR9425000	780.0	912.8	867.8	771.1	741.1
BR9424000	377.0	459.0	432.0	732.0	387

**Tabel-1** tersebut memuat data perubahan posisi garis pantai selama 98 tahun. Pada periode-1 (kolom-2) yaitu antara tahun 1900 hingga 1979 digunakan sebagai dasar perhitungan/pengukuran. Fluktuasi (maju atau mundur) posisi garis pantai pada periode-2 hingga periode-5 (dari kolom-3 hingga kolom-6) ditentukan berdasarkan pada selisih antara posisi garis pantai periode tersebut terhadap posisi garis pantai periode sebelumnya untuk tiap posisi pengukuran. Misalnya, untuk penentuan perubahan posisi garis pantai pada periode-4 maka posisi garis pantai pada peta periode-4 diselisihkan terhadap posisi yang sama pada periode-3.

#### **IV. 2. Pertumbuhan dan Penyusutan Hamparan di Sepanjang Mintakat Delta Jeneberang**

Alur estuaria sungai Jeneberang (sebagai salah satu saluran input sedimen bagi mintakat Delta Jeneberang) bercabang dua sehingga membagi hamparan delta menjadi tiga bagian yaitu Tanjung Bunga, Tanjung Merdeka dan Barombong. Kedua alur estuaria tersebut yaitu satu alur ke Utara diapit oleh hamparan Delta Tanjung Bunga di Utara dengan Tanjung Merdeka di Selatan dan satu alur lagi ke Selatan yang diapit oleh hamparan Delta Tanjung Merdeka di Utara dengan hamparan Delta Barombong di Selatan.

Penentuan laju pertumbuhan dan penyusutan dari ketiga hamparan delta tersebut dilakukan dengan menghitung luas hamparan yang mengalami pengendapan dan pengikisan. Dengan demikian laju perubahan hamparan ditentukan berdasarkan besar perubahan hamparan yang mengalami pengendapan atau pengikisan terhadap waktu (periode) pemantauan. Hasil perhitungan laju perubahan hamparan tersebut selengkapnya dapat dilihat dalam **Tabel-2** berikut ini.

**Tabel-2.** Pertumbuhan, penyusutan dan laju perubahan luas hamparan Delta Jeneberang dari tahun 1900 sampai 1998.

Periode	Perkembangan Luas (ha)	Penyusutan Luas (ha)	Perubahan Bersih (ha)	Laju Perubahan (ha/tahun)
1 : 1900 – 1979	524.80	0.00	524.80	6.64
2 : 1979 – 1989	54.60	24.79	29.81	2.98
3 : 1989 – 1995	12.05	24.78	-12.73	-2.12
4 : 1995 – 1997	8.00	44.38	-36.38	-18.19
5 : 1997 – 1998	24.86	11.54	13.32	13.32
Total : 1900 - 1998	624.31	105.49	518.82	5.29

Data dalam **Tabel-2** tersebut menunjukkan bahwa terdapat variasi laju perubahan luas hamparan Delta Jeneberang dari tahun ke tahun terkadang didominasi oleh 'perkembangan' dan disaat lainnya mengalami 'penyusutan'. Suatu hamparan akan didominasi oleh pola 'perkembangan' ditandai dengan nilai laju perubahan yang bernilai positif dan sebaliknya akan didominasi oleh pola 'penyusutan' bila laju perubahan yang bernilai negatif. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa secara total dari tahun 1900 hingga tahun 1998, luas hamparan Delta Jeneberang mengalami 'perkembangan' dengan total laju rata-rata sekitar 5,29 ha/tahun.

#### **IV. 3. Perkiraan Posisi Yang Rawan Erosi di Sepanjang Hamparan Pesisir Delta Jeneberang**

Salah satu metode yang digunakan untuk mengevaluasi suatu hamparan mengalami pola 'perkembangan' (akrasi) dan 'penyusutan' (erosi) terhadap suatu ruas pantai yang ditinjau yaitu dengan menggunakan analisis imbangan sedimen pantai. Imbangan sedimen pantai merupakan selisih antara jumlah sedimen yang masuk terhadap jumlah sedimen yang hilang dalam suatu ruas pantai. Apabila nilai imbangan sedimennya bernilai nol dapat dikatakan bahwa pantai tersebut dalam kondisi stabil. Selanjutnya bila nilai imbangannya bernilai positif maka dapat diperkirakan bahwa ruas pantai tersebut mengalami 'perkembangan', sebaliknya bila bernilai negatif maka ruas pantai tersebut mengalami 'penyusutan'.

Bambang Triatmodjo, 1999 menyatakan bahwa kenyataannya dalam praktek sangat sulit untuk menghitung semua besaran tersebut. Untuk itu analisis imbangan sedimen dapat pula dilakukan dengan pengamatan terhadap laju pengendapan ('perkembangan') dan laju pengikisan ('penyusutan') selama periode tertentu. Berdasarkan fakta tersebut cukup memadai untuk mengevaluasi keberadaan pantai dimasa mendatang.

Berdasarkan data yang terhimpun dalam **Tabel-2** menunjukkan bahwa pada periode-1 (antara tahun 1900 hingga 1979), secara umum hamparan Delta Jeneberang mengalami pola perkembangan sebesar 6,64 ha/tahun. Untuk periode-

2 (antara tahun 1979 hingga 1989), laju perkembangannya mencapai 2,98 ha/tahun. Hal ini memberikan petunjuk bahwa antara periode tersebut secara keseluruhan hamparan delta mulai mengarah pada pola 'penyusutan' karena laju perubahan hamparannya mengalami penurunan dibandingkan dengan kurun waktu sebelumnya. Dengan demikian dapat diartikan pula bahwa sedimen yang masuk pada ruas pantai semakin berkurang dan mulai terjadi pengikisan pada sebagian ruas pantai.

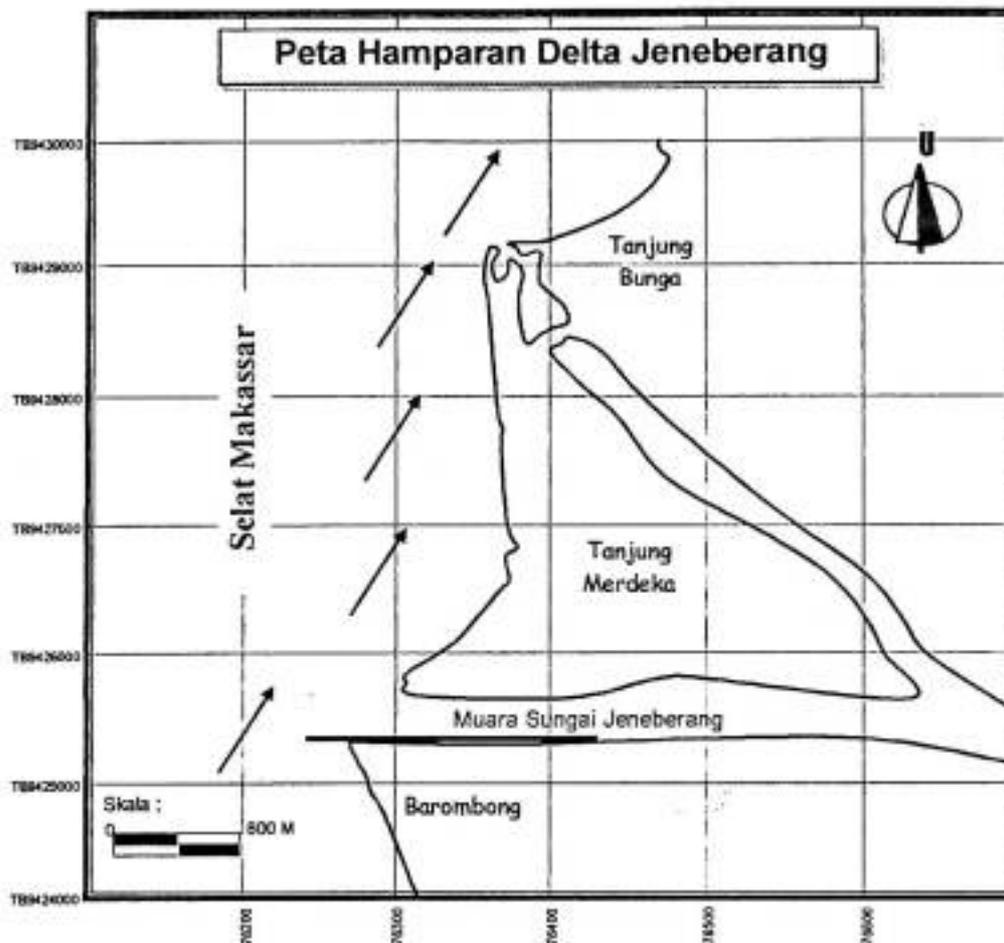
Kecenderungan hamparan untuk terus menyusut terus berlanjut hingga periode-3 (antara tahun 1989 hingga 1995) sekitar -2,12 ha/tahun dan periode-4 (antara tahun 1995 hingga 1997) mencapai laju perubahan sebesar -18,19 ha/tahun. Fakta terakhir menunjukkan bahwa secara keseluruhan hamparan delta telah berkurang sebesar 18,19 ha setiap tahun. Ini berarti bahwa kedua periode ini erosi pantai terjadi dalam jumlah yang sangat besar dan hampir mencakup seluruh ruas pantai.

Untuk periode-5 (antara tahun 1997 hingga 1998) laju perubahan mencapai 13,32 ha/tahun. Hal ini berarti bahwa pada periode ini hamparan pantai mulai menunjukkan pola 'perkembangan'. Proses pengendapan atau sedimentasi dijumpai pada beberapa ruas pantai tertentu (dapat dilihat dalam **Lampiran E**).

Letak hamparan Delta Jeneberang yang menghadap ke arah Barat, secara terus menerus akan menerima hempasan ombak dari arah Barat yang terbangkit oleh hembusan angin Barat. Kenyataan yang diamati di lapangan menunjukkan bahwa

arah hampasan ombak bervariasi pada arah Barat Daya, Barat dan Barat Laut pada setiap tahun.

Sakka (1996) mengamati bahwa angkutan sedimen muatan alas atau *bed load* dan muatan layang atau *suspended load* sepanjang mintakat tepian pada umumnya (secara rata-rata) berarah ke Utara. Hal ini meyakinkan pendapat bahwa terdapat arus permanen (arus residu) yang berarah ke Utara. Arus permanen tersebut merupakan selisih antara arus pasang naik yang berarah ke Utara dan arus pasang turun yang berarah ke Selatan, sebesar 0,05 m/det yang ternyata jauh lebih kecil dari arus pasang naik maksimum (sebesar 0,5 m/det). Walaupun demikian arus residu tersebut mampu menghanyutkan sedimen ke Utara. Arus residu ini bersuperposisi dengan arus susur pantai yang terbangkit oleh ombak dari arah Barat Daya sehingga pada saat itu angkutan sedimen ke Utara menjadi lebih dominan (tampak dalam **Gambar-5** di bawah ini).



**Gambar 5.** Arah arus residu yang menerpa hamparan Delta Jeneberang

Berdasarkan data yang dimuat dalam **Tabel-1** menunjukkan bahwa mintakat tepian Tanjung Bunga yaitu pada posisi-posisi TB9430000 dan TB9429000 pada setiap periode cenderung mundur ke arah daratan karena sudah tidak memperoleh suplai sedimen dari muara sungai bagian utara Delta Jeneberang yang sudah tertutup sejak periode-3, sehingga arus permanen yang berarah ke Utara akan mengerosi dan menghanyutkan sedimen yang berada pada posisi tertentu di sekitar kedua titik tersebut dan sedimen yang terkikis tersebut akan mengendap di perairan yang lebih tenang yaitu ke arah bagian Utara Tanjung Bunga (di sekitar Teluk Losari). Efek yang ditimbulkannya adalah terjadinya pendangkalan teluk.

Hamparan mintakat tepian Tanjung Merdeka dan Barombong sekitar muara sungai bagian Selatan Delta Jeneberang yaitu antara titik-titik TM9427000, TM9426000 dan BR9425000 secara umum akan selalu memiliki peluang berkembang bergantung pada suplai sedimen dari muara bagian selatan Delta Jeneberang yang masih terbuka. Tetapi pada mintakat tepian Tanjung Merdeka di sekitar titik TM9428000 akan cenderung terkikis karena sedimen yang ada akan terangkut ke Utara oleh pergerakan arus yang berarah ke Utara. Selanjutnya mintakat Barombong pada titik BR9425000 dan BR9424000 umumnya perubahannya menunjukkan perkembangan ke arah laut karena sedimen yang terhanyut tertahan di bagian selatan groin yang menjorok ke laut sejajar dengan muara Sungai Jeneberang, pada saat angin berhembus dari arah Barat dan Barat Laut.

Kecenderungan perubahan posisi dari hasil perkiraan tersebut berdasarkan data yang tercantum dalam **Tabel-1** dan **Tabel-2** secara umum dapat dilihat dalam **Tabel-3** berikut ini.

**Tabel-3** Kecenderungan umum perubahan posisi-posisi pengukuran di sepanjang hamparan Delta Jeneberang

<b>Posisi-Posisi Pengukuran</b>	<b>Kecenderungan Perubahan Garis Pantai</b>
<b>Tanjung Bunga</b> TB9430000 TB9429000	Pada umumnya Mundur
<b>Tanjung Merdeka</b> TM9428000 TM9427000 TM9426000	Mundur khusus pada titik TM9428000  Maju bila ada suplai sedimen dari muara Selatan Sungai Jeneberang
<b>Barombong</b> BR9425000 BR9424000	Maju bila ada suplai sedimen dari muara Selatan Sungai Jeneberang

Kecenderungan perubahan garis pantai yang diutarakan di atas pada dasarnya masih bersifat umum sebab pengamatan yang dilakukan dengan meninjau secara keseluruhan perubahan hamparan delta tersebut. Hasil tersebut walaupun tidak spesifik namun diharapkan dapat memperkuat dugaan hasil prediksi yang diperoleh melalui perhitungan dengan menggunakan model *One-Line*. Persamaan yang digunakan pada model ini diselesaikan dengan menggunakan metode numerik beda hingga. Hal ini dilakukan dengan alasan bahwa penyelesaian dengan metode numerik lebih praktis dan lebih mudah diterapkan pada syarat batas yang sesuai dengan kondisi lapangan.

#### IV. 4. Pemodelan Numerik Perubahan Garis Pantai Sepanjang Delta Sungai

Model perubahan garis pantai (*shore line model*) adalah suatu model prediksi yang berdasarkan atas persamaan kontinuitas dan persamaan laju pengangkutan sedimen susur pantai. Dalam penelitian ini digunakan model *One Line* (satu dimensi) yang menganggap bahwa garis pantai digambarkan sebagai suatu garis.

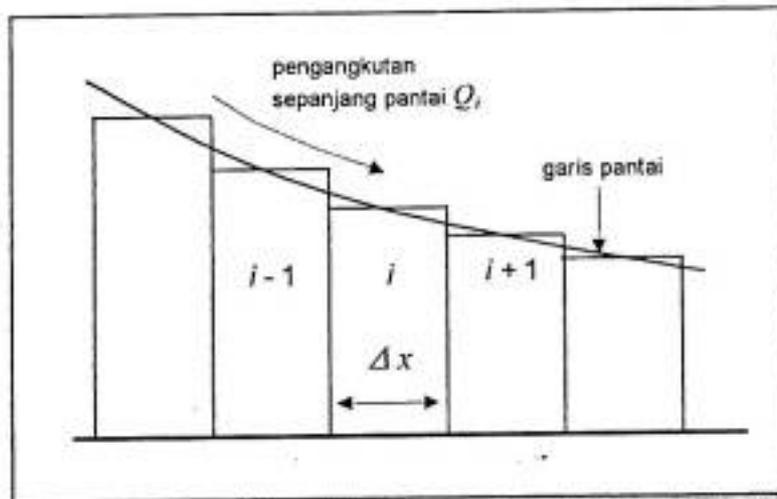
Dalam model *One-Line*, formula yang digunakan menyatakan hubungan antara perubahan garis pantai  $y$  dengan pengangkutan sedimen susur pantai  $Q$  (seperti yang tercantum dalam persamaan (2.1)). Sumbu- $x$  membentang dalam arah susur pantai dan sumbu- $y$  merupakan garis normal yang arahnya tegak lurus dengan arah susur pantai. Sedangkan  $Q$  merupakan pengangkutan sedimen susur pantai yang menggunakan formula angkutan sedimen susur pantai dari *Coastal Engineering Research Center (CERC)*.

$$\frac{\partial y}{\partial t} + \frac{1}{d} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} \right) = 0 \quad (4.1)$$

##### IV.4.1. Diskritisasi Model

Untuk menyelesaikan persamaan diferensial yang berbentuk kontinyu dengan metode numerik, maka persamaan kontinyu tersebut diharus ditransformasi kedalam bentuk diskrit. Transformasi ini disebut sebagai langkah diskritisasi.

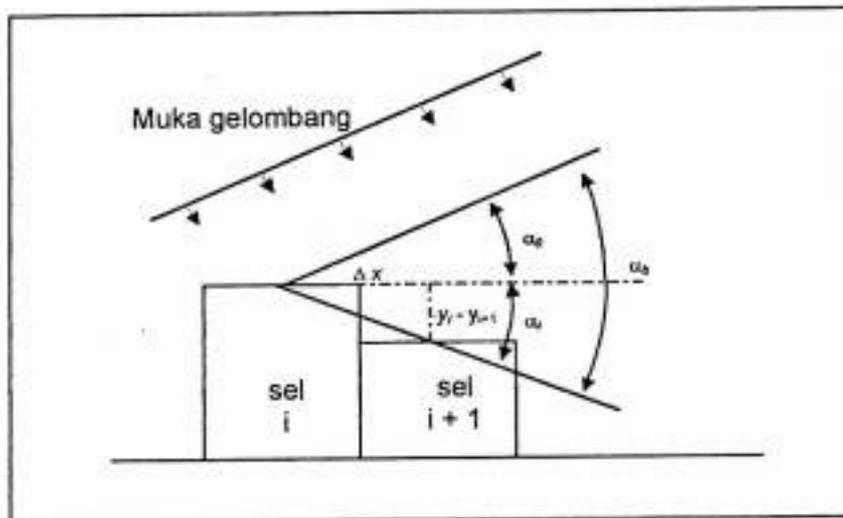
Dalam mendiskritisasikan model garis pantai, garis pantai dibagi menjadi sejumlah sel yang sama panjang dan dipilih sebesar  $\Delta x$ . Pembagian garis pantai dalam sejumlah sel tersebut diilustrasikan dalam **Gambar 6** berikut ini.



**Gambar 6.** Pembagian garis pantai dalam beberapa bagian (sel).

Pada setiap sel, angkutan sedimen yang masuk dan keluar diperhitungkan. Sesuai dengan hukum kekekalan massa, jumlah laju aliran massa di dalam sel adalah sama dengan laju perubahan massa di dalam sel tiap satuan waktu. Perpindahan sedimen dalam sejumlah sel yang telah terbagi tersebut disertai dengan perubahan volume sedimen.

Pengangkutan sedimen susur pantai bergantung pada sudut datang ombak pecah  $\alpha_b$ . Sudut datang ombak terhadap garis pantai bervariasi ketika ombak tersebut sampai pada setiap sel garis tepi pantai seperti yang ditunjukkan dalam **Gambar 7** berikut ini.



Gambar 7. Hubungan antara  $\alpha_0$ ,  $\alpha_i$  dan  $\alpha_b$

Dari Gambar 7 tersebut,  $\alpha_i$  merupakan sudut yang dibentuk oleh garis pantai dengan garis yang sejajar dengan sumbu  $x$  antara sel  $i$  dan  $i + 1$  yang ditentukan menggunakan persamaan berikut.

$$\tan \alpha_i = \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x} \quad (4.2)$$

Apabila ombak datang membentuk sudut  $\alpha_0$  dengan arah sumbu  $x$ , maka sudut datang ombak pecah terhadap garis pantai ( $\alpha_b$ ) adalah

$$\alpha_b = \alpha_i + \alpha_0 \quad (4.3)$$

Dengan demikian sudut ombak pecah dapat dihitung menggunakan hubungan geometrik berikut ini.

$$\tan \alpha_b = \frac{\tan \alpha_i + \tan \alpha_o}{1 + \tan \alpha_i \tan \alpha_o} \quad (4.4)$$

#### IV.4. 2. Bentuk Beda Hingga Persamaan Kontinuitas

Bentuk numerik yang menggunakan skema eksplisit dari persamaan kontinuitas

(2. 1) adalah sebagai berikut.

$$\frac{\partial y}{\partial t} = \frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} \quad (4.5)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = \frac{Q_i^{n+1} - Q_{i-1}^n}{\Delta x} \quad (4.6)$$

dengan demikian diperoleh

$$\frac{y_i^{n+1} - y_i^n}{\Delta t} = -\frac{1}{d_i} \frac{Q_i^n - Q_{i-1}^n}{\Delta x}$$

atau

$$y_i^{n+1} = y_i^n + \frac{\Delta t}{d_i \Delta x} (Q_{i-1}^n - Q_i^n) \quad (4.7)$$

Persamaan (4.7) tersebut memungkinkan untuk menghitung posisi garis pantai pada waktu ke-  $n + 1$  dari waktu awal  $n$  dengan melibatkan syarat batas kiri dan syarat batas kanan. Kedua syarat batas tersebut adalah pengangkutan sedimen susur pantai pada kedua batas areal yang ditinjau.

Pada awal perhitungan posisi garis pantai  $y$  telah diketahui yaitu terdapat pada ruas kanan persamaan (4.7) dan ditentukan sebagai keadaan awal pantai. Dengan demikian kita dapat memperkirakan posisi garis pantai pada waktu yang akan datang dengan melihat nilai pada ruas kiri persamaan (4.7) tersebut. Proses ini terus berlanjut hingga batas waktu yang ditentukan dengan menggunakan posisi garis pantai yang diperoleh sebagai nilai awal untuk perhitungan selanjutnya.

#### IV.4.3. Syarat Batas

Syarat batas yang digunakan dalam memperkirakan perubahan garis pantai pada suatu muara sungai adalah sebagai berikut.

1. Pengangkutan sedimen susur pantai  $Q$  diperoleh berdasarkan perhitungan data lapangan (*Dirichlet Problem*) yang mencakup hamparan sepanjang arah susur pantai yang memenuhi hubungan berikut

$$Q = Q_x \quad (4.8)$$

2. Gradient  $Q$  ditentukan (*Neumann Problem*), untuk kasus tidak terjadi perubahan garis pantai maka

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (4.9)$$

3. Gabungan dari kedua syarat (1) dan (2) untuk pantai yang memiliki muara sungai maka muntahan sedimen dari sungai dimasukkan sebagai sumber (*Robbin Problem*). Dengan demikian pada muara berlaku hubungan

$$Q + \rho \frac{\partial Q}{\partial x} = q_s \quad (4.10)$$

Berdasarkan ketiga persoalan tersebut diperoleh bahwa :

- a). Syarat batas kiri yaitu pada posisi sekitar muara berlaku hubungan :

$$\left( \frac{\partial Q}{\partial x} \right)_{\text{kiri}} = q_s \quad (4.11a)$$

$$\left( \frac{Q(i) - Q(i-1)}{\Delta x} \right)_{\text{kiri}} = q_s \quad (4.11b)$$

dengan  $Q(i-1) = 0$

- b). Untuk syarat batas kanan dianggap simpul bagian sebelah kanan. Angkutan sedimen yang berlaku adalah angkutan sedimen susur pantai yang diperoleh dengan menggunakan persamaan yang dirumuskan oleh *CERC*. Dengan demikian untuk syarat batas kanan berlaku hubungan :

$$\left(\frac{\partial Q}{\partial x}\right)_{\text{kanan}} = 0 \quad (4.12a)$$

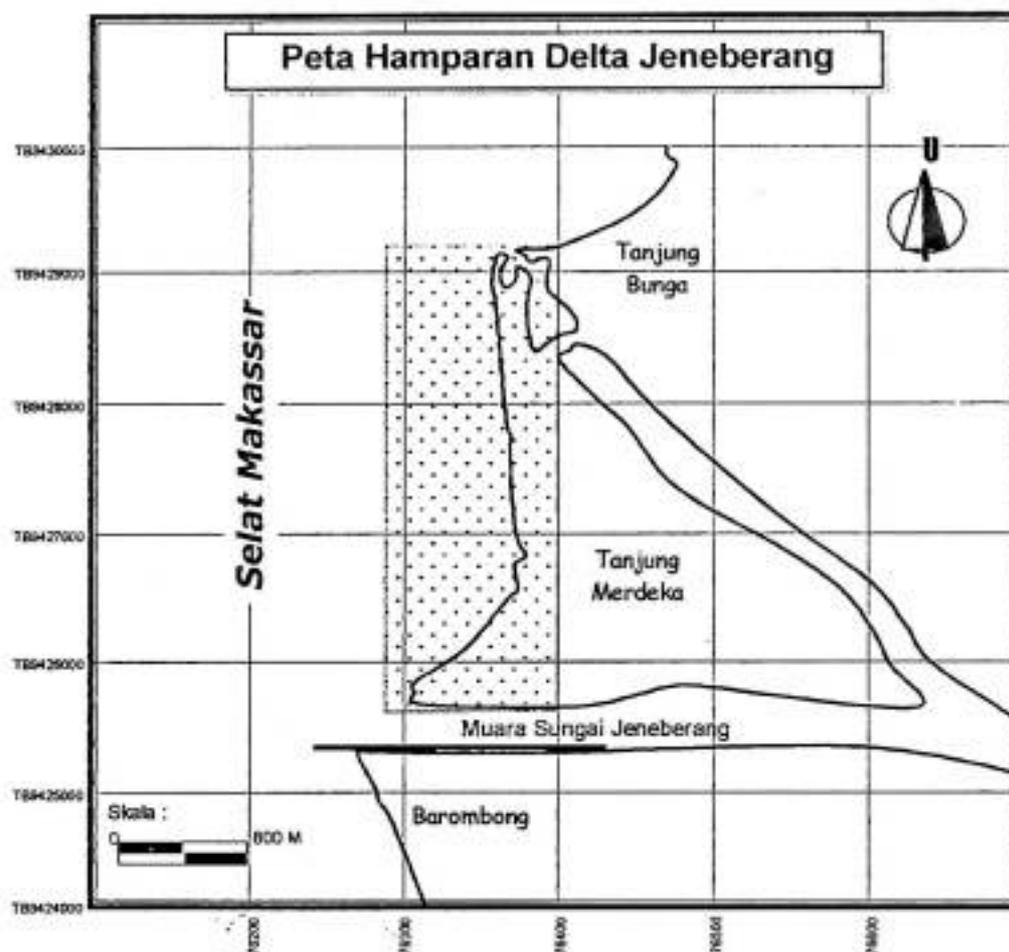
$$\left(\frac{Q(n)-Q(n-1)}{\Delta x}\right) = 0 \quad (4.12b)$$

$$Q(n-1) = Q(n) \quad (4.12c)$$

Syarat batas kiri dan kanan tersebut selanjutnya dilibatkan dalam dalam penulisan sintaks program yang dapat dilihat dalam **Lampiran G**.

#### IV.4.4. Prediksi Perubahan Garis Pantai Pada Hamparan Pesisir Tanjung Merdeka

Model yang telah dibuat selanjutnya diterapkan pada obyek/lokasi yang ditinjau yaitu pada hamparan sepanjang mintakat Tanjung Merdeka yang terdapat pada Delta Jeneberang, tertera pada peta yang tersir dalam gambar berikut ini.



**Gambar 8.** Denah lokasi yang ditinjau yang meliputi sepanjang hamparan Tanjung Merdeka

Tampak dari **Gambar 8** bahwa obyek/lokasi tersebut memiliki sebuah muara sungai dengan hamparan pantai yang tidak lurus. Titik-titik perhitungan dimulai dari muara sungai ke arah Utara (sepanjang mintakat Tanjung Merdeka) yang dibagi dalam 35 ruas (sel) yang masing-masing berukuran 100 m. Dengan demikian posisi dari mulut sungai hingga TM9426000 kurang lebih berjarak 400 m atau dapat dikatakan terletak antara 0 m hingga 400 m dari muara, selanjutnya TM9426000 dan TM9427000 yaitu antara 400 m hingga 1400 m, TM9427000 dan TM9428000 yaitu antara 1400 m hingga 2400 m, TM9428000 dan TB9429000 yaitu antara 2400 m hingga 3500 m.

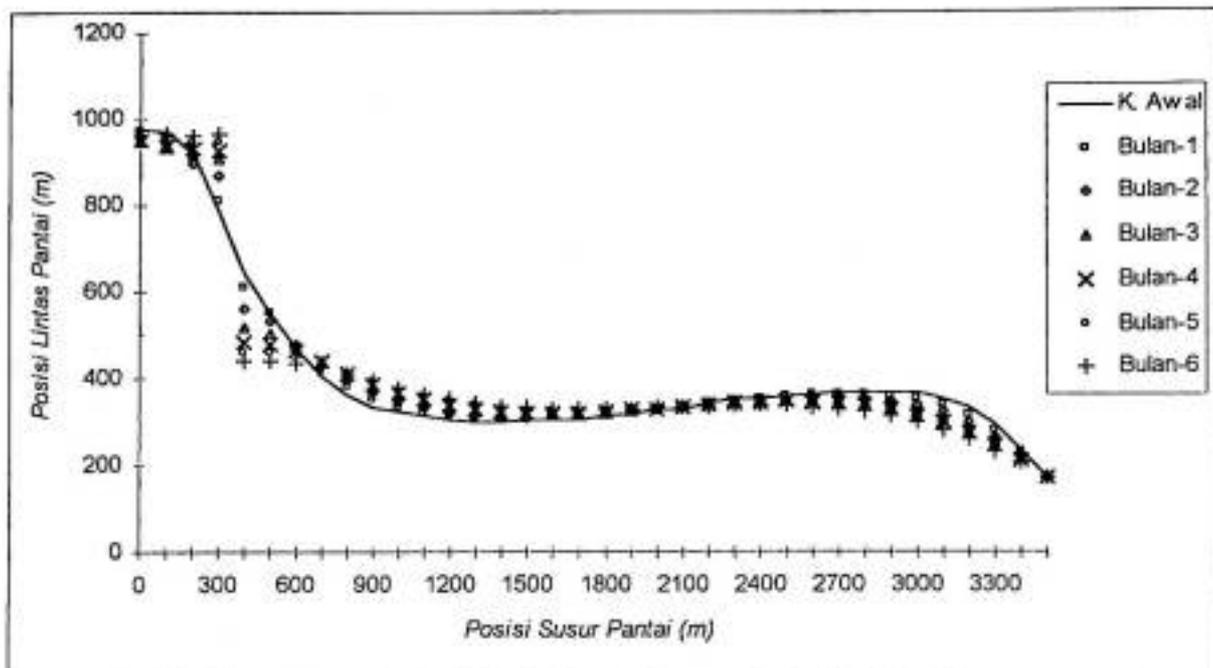
Dari beberapa sumber (beberapa laporan penelitian yang dikonfirmasi oleh pembimbing utama) memberikan keterangan bahwa muara sungai secara rata-rata memuntahkan sedimen  $q$  sebesar  $400 \text{ m}^3/\text{hari}$  dan sepanjang mintakat Tanjung Merdeka menerima hempasan ombak dengan ketinggian pada titik perusakan  $H_b$  sebesar 1,244 m pada kedalaman  $d_b$  sebesar 1,4 m yang tersebar di seluruh permukaan perairan sepanjang mintakat Tanjung Merdeka dan dianggap bahwa seluruh hamparan menerima limpasan ombak secara seragam dan bervariasi mulai dari arah Barat Daya, Barat dan Barat Laut.

Pengembangan model yang dibuat melibatkan proses iterasi pada angkutan sedimen susur pantai pada titik perusakan (yang dibuat oleh CERC). Angkutan sedimen tersebut bervariasi terhadap variasi arah ombak dan perubahan kemiringan garis pantai. Variasi angkutan sedimen ini sangat menentukan

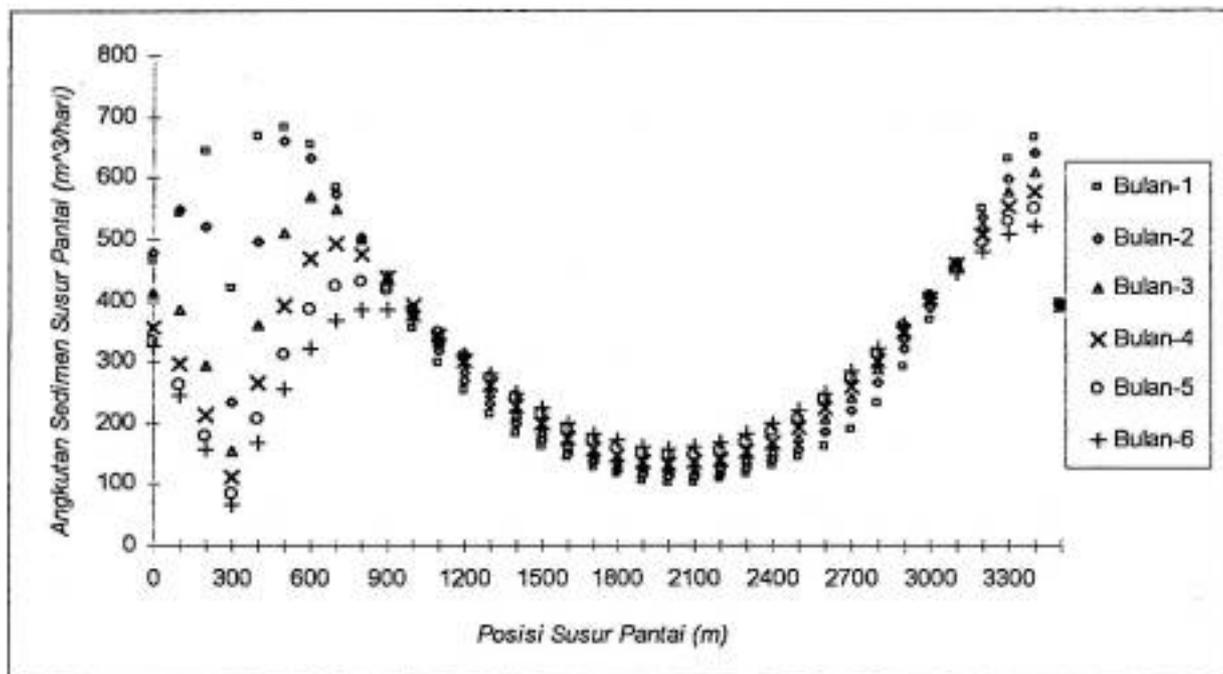
perhitungan perubahan posisi garis pantainya. Seluruh perhitungan tersebut dituliskan dalam suatu program komputer yang menggunakan bahasa program 'Fortran 90' (tercantum dalam **Lampiran G**).

Input data yang dimasukkan ke dalam terdiri atas parameter-parameter pantai seperti posisi lintas pantai awal  $y$  (dihitung dari peta pada periode-5), arah ombak datang  $\alpha_0$ , kedalaman air pada titik perusakan  $d_b$ , ketinggian ombak pada titik perusakan  $H_b$  serta muntahan sedimen dari mulut sungai dan diperoleh data hasil perhitungan yang terdiri atas data perubahan posisi-posisi garis pantai  $y$  terhadap arah sepanjang garis pantai  $x$ , serta data angkutan sedimen susur pantai  $Q$  pada setiap periode untuk setiap arah ombak datang tertentu (tercantum dalam **Lampiran H**).

Hasil plot data yang diperoleh dari hasil perhitungan program dicantumkan dalam **Gambar 9** hingga **Gambar 14** dan masing-masing menggambarkan perubahan posisi garis pantai dan model angkutan sedimen sepanjang hamparan Tanjung Merdeka. Fluktuasi perubahan garis pantai dan pola angkutan sedimen tersebut dibagi dalam tiga variasi arah ombak datang yaitu pada arah  $10^0$ ,  $45^0$  dan  $-45^0$  yang masing-masing mewakili arah ombak datang dari arah Barat, Barat Daya dan Barat Laut.



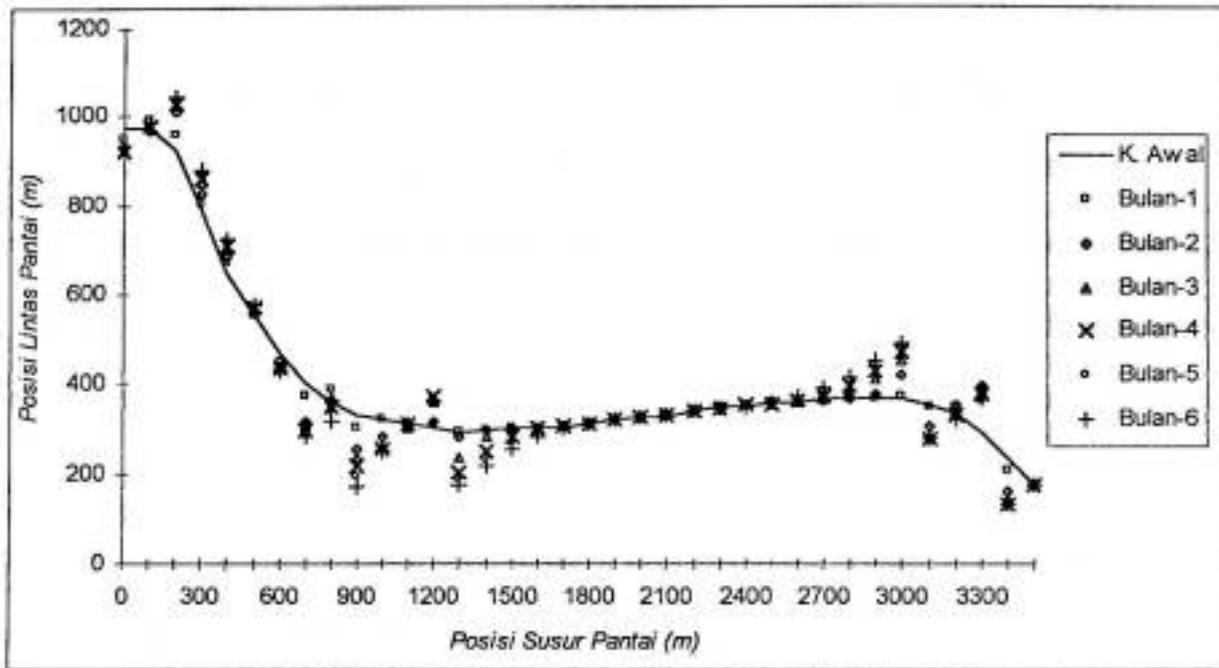
**Gambar 9.** Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat



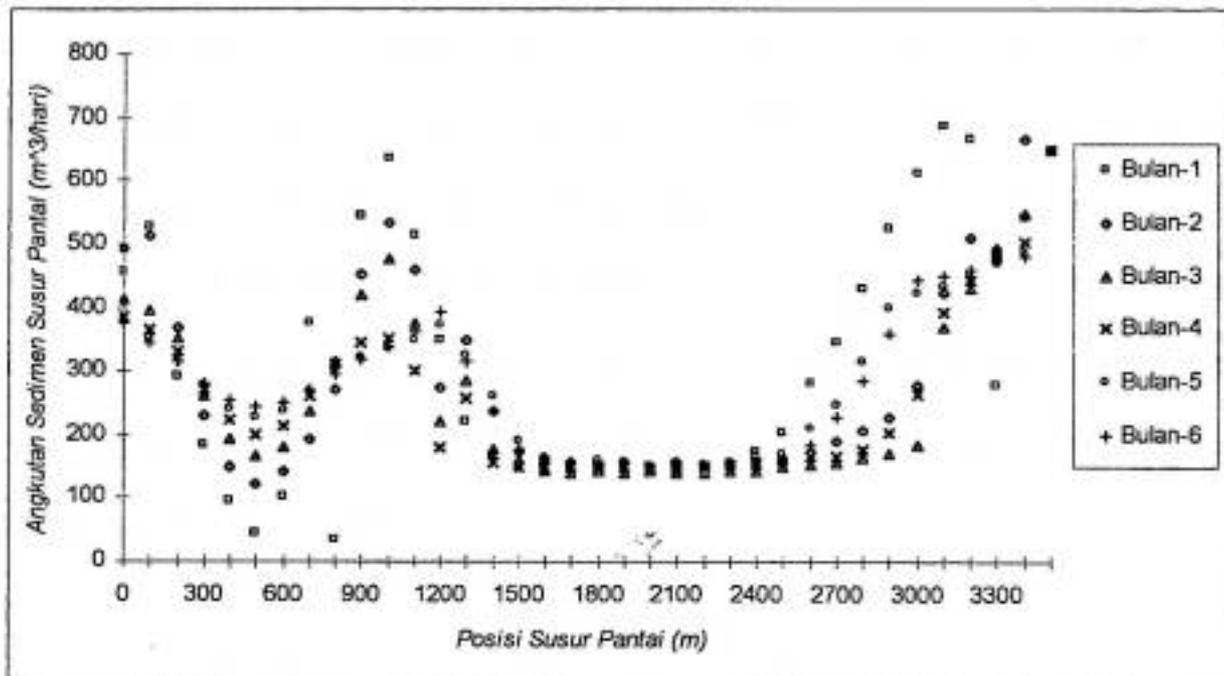
**Gambar 10.** Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat

Berdasarkan **Gambar 9** tersebut diperkirakan bahwa hempasan ombak yang datang dari arah Barat akan mengakibatkan posisi garis pantai antara 300 m hingga 800 m (sekitar TM9426000) dan 2200 m hingga 3400 m (sekitar titik TM9428000 hingga TB9429000) dari mulut sungai cenderung mundur (tererosi) dengan pergeseran garis pantai terbesar sejauh 74.8 m ke arah daratan terutama pada posisi TM9428000 hingga TB9429000. Sedangkan posisi antara 800m hingga 2000 m dari mulut sungai (sekitar TM9427000) cenderung untuk maju ke arah lautan (akrasi) sejauh 60.2 m pada posisi di sekitar TM9427000. Posisi di sekitar muara cenderung untuk maju ke arah laut.

Selanjutnya informasi yang diperoleh dari **Gambar 10** menunjukkan bahwa posisi-posisi yang diduga mengalami erosi, ditandai dengan meningkatnya pengangkutan sedimen susur pantai pada titik-titik tersebut. Hal ini berarti bahwa pada titik-titik itu sebagian besar sedimennya terkikis dan mengendap hingga pada posisi-posisi yang lebih tenang yaitu pada hamparan yang memiliki pengangkutan sedimen susur pantai yang lebih kecil. Dengan demikian diprediksi bahwa posisi yang rawan mengalami erosi oleh hempasan ombak dari arah Barat yaitu pada TM9426000 hingga TM9427000 dan dari TM9428000 hingga ke posisi sekitar TB9429000, sedimen yang terhanyut pada posisi-posisi tersebut akan terendapkan di sekitar Teluk Losari.



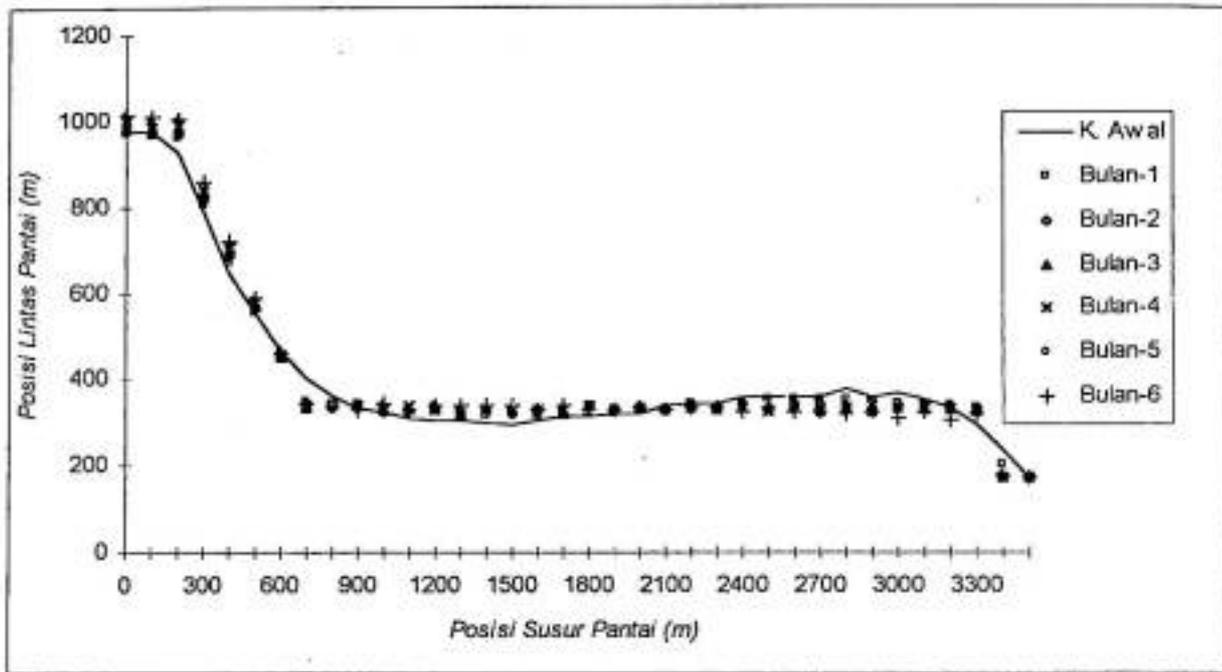
**Gambar 11.** Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya



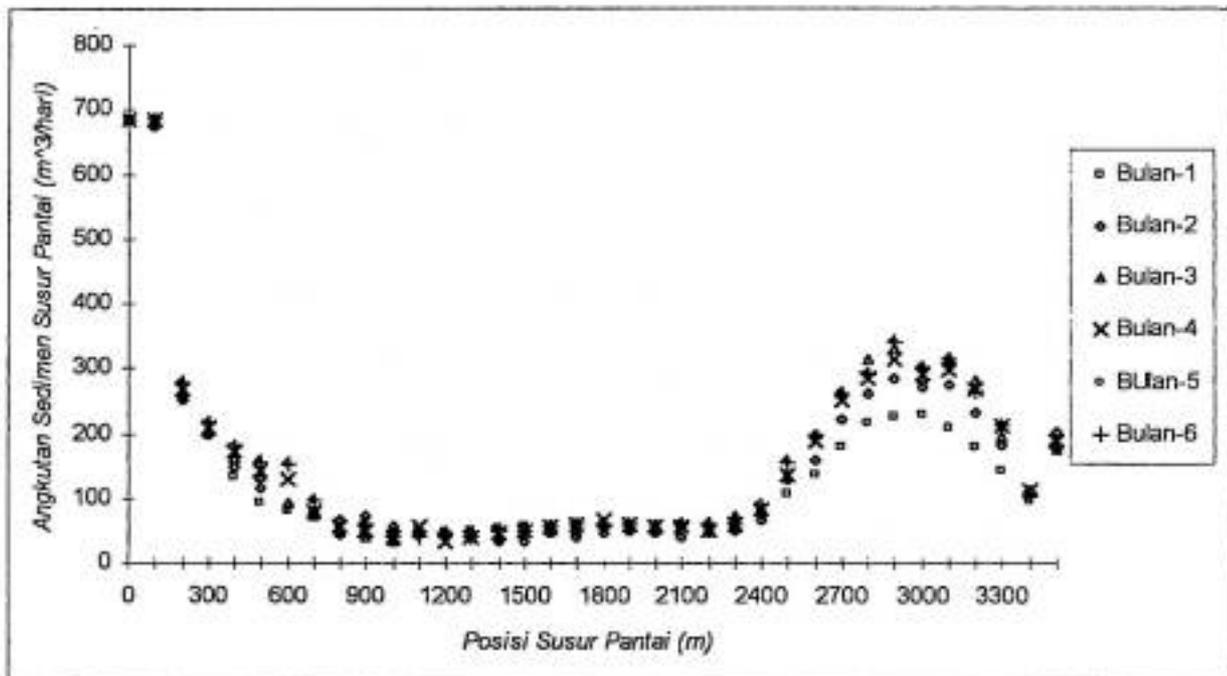
**Gambar 12.** Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Daya

Bila hempasan ombak yang datang berasal dari arah Barat Daya maka perubahan garis pantai dan model angkutan sedimennya ditunjukkan dalam **Gambar 11**. Dari gambar tersebut diperoleh perkiraan bahwa posisi yang mengalami erosi terjadi antara titik 500 m hingga 1700 m dari muara (antara posisi TM942600 hingga TM9427000) dimana garis pantai maksimal bergeser sejauh 118 m ke arah daratan. Kemudian titik yang mengalami sedimentasi dapat terjadi pada jarak antara 2700 m hingga 3300 m dari muara (sekitar TB9429000) yang bergeser kurang lebih sejauh 84,4 m ke arah laut sedangkan posisi lainnya tidak menunjukkan perubahan yang berarti (cenderung stabil) yaitu pada posisi di sekitar TM9428000. Kecuali pada posisi di sekitar muara yang masih menunjukkan kecenderungan untuk maju hingga 80 m ke arah laut.

**Gambar 12** menunjukkan bahwa posisi-posisi yang memiliki angkutan sedimen yang lebih besar terjadi di sekitar posisi TM9427000 dan posisi di antara TM9428000 hingga TB9429000, sama halnya dengan kasus hamparan yang diterpa oleh hempasan angin barat. Namun titik-titik yang pengangkutan sedimennya lebih kecil mencapai hamparan yang lebih luas. Dengan demikian diperkirakan bahwa kecenderungan hamparan pantai pada kondisi ini umumnya mengalami pola 'penyusutan'.



**Gambar 13.** Perubahan posisi garis pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Laut



**Gambar 14.** Angkutan sedimen pantai hamparan Tanjung Merdeka terhadap ombak yang datang dari arah Barat Laut

Pada **Gambar 13** dan **Gambar 14** masing-masing menunjukkan perubahan garis pantai dan angkutan sedimen sepanjang pantai bila hamparan Tanjung Merdeka menerima hempasan ombak yang datang dari arah Barat Laut. Titik yang cenderung mengalami pengikisan (erosi) terletak antara 500 m hingga 800 m dan pada titik 2200 m hingga 3200 m dari muara sungai (di sekitar TM9428000), pergeseran garis pantai ke arah daratan ini pada kedua lokasi tersebut sebesar 58,6 m dan terletak pada titik-titik di sekitar TM9428000. Selanjutnya posisi-posisi lainnya yaitu antara 1000 m hingga 2100 m dari muara (sekitar TM9427000) cenderung maju ke arah laut dan bergeser maksimal sejauh 40,3 m dan posisi di sekitar muara tetap cenderung maju ke arah laut.

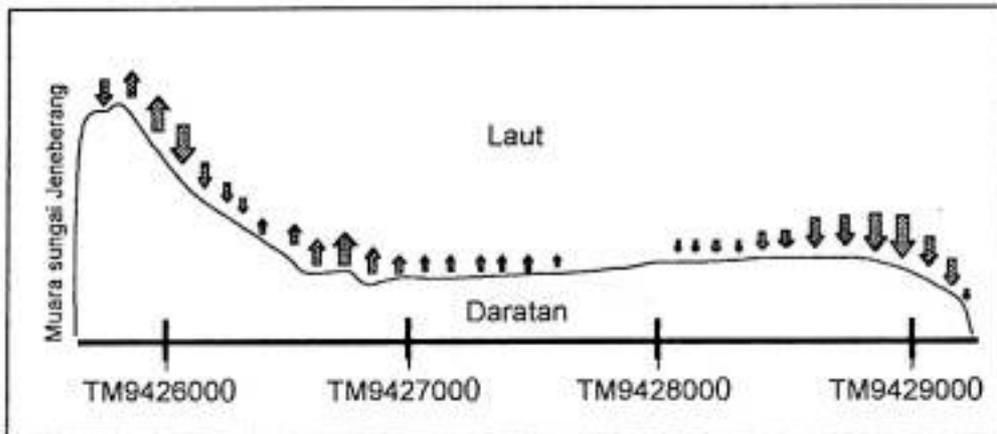
Dari **Gambar 14** tampak bahwa hamparan sekitar TM9428000 hingga TB9429000 masih mengalami pengikisan yang ditandai oleh peningkatan angkutan sedimen pada sepanjang rentangan posisi tersebut. Namun posisi lainnya cenderung untuk stabil dengan fluktuasi yang kecil. Garis pantai cenderung untuk maju secara sejajar, hal ini disebabkan oleh hasil pengikisan (erosi) pada hamparan sepanjang TM9428000 dan TB9429000 tersebut tersebar merata. Sedimen dari posisi tersebut terangkut oleh hempasan ombak dari arah Barat Laut dan mengendap di sepanjang hamparan pantai di bagian sebelah Selatan.

Untuk memperjelas posisi-posisi fluktuasi garis pantai dari model dalam **Gambar 9**, **Gambar 11** dan **Gambar 13**, maka pola fluktuasi garis pantai dari tiga kemungkinan variasi arah ombak (barat, barat daya dan barat laut) diilustrasikan kembali dalam **Gambar 15**.

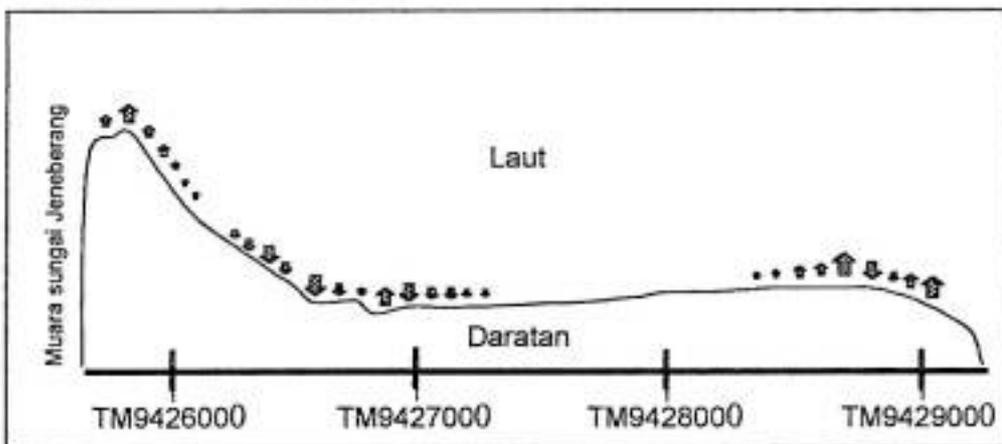
Dengan jelas dapat disimpulkan bahwa titik-titik yang kemungkinan terbesar mengalami erosi adalah pada posisi sekitar TM942800, hal ini didukung oleh kenyataan yang diperoleh dari tahun-tahun sebelumnya bahwa posisi-posisi tersebut akan cenderung mundur pada setiap tahun. Dan titik-titik di sekitar TM9427000 cenderung untuk tetap stabil dan sebaliknya titik-titik di sekitar TM9426000 (dan di sekitar muara) cenderung untuk terus maju bergantung besar sedimen muntahan sungai serta dominasi ombak dari arah barat maupun barat daya yang mengarah ke utara.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Sakka (1996), ombak dominan sepanjang tahun berarah ke utara. Oleh karena itu terdapat kecenderungan bahwa arah ombak yang berasal dari arah barat dan barat daya akan mengarah ke utara sepanjang tahun. Hal tersebut memberikan prediksi yang dikaitkan dengan model bahwa sebagian besar hamparan pantai cenderung untuk memiliki pola 'penyusutan', atau tetap stabil yang bergantung pada ketersediaan sedimen yang dimuntahkan oleh muara Sungai Jeneberang.

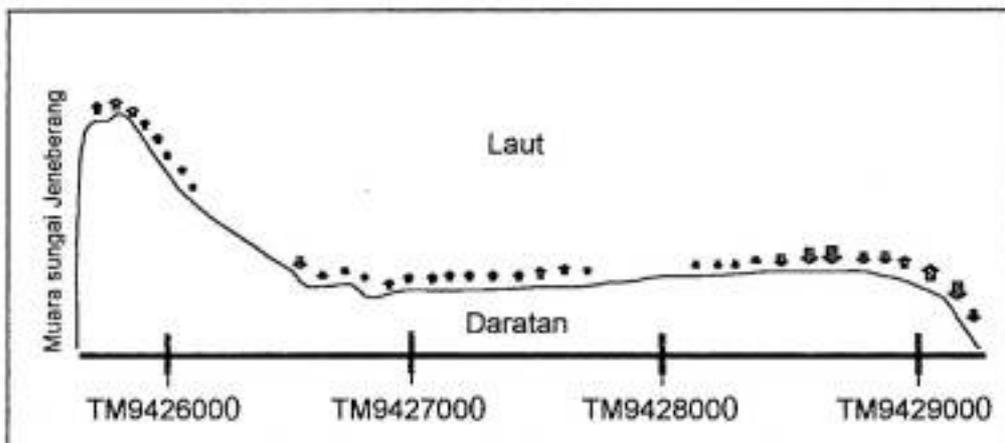
Ombak datang pada arah Barat.



Ombak datang dari arah Barat Daya.



Ombak datang dari arah Barat Laut.



**Gambar 15.** Pola fluktuasi Garis Pantai oleh hempasan ombak yang datang dari arah Barat, Barat Daya dan Barat Laut

BAB V

GENERAL PLAN

GENERAL



## **BAB V**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Simpulan**

Dari hasil studi ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengolahan peta-peta tahun 1900, 1979, 1989, 1995, 1997 dan 1998 menunjukkan bahwa hamparan pesisir pantai Delta Jeneberang terkadang mengalami pola perkembangan di sebagian hamparan pantai yang disertai dengan pola penyusutan pada bagian lainnya. Fakta yang diperoleh bahwa hamparan pantai Delta Jeneberang berfluktuasi dengan variasi laju perubahan secara total mencapai + 5,29 ha/tahun.
2. Melalui pemantauan terhadap perubahan posisi-posisi tertentu selama puluhan tahun menunjukkan bahwa hamparan Delta Jeneberang secara umum masih memiliki peluang untuk berkembang bergantung suplai sedimen Sungai Jeneberang yang merupakan satu-satunya input sedimen bagi hamparan pantai Delta Jeneberang khususnya pada posisi-posisi di sekitar muara sungai bagian selatan Delta Jeneberang. Tetapi secara khusus bahwa pada titik-titik sekitar TM9428000 ke arah Utara hingga TB9430000 diprediksikan bahwa posisi-posisi tersebut memiliki kecenderungan mengalami erosi oleh angkutan sedimen yang disebabkan adanya arus residu yang dominan ke Utara setiap tahunnya.

3. Hasil prediksi yang diperoleh melalui penggunaan model *One Line* menunjukkan adanya kecenderungan bahwa sepanjang tahun posisi-posisi di sekitar muara Sungai Jeneberang akan memiliki peluang untuk berkembang, sedangkan posisi garis pantai di sekitar titik TM9428000 ke Utara akan terus mundur sepanjang tahun dan mengalami pola 'penyusutan' baik oleh hempasan ombak dari arah Barat maupun dari Barat Daya yang berarah ke Utara.

## V.2. Saran

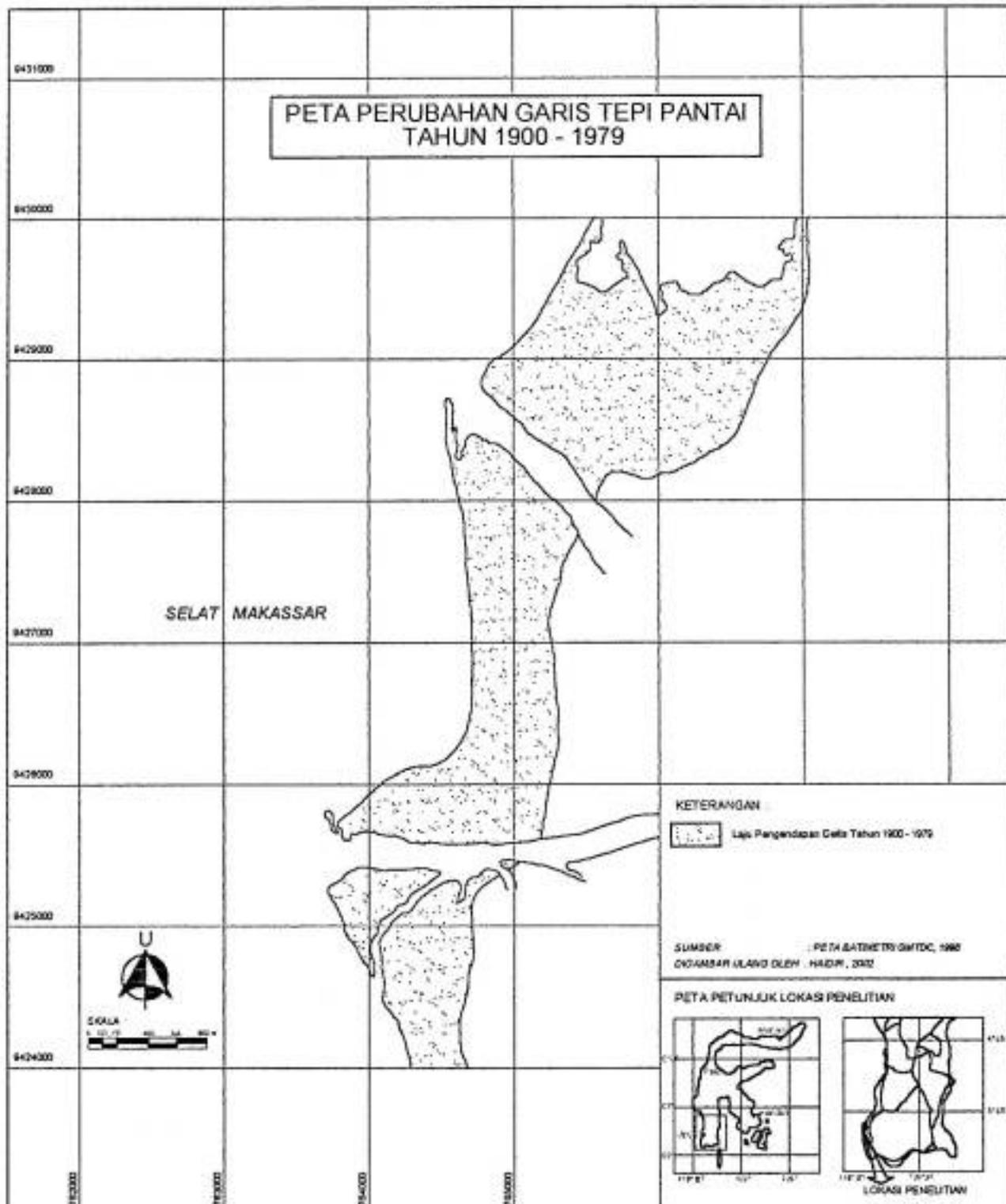
Dalam penelitian ini, telah dilakukan salah satu metode peramalan perubahan posisi garis pantai dengan menggunakan model *One-Line*. Dalam penyelesaian model tersebut solusinya diperoleh dengan menggunakan metode numerik. Cara ini umumnya banyak dilakukan orang dengan pertimbangan lebih fleksibel dan ekonomis dibandingkan dengan pengukuran lapangan. Prediksi yang dilakukan tersebut menggunakan model *One-Line* yang tentunya hanya terbatas pada tinjauan satu dimensi pada syarat batas tertentu saja. Seiring dengan perkembangan pola pikir dan kebutuhan memungkinkan untuk melakukan pengembangan metode ini dengan lebih menekankan pada penggunaan metode-metode penyelesaian numerik yang lain yang mungkin memiliki keunggulan dan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan metode numerik beda hingga, atau dengan menerapkan syarat batas yang melibatkan parameter yang lebih kompleks dan berlaku pada hamparan pantai yang ditinjau.

## DAFTAR PUSTAKA

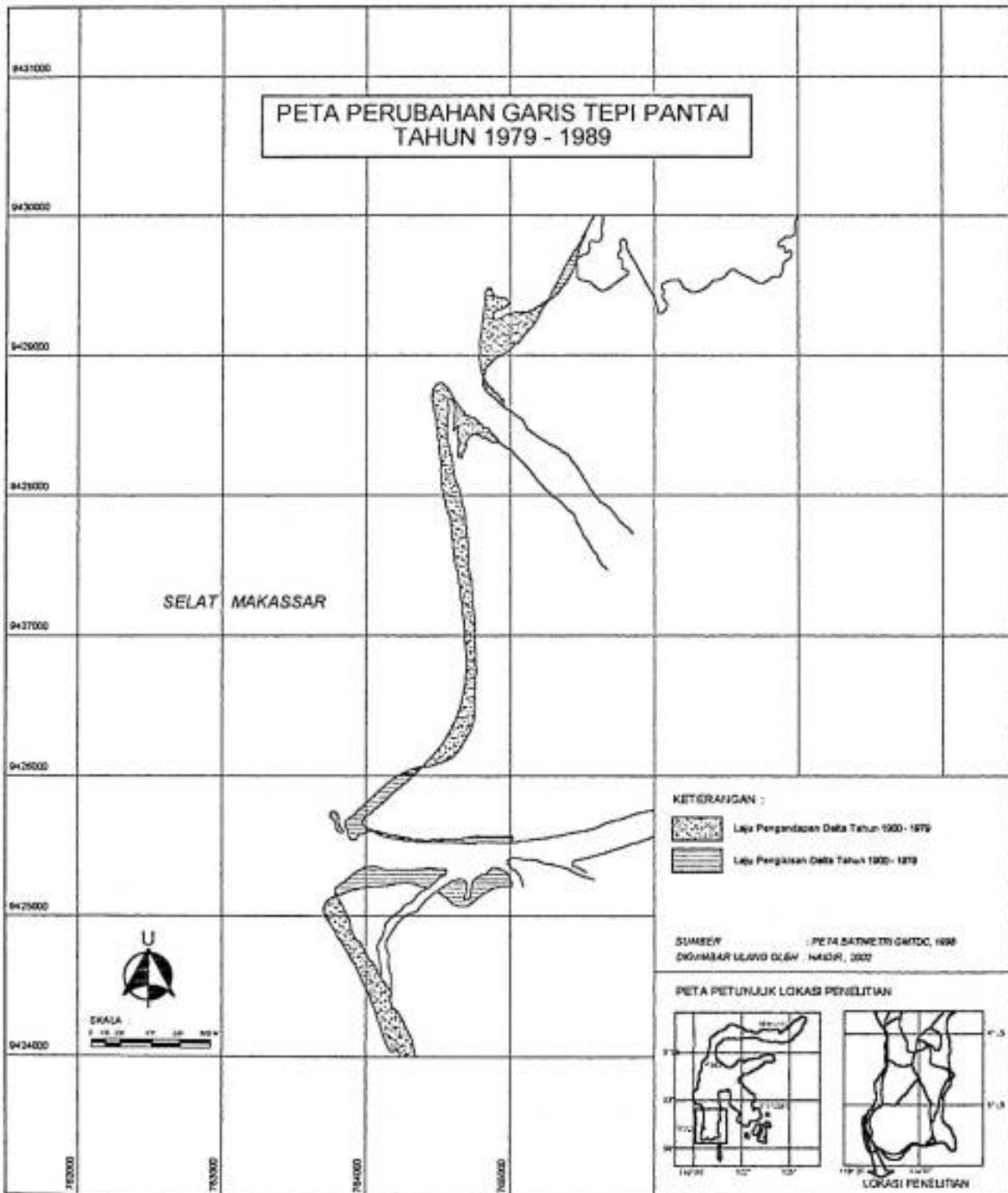
- Bambang Triatmodjo, 1992, *Metode Numerik*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Bambang Triatmodjo, 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Dadang Ahmad dan Hamzah M.A., 1994, *Model Pertumbuhan Garis Tepi Pantai di Sekitar Muara Sungai (Pertumbuhan Delta)*, Bahan Desiminasi Pendayagunaan Teknologi Tepat Guna dan Kelembagaan Bidang Pengairan pada PT Pelabuhan Indonesia IV, Ujungpandang.
- Dennis G., Chullen, 1992, *Advanced Engineering Mathematics*, PWS-Kent Publishing Company, Boston.
- Mohamed Dabees and J. William Kamphius, 2000, *Online, A Numerical Model for Shoreline Change*, Department of Civil Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, Canada.
- Refaat and Tsuchiya, 1991, *Formation and Reduction Processes of River Deltas; Theory and Experiments*, Reprinted from Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute Kyoto University, Japan.
- Refaat, 1990, *The Formation and Reduction Processes and Their Control*, Japan.
- Sakka, 1996, *Studi Perubahan Garis Pantai di Sekitar Muara Sungai Jeneberang Kotamadya Ujung Pandang*. Tesis Mahasiswa Jurusan Ilmu-ilmu Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Pasca Sarjana Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Yamashita, 1993, *Computational Coastal Hydraulics with Relation to Prediction of Storm Surge and Beach Changes*, Japan.

THE HISTORY OF THE

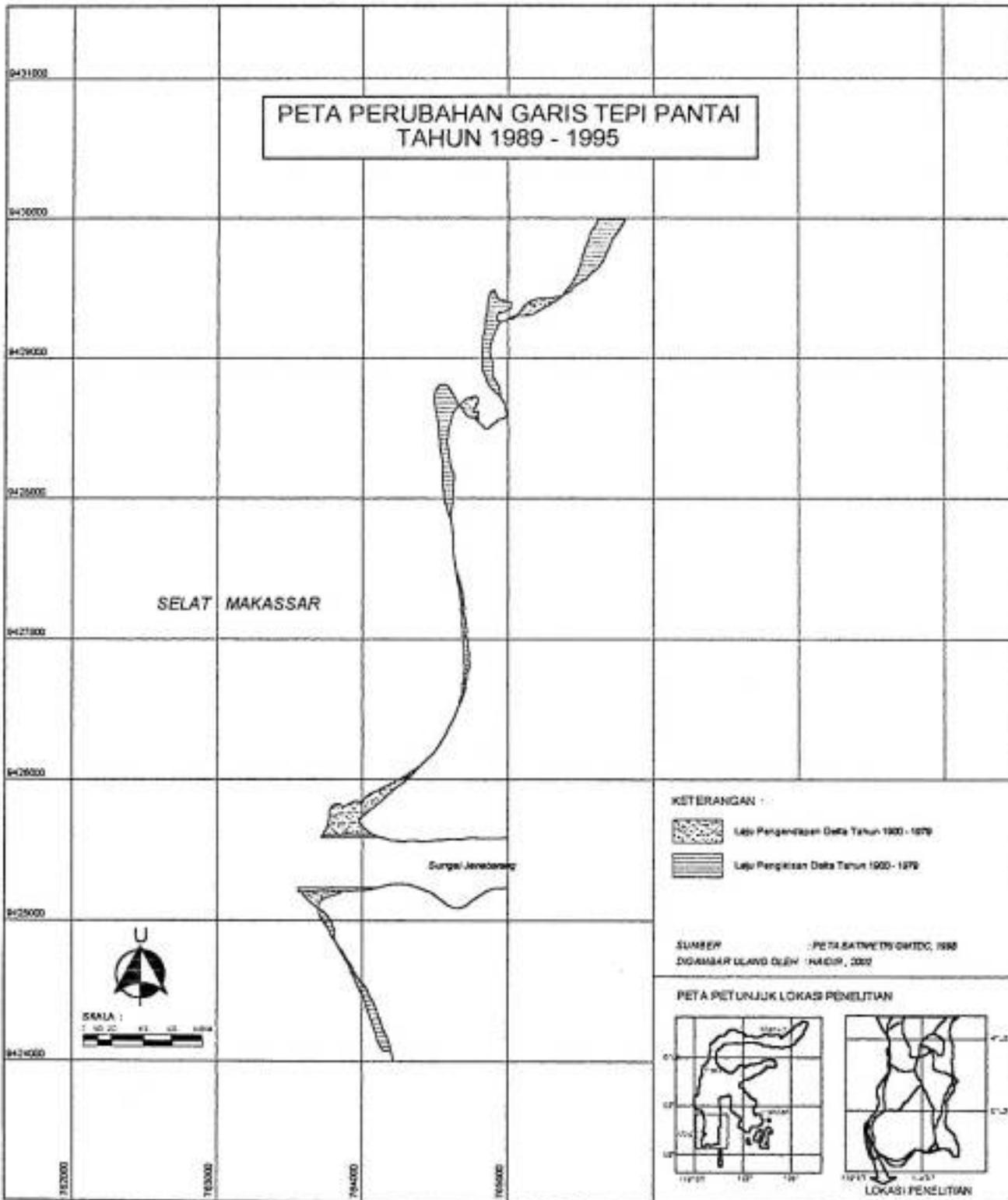
# LAMPIRAN A



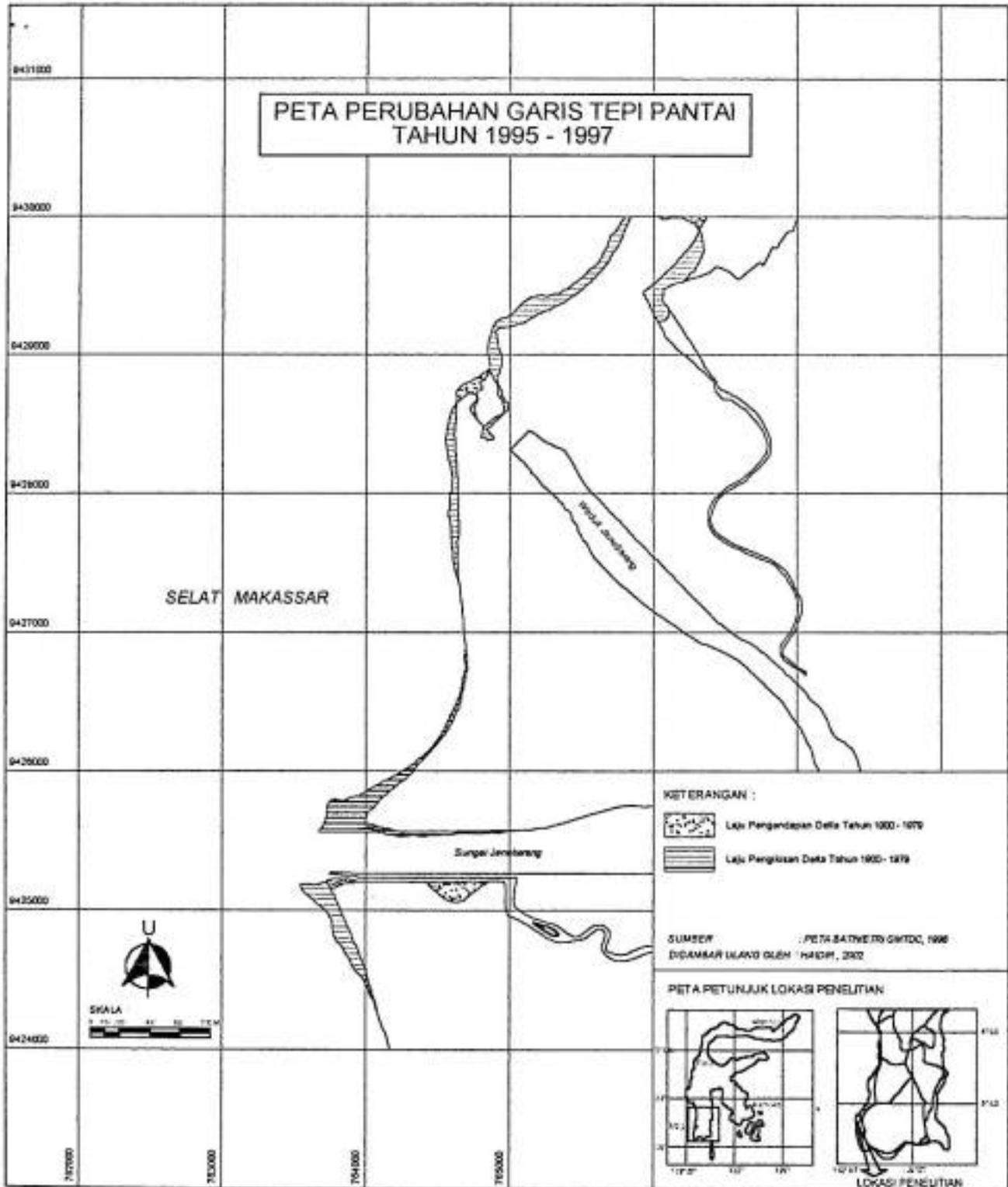
## LAMPIRAN B



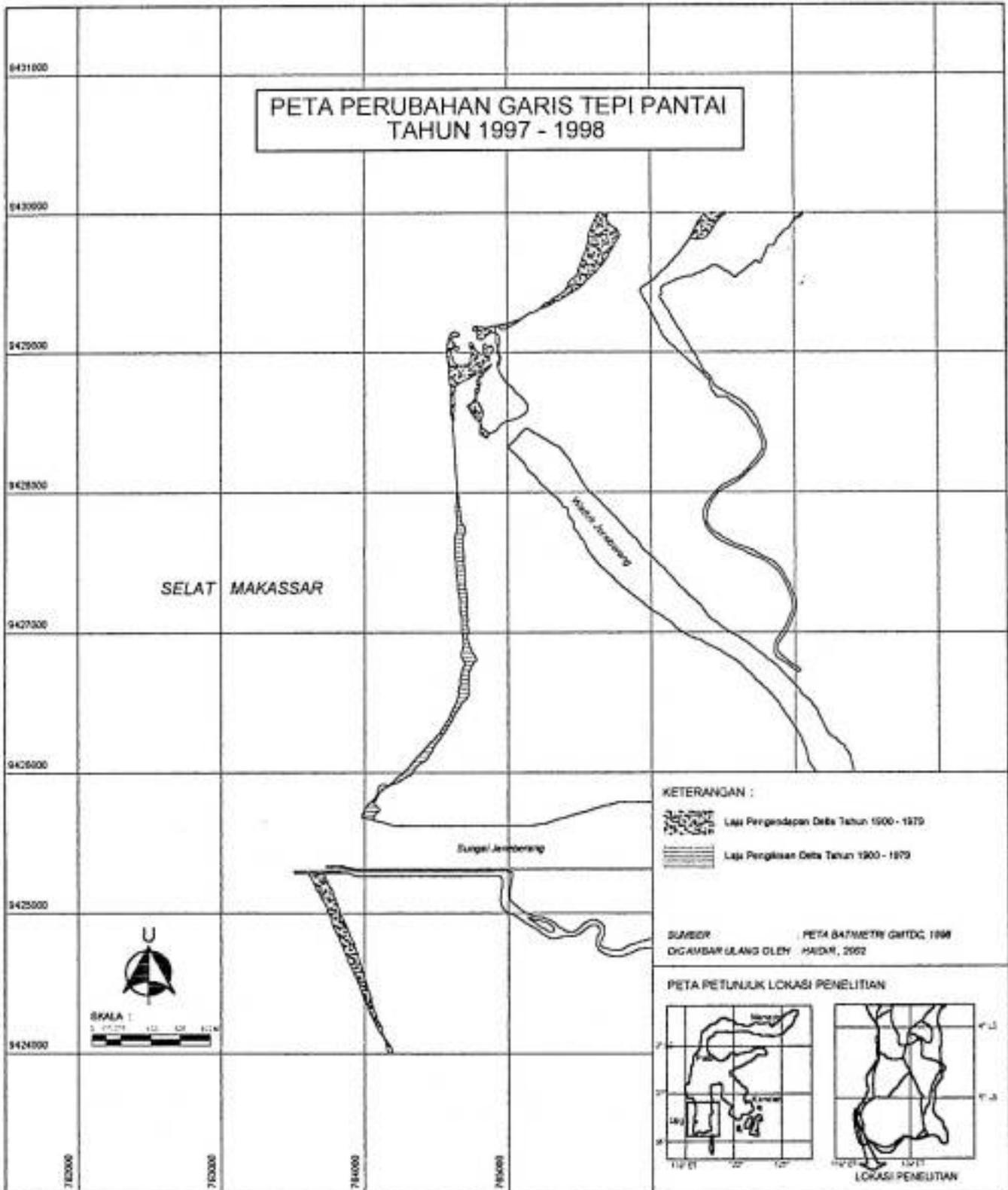
# LAMPIRAN C



# LAMPIRAN D

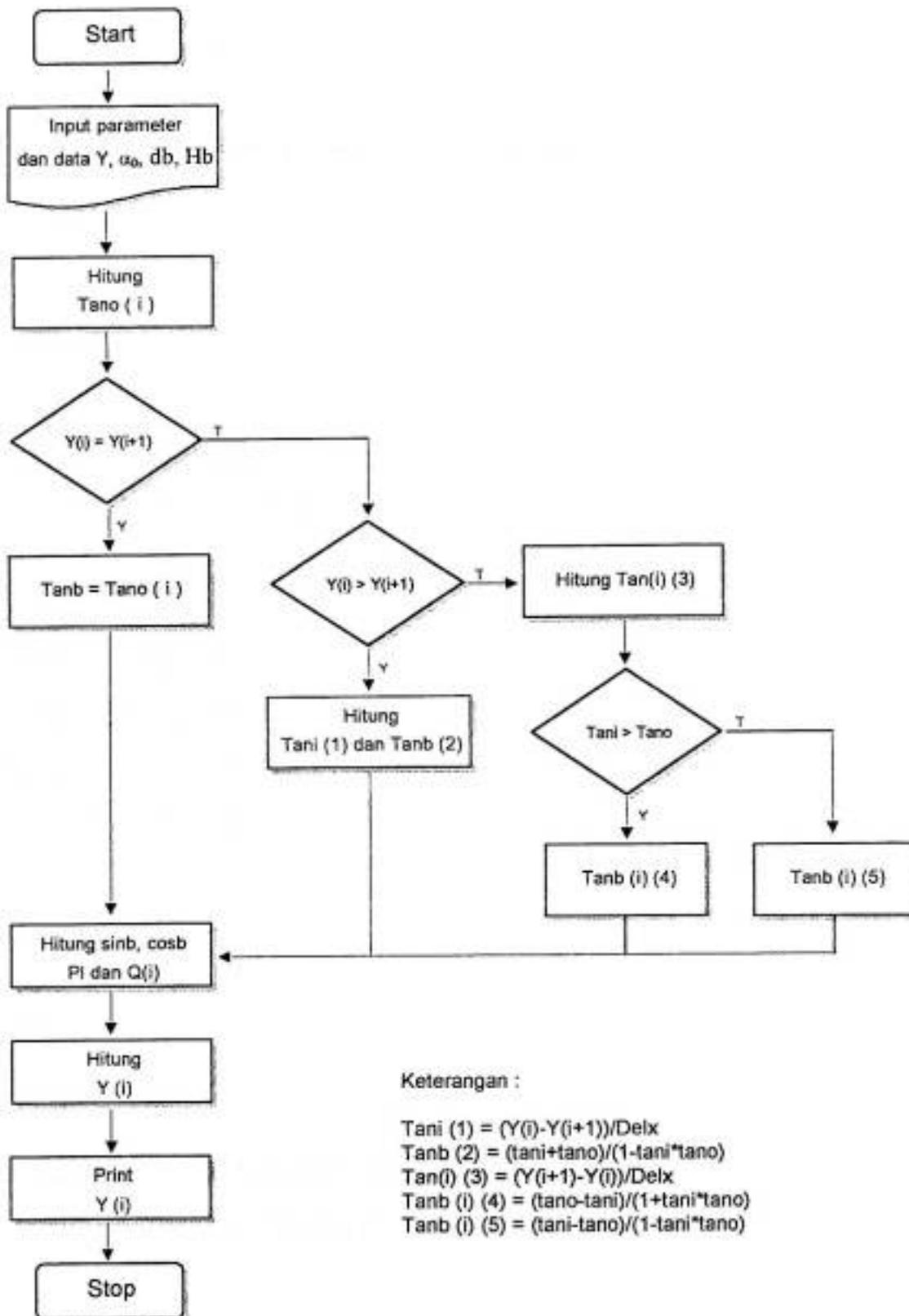


# LAMPIRAN E



## LAMPIRAN F

### Diagram Alur Program





## LAMPIRAN G

```
! *****  
!  
! PROGRAM PEMODELAN PERUBAHAN GARIS PANTAI  
!  
! *****
```

```
program OneLine
```

```
implicit none
```

```
character*80 :: inputFileName, outputFileName
```

```
real, parameter :: pi = 3.141592654
```

```
real, parameter :: g = 9.81
```

```
real, parameter :: rhoa = 1030
```

```
real, parameter :: rhos = 2650
```

```
real, dimension(:),allocatable :: Y, DelY, Q, AL, ALP0,TAN0,DB,HB
```

```
real :: DelX,pl,qe,DelT,cn,tanb,tani,dir,A,sinb,cosb
```

```
integer :: i, n, kn,k,ny,retcode
```

```
DelX = 100.0
```

```
DelT = 1.0
```

```
kn = 360*5
```

```
qe=800.
```

```
cn = 0.05
```

```
inputFileName = 'C:\My Documents\DATA.txt'
```

```
outputFileName = 'C:\My Documents\hasil.txt'
```

```

open(2,FILE=outputFileName)
TAN0 = tan(ALP0*pi/180.0)
AL(1) = ALP0(1)

do k=1,kn
  do i=1,n
    if (Y(i).eq.Y(i+1)) then
      tanb = TAN0(i)
      dir = 1.0
    elseif (Y(i).gt.Y(i+1)) then
      tani = (Y(i)-Y(i+1))/DelX
      tanb = (tani+TAN0(i))/(1.0-tani*TAN0(i))
      dir = 1.0
    else
      tani = (Y(i+1)-Y(i))/DelX
      if (tani.ge.TAN0(i)) then
        tanb = (tani-TAN0(i))/(1.0+tani*TAN0(i))
        dir = -1.0
      else
        tanb = (TAN0(i)-tani)/(1.0+tani*TAN0(i))
        dir = 1.0
      endif
    endif
  endif

  A = tanb**2
  sinb = sqrt(A/(A+1.0))
  cosb = sqrt(1.0-sinb**2)
  AL(i) = asin(sinb)*180.0/pi
  pl = cn*rhoa*g*HB(i)**2*sqrt(g*DB(i))*sinb*cosb/8.0
  Q(i) = dir*3.534*pl
end do

AL(n+1) = AL(n)
Q(n+1) = Q(n)

Y(1) = Y(1)+(qe-Q(1))*DelT/(DelX*DB(1))
do i=2,n
  Y(i) = Y(i)+(Q(i+1)-Q(i))*DelT/(DelX*DB(i))
end do
if (mod(k,30).eq.0.or. k.eq.1) then
  write(2,*) '***** Bulan ke ', k/30

```

```
!      do i=1,n
        write(2,'(i4,3f8.1)') i,Y(i),Q(i),AL(i)
        write(2,'(3f8.1)') delX*(i-1),Y(i),Q(i)
      end do
    end if
  end do

end program OneLine
```

## LAMPIRAN H

Data perubahan posisi garis pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah 10 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat)

X (m)	Y (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	977.9	971.7	957.6	948.4	952.4	963.1	976.6
100	968.8	947.8	932.3	930.2	939.0	951.6	966.0
200	924.0	915.0	899.3	914.7	930.6	946.0	961.8
300	790.3	810.1	870.7	906.8	928.8	946.9	964.1
400	644.0	610.0	560.4	516.3	483.0	457.4	436.7
500	552.5	552.1	533.8	502.9	477.2	456.1	438.4
600	468.5	471.3	478.3	474.5	461.0	446.7	433.4
700	404.1	417.5	430.0	438.3	437.2	430.9	423.0
800	361.7	379.0	393.1	404.5	410.8	411.4	408.7
900	332.6	351.5	365.1	377.0	386.1	391.1	392.8
1000	322.1	332.2	344.4	355.5	365.3	372.5	376.9
1100	310.8	319.1	329.4	339.5	348.8	356.6	362.6
1200	303.6	310.5	319.2	327.9	336.4	344.0	350.5
1300	296.0	305.6	312.8	320.2	327.6	334.6	341.0
1400	297.3	303.6	309.5	315.7	322.0	328.2	334.0
1500	303.1	304.0	308.7	313.7	319.0	324.2	329.3
1600	303.7	306.1	309.8	313.9	318.1	322.4	326.7
1700	304.4	309.6	312.6	315.7	319.0	322.4	325.7
1800	312.0	314.3	316.6	318.9	321.2	323.7	326.2
1900	319.0	319.9	321.4	322.9	324.5	326.0	327.5
2000	326.7	326.1	326.9	327.6	328.3	328.9	329.6
2100	328.7	332.7	332.6	332.5	332.4	332.1	331.8
2200	342.0	339.3	338.4	337.5	336.4	335.2	333.9
2300	350.4	345.4	343.7	342.0	340.0	337.8	335.4
2400	351.7	350.8	348.5	345.7	342.7	339.4	336.1
2500	357.3	355.3	352.2	348.3	344.1	339.7	335.3
2600	358.8	358.8	354.5	349.3	343.8	338.2	332.8
2700	367.1	360.9	354.8	348.0	341.2	334.4	328.0
2800	366.7	360.8	352.4	343.9	335.7	327.9	320.6
2900	367.8	357.4	346.5	336.3	326.8	318.1	310.1
3000	365.5	349.3	335.9	324.2	313.8	304.5	296.2
3100	352.5	334.7	319.6	307.0	296.1	286.7	278.6
3200	331.8	311.6	296.3	283.7	273.2	264.4	257.0
3300	292.4	277.7	264.5	253.5	244.6	237.5	231.7
3400	235.3	230.8	223.1	216.1	210.6	206.5	203.3
3500	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai

Y(m) adalah posisi garis pantai (dalam satuan meter) terhadap titik datum tertentu

Data angkutan sedimen susur pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah 10 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat)

X (m)	Q (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	265.9	465.4	479.8	411.2	356.1	333.6	323.3
100	628.5	539.9	547.1	383.1	296.6	260.8	243.3
200	577.8	643.5	521.4	293.1	214.2	178.2	157.8
300	546.9	419.2	235.1	152.5	111.4	85.2	65.8
400	670.8	667.5	495.2	358.7	265.8	207.4	167
500	680.3	682.4	661.4	510.6	389.9	310.2	254.5
600	677.4	653.5	633	569.7	467.3	384.3	322.3
700	603.8	581.8	571.2	549.8	491.3	424	366.1
800	518.6	497.8	502.2	499.3	474.4	431.2	385.5
900	303	418.5	434.3	441.5	435.9	414.1	383.7
1000	337.7	351.6	372.1	384.8	389.8	383	366.5
1100	274.6	297	317.2	332.8	343.2	345.8	340.1
1200	296.9	251.5	270.4	286.8	299.7	307.7	309.4
1300	166.1	213.6	231.2	247.1	260.9	271.7	278.2
1400	97.8	183.4	198.9	213.6	227.4	239.4	248.8
1500	188.6	160.2	172.7	186	199.2	211.7	222.5
1600	188.6	141.7	151.8	163.8	176.4	188.7	200.4
1700	76.2	126.1	135.5	146.7	158.6	170.7	182.7
1800	97.8	113.6	123.4	134.2	145.6	157.6	169.7
1900	74.9	104.8	115.5	126.1	137.3	149.3	161.6
2000	188.6	100.3	111.6	122.3	133.7	145.9	158.5
2100	15.4	100.7	112	122.9	134.8	147.5	160.5
2200	74.9	106.7	116.5	128.1	140.9	154.3	167.6
2300	188.6	116.6	125.3	138.1	152.2	166.4	180.1
2400	97.8	128.3	138.6	153.7	169.2	184.1	198
2500	187.3	141.8	157.6	175.5	192.4	207.7	221.2
2600	53.3	160.1	183.6	204.4	222.1	237.1	249.7
2700	210.8	188.4	218.7	241.1	258.5	272.2	283.1
2800	166.1	231.1	264.3	286	301.4	312.6	320.5
2900	210.8	291.1	320.9	338.7	350	357	360.9
3000	356.2	368.2	387.4	397.6	402.6	403.9	402.6
3100	428	457.8	460.5	460.1	456.7	450.7	443
3200	589.5	550	534.1	521.6	508.1	493.6	479
3300	663.2	627.4	598.9	574.7	550.6	527.7	506.7
3400	673.4	664.4	640.3	608	575.8	547	522
3500	391	391	391	391	391	391	391

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai  
Q(m) adalah besar angkutan sedimen (dalam satuan meter kubik/hari)

Data perubahan posisi garis pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah 45 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat Daya)

X (m)	Y (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	975.4	947.9	930.1	921.9	922.7	926.4	931.1
100	972.6	992.7	970.8	972.0	975.6	980.2	985.3
200	925.2	958.8	1009.7	1023.9	1030.9	1037.0	1042.7
300	789.8	801.0	826.7	848.1	861.8	871.1	878.2
400	646.0	669.5	684.8	698.8	709.6	717.5	723.3
500	552.2	554.4	559.8	564.9	569.5	572.9	575.4
600	467.5	447.0	439.6	436.7	434.1	432.0	430.5
700	402.4	371.0	315.7	305.6	295.9	288.8	283.9
800	360.6	387.6	364.0	369.0	349.0	338.0	316.0
900	330.7	304.0	257.0	237.0	217.0	195.0	172.0
1000	322.4	323.5	283.4	260.3	257.2	255.2	251.8
1100	310.3	304.6	302.1	303.7	314.0	313.7	310.1
1200	303.7	305.9	314.3	358.7	372.6	370.7	363.0
1300	295.1	292.7	284.7	234.4	204.1	187.3	174.0
1400	296.9	297.5	296.7	281.3	251.4	232.9	218.8
1500	303.7	302.8	302.2	299.9	284.2	268.3	255.2
1600	303.7	303.7	303.8	303.8	301.3	292.6	282.8
1700	303.8	305.1	306.1	306.8	307.2	305.8	301.3
1800	312.1	311.9	312.2	312.4	312.7	312.8	312.0
1900	318.9	319.1	319.0	319.0	319.1	319.2	319.2
2000	327.3	326.1	325.8	325.7	325.8	325.9	326.0
2100	327.6	330.9	332.1	332.6	332.7	332.8	332.8
2200	342.5	340.8	340.4	340.1	339.9	339.8	339.6
2300	351.0	349.2	347.9	347.1	346.6	346.3	346.0
2400	351.1	351.9	352.2	352.1	352.0	351.8	351.9
2500	357.9	357.1	356.7	356.6	356.6	357.1	358.9
2600	358.1	359.7	360.3	360.6	361.8	365.6	371.1
2700	368.0	366.4	365.5	366.2	372.9	382.1	390.7
2800	366.4	366.5	367.0	379.4	395.1	407.7	418.0
2900	368.1	368.1	378.3	409.8	428.6	442.0	452.5
3000	366.6	373.3	420.8	455.8	472.4	484.2	493.4
3100	353.1	348.9	305.0	284.8	280.5	278.2	276.9
3200	333.6	348.8	355.5	339.5	330.8	325.6	322.5
3300	293.9	363.3	394.7	387.3	377.1	370.6	366.8
3400	235.7	205.8	160.2	139.4	133.8	132.0	131.1
3500	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai

Y(m) adalah posisi garis pantai (dalam satuan meter) terhadap titik datum tertentu

Data angkutan sedimen susur pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah 45 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat Daya)

X (m)	Q (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	679.3	454.7	493.1	410.7	386.0	377.1	373.3
100	433.1	528.2	512.6	395.9	363.9	350.8	345.2
200	192.8	289.3	369.4	350.4	330.4	319.5	315.1
300	244.4	182.0	228.5	259.9	271.1	276.7	281.4
400	55.4	94.0	148.5	192.9	221.6	240.9	254.3
500	117.3	44.7	123.2	165.6	200.3	225.3	242.5
600	278.6	100.1	143.2	179.6	213.2	235.1	249.0
700	475.7	375.8	191.9	235.6	258.9	266.2	270.6
800	571.9	33.5	268.5	313.4	311.8	300.2	294.9
900	673.2	543.6	453.6	419.8	344.4	320.8	316.1
1000	665.1	635.8	532.0	475.4	351.2	335.3	337.1
1100	678.0	512.0	460.0	374.4	300.0	348.4	360.7
1200	674.3	348.0	273.0	220.0	180.0	369.8	390.9
1300	683.8	218.0	349.0	283.0	257.0	325.0	315.0
1400	677.9	166.0	235.0	174.0	156.0	260.0	235.0
1500	684.2	144.0	173.0	158.0	148.0	190.0	176.0
1600	684.2	143.0	161.0	143.0	149.0	163.0	151.0
1700	674.6	146.0	154.0	140.0	148.0	153.0	154.0
1800	677.9	146.0	148.0	141.0	149.0	160.0	153.0
1900	674.3	149.0	154.0	140.0	149.0	154.0	153.0
2000	684.2	148.0	148.0	141.0	146.0	149.0	148.0
2100	653.3	151.0	154.0	140.0	146.0	153.0	146.0
2200	674.3	148.0	149.0	140.0	149.0	153.0	149.0
2300	684.2	153.0	153.0	141.0	153.0	156.0	149.0
2400	677.9	173.0	149.0	141.0	156.0	166.0	154.0
2500	684.2	201.0	156.0	149.0	158.0	169.0	160.0
2600	670.3	280.0	171.0	151.0	164.0	208.0	183.0
2700	683.8	344.0	188.0	156.0	164.0	248.0	225.0
2800	683.8	428.0	205.0	163.0	174.0	315.0	283.0
2900	683.8	523.0	226.0	169.0	203.0	397.0	357.0
3000	659.7	612.2	277.0	181.0	262.0	422.4	443.1
3100	631.0	684.1	420.6	368.2	392.0	432.0	447.6
3200	496.2	664.1	508.3	429.2	442.4	453.4	460.0
3300	344.2	276.3	471.4	492.8	486.6	480.0	475.6
3400	301.6	539.8	665.6	546.7	502.2	486.5	479.0
3500	647.5	647.5	647.5	647.5	647.5	647.5	647.5

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai

Q(m) adalah besar angkutan sedimen (dalam satuan meter kubik/hari)

Data perubahan posisi garis pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah -45 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat Laut)

X (m)	Y (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	975.4	968.2	975.8	983.3	999.4	1007.4	1015.3
100	972.6	966.8	975.4	984.4	984.5	992.6	1009.3
200	925.2	961.5	968.5	978.8	990.1	1001.4	1003.6
300	789.8	803.2	818.6	829.8	839.4	848.2	856.6
400	646.0	670.1	684.7	695.1	703.6	711.1	718.0
500	552.2	554.4	563.2	570.1	576.3	582.0	587.1
600	467.5	447.4	448.3	451.5	455.0	458.5	461.2
700	402.4	347.1	334.2	333.6	336.5	341.4	341.1
800	360.6	343.4	334.9	336.2	336.4	337.2	336.6
900	330.7	344.1	335.4	335.8	336.2	336.6	328.7
1000	322.4	330.6	321.5	329.1	328.8	336.5	345.3
1100	310.3	329.2	329.2	328.7	337.1	328.8	328.9
1200	303.7	328.7	329.0	329.1	328.7	337.0	336.9
1300	303.7	320.4	320.7	320.4	320.2	328.9	336.8
1400	296.9	312.0	328.9	328.9	328.9	328.2	337.2
1500	295.2	320.3	320.4	328.7	328.8	328.9	336.7
1600	303.7	312.4	328.7	328.6	328.4	328.2	328.5
1700	312.2	312.0	320.3	320.3	328.9	328.9	337.0
1800	312.1	320.1	337.1	337.1	337.1	337.0	329.2
1900	318.9	318.8	327.0	327.1	327.6	328.9	329.2
2000	318.9	335.5	335.2	335.1	334.9	333.7	331.5
2100	335.8	326.5	326.4	335.3	326.6	327.0	328.9
2200	342.7	343.3	343.4	334.7	334.8	334.9	335.0
2300	342.6	334.6	326.4	334.7	326.1	325.3	331.7
2400	359.6	342.9	343.0	334.8	335.0	336.8	323.4
2500	357.9	350.4	333.5	333.8	325.0	324.3	331.7
2600	357.9	350.5	341.9	342.1	333.7	324.7	324.5
2700	359.6	350.4	342.4	325.0	325.1	325.0	324.3
2800	374.9	350.3	333.3	333.6	333.5	316.5	316.3
2900	359.6	350.2	350.1	333.4	325.1	324.8	324.8
3000	366.6	341.4	333.1	333.2	332.7	324.7	308.2
3100	353.1	338.4	338.4	330.1	330.3	330.7	321.9
3200	333.6	338.5	338.4	330.0	330.6	322.1	305.0
3300	293.9	334.7	332.2	331.0	321.3	316.6	316.0
3400	235.7	200.8	171.4	172.1	172.7	176.8	177.1
3500	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1	173.1

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai

Y(m) adalah posisi garis pantai (dalam satuan meter) terhadap titik datum tertentu

Data angkutan sedimen susur pantai selama 6 bulan, pengaruh ombak datang pada arah -45 derajat terhadap arah susur pantai (ombak dari arah Barat Laut)

X (m)	Q (m)						
	Awal	Bulan-1	Bulan-2	Bulan-3	Bulan-4	Bulan-5	Bulan-6
0	679.3	682.7	683.5	684.1	684.1	684.1	684.1
100	433.1	676.1	672.0	675.1	680.0	683.4	684.1
200	192.8	287.2	254.1	249.8	256.7	266.9	276.1
300	244.4	190.1	194.0	197.9	202.5	208.4	214.9
400	55.4	97.6	131.1	150.1	161.9	171.0	179.7
500	117.3	45.2	93.7	114.8	131.1	141.5	154.0
600	278.6	27.4	80.0	89.6	92.8	130.0	152.1
700	475.7	36.0	72.0	80.0	73.0	80.0	95.0
800	571.9	34.0	50.0	67.0	45.0	56.0	45.0
900	673.2	40.0	51.0	73.0	40.0	50.0	60.0
1000	665.1	34.0	46.0	56.0	34.0	40.0	40.0
1100	678.0	40.0	50.0	45.0	45.0	56.0	40.0
1200	674.3	34.0	46.0	45.0	45.0	34.0	45.0
1300	683.8	40.0	48.0	40.0	45.0	40.0	40.0
1400	677.9	40.0	53.0	34.0	40.0	45.0	50.0
1500	684.2	45.0	55.0	34.0	50.0	50.0	50.0
1600	684.2	40.0	57.0	45.0	50.0	56.0	56.0
1700	674.6	56.0	58.0	40.0	50.0	60.0	60.0
1800	677.9	56.0	57.0	45.0	60.0	67.0	60.0
1900	674.3	56.0	53.0	50.0	60.0	60.0	60.0
2000	684.2	50.0	48.0	45.0	60.0	56.0	50.0
2100	653.3	50.0	55.0	40.0	60.0	56.0	60.0
2200	674.3	56.0	53.0	45.0	60.0	50.0	60.0
2300	684.2	56.0	54.0	50.0	73.0	60.0	60.0
2400	677.9	84.0	75.0	67.0	84.0	84.0	90.0
2500	684.2	129.0	106.0	129.0	134.0	134.0	157.0
2600	670.3	180.0	134.0	160.0	200.0	190.0	196.0
2700	683.8	220.0	180.0	222.0	260.0	252.0	260.0
2800	683.8	240.0	215.0	262.0	313.0	285.0	291.0
2900	683.8	246.0	224.0	284.0	330.0	313.0	340.0
3000	659.7	252.0	228.0	270.0	284.0	291.0	300.0
3100	631.0	246.0	209.0	273.0	313.0	297.0	313.0
3200	496.2	213.0	178.0	233.0	280.0	269.0	263.0
3300	344.2	167.0	143.0	182.0	196.0	213.0	213.0
3400	301.6	103.0	95.0	105.0	114.0	114.0	110.0
3500	647.5	171.0	180.0	202.0	174.0	187.0	183.0

Keterangan : X(m) adalah jarak susur pantai (dalam satuan meter) terhadap muara sungai  
 Q(m) adalah besar angkutan sedimen (dalam satuan meter kubik/hari)