

**ANALISA PASANG SURUT MUARA SUNGAI BELAWAN**

**KOTA MEDAN SUMATERA UTARA**

**(STUDY KASUS)**

**SKRIPSI**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-syarat Dalam Memperoleh Gelar Sarjana*

*Teknik Di Fakultas Teknik Universitas Medan Area*

**OLEH :**

**ARI NANDA RANGKUTI**

**12.811.0073**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

**2017**

**ANALISA PASANG SURUT MUARA SUNGAI BELAWAN KOTA  
MEDAN SUMATERA UTARA  
(STUDY KASUS)  
SKRIPSI**

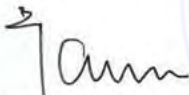
Oleh :

**ARI NANDA RANGKUTI**

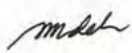
**NIM : 12 811 0073**

**Disetujui**

**Pembimbing I**


  
**(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)**

**Pembimbing II**

  
**(Ir. Nurmaidah, MT)**

**Mengetahui :**

**Dekan**  
  
**(Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc)**

**Ka. Program Studi**  
  
**(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian – bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan saksi – saksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

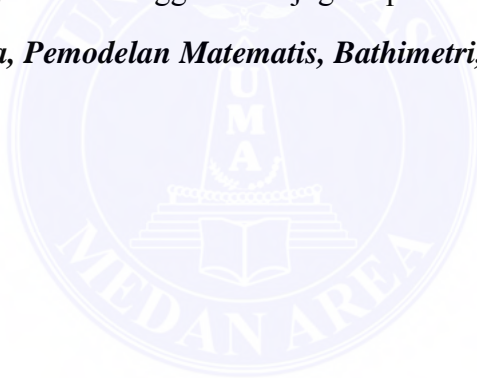


Medan, 2017  
METERAI TEMPEL  
947DJADC002842723  
6000  
ENAM RIBU RUPIAH  
*Ari*  
Ari Nanda Rangkuti

## ABSTRAK

Muara merupakan perairan pantai dimana mulut sungai bertemu dengan laut dan dimana air tawar bercampur dengan air asin yang berasal dari laut. Muara mempunyai nilai ekonomis yang penting karena dapat berfungsi sebagai alur penghubung antara laut dan daerah yang cukup dalam di daratan. Pentingnya pengetahuan tentang muara akan dapat membantu perkembangan bagi muara tersebut, salah satunya dengan cara studi karakteristik fisik muara yang mencakup pemodelan matematis pada muara tersebut. Pemodelan matematis muara dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel yang meliputi pemodelan bathimetri dan pasang surut. Pemodelan bathimetri telah menunjukkan lebar saluran dan kedalaman yang mengecil bila ditinjau dari mulut muara. Pada pemodelan bathimetri, terdapat selisih yang cukup jauh dengan kondisi di lapangan baik dalam lebar muara serta kedalamannya dengan perbedaan yang paling besar terdapat pada titik M136 dan M135 untuk bagian lebar dengan perbedaan sejauh 0.72 m dan 0.62m, sedangkan pada kedalaman perbedaan yang paling besar terdapat pada titik M138 dengan selisih 4.94 m sedangkan pemodelan pasang surut telah berhasil mensimulasi siklus pasang surut semidiurnal yaitu dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari semalam. Selain itu, siklus spring dan neap tides yang terjadi dua minggu sekali juga dapat disimulasikan.

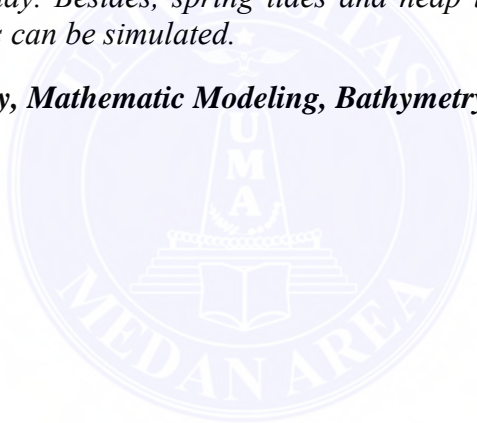
***Kata kunci: Muara, Pemodelan Matematis, Bathimetri, Pasang Surut,***



## ABSTRACT

*Estuary is coastal waters where the mouth of the river meets the ocean and where the freshwater of the river mixes with the saline water from the ocean. Estuary has an important economic value because it can be functioned as a connector between sea and the area that quite deep in the mainland. The importance of knowledge about an estuary will be able to help the development of that estuary itself and the area around it, one of them is with an estuary physical characteristic study that include a mathematic modeling in the estuary. An estuary modeling mathematic is done by using a Microsoft Excel Program which includes bathymetry modeling, tides, currents, and salinity. Bathymetry modeling has shown that channel width and depth is declining if it's reviewed from the estuary's mouth. Bathymetry modeling has shown the width of the channel and the shrinking depth when viewed from the mouth of the estuary. In the bathymetry modeling, there is a considerable difference with the conditions in the field both in the width of the estuary and its depth with the greatest difference at M136 and M135 points for the width with a difference of 0.72 m and 0.62m, whereas in the depth the largest difference is At point M138 with difference of 4.94 m. Tides modeling has been succeeded to simulate semidiurnal tides cycle which is two times tides and two times ebb in one day. Besides, spring tides and neap tides cycle that happened once per two weeks can be simulated.*

**Keywords : Estuary, Mathematic Modeling, Bathymetry, Tides**



## KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, segala puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberi karunia kesehatan dan kesempatan kepada penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Shalawat dan salam kepada Rasulullah Muhammad SAW yang telah memberi keteladanan tauhid, ikhtiar dan kerja keras sehingga menjadi panutan dalam menjalankan setiap aktifitas sehari-hari, karena sungguh suatu hal yang sangat sulit yang menguji ketekunan dan kesabaran untuk tidak pantang menyerah dalam menyelesaikan penulisan ini.

Penulis menyadari keberhasilan dalam menyelesaikan penulisan Skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan bantuan dari berbagai pihak-pihak, baik yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. A. Ya' kub Matondang, MA, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan M.Eng M.Sc.Selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
3. Bapak Ir. Kamaluddin Lubis, MT.,selaku Kaprodi Teknik Sipil dan pembimbing, atas kesabaran, bimbingan, waktu yang telah banyak diberikan kepada penulis dan masukan yang telah diberikan serta ilmu yang telah diajarkan.

4. Bapak Ir. Nurmaidah, MT., selaku pembimbing II atas kesabaran, bimbingan, waktu yang telah banyak diberikan kepada penulis dan masukan yang telah diberikan serta ilmu yang telah diajarkan.
5. Seluruh Dosen, Karyawan, dan Staff Universitas Medan Area.
6. Balai Wilayah Sungai Sumatera II, atas ijin yang diberikan sehingga dapat melaksanakan penelitian.
7. Semua keluarga, saudara dan teman-teman, atas dukungan dan semangat yang telah diberikan dan Duma Sari Lubis yang selalu memberikan semangat, motivasi, dan dukungan setiap saat untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun guna perbaikan penulisan Skripsi ini.

Medan, 2017

Penulis

Ari Nanda Rangkuti

# DAFTAR ISI

## Halaman

<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 LatarBelakang.....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	3
1.3 Perumusan Masalah.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	4
1.5 Metode Penelitian .....	5
1.6 Kerangka Berfikir .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>7</b>
2.1 Defenisi Muara .....	7
2.2 Tipe Muara.....	10
2.2.1 Tipe Muara Berdasarkan Morfologi.....	10
2.2.2 Tipe Baji Garam .....	13
2.2.3 Tipe Berstratifikasi Sebagian .....	14
2.2.4 Tipe Homogen Vertikal.....	15
2.2.5 Tipe Inversi .....	15
2.2.6 Tipe Berkala .....	15
2.3 Pemodelan Bathimetri .....	16
2.4 Pengukuran Kedalaman Muara Sungai .....	16
2.4.1 Cara Mekanis.....	17
2.4.2 Cara Perum Gana .....	19
2.5 Pengukuran Lebar dan Kedalaman Muara .....	20
2.6 Pemodelan Pasang Surut .....	22



2.6.1 Teori Pasang Surut .....	23
2.6.2 Komponen Pasang Surut .....	25
2.6.3 Gaya-Gaya Pasang Surut.....	26
2.6.4 Tipe-Tipe Pasang Surut .....	37
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>28</b>
3.1 Kondisi Umum Wilayah Muara Sungai .....	33
3.2 Batas Administratif.....	34
3.3 Luas Wilayah .....	35
3.4 Sarana dan Prasarana .....	36
3.5 Fasilitas Muara Sungai Belawan .....	38
3.6 Kondisi Klimatologi .....	41
3.7 Kondisi Bathimetri Muara Sungai Belawan .....	41
3.8 Kondisi Hidro – Oseanografi.....	43
3.9 Pelaksanaan Penelitian .....	51
3.10 Variabel Yang Diamati.....	55
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1 Analisa Data.....	56
4.2 Analisa Muara Sungai Belawan.....	59
4.2.1 Pemodelan Bathimetry .....	64
4.2.2 Pemodelan Pasang Surut .....	73
4.3 Hasil Pemodelan Muara Sungai Belawan.....	81
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>94</b>
5.1 Kesimpulan .....	94
5.2 Saran .....	95
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>96</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>97</b>

## DAFTAR TABEL

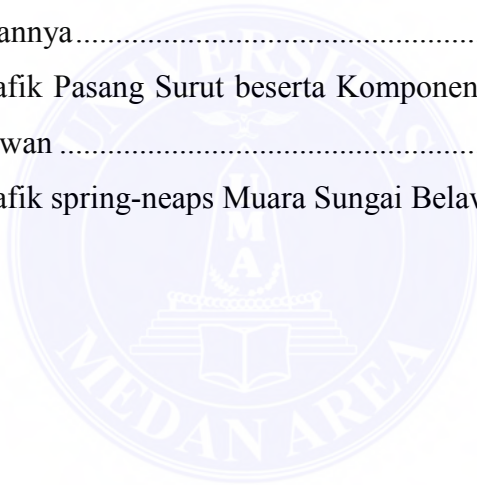
<a href="#">Tabel 2. 1</a> <a href="#">Komponen Utama Pasang Surut</a> .....	27
<a href="#">Tabel 3. 2</a> Hasil Pengamatan Pasang Surut selama 15 hari.....	47
<a href="#">Tabel 4. 1</a> Data Topografi Muara Sungai Belawan.....	57
<a href="#">Tabel 4. 2</a> Data Pasang Surut Muara Sungai Belawan.....	58
<a href="#">Tabel 4.3</a> Hasil Perhitungan Lebar Muara dengan Metode Trial and Error Untuk Mencari Nilai Koefisien Lebar (a).....	60
<a href="#">Tabel 4.4</a> Hasil Perhitungan Kedalaman Muara dengan Metode <i>Trial and Error</i> Untuk Mencari Nilai Koefisien Kedalaman Muara (b).....	62
<a href="#">Tabel 4.5</a> Perhitungan Lebar Muara Sungai Belawan.....	73
<a href="#">Tabel 4.6</a> Perhitungan Kedalaman Muara Sungai Belawan.....	73
<a href="#">Tabel 4.7</a> Perhitungan Komponen Pasut Pada Muara Sungai Belawan.....	76



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Bagan Alur Penelitian .....	6
Gambar 2. 1 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Gelombang laut .....	11
Gambar 2. 2 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Pasang Surut .....	12
Gambar 2. 3 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Debit Sungai .....	13
Gambar 2. 4 Estuari Teluk Chesapeake .....	14
Gambar 2. 5 Pengukuran Dengan Cara Mekanis .....	19
Gambar 2. 6 Alat Perum Gema .....	20
Gambar 2. 7 Sketsa Formula Wright et al .....	22
Gambar 2. 8 Kedudukan Bumi-Bulan-Matahari Saat Pasang Perbani .....	29
Gambar 2. 9 Kedudukan Bumi-Bulan-Matahari Saat Pasang Purnama .....	30
Gambar 2. 10 Tipe Pasang Surut .....	32
Gambar 3. 1 Peta Kotamadya Medan .....	33
Gambar 3. 2 Peta Kecamatan Medan Belawan .....	33
Gambar 3. 3 Fasilitas Muara Sungai Belawan .....	40
Gambar 3. 4 Bathimetri Sungai Belawan .....	42
Gambar 3. 5 Sket Lokasi Pengamatan .....	43
Gambar 3. 6 Hasil Pengamatan Pasut Muara Sungai Belawan .....	44
Gambar 3. 7 Hasil Pengamatan Pasut Muara Sungai Belawan .....	48
Gambar 3. 8 Contoh Hasil Pemodelan Bathimetri .....	52
Gambar 3. 9 Contoh Hasil Pemodelan Pasut .....	53
Gambar 3. 10 Contoh Hasil Pemodelan Aliran .....	54
Gambar 3. 11 Contoh Grafik Hasil Pemodelan Salinitas .....	55
Gambar 4. 1 Tahapan Awal Pekerjaan Perhitungan Pemodelan .....	67
Gambar 4. 2 Hasil Keseluruhan Pemodelan Kondisi Eksisting Muara Belawan .....	68
Gambar 4. 3 Pemodelan Lebar Muara Sungai Belawan .....	70
Gambar 4. 4 Pemodelan Kedalaman Muara Sungai Belawan .....	71

Gambar 4. 5 Hasil Akhir Pemodelan Bathymetri Muara Sungai Belawan .....	73
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Akhir Pemodelan Bathymetri Muara Sungai Belawan .....	73
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Akhir Perbandingan Pemodelan Bathymetri Muara Sungai Belawan .....	74
Gambar 4. 8 Komponen Pasut Pada Kedalaman Muara Sungai Belawan .....	75
Gambar 4. 9 Komponen <i>Spring Neaps</i> di Muara Sungai Belawan Selama 14 Hari .....	78
Gambar 4. 10 1 Hasil perhitungan perubahan kedalaman air akibat <i>spring-neaps</i> .....	81
Gambar 4. 11 2 Grafik dan Tabel Bathimetri Muara Sungai Belawan .....	83
Gambar 4.12 3 Grafik dan Tabel Pemodelan Bathimetri Muara Sungai Belawan beserta Perbandingannya.....	86
Gambar 4.13 4 Grafik Pasang Surut beserta Komponen-Komponen Pasang Surut Muara Sungai Belawan .....	87
Gambar 4. 14 5 Grafik <i>spring-neaps</i> Muara Sungai Belawan.....	83





# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1. 1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara maritim yang wilayahnya terbentang dari Sabang hingga Merauke dimana dua per tiga bagiannya adalah laut dan memiliki garis pantai sepanjang sekitar 80 ribu Kilometer, berada pada posisi  $7^{\circ}20'$  LU -  $14^{\circ}$  LS dan  $92^{\circ}$  BT -  $141^{\circ}$  BT.

Muara mempunyai nilai ekonomis yang penting, karena dapat berfungsi sebagai alur penghubung antara laut dan daerah yang cukup dalam di daratan. Pengaruh surut yang masuk ke estuary dapat menyebabkan kenaikan muka air, baik pada waktu air pasang maupun air surut. Selama periode pasang air dan pada periode surut volume air tersebut akan kembali ke laut, sehingga karena besarnya volume air yang dialirkan ke laut maka kedalaman aliran akan cukup besar. Selain itu kecepatan arus juga besar yang dapat mengerosi dasar estuary sehingga dapat mempertahankan kedalaman aliran. Kondisi ini memungkinkan digunakannya estuary untuk alur pelayaran menuju ke daerah pedalaman.

Dengan demikian keberadaan estuary akan mempercepat perkembangan daerah yang ada disekitarnya, karena memungkinkan dibukanya pelabuhan pelabuhan di daerah tersebut.

Lokasi studi Skripsi ini adalah muara Sungai Belawan secara geografis berada pada dua muara sungai yaitu Sungai Belawan dan Sungai Deli. Sungai Belawan merupakan salah satu dari delapan sungai yang ada di Kota Medan. Kecamatan Medan Belawan terletak di wilayah Utara Kota Medan, Sebelah Barat berbatasan dengan Kabupaten Deli Serdang, Sebelah Timur berbatasan dengan

Kabupaten Deli Serdang, Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Medan Marelan dan Kecamatan Medan Labuhan, Sebelah Utara berbatasan dengan Selat Malaka. Kecamatan Medan Belawan dengan luas wilayahnya 26,25 KM<sup>2</sup>, Kecamatan Medan Belawan adalah daerah pesisir Kota Medan dan merupakan wilayah bahari dan maritim yang berbatasan langsung pada Selat Malaka dengan penduduknya berjumlah 94.735 jiwa (2012).

Di Kecamatan Medan Belawan ini terdapat pelabuhan Belawan yang merupakan pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional, regional dan nasional. Pelabuhan Belawan ini merupakan jalur di perokonomian Sumatera Utara khususnya arus keluar masuk barang dan penumpang.

Muara merupakan bagian pantai tempat bertemunya satu atau lebih sungai yang mengalir ke daerah itu dengan aliran yang bebas menuju ke laut lepas. Muara membentuk zona transisi antara lingkungan sungai dengan lingkungan laut yang mendapat pengaruh dari laut seperti pasang surut, gelombang serta pengaruh dari sungai seperti arus sungai dan transpor sedimen. Hal ini menyebabkan muara bergantung pada kondisi air laut dan air tawar. Akibat adanya pengaruh dari laut dan sungai sehingga menciptakan karakteristik tersendiri pada muara. Dalam muara, air sungai bercampur dengan air laut melalui aktivitas pasang surut dan gelombang (Nelson *et al dalam* Purba, 2006). Sehingga suplai air di muara sungai tergantung pada peristiwa pasang surut. Arus pasang akan mampu mengaduk sedimen yang ada di muara sungai dimana hal ini akan terkait dengan konsentrasi padatan tersuspensi yang ada di muara sungai.

Dengan karakteristik yang tersendiri dan unik ini maka dilakukan penelitian mengenai empat karakteristik fisik dari muara sungai Belawan yang

mencakup karakteristik bathimetri muara, pasang surut, arus, dan salinitas yang akan dibandingkan dengan karakteristik muara yang akan dibuat pemodelan nantinya.

## **1.2. Maksud dan Tujuan**

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah :

Untuk mengetahui perbandingan karakteristik fisik dari Muara Belawan dengan pemodelan bathimetri dan pasang surut pada muara tersebut terhadap kondisi eksisting, sehingga nantinya dapat diketahui perbedaannya antara kondisi fisik di lapangan terhadap pemodelan berdasarkan persamaan-persamaan yang digunakan pada Muara Belawan.

Memperoleh sifat dan karakteristik muara tersebut, terutama tipe pasang surut, aliran, suhu pada muara tersebut.

## **1.3. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah tersebut diatas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik fisik yang ada pada muara sungai Belawan?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik muara sungai Belawan antara kondisi di lapangan terhadap pemodelan?

## **1.4. Pembatasan Masalah**



Dalam penulisan Tugas Akhir ini, permasalahan yang akan dibahas dibatasi ruang lingkupnya agar tidak terlalu luas, permasalahan yang akan dibahas hanya sebatas karakteristik fisik Muara Sungai Belawan yang akan dimodelkan dengan bantuan program Microsoft Office Excel, sehingga dapat diketahui perubahan fisik muara yang terjadi tiap titik lokasi sepanjang muara sungai, cakupan yang akan dibahas dari karakteristik fisik muara adalah :

1. Pemodelan *bathimetry*

Bathimetri adalah pengukuran lebar (W), kedalaman (D) dan jarak (L). Peralatan yang digunakan untuk mengukur jarak dan lebar menggunakan *GlobalPositioning System* (GPS). Sedangkan peralatan yang digunakan untuk mengukur kedalaman adalah *Fishfinder 240 blue*

2. Pemodelan pasang surut

Pasang surut adalah perubahan elevasi muka air laut akibat adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Perubahan elevasi muka air laut tersebut berlangsung secara periodik (Teknik Pantai, 1999).

## 1.5. Metode Pengumpulan Data

Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu :

### a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi survey yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam analisis data.

### b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan laporan Skripsi ini. Data sekunder yang didapat dari instansi yang terkait baik dari sekitar lokasi kegiatan maupun di tempat lain yang menunjang dengan kegiatan tersebut.

Data-data sekunder yang digunakan adalah sebagai berikut :

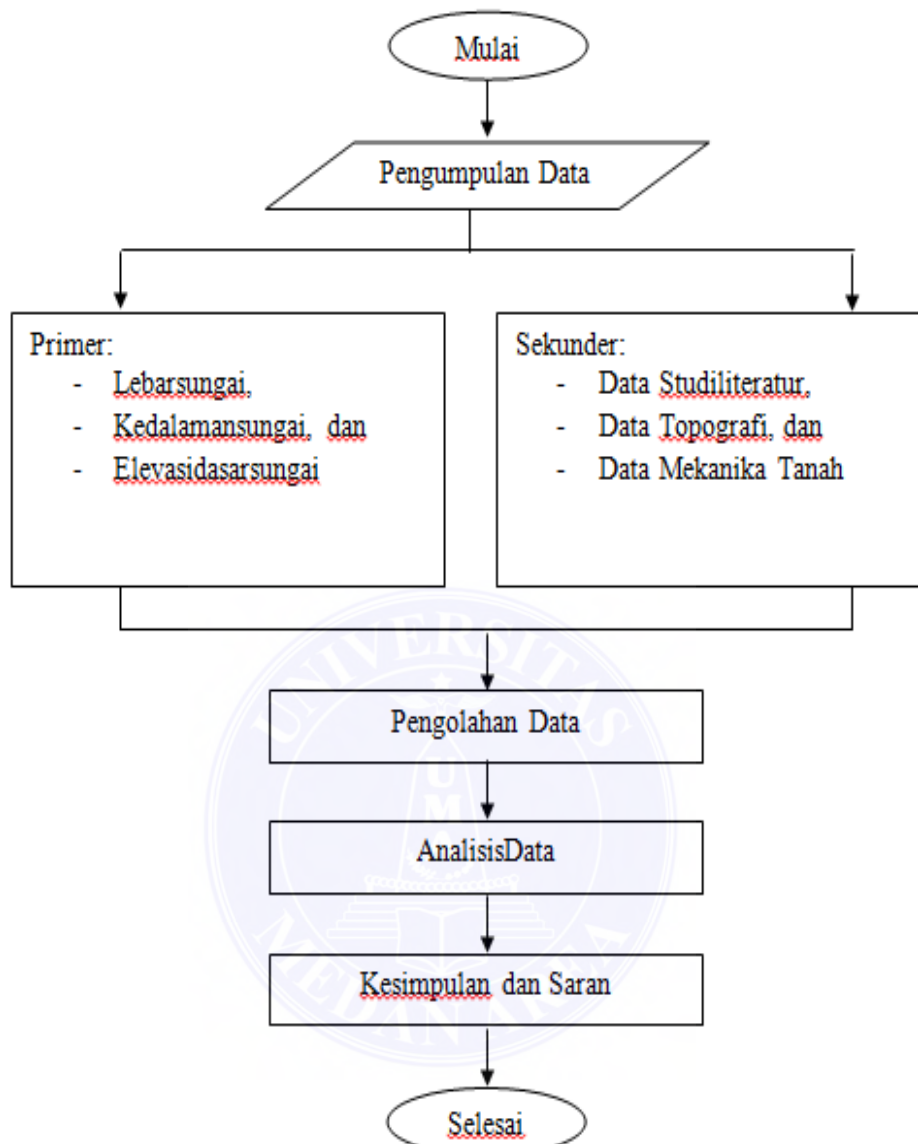
#### 1. Data Studi Literatur

Untuk studi literatur ini diperhatikan supaya kegiatan yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang sudah ada dan bagaimana tata cara pemecahan masalah dari kegiatan tersebut. Langkah awal yang harus dilaksanakan adalah mengumpulkan data berupa buku catatan, buku hasil studi terdahulu maupun gambar lain yang dapat digunakan sebagai referensi dalam pelaksanaannya.

#### 2. Data Topografi yaitu Petalokasi Daerah Muara Sungai Belawan.

#### 3. Data Pasang Surut Muara Sungai Belawan.

## 1.6. Kerangka Berfikir



Gambar 1.1. Bagan Berfikir

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Defenisi Muara**

Muara adalah bagian semi tertutup dari perairan pantai yang berhubungan langsung dengan laut lepas dimana didalamnya air laut bercampur dengan air tawar yang berasal dari pembuangan air di daratan (Pritchard,1967). Defenisi lama ini telah diperluas dengan memasukkan beberapa area dari danau-danau di daratan yang menerima air dari sungai.Misal, air yang tertahan yang mengalir mencapai ke danau dianggap sebagai muara.

Muara merupakan perairan pantai dimana mulut sungai bertemu dengan laut dan air tawar yang berasal dari sungai bercampur dengan air asin yang berasal dari laut. Muara juga sering disebut sebagai teluk, ceruk, ataupun laguna, meskipun tidak semua dari nama-nama tersebut seharusnya disebut muara.Tapi intinya adalah karakteristik yang terpenting dari muara yaitu bertemunya air tawar dengan air asin dan bukan namanya.

Muara berbeda dengan sungai dan danau secara hidrodinamika, kimiawi, dan biologi. Dibanding dengan sungai dan danau, karakteristik yang unik dari muara termasuk didalamnya adalah :

1. Arus sebagai kekuatan pendorong utama
2. Salinitas dan variasi-variasinya yang biasanya berperan penting didalam hidrodinamika dan proses kualitas air.

3. Aliran bersih dua arah- aliran menuju laut di lapisan permukaan dan aliran menuju daratan di lapisan bawah- mengatur transport sedimen dalam jangka panjang.
4. Kondisi batas terbuka dibutuhkan dalam pemodelan numerik.

Faktor-faktor utama yang mengatur proses transpor pada muara adalah arus dan aliran air tawar. Kekuatan angin juga dapat menjadi faktor yang signifikan untuk muara yang besar. Kebanyakan muara berbentuk panjang dan sempit menyerupai kanal. Sungai merupakan sumber utama dari air tawar menuju muara, dan bercampur dengan air asin seiring dengan naik turunnya ketinggian arus.

Muara sungai berfungsi sebagai pengeluaran/pembuangan debit sungai, terutama pada waktu banjir, ke laut. Karena letaknya di ujung hilir, maka debit aliran di muara lebih besar dibanding pasda tampang sungai di sebelah hulu. Selain itu muara sungai juga harus melewati debit yang ditimbulkan pasang surut, yang bisa lebih besar dari debit sungai. Sesuai dengan fungsinya tersebut muara sungai harus cukup lebar dan dalam. Permasalahan yang sering dijumpai adalah banyaknya endapan di muara sungai sehingga tampang alirannya kecil, yang dapat mengganggu pembuangan debit sungai ke laut. Ketidak lancarannya pembuangan tersebut dapat mengakibatkan banjir di daerah sebelah hulu muara.

Selain itu muara mempunyai nilai ekonomis yang penting, karena dapat berfungsi sebagai alur penghubung antara laut dan daerah yang cukup dalam di daratan. Pengaruh pasang surut yang masuk ke muara dapat menyebabkan kenaikan

muka air, baik pada waktu air pasang maupun pada saat air surut. Selama periode pasang, air dari laut dan air dari sungai masuk ke muara dan terakumulasi dalam jumlah yang sangat besar, dan pada periode surut volume air tersebut akan kembali ke laut, sehingga karena besarnya volume air yang dialirkan ke laut maka kedalaman aliran akan cukup besar.

Kecepatan arus juga besar yang dapat mengerosi dasar muara sehingga dapat mempertahankan kedalaman aliran. Kondisi ini memungkinkan untuk digunakannya muara sebagai alur pelayaran ke daerah pedalaman. Dengan demikian keberadaan muara akan mempercepat perkembangan daerah yang ada di sekitarnya, karena memungkinkan dibukanya pelabuhan-pelabuhan di daerah tersebut.

Penjalaran pasang surut ke muara disertai juga dengan intrusi air asin, yang terkadang bisa sampai jauh ke daratan. Pengetahuan mengenai intrusi air asin sangat penting untuk mengetahui dinamika sedimen di muara.

## **2.2. TIPE MUARA**

Banyak tipe-tipe muara yang dapat kita temukan di bumi ini, dan pada umumnya berbeda antara satu dengan lainnya. Hal ini menunjukkan keanekaragaman jenis, bentuk dan proses terjadinya muara tersebut. Berikut akan dijelaskan mengenai tipe-tipe dari muara tersebut.

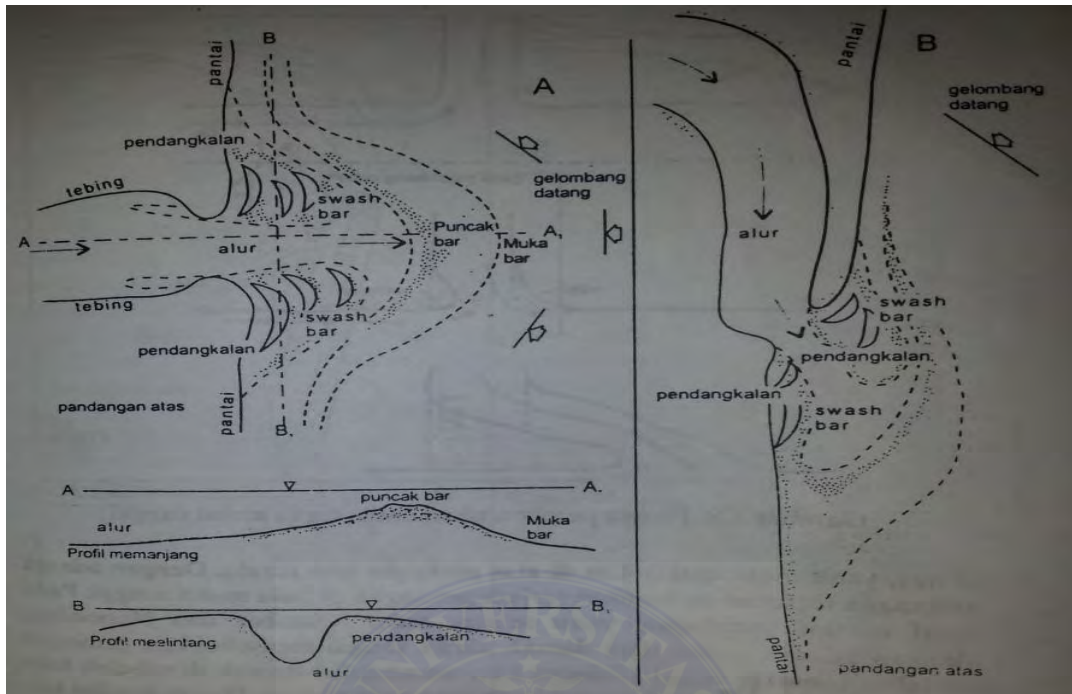
### **2.2.1 Tipe Muara Berdasarkan Bentuk Morfologi**

Muara dapat dikelompokkan kedalam tiga tipe berdasarkan bentuk morfologinya, yaitu :

#### **1. Muara yang Didominasi Gelombang Laut**

Gelombang besar yang terjadi pada pantai berpasir dapat menyebabkan transport sedimen, baik dalam arah tegak lurus maupun sepanjang/sejajar pantai. Dari kedua jenis transport sedimen tersebut, transport sedimen sepanjang pantai adalah yang paling dominan. Angkutan sedimen tersebut dapat bergerak masuk ke muara sungai dan karena di daerah tersebut kondisi gelombang sudah tenang maka sedimen akan mengendap. Banyaknya endapan tergantung pada gelombang dan ketersediaan sedimen (pasir) di pantai. Semakin besar gelombang semakin besar angkutan sedimen dan semakin banyak sedimen yang mengendap di muara.

Apabila debit sungai kecil kecepatan arus tidak mampu mengerosi endapan tersebut sehingga muara sungai dapat benar-benar tertutup oleh sedimen. Permasalahan timbul di musim penghujan, dimana debit banjir tidak lancar dibuang ke laut karena adanya penutupan muara. Akibatnya banjir dapat terjadi di daerah hulu muara. Jika debit sungai sepanjang tahun cukup besar, kecepatan arus dapat mengerosi endapan tersebut sehingga mulut sungai selalu terbuka.

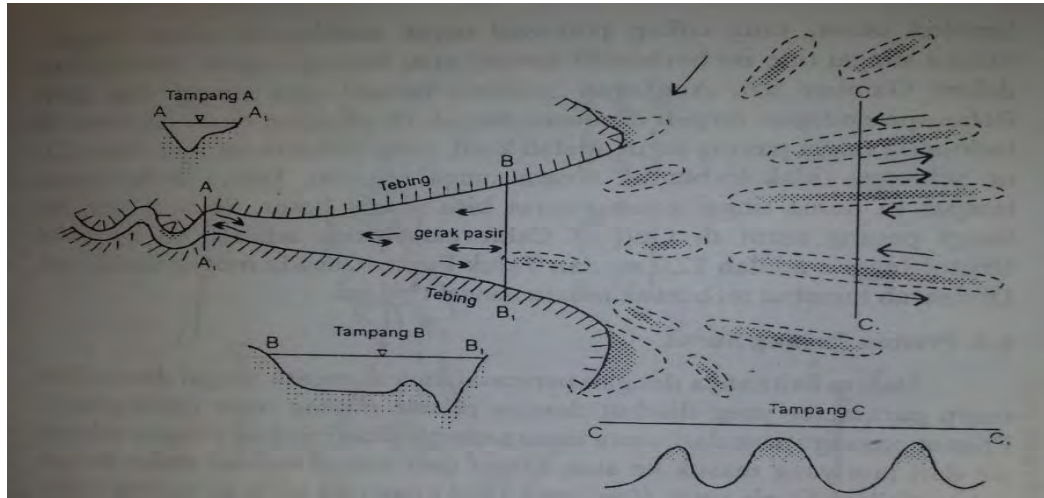


Gambar 2.1 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Gelombang Laut  
(Teknik pantai, 1999)

## 2. Muara yang Didominasi Pasang Surut

Apabila tinggi pasang surut cukup besar, volume air pasang cenderung berakumulasi dengan air dari hulu sungai. Pada waktu air surut, volume air yang sangat besar tersebut mengalir keluar dalam periode waktu tertentu yang tergantung pada tipe pasang surut. Dengan demikian kecepatan arus selama air surut tersebut besar yang cukup potensial untuk membentuk muara sungai.



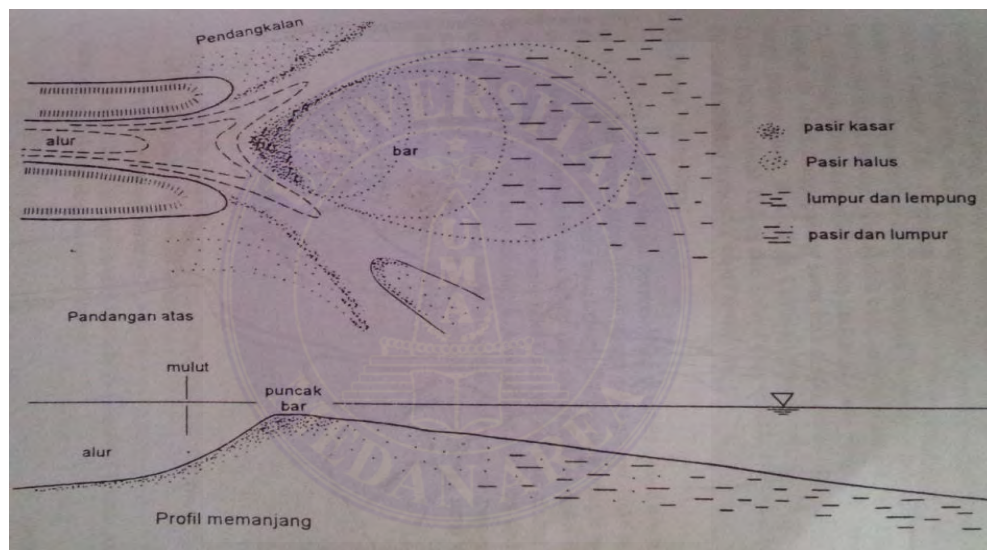


Gambar 2.2 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Pasang Surut  
(Teknik Pantai, 1999)

### 3. Muara yang Didominasi Debit Sungai

Muara ini terjadi pada sungai dengan debit sepanjang tahun cukup besar yang bermuara di laut dengan gelombang relatif kecil. Sungai tersebut membawa angkutan sedimen dari hulu cukup besar. Sedimen yang sampai di muara sungai merupakan sedimen suspensi dengan diameter partikel sangat kecil, yaitu dalam beberapa mikron. Pada waktu air surut sedimen tersebut akan terdorong ke muara dan menyebar di laut. Selama periode sekitar titik balik dimana kecepatan aliran kecil, sebagian suspensi mengendap. Saat berikutnya dimana air mulai pasang, kecepatan aliran bertambah besar dan sebagian suspensi dari laut masuk kembali ke sungai bertemu sedimen yang berasal dari hulu. Selama periode titik balik ke air pasang maupun air surut kecepatan aliran bertambah sampai mencapai maksimum dan kemudian berkurang lagi. Di alur sungai, terutama pada waktu

air surut kecepatan aliran besar, sehingga sebagian sedimen yang telah diendapkan tererosi kembali. Tetapi di depan muara dimana aliran telah menyebar, kecepatan aliran akan lebih kecil sehingga tidak mampu mengerosi semua sedimen yang telah diendapkan. Dengan demikian dalam satu siklus pasang surut jumlah sedimen yang mengendap lebih banyak daripada yang tererosi, sehingga terjadi pengendapan di mulut sungai. Proses tersebut terjadi terus menerus sehingga muara sungai akan maju ke arah laut membentuk delta.



Gambar 2.3 Sketsa Pergerakan Sedimen pada Muara yang Didominasi Debit Sungai(Teknik Pantai, 1999)

### 2.2.2. Tipe baji garam

Estuari tipe ini terbentuk di muara sungai-sungai besar, di mana aliran air tawar dari daratan mengatasi masuknya air laut, sementara pengaruh pasang laut tak begitu kentara. Lapisan air tawar dari sungai mengalir di atas lapisan air laut, dengan ketebalan yang semakin menipis dengan semakin jauh jaraknya ke tengah

laut. Sebaliknya, di dasar perairan air laut bergerak ke daratan, dengan ujung yang tipis menuju pangkal estuari; penampang dari sisi serupa dengan baji yang menusuk ke daratan di bawah permukaan air. Tipe ini juga disebut sebagai estuari berstratifikasi sempurna, karena adanya lapisan-lapisan yang jelas dari air tawar, air laut, dan lapisan campuran di antara keduanya.

### 2.2.3. Tipe berstratifikasi sebagian



Gambar 2.4. Estuari Teluk Chesapeake

Pada tempat-tempat di mana air pasang kurang lebih seimbang dengan aliran air tawar di muara sungai, turbulensi yang diakibatkannya telah mendorong pencampuran yang lebih merata di kolom-kolom air. Sehingga stratifikasi kadar garam di air lebih terjadi secara horizontal daripada vertikal; di mana kadar garam atau salinitas ini bertambah dengan semakin jauhnya jarak dari mulut sungai. Tipe ini adalah yang paling umum didapati, dan juga dikenal sebagai estuari campuran sebagian. Contohnya adalah estuari Teluk Chesapeake di Amerika Serikat.

#### **2.2.4. Tipe homogen vertikal**

Percampuran air laut akibat pasang surut berlangsung sedemikian kuatnya, mengatasi keluaran air tawar dari sungai, dan mengakibatkan stratifikasi vertikal hilang sama sekali. Demikian pula, akibat kuatnya percampuran itu hampir tak ada lagi batas yang tegas antara air tawar dengan air asin di estuari, semua menjadi gradual sifatnya; dan karenanya juga disebut estuari campuran sempurna.

#### **2.2.5. Tipe inversi**

Estuari ini terbentuk di wilayah beriklim kering, di mana laju penguapan air (evaporasi) mengatasi aliran masuk air tawar. Aliran air tawar dan air laut sama-sama masuk dan menguap di tengah estuari, di mana terbentuk zona bersalinitas maksimum. Air dengan kadar garam tertinggi itu kemudian tenggelam dan mengalir keluar ke laut di lapisan bawah.<sup>[5]</sup> Dengan demikian terbentuk pola stratifikasi salinitas dan aliran air yang berkebalikan dengan estuari baji garam, sehingga disebut estuari inversi atau estuari negatif.

#### **2.2.6. Tipe berkala**

Estuari ini berubah-ubah sifat dan tipenya secara dramatis, bergantung pada masuknya air tawar ke dalam sistem, yang dipengaruhi oleh iklim dan musim. Estuari ini dapat berubah dari sepenuhnya bersifat laut menjadi tipe-tipe yang lain

### **2.3. Pemodelan Bathimetri**

Bathimetri merupakan kegiatan pengumpulan data kedalaman dasar muara dengan metode penginderaan atau rekaman dari permukaan dasar perairan, yang akan diolah untuk menghasilkan relief dasar perairan, sehingga dapat digambarkan susunan dari garis-garis kedalaman (kontur). Pemetaan kondisi dasar perairan tersebut dikonversikan dalam keadaan surut terendah (*Low Water Surface*).

Unsur utama pembuatan bathymetri adalah pengukuran jarak dan kedalaman. Peralatan yang digunakan untuk mengukur jarak antara lain *Theodolite*, *Electronic Data Measurement* (EDM), atau *Global Positioning System* (GPS). Sedangkan peralatan yang digunakan untuk mengukur kedalaman adalah fishfinder 240 blue dan perahu boat.

Faktor lain yang sangat mempengaruhi pengukuran bathimetri adalah dinamika media air muara berupa pasang surut muara sungai, sehingga sangat sulit untuk menentukan objek yang sama pada waktu yang berbeda. Dengan demikian pada pengukuran kedalaman dasar muara perlu dilakukan 3 pengukuran sekaligus pada waktu yang bersamaan yaitu pengukuran kedalaman, pengukuran posisi alat ukur kedalaman, dan pengukuran pasang surut. Dari ketiga data tersebut akan menjadi informasi kedalaman muara pada posisi tersebut terhadap suatu bidang referensi (*chart datum*).

### **2.4. Pengukuran kedalaman muara sungai**

Kedalaman muara sungai adalah jarak antara dasar muara pada suatu tempat terhadap permukaan muaranya. Kedalaman muara ini dapat dibagi menjadi beberapa jenis, seperti kedalaman ukuran yaitu kedalaman yang didapat dari bacaan alat ukur;

kedalaman lainnya adalah kedalaman peta, yaitu kedalaman dasar muara suatu tempat terhadap chart datumnya.

Pengukuran kedalaman muara dapat dilakukan dengan beberapa cara, metoda yang paling sederhana adalah cara mekanis dengan menggunakan galah atau tali ukur, sedangkan yang sangat canggih adalah dengan menggunakan sinar laser yang dipancarkan dari pesawat terbang. Namun cara yang sering digunakan adalah metoda perum gema (*fishfinder*)

#### **2.4.1. Cara Mekanis**

Cara yang paling sederhana dalam mengukur kedalaman estuari adalah dengan menggunakan galah berskala, dengan membaca kedudukan muka laut pada skala galah maka kedalaman bacaan didapat. Namun cara ini sangat berkaitan dengan panjang galah, semakin panjang galah maka semakin banyak masalah didapat dalam pengukuran. Maka untuk lebih memudahkan pengukuran galah diganti dengan pita ukur berskala dengan pemberat diujungnya dikenal dengan sebutan lot, seperti terlihat pada Gambar

Dengan cara ini pengukuran dapat dilakukan lebih dalam lagi namun masalah baru timbul diantaranya bila pemberat cukup ringan maka pita akan mudah dipengaruhi kedudukannya oleh arus laut sehingga bentangan pita akan melengkung, sedangkan bila pemberat cukup berat maka pita akan meregang sehingga kedalaman bacaan akan lebih kecil dari yang seharusnya.

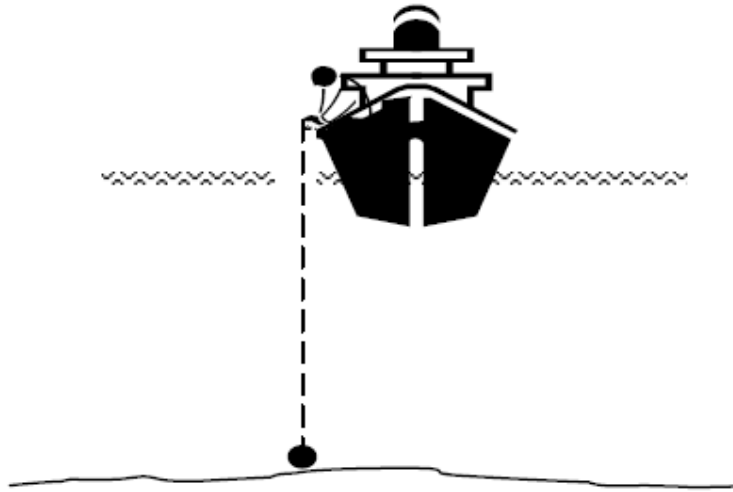
Pada kedua cara mekanis tersebut diatas data yang didapat terbatas pada tempat atau posisi alat tersebut diturunkan, sedangkan diantara dua tempat yang

berurutan tidak diketahui atau diasumsikan mempunyai kedalaman diantara kedua kedalaman pada isinya, sehingga untuk mendapatkan ukuran yang lebih baik Interval jarak antara dua kedalaman dirapatkan namun berakibat waktu yang dibutuhkan untuk mengukur lebih lama.

Sekalipun demikian cara tersebut diatas tidak berarti tidak dapat digunakan pada masa kini, cara tersebut masih dapat digunakan dalam beberapa kondisi yaitu :

- a. Daerah yang diukur mempunyai kelandaian rendah yang mempunyai permukaan relatif rata.
- b. Pengukuran diikuti dengan penyapuan kedalaman walaupun dilakukan dengan cara yang juga sederhana (*Dragging*) untuk memeriksa dasar laut dari kedalaman yang lebih kecil dari batas tertentu, seperti pada kedalaman sampai 6 meter.
- c. Pengukuran yang dilakukan untuk memeriksa secara acak pada daerah hasil ukuran yang akan disetujui.





Gambar 2.5. Pengukuran dengan cara mekanis

#### 2.4.2. Cara Perum Gema

Cara ini menggunakan gelombang suara yang dipancarkan oleh transducer pemancar pada permukaan laut kemudian dipantulkan oleh dasar laut dan diterima kembali oleh transducer penerima, transducer pemancar dan penerima dapat terletak pada tempat yang terpisah ataupun yang relatif sama. Gelombang udara tersebut yang dikemas dalam bentuk pulsa-pulsa menjalar pada medium air laut dengan kecepatan kurang lebih 1500 m/detik dengan panjang lintasannya dua kali kedalaman air laut yang dilaluinya.





2.6. Alat Perum Gema

## 2.5. Pengukuran Lebar dan Kedalaman Muara

Analisis teori suatu dinamika muara menurut Prandle menyatakan bahwa banyak sekali muara yang pada umumnya menggunakan fungsi matematis seperti :

$$W_x = W_L \left( \frac{x}{\lambda} \right)^m \dots\dots\dots (2.1)$$

dan

$$D_x = D_L \left( \frac{x}{\lambda} \right)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

- $W_x$  = Lebar muara di titik x (m)
- $W_L$  = Lebar muara tepat di mulut muara (m)
- $D_x$  = Kedalaman muara di titik x (m)
- $D_L$  = Kedalaman muara tepat di mulut muara
- $x$  = nilai ukur atau bentang jarak antara titik tinjauan (m)
- $\lambda$  = dimensi horizontal dari panjang kawasan muara (m)
- $m \& n$  = koefisien dari percobaan Prandle (1986)

Tetapi formula diatas telah disempurnakan oleh ilmuwan bernama Wright et al (1973) dengan menunjukkan nilai eksponensial dari lebar, kedalaman dengan jarak perhitungan diambil dari mulut muara. Persamaan yang disempurnakan Wright et al itu menjadi :

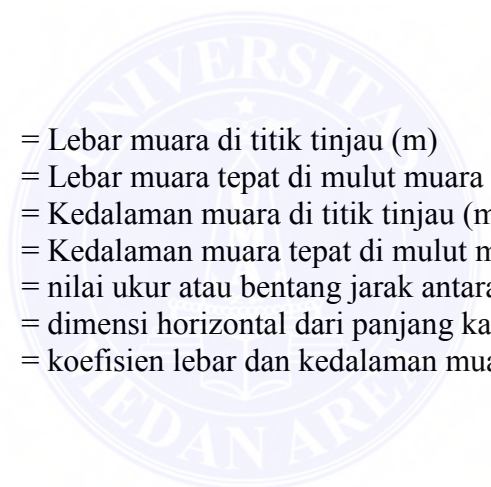
$$W_x = W_0 e^{(-ax/L)} \dots\dots\dots(2.3)$$

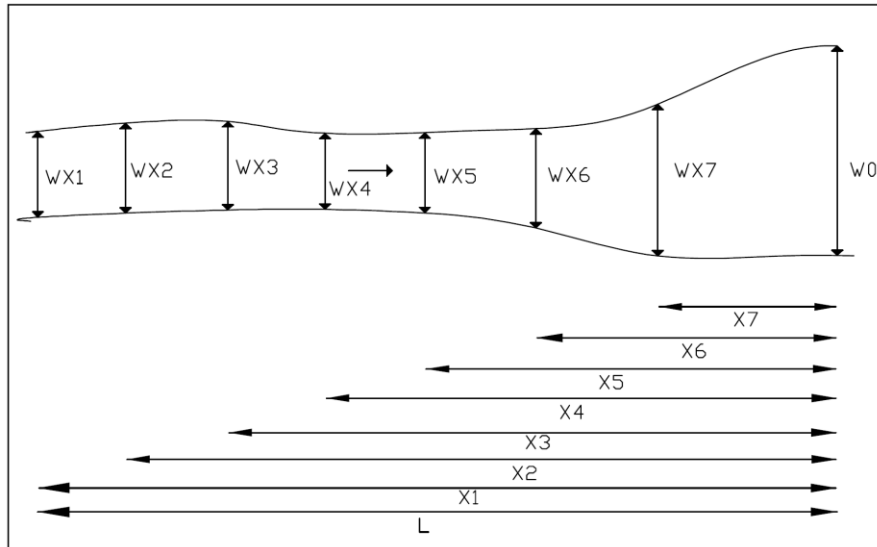
dan

$$D_x = D_0 e^{(-bx/L)} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

- $W_x$  = Lebar muara di titik tinjau (m)
- $W_0$  = Lebar muara tepat di mulut muara (m)
- $D_x$  = Kedalaman muara di titik tinjau (m)
- $D_0$  = Kedalaman muara tepat di mulut muara (m)
- $x$  = nilai ukur atau bentang jarak antara titik tinjauan (m)
- $L$  = dimensi horizontal dari panjang kawasan muara (m)
- $a \& b$  = koefisien lebar dan kedalaman muara





Gambar 2.7 Sketsa Formula Wright et al

Dari contoh sketsa diatas dapat dilihat bagaimana penggunaan formula Wright et al untuk perhitungan pemodelan lebar pada muara. Sebagai contoh untuk menghitung jarak  $W_{x1}$  maka jarak dari mulut muara sama dengan panjang muara yang akan ditinjau.

## 2.6. Pemodelan Pasang Surut

Pasang surut merupakan perubahan elevasi muka air laut akibat adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Perubahan elevasi muka air laut tersebut berlangsung secara periodik (Teknik Pantai, 1999).

Fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik-menarik antara benda-benda astronomi terutama oleh matahari dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat dari pada jarak matahari ke bumi. Gaya tarik gravitasi menarik air laut ke arah bulan dan matahari dan menghasilkan dua tonjolan (bulge) pasang surut gravitasional di laut. Lintang dari tonjolan pasang surut ditentukan oleh deklinasi, sudut antara sumbu rotasi bumi dan bidang orbital bulan dan matahari.

### **2.6.1. Teori Pasang Surut**

#### **A. Teori Keseimbangan Pasang Surut (Equilibrium Theory)**

Teori keseimbangan pertama kali diperkenalkan oleh Sir Isaac Newton (1642-1727). Teori ini menerangkan sifat-sifat pasut secara kualitatif. Teori terjadi pada bumi ideal yang seluruh permukaannya ditutupi oleh air dan pengaruh kelembaman (inertia) diabaikan. Teori ini menyatakan bahwa naik-turunnya permukaan laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut (King, 1966). Untuk memahami gaya pembangkit pasang surut dilakukan dengan memisahkan pergerakan sistem bumi-bulan-matahari menjadi 2 yaitu, sistem bumi-bulan dan bumi-matahari.

Pada teori keseimbangan bumi diasumsikan tertutup air dengan kedalaman dan densitas yang sama dan naik turun muka laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut atau GPP (*Tide Generating Force*) yaitu resultan gaya tarik bulan dan gaya sentrifugal, teori ini berkaitan dengan hubungan antara laut, massa air yang

naik, bulan, dan matahari. Gaya pembangkit pasut ini akan menimbulkan air tinggi pada dua lokasi dan air rendah pada dua lokasi (Gross, 1987).

## **B. Teori Pasut Dinamik (Dynamical Theory)**

Pond dan Pickard (1978) menyatakan bahwa dalam teori ini lautan yang homogeny masih diasumsikan menutupi seluruh bumi pada kedalaman yang konstan, tetapi gaya-gaya tarik periodik dapat membangkitkan gelombang dengan periode sesuai dengan konstitue-konstituennya. Gelombang pasut yang terbentuk dipengaruhi oleh GPP, kedalaman dan luas perairan, pengaruh rotasi bumi, dan pengaruh gesekan dasar. Teori ini pertama kali dikembangkan oleh Laplace (1796-1825). Teori ini melengkapi teori kesetimbangan sehingga sifat-sifat pasut dapat diketahui secara kuantitatif. Menurut teori dinamis, gaya pembangkit pasut menghasilkan gelombang pasut (tide wave) yang periodenya sebanding dengan gaya pembangkit pasut. Karena terbentuknya gelombang, maka terdapat faktor lain yang perlu diperhitungkan selain GPP. Menurut Defant (1958), faktor-faktor tersebut adalah :

- Kedalaman perairan dan luas perairan
- Pengaruh rotasi bumi (Gaya Coriolis)
- Gesekan dasar

Rotasi bumi menyebabkan semua benda yang bergerak di permukaan bumi akan berubah arah (*Coriolis Effect*). Di belahan bumi utara benda membelok ke kanan, sedangkan di belahan bumi selatan benda membelok ke kiri. Pengaruh ini tidak terjadi di ekuator, tetapi semakin meningkat sejalan dengan garis lintang dan mencapai maksimum pada kedua kutub. Besarnya juga bervariasi tergantung pada kecepatan

pergerakan benda tersebut. Menurut Mac Millan (1966) berkaitan dengan fenomena pasut, gaya Coriolis mempengaruhi arus pasut. Faktor gesekan dasar dapat mengurangi tunggang pasut dan menyebabkan keterlambatan fase (*Phase lag*) serta mengakibatkan persamaan gelombang pasut menjadi non linier, semakin dangkal perairan maka semakin besar pengaruh gesekannya.

### **2.6.2. Komponen Pasang Surut**

Lebih kurang terdapat 390 komponen gaya-gaya pasang surut dengan periode antara 8 jam sampai 18,6 tahun yang berperan aktif dalam pembangkitan gelombang pasang surut. (Sorensen, 1978). Namun, untuk alasan praktis hanya komponen-komponen utama saja yang dipakai dalam peramalan gelombang pasang surut. Masing-masing komponen memiliki periode berdasarkan perhitungan astronomi, dan sudut fase yang tergantung pada kondisi lokal. Ini berarti konstanta masing-masing komponen tersebut berbeda-beda antara daerah satu dan lainnya. Bahkan, untuk suatu daerah yang sama pun ada kemungkinan perbedaan konstanta pasang surut pada data yang pendek ( pengamatan selama 15 hari, 1 bulan atau 1 tahun). Hal ini disebabkan antara lain oleh : data yang dianalisa kurang panjang atau terjadi pencampuran dengan gelombang panjang jenis, surge atau tsunami. Karenanya, semakin pendek data pasang surut yang dipakai dalam analisis, semakin besar keamanan yang diperlukan.

Jawatan Hidro dan Oseanografi Angkatan Laut menerbitkan buku yang berisi daftar konstanta masing-masing komponen pasang surut untuk kota-kota besar, dan daerah tertentu, lengkap dengan garis lintangnya. Dari buku tersebut, dapat

diramalkan kecenderungan tipe pasang surut berdasarkan perbandingan  $\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2}$ . Bila harga  $\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2} > 1$ , pasang surut yang terjadi cenderung diurnal, dan bila harga  $\frac{K_1+O_1}{M_2+S_2} < 1$ , pasang surut yang terjadi cenderung semidiurnal. Pada Tabel 2.1 dibawah menunjukkan komponen-komponen utama pasang surut beserta periodenya.



Tabel 2.1 Komponen Utama Pasang Surut

Simbol	Periode	Keterangan
Pasang surut Semi Diurnal	M2 12.42	Komponen utama semi diurnal bulan
	S2 12.00	Komponen utama semi diurnal matahari
	N2 12.66	Komponen bulan akibat variasi bulanan jarak bumi-bulan
	K2 11.97	Komponen matahari-bulan akibat perubahan sudut deklinasi matahari-bulan
	K1 23.93	Komponen matahari-bulan
Pasang surut Diurnal	O1 25.82	Komponen utama diurnal bulan
	P1 24.07	Komponen utama diurnal matahari
	M1 327.86	Komponen bulan dwi-mingguan



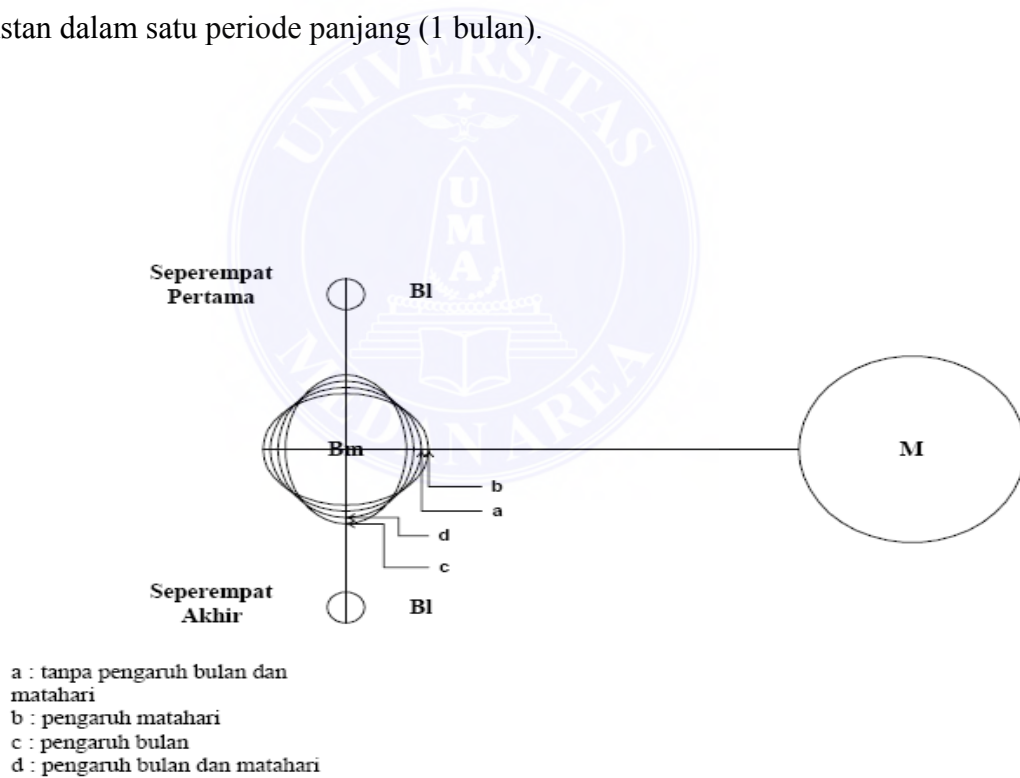
### 2.6.3. Gaya Gaya Pasang Surut

Gaya-gaya pembangkit pasang surut ditimbulkan oleh gaya tarik menarik antara bumi, bulan, dan matahari. Penjelasan terjadinya pasang surut dilakukan hanya dengan memandang suatu sistem bumi-bulan; sedang untuk sistem bumi-matahari penjelasannya adalah identik. Dalam penjelasan ini dianggap bahwa permukaan bumi, yang apabila tanpa pengaruh gaya tarik bulan, tertutup secara merata oleh laut (bentuk permukaan air adalah bundar).

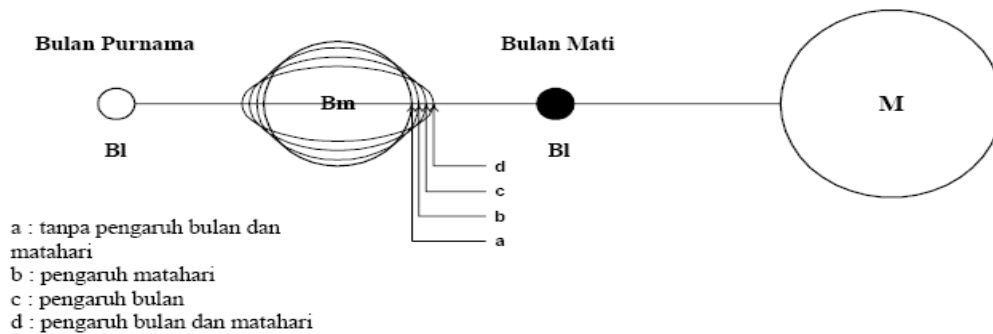
Rotasi bumi menyebabkan elevasi muka air laut di khatulistiwa lebih tinggi daripada di garis lintang yang lebih tinggi. Tetapi karena pengaruhnya yang seragam di sepanjang garis lintang yang sama, sehingga tidak bisa diamati sebagai suatu variasi pasang surut. Oleh karena itu rotasi bumi tidak menimbulkan pasang surut. Di dalam penjelasan pasang surut ini dianggap bahwa bumi tidak berotasi.

Gaya tarik menarik antara bumi dan bulan tersebut menyebabkan sistem bumi-bulan menjadi satu sistem kesatuan yang beredar bersama-sama sekeliling sumbu perputaran bersama (*common axis of revolution*). Sumbu perputaran bersama ini adalah pusat berat dari sistem bumi-bulan, yang berada di bumi dengan jarak 1718 km di bawah permukaan bumi. Selama peredaran tersebut, setiap titik di bumi beredar sekeliling pusatnya dalam orbit berbentuk lingkaran dengan jari-jari sama dengan jari-jari dari revolusi pusat massa bumi sekeliling sumbu perputaran bersama. Jari-jari tersebut adalah sama dengan jarak antara pusat massa bumi dan sumbu perputaran bersama.

Penjelasan mengenai pembangkitan pasang surut tersebut adalah dengan anggapan bahwa bumi dikelilingi oleh laut secara merata. Pada kenyataannya di permukaan bumi terdapat pulau-pulau dan benua-benua. Selain itu dasar laut juga tidak rata, karena adanya palung yang dalam, perairan dangkal, selat, teluk, gunung bawah laut, dan sebagainya. Keadaan ini menyebabkan terjadinya penyimpangan-penyimpangan dari kondisi yang ideal, dan dapat menimbulkan ciri-ciri pasang surut yang berbeda dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Selain itu kedudukan bulan dan matahari juga selalu berubah terhadap bumi, sehingga tinggi pasang surut tidak konstan dalam satu periode panjang (1 bulan).



Gambar 2.8. Kedudukan Bumi-Bulan-Matahari Saat Pasang Perbani (Teknik Pantai, 1999)



Gambar 2.9. Kedudukan Bumi-Bulan-Matahari Saat Pasang Purnama(Teknik Pantai, 1999)

#### 2.6.4. Tipe-Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidaklah sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum, pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*), pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*), dan pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi diurnal*). Gambar 2.2 menunjukkan empat tipe pasang surut sehingga dapat dilihat perbedaannya.

##### 1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.

2. Pasang surut harian ganda (*semi-diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi 2 kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama, dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman.

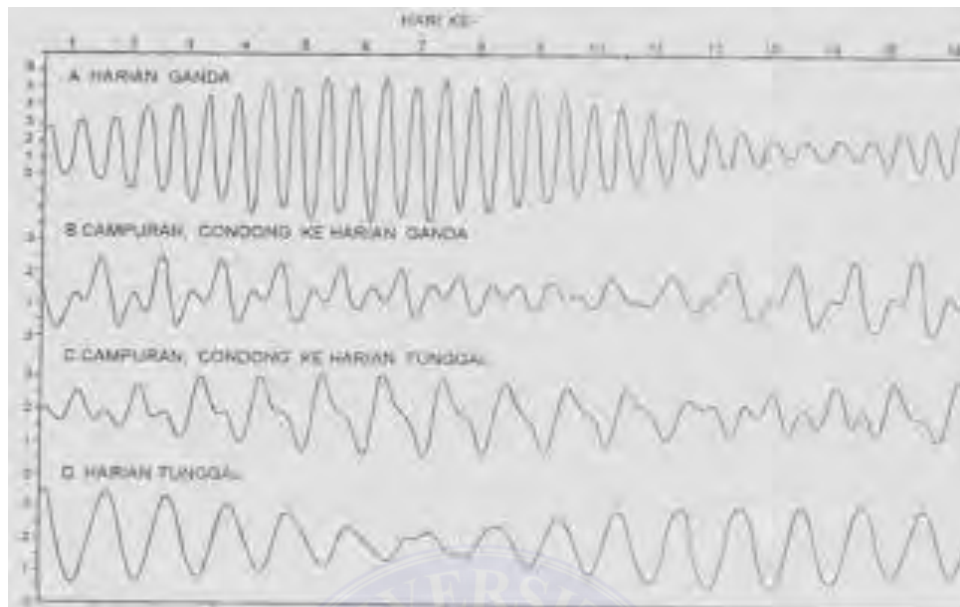
3. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Kalimantan dan pantai utara Jawa Barat.

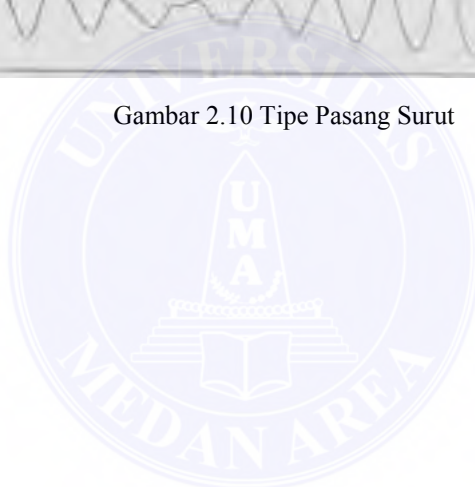
4. Pasang surut condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semi-diurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur.

Berikut adalah grafik dari setiap tipe pasang surut yang terjadi setiap harinya. Terlihat perbedaan yang signifikan di setiap daerah di Indonesia Bagian Timur, Bagian Tengah, maupun Bagian Barat.



Gambar 2.10 Tipe Pasang Surut

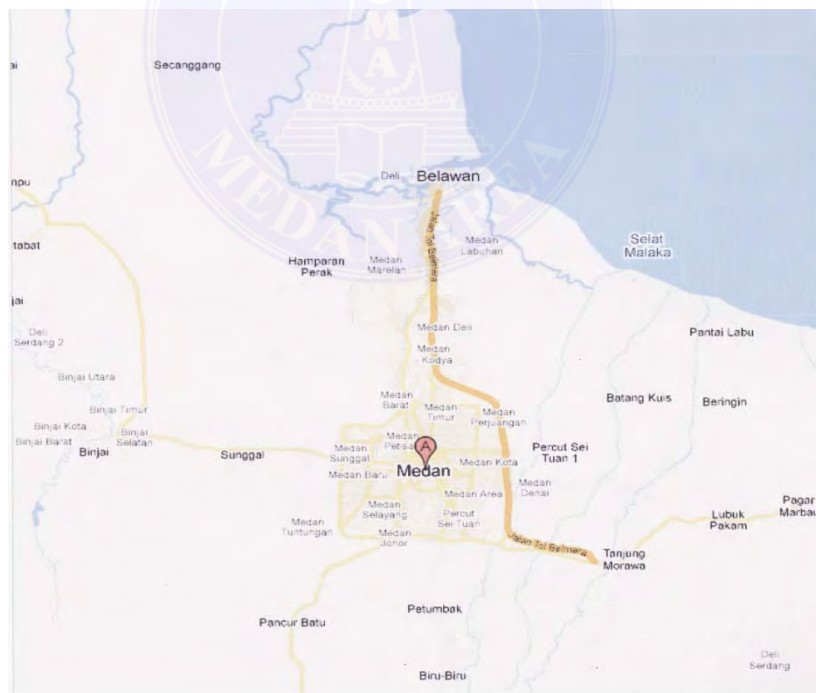


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Kondisi Umum Wilayah Muara Sungai Belawan

Muara Sungai Belawan terletak di kecamatan Medan Belawan, Kotamadya Medan yang terletak pada posisi  $03^{\circ}47'$  Lintang Utara dan  $98^{\circ}42'$  Bujur Timur dengan luas wilayah  $265,10 \text{ km}^2$  dengan batas wilayah sebagai berikut sebelah utara dengan Selat Malaka, sebelah Selatan dengan Kabupaten Deli Serdang, sebelah timur dengan Kabupaten Deli Serdang, serta sebelah barat dengan kabupaten Deli Serdang (gambar 3.1). Dengan ketinggian 2,5 - 37,5 meter di atas permukaan laut.



Gambar 3.1 Peta Kotamadya Medan

Muara Sungai Belawan terletak di Timur Laut Pantai Sumatera  $\pm 27 \text{ km}$  dari Kota Medan, ibukota propinsi Sumatera Utara dan berbatasan langsung

dengan Selat Malaka. serta kabupaten Deli Serdang merupakan suatu kolam pelayaran untuk tempat berlabuh, berolah gerak, dan melakukan aktivitas bongkar muat kapal – kapal.

Muara Sungai Belawan ini terdapat Pelabuhan Belawan yang merupakan pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional, regional dan nasional. Pelabuhan Belawan ini merupakan urat nadi perekonomian Sumatera Utara, khususnya arus keluar masuk barang dan penumpang melalui angkutan laut, sehingga Kota Medan dikenal dengan pintu gerbang Indonesia bagian Barat.

Kondisi fisik Kecamatan Medan Belawan yang akan diuraikan terdiri dari : batas administratif, luas wilayah, jumlah penduduk, mata pencaharian, potensi perekonomian dan iklim.

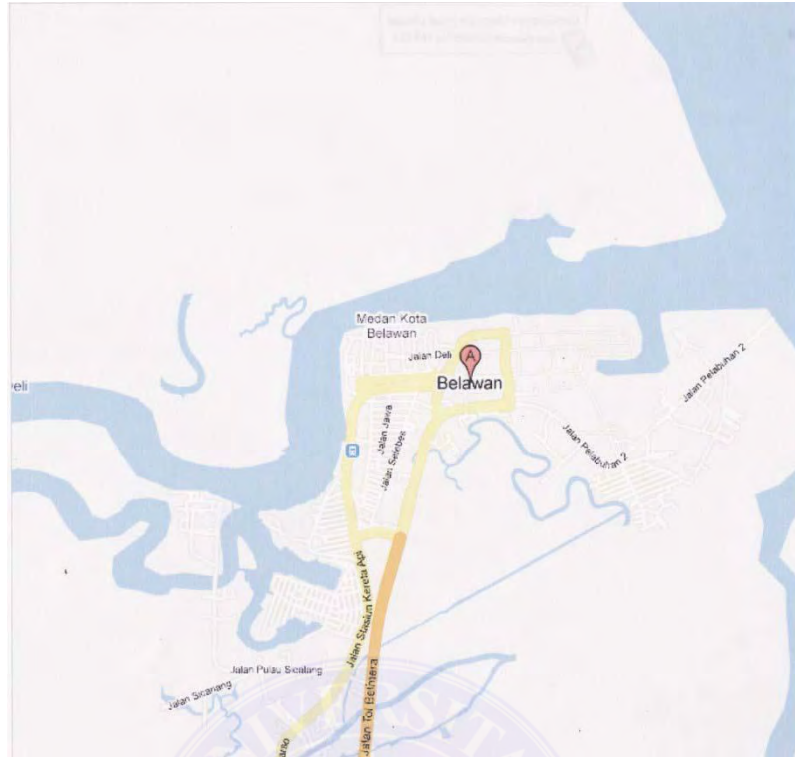
### **3.2 Batas Administratif**

Kecamatan Medan Belawan terletak di wilayah Utara Kota Medan dengan batas-batas sebagai berikut :

- Sebelah Barat : Kabupaten Deli Serdang**
- Sebelah Timur : Kabupaten Deli Serdang**
- Sebelah Selatan : Kecamatan Medan Marelan dan Kecamatan Medan**

#### **Labuhan**

- Sebelah Utara : Selat Malaka**



Gambar 3.2 Peta Kecamatan Medan Belawan

### 3.3 Luas Wilayah

Wilayah kawasan Kota Medan berdasarkan pengukuran lapangan tahun 2006 memiliki luas mencapai 265.10 km<sup>2</sup> atau 0,36% dari luas Propinsi Sumatera Utara. Jumlah kecamatan yang ada di Kota Medan adalah 21 kecamatan dengan kecamatan Medan Labuhan memiliki luas terbesar yaitu 36.67 km<sup>2</sup> atau 11,12% dari luas Kota dan kecamatan Medan Maimun memiliki luas terkecil yaitu 2.98 km<sup>2</sup> atau 1,12% dari luas Kota Medan. Kecamatan yang terletak paling barat adalah kecamatan Medan Tembung, kecamatan paling timur adalah kecamatan Medan Helvetia, kecamatan paling utara adalah kecamatan Medan Belawan yang merupakan lokasi penelitian dan kecamatan paling selatan adalah kecamatan Johor.



### **3.4 Sarana dan Prasarana**

Sarana dan prasarana perhubungan di Kota Medan terdiri dari prasarana perhubungan darat, laut, dan udara, merupakan prasarana pendukung sarana modatransportasi untuk perkembangan prekonomian kota medan, seperti:

#### **a. Prasarana jaringan jalan dan terminal lalu lintas darat**

Pembangunan jaringan jalan di Kota Medan diutamakan untuk mendukung sektor ekonomi modern khususnya di industri ekspor. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan menekan biaya pengangkutan, menciptakan akses kepada pasar regional dan internasional sekaligus memperluas pelayanan jasa perkotaan, Kota Medan telah dilengkapi dengan prasarana jalan tol Belmera yang menghubungkan pusat produksi pelabuhan Belawan di Kota Medan dengan Tanjung Morawa di Kabupaten Deli Serdang. Dalam koordinasi pemerintah propinsi juga direncanakan pembangunan jalan tol Medan-Binjai dan Medan-Tebing Tinggi sehingga melengkapi kebutuhan jaringan jalan.

Kota medan memiliki terminal angkutan darat yang merupakan tempat proses pemindahan orang atau barang melalui sarana moda transportasi darat untuk proses pengembangan perekonomian Kota Medan seperti terminal amplas di kecamatan Medan Amplas dan terminal pinang baris di kecamatan Medan Sunggal.

## **b. Prasarana lalu lintas laut**

Dalam mendukung kegiatan perdagangann regional dan internasional, Kota Medan juga memiliki prasarana pelabuhan laut internasional Belawan yang terletak di Kecamatan Medan Belawan. Pelabuhan laut Belawan yang dilengkapi dengan dermaga peti kemas dengan teknologi tinggi telah menjadi alternatif pemindahan manusia dan barang baik domestik maupun internasional melalui sarana moda angkutan laut seperti kapal. Pelabuhan laut Belawan menjadi prasarana transportasi laut yang menghubungkan Kota Medan dengan seluruh kota-kota besar di Indonesia seperti Jakarta, Surabaya, Ujung Pandang, dan lain-lain termasuk berbagai pelabuhan laut negara sahabat seperti Malaysia, Singapura, dan lain-lain.

## **c. Prasarana lalu lintas udara**

Bandara Polonia terletak di Kecamatan Medan Polonia dengan berbagai fasilitas yang relatif lengkap, seperti terminal domestik dan internasional yang terpisah, lapangan parkir, pendaftaran keberangkatan, pelayanan pabean, ruang tunggu, pelayanan imigrasi dan ruang kedatangan yang didukung sumber daya manusia dan teknologi kenyamanan dan keamanan penumpang. bandara Polonia merupakan salah satu bandara internasional terbesar di Indonesia setelah bandara Soekarno Hatta, yang melayani hampir seluruh jalur penerbangan domestik dan internasional baik orang maupun barang (ekspor-import) seperti Jakarta, Surabaya, Ujung Pandang, dan lain-lain (domestik), Malaysia, Amsterdam, Singapura dan lain-lain (internasional).

### 3.5. Fasilitas Muara Sungai Belawan

Muara Sungai Belawan terletak di kecamatan Medan Belawan yang merupakan kolam pelayaran kapal – kapal dan memiliki fasilitas dermaga tempat bersandarnya kapal – kapal untuk melakukan aktivitas bongkar muat manusia atau barang yang terletak pada spadan sisi Timur muara sungai merupakan cabang pelabuhan Indonesia (Pelabuhan Belawan)

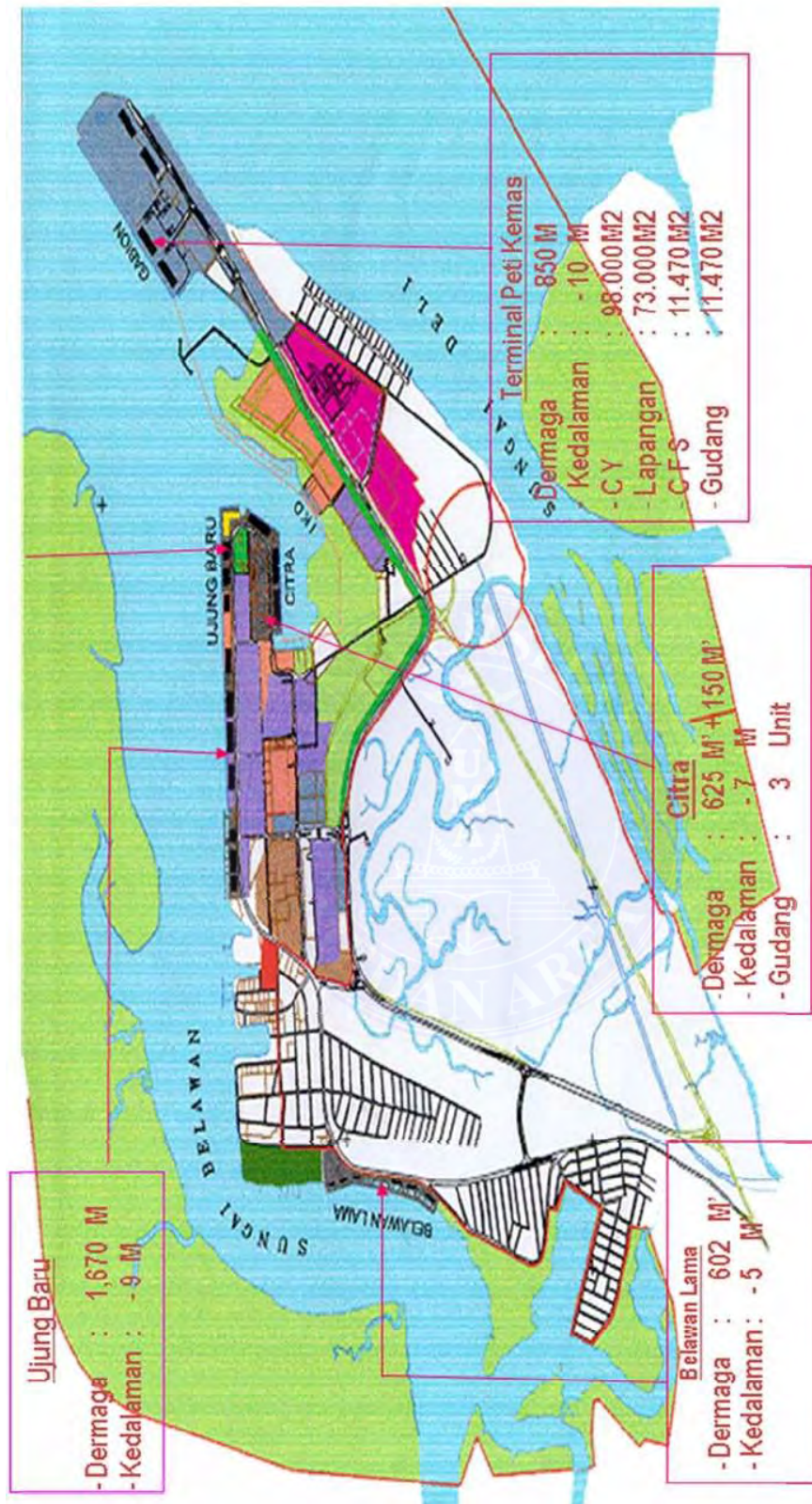
Fasilitas dermaga pelabuhan Belawan berada pada sisi Timur muara sungai pada daerah :

- a. Belawan Lama (dermaga 001-008) melayani kapal antar pulau dan lokal yang membawa general cargo serta kebutuhan makanan.
- b. Tambatan Antar Pulau Ujung Baru (dermaga 101 -104); melayani kapal antar pulau yang membawa general cargo dan tongkang. Sistem instalasi conveyor dan hopper terdapat pada dermaga 104 (untuk pembongkaran pupuk).
- c. Ujung Baru (dermaga 105 – 114); merupakan dermaga dengan panjang 1275 m dan kedalaman sampai -10 m LWS. Dermaga di Ujung Baru ini melayani sebagian besar cargo yang melalui pelabuhan Belawan (34% general cargo, 45% curah cair, dan 23% curah kering). Dermaga 105 dan 106 merupakan dedicated berth untuk melayani muatan minyak sawit secara terpadu. Dermaga 114 dimanfaatkan juga untuk tambatan kapal penumpang, dan terminal penumpang berada pada sisi darat dermaga ini.
- d. Kolam Citra (dermaga 201 – 203, dermaga Semen Andalas dan dermaga IKD). Dermaga 201 – 203 digunakan untuk general cargo domestik sedangkan dermaga semen Andalas dan IKD untuk membongkar semen curah

kering dan cair lainnya. Dermaga ini mempunyai kedalaman – 6 m LWS sampai – 7 m LWS.

- e. Jetty Pertamina; untuk melayani tanker bahan baker migas yang dioperasikan oleh Pertamina, dapat menampung kapal sampai 17.000 DWT





Sumber : PT. Pelindo I Cabang Belawan

Gambar 3.3 Fasilitas Muara Sungai Belawan

### 3.6 Kondisi Klimatologi

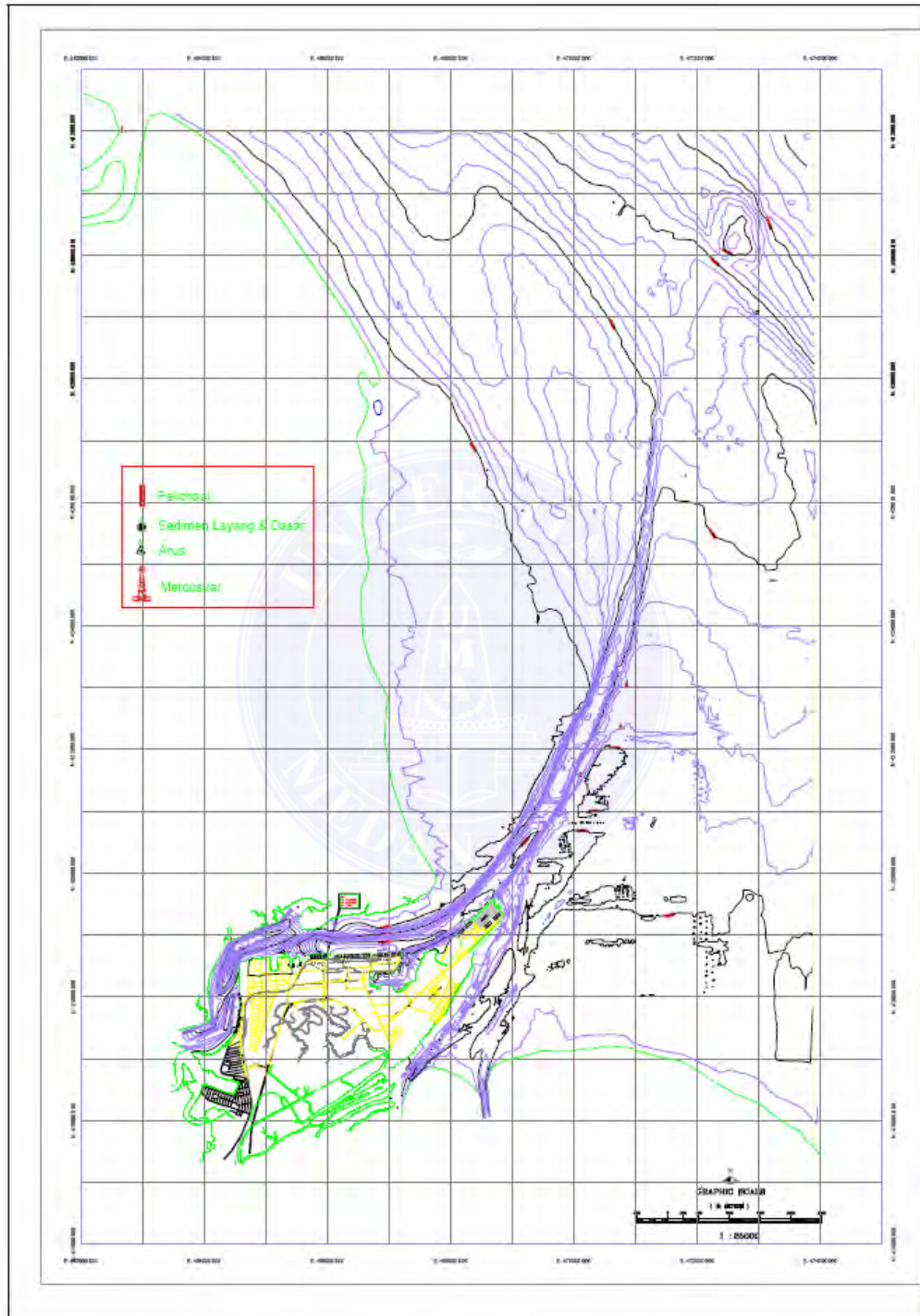
Muara Sungai Belawan berada di Provinsi Sumatera Utara yang terletak di wilayah khatulistiwa dimana tekanan udara rendah dan mempunyai iklim tropis. Perubahan iklim sangat kecil sehingga iklim harian dapat diprediksi dengan mudah. Curah hujan > 150 mm terjadi pada bulan September hingga bulan Januari dan curah hujan < 150 mm terjadi pada bulan Februari hingga bulan Agustus. Suhu udara harian di Belawan berkisar antara 22 °C – 33 °C dengan kelembaban sangat tinggi dengan rata-rata 82 %.

Angin dominan adalah angin muson Timur Laut yang bertiup sepanjang bulan November hingga bulan Maret sedangkan angin muson Barat Daya bertiup dari bulan Juni hingga bulan September dengan kekuatan rata – rata di Selat Malaka 10 knots. Rata – rata curah hujan di kota medan untuk periode ulang 25 tahun (1955-2000) bervariasi antara 100 – 260 mm/bulan. Data curah hujan dapat dilihat pada tabel 3.3 yang menunjukkan banyaknya hari hujan dan curah hujan.

### 3.7 Kondisi Bathimetri Muara Sungai Belawan

Daerah pantai disekitar muara sungai terdiri dari hutan mangrove dengan jenis tanah lanau dan lempung hingga 3.5 km ke arah lepas pantai. Selepas itu kondisi pantai mencapai kemiringan 1:400 hingga kedalaman -20 m. laut dengan kedalaman -20 m memanjang hingga 10 km ke arah Timur Laut. Kontur bathimetri Muara Sungai Belawan dapat dilihat pada **gambar 3.4.** (halaman 46)

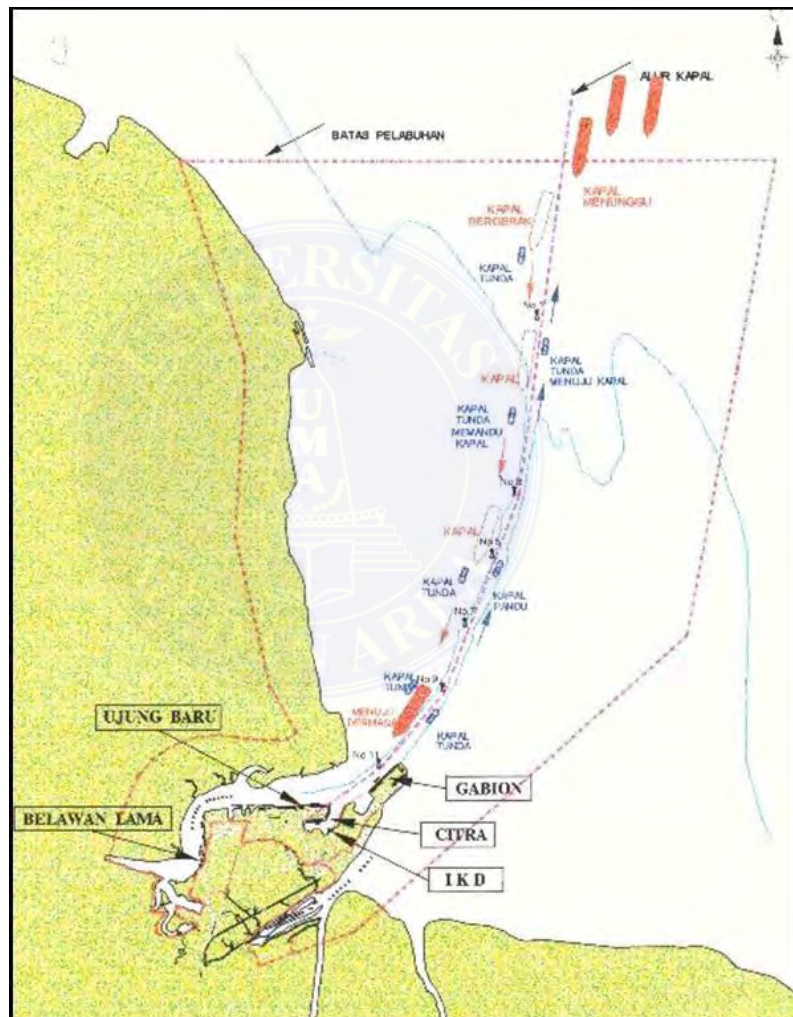




Gambar 3.4 Bathimetri Muara Sungai Belawan(sumber: Pelindo I)

### 3.8 Kondisi Hidro – Oseanografi

Data pasang surut yang diperlukan untuk pemodelan ini merupakan hasil pengamatan yang dilaksanakan pada tanggal 1 April 2010 s.d 31 Mei 2010 oleh pelindo I cabang belawan. Dengan pembacaan ketinggian air setiap 1 jam pengamatan dilakukan di Muara Sungai Belawan. Lokasi pengamatan pasut dapat dilihat pada **gambar 3.5**



Gambar 3.5 Sket Lokasi Pengamatan Pasut (sumber: Pelindo I)



APRIL 2010																											
J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J		
T	1	2.1	2.4	2.4	2.2	1.9	1.2	0.8	0.5	0.5	0.7	1.2	1.7	2.2	2.6	2.6	2.4	2.0	1.5	1.0	0.6	0.5	0.6	0.9	1.4	T	
	2	1.8	2.2	2.3	2.3	1.9	1.5	1.1	0.7	0.6	0.7	1.0	1.5	2.0	2.3	2.5	2.5	2.2	1.7	1.3	0.8	0.6	0.6	0.8	1.1		
	3	1.5	1.9	2.1	2.2	2.0	1.7	1.3	1.0	0.8	0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	2.3	2.4	2.2	1.9	1.5	1.1	0.8	0.7	0.7	1.0		
	4	1.3	1.6	1.9	2.0	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0	1.1	1.3	1.6	1.9	2.1	2.2	2.2	2.0	1.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.9		
	5	1.2	1.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0			
	6	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2		
	7	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4			
	8	1.3	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6	1.6		
	9	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8		
	10	1.6	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9	1.1	1.3	1.6	1.8	2.0	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	1.9		
	11	1.8	1.6	1.3	1.1	0.9	0.8	0.9	1.1	1.5	1.8	2.1	2.2	2.2	2.0	1.7	1.4	1.1	1.0	1.0	1.1	1.4	1.7	1.9	2.1		
	12	2.0	1.8	1.5	1.2	0.9	0.7	0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	2.3	2.3	2.2	1.9	1.5	1.1	0.9	0.8	0.9	1.2	1.6	1.9	2.1		
	13	2.2	2.0	1.7	1.3	1.0	0.7	0.7	0.8	1.1	1.6	2.0	2.3	2.5	2.4	2.1	1.6	1.2	0.8	0.7	0.7	1.0	1.4	1.8	2.1		
	14	2.2	2.2	1.9	1.5	1.1	0.8	0.6	0.7	1.0	1.4	1.9	2.3	2.5	2.5	2.3	1.8	1.3	0.9	0.6	0.5	0.7	1.1	1.6	2.0		
	15	2.2	2.3	2.1	1.8	1.3	0.9	0.6	0.6	0.6	1.2	1.7	2.2	2.5	2.6	2.5	2.1	1.6	1.0	0.6	0.5	0.5	0.8	1.3	1.8		
	16	2.1	2.3	2.3	2.0	1.5	1.1	0.7	0.6	0.7	1.0	1.5	2.0	2.4	2.6	2.6	2.3	1.8	1.3	0.8	0.5	0.4	0.6	1.0	1.5		
	17	1.9	2.2	2.3	2.1	1.8	1.3	1.0	0.7	0.7	0.9	1.3	1.8	2.2	2.5	2.5	2.4	2.1	1.6	1.0	0.7	0.5	0.5	0.8	1.2		
	18	1.6	2.0	2.2	2.2	2.0	1.6	1.2	0.9	0.8	0.8	1.1	1.5	2.0	2.3	2.5	2.5	2.2	1.8	1.4	0.9	0.6	0.5	0.7	0.9		
	19	1.3	1.7	2.0	2.1	2.0	1.6	1.5	1.2	1.0	0.9	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.4	2.3	2.0	1.6	1.2	0.9	0.7	0.7	0.3		
	20	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	1.2	1.5	1.7	2.0	2.2	2.2	2.1	1.9	1.5	1.2	1.0	0.8	0.3		
	21	0.9	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.3	1.1	1.0		
	22	0.9	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	1.8	1.9	1.8	1.6	1.4	1.1		
	23	1.1	0.9	0.9	1.0	1.1	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.8	1.6		
	24	1.3	1.1	0.9	0.6	0.9	1.1	1.3	1.7	1.9	2.1	2.2	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.0	1.9		
	25	1.7	1.4	1.0	0.6	0.7	0.8	1.0	1.4	1.8	2.1	2.3	2.4	2.2	1.9	1.5	1.1	0.9	0.8	0.9	1.2	1.6	1.9	2.1	2.2		
	26	2.0	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.7	1.1	1.5	2.0	2.4	2.5	2.5	2.2	1.7	1.3	0.9	0.7	0.7	0.9	1.3	1.7	2.0	2.2		
	27	2.2	2.0	1.6	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.8	1.3	1.8	2.2	2.5	2.6	2.4	2.0	1.5	1.0	0.7	0.5	0.6	0.9	1.4	1.8		
	28	2.3	2.2	1.9	1.5	1.0	0.7	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	2.4	2.7	2.6	2.5	1.8	1.3	0.8	0.5	0.4	0.6	1.1	1.5	2.0		
	29	2.3	2.3	2.1	1.8	1.3	0.9	0.6	0.6	0.8	1.2	1.8	2.2	2.6	2.7	2.5	2.1	1.5	1.0	0.6	0.4	0.5	0.8	1.2	1.7		
	30	2.1	2.3	2.2	2.0	1.6	1.2	0.8	0.7	0.8	1.1	1.5	2.0	2.4	2.6	2.6	2.3	1.9	1.3	0.8	0.5	0.4	0.6	1.0	1.4		

03° 8' U - 98° 7' T																											
MEI 2010																											
Waktu : GMT. +07.00																											
J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J		
T	1	1.8	2.1	2.2	2.1	1.8	1.4	1.1	0.8	0.6	1.0	1.3	1.8	2.2	2.4	2.5	2.3	2.0	1.5	1.1	0.7	0.5	0.6	0.8	1.2	T	
	2	1.6	1.9	2.1	2.1	1.9	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.3	1.6	2.0	2.2	2.4	2.3	2.1	1.7	1.3	0.9	0.7	0.6	0.7	1.0		
	3	1.3	1.6	1.9	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.1	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2	0.9	0.8	0.8	0.9		
	4	1.1	1.4	1.6	1.8	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.3	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.0	1.9	1.6	1.4	1.1	1.0	0.9	0.9		
	5	1.1	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0		
	6	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2			
	7	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.8	1.7	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.3		
	8	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.6	1.5		
	9	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.4	1.3	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.7		
	10	1.6	1.4	1.1	1.0	0.9	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	1.0	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9		
	11	1.8	1.6	1.3	1.0	0.9	0.9	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.4	2.3	2.0	1.6	1.3	1.0	0.8	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.0		
	12	2.0	1.8	1.5	1.1	0.9	0.8	0.9	1.1	1.5	1.9	2.3	2.5	2.4	2.2	1.8	1.4	1.0	0.7	0.6	0.8	1.1	1.4	1.8	2.1		
	13	2.1	2.0	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7	0.9	1.3	1.7	2.2	2.5	2.6	2.4	2.1	1.6	1.1	0.7	0.5	0.5	0.8	1.2	1.6	2.0		
	14	2.2	2.1	1.9	1.6	1.2	0.9	0.7	0.8	1.1	1.5	2.0	2.4	2.6	2.6	2.3	1.9	1.3	0.9	0.5	0.4	0.6	0.9	1.3	1.8		
	15	2.1	2.2	2.1	1.8	1.4	1.0	0.8	0.7	0.9	1.3	1.7	2.2	2.5	2.7	2.5	2.2	1.6	1.1	0.7	0.4	0.4	0.6	1.0	1.5		
	16	1.9	2.2	2.2	2.0	1.7	1.3	1.0	0.8	0.8	1.1	1.5	1.9	2.4	2.6	2.6	2.4	1.9	1.4	0.9	0.5	0.4	0.5	0.8	1.2		
	17	1.6	2.0	2.2	2.1	1.9	1.6	1.2	1.0	0.9	1.0	1.3	1.7	2.1	2.4	2.5	2.5	2.2	1.7	1.2	0.8	0.5	0.4	0.6	0.9		
	18	1.3	1.7	2.0	2.1	2.1	1.8	1.5	1.2	1.0	1.0	1.1	1.4	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3	2.0	1.6	1.1	0.8	0.6	0.5	0.7		
	19	1.0	1.4	1.7	2.0	2.0	2.0	1.8	1.5	1.3	1.2	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.2	2.1	1.8	1.5	1.1	0.8	0.7	0.7		
	20	0.8	1.1	1.4	1.7	1.9	2.0	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.3	1.5	1.7	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.2	0.9	0.8		
	21	0.8	0.9	1.1	1.4	1.6	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	1.9	1.7	1.5	1.3	1.0		
	22	0.9	0.8	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.0	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.6	1.4		
	23	1.1	0.9	0.8	0.9	1.0	1.3	1.6	1.9	2.1	2.2	2.2	2.0	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	1.9	1.7		
	24	1.4	1.2	0.9	0.8	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.3	2.4	2.3	2.0	1.7	1.3	1.0	0.9	0.9	1.1	1.3	1.6	1.9	2.0	1.9		
	25	1.8	1.5	1.1	0.9	0.8	0.8	1.1	1.4	1.8	2.2	2.4	2.5	2.3	2.0	1.5	1.1	0.8	0.7	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.1		

Hasil pengamatan pasang surut yang telah dilakukan tanggal 21 april 2013 dapat dilihat pada **tabel 3.4** berikut ini:

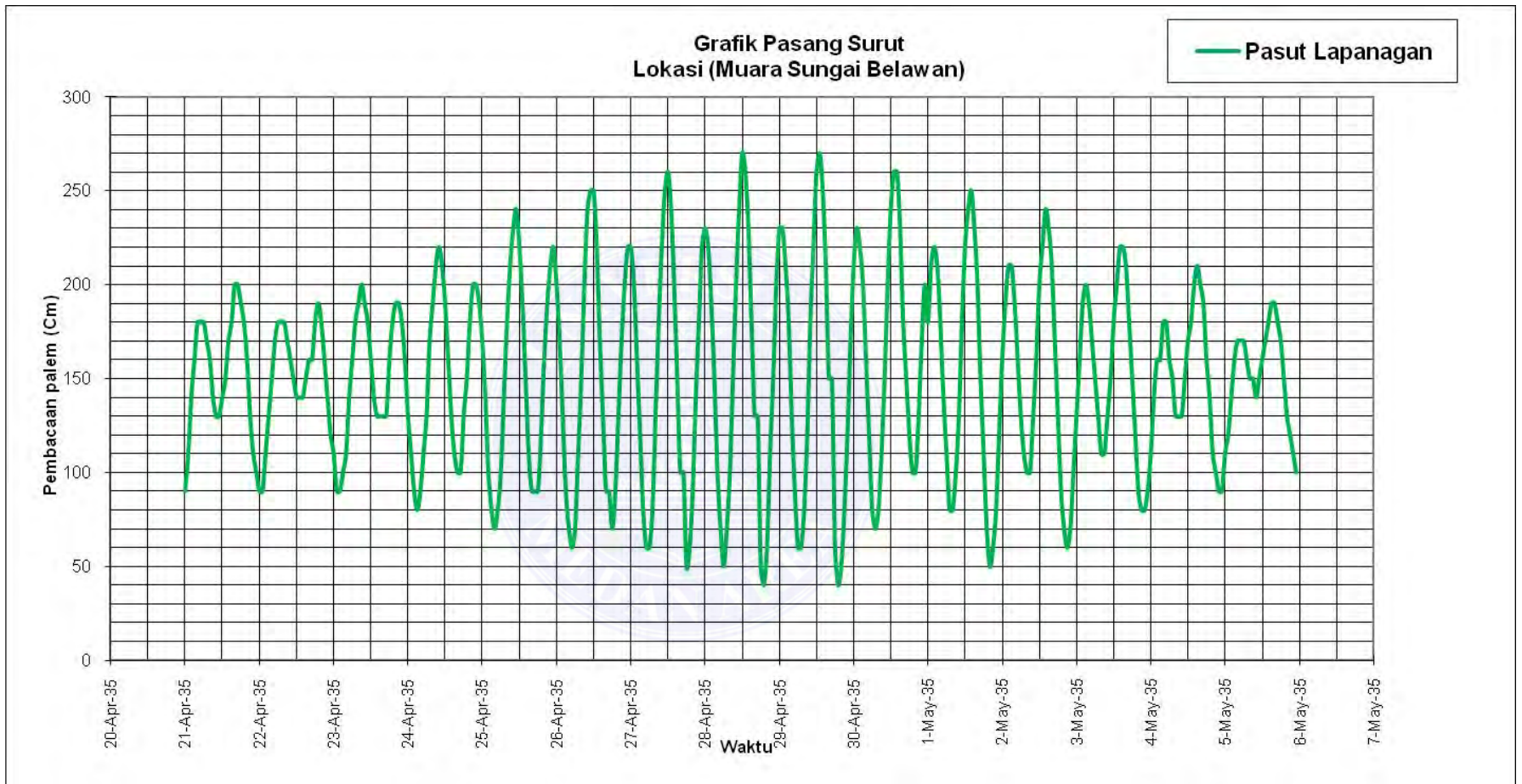
Tabel 3.1 Hasil Pengamatan Pasang Surut selama 15 hari

T/J	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	J/T
21	90	110	140	160	180	180	180	170	160	140	130	130	140	150	170	180	200	200	190	180	160	130	110	100	21
22	90	90	110	130	150	170	180	180	180	170	160	150	140	140	140	150	160	160	180	190	180	160	140	120	22
23	110	90	90	100	110	140	160	180	190	200	190	180	160	140	130	130	130	130	160	180	190	190	180	160	23
24	130	110	90	80	90	110	130	170	190	210	220	210	190	160	130	110	100	100	130	150	180	200	200	190	24
25	170	140	100	80	70	80	100	140	180	210	230	240	220	190	150	110	90	90	90	120	160	190	210	220	25
26	200	170	130	90	70	60	70	110	150	200	240	250	250	220	170	130	90	90	70	90	130	170	200	220	26
27	220	200	160	120	80	60	60	80	130	180	220	250	260	240	200	150	100	100	50	60	90	140	180	220	27
28	230	220	190	150	100	70	50	70	100	150	200	240	270	260	230	180	130	130	50	40	60	110	150	200	28
29	230	230	210	180	130	90	60	60	80	120	180	220	260	270	250	210	150	150	60	40	50	80	120	170	29
30	210	230	220	200	160	120	80	70	80	110	150	200	240	260	260	230	180	150	120	100	100	130	170	200	30
1	180	210	220	210	180	140	110	80	80	100	130	180	220	240	250	230	200	150	110	70	50	60	80	120	1
2	160	190	210	210	190	160	130	110	100	100	130	160	200	220	240	230	210	170	130	90	70	60	70	100	2
3	130	160	190	200	190	170	150	130	110	110	130	150	180	200	220	220	210	180	150	120	90	80	80	90	3
4	110	140	160	160	180	180	160	150	130	130	130	150	170	180	200	210	200	190	160	140	110	100	90	90	4
5	110	120	140	160	170	170	170	160	150	150	140	150	160	170	180	190	190	180	170	150	130	120	110	100	5

Sumber : Pelabuhan Indonesia Cabang Belawan

Hasil pengamatan pasut selama 15 hari dari **tabel 3.4** diperlihatkan pada **Gambar 3.7**





Gambar 3.7 Grafik pengamatan pasut selama 15 hari di Muara Sungai Belawan

Dari hasil pengamatan pasut oleh Pelindo Belawan, kemudian dapat dilakukan untuk menguraikan suatu komponen pasut menggunakan metode admiralty, bertujuan untuk mengetahui amplitudo komponen utama Matahari ( $AS_2$ ) dan amplitudo komponen utama Bulan ( $AM_2$ ) untuk keperluan pemodelan fisik Muara Sungai Belawan.

Adapun tahapan perhitungan tersebut menggunakan delapan kelompok hitungan (skema) dengan bantuan tabel-tabel dari perhitungan metode Admiralty. Secara garis besar hitungan dengan menggunakan metode Admiralty adalah sebagai berikut:

#### 1. Kelompok hitungan 1

Pada hitungan kelompok ini ditentukan pertengahan pengamatan, bacaan tertinggi dan terendah. Bacaan tertinggi menunjukkan kedudukan alat tertinggi dan bacaan terendah menunjukkan alat terendah

#### 2. Kelompok hitungan 2

Ditentukan bacaan positif (+) dan negatif (-) untuk kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X$  dan  $Y$  dalam setiap hari pengamatan.

#### 3. Kelompok hitungan 3

Pengisian kolom  $X_0$ ,  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  dalam setiap hari pengamatan. Kolom  $X_0$  berisi perhitungan mendatar dari hitungan  $X_1$  pada kelompok hitungan 2 tanpa memperhatikan tanda (+) dan (-). Kolom  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X_4$  dan  $Y_4$  merupakan penjumlahan mendatar dari  $X_1$ ,  $Y_1$ ,  $X_2$ ,  $Y_2$ ,  $X$  pada kelompok hitungan 2 dengan memperhatikan tanda (+) dan (-) harus ditambah dengan besaran  $B(B \text{ kelipatan } 100)$

#### 4. Kelompok hitungan 4

Untuk pengamatan 15 piantan, besaran yang telah ditambah B dapat ditentukan dan selanjutnya menghitung  $X_{00}$ ,  $Y_{00}$  sampai dengan X dimana:

- Indeks  $_{00}$  untuk X berarti  $X_{00}$
- Indeks  $_{00}$  untuk Y berarti  $Y_{00}$
- Indeks  $_{4d}$  untuk X berarti  $X_{4d}$
- Indeks  $_{4d}$  untuk Y berarti  $Y_{4d}$

#### 5. Kelompok hitungan 5

Perhitungan pada kelompok ini sudah memperhatikan sembilan unsur utamapembangkit pasang surut ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$  dan  $MS_4$ ). Untuk perhitungan kelompok hitungan 5 mencari nilai  $X_{00}$ ,  $X_{10}$ , selisih  $X_{12}$  dan  $Y_{1b}$ , Selisih  $X_{13}$  dan  $Y_{1c}$ ,  $X_{20}$ , selisih  $X_{22}$  dan  $Y_{2b}$ , selisih  $X_{23}$  dan  $Y_{2c}$ , selisih  $X_{42}$  dan  $Y_{4b}$  dan selisih  $X_{44}$  dan  $Y_{4d}$ . Untuk perhitungan kelompok hitungan 6 mencari nilai  $Y_{10}$ , jumlah  $Y_{12}$  dan  $X_{1b}$ , jumlah  $Y_{13}$  dan  $X_{1c}$ ,  $Y_{20}$ , jumlah  $Y_{22}$  dan  $X_{2b}$  jumlah  $Y_{23}$  dan  $X_{2c}$ , jumlah  $Y_{42}$  dan  $X_{4d}$  dan jumlah  $Y_{44}$  dan  $X_{4d}$ .

#### 6. Kelompok hitungan 7 dan 8

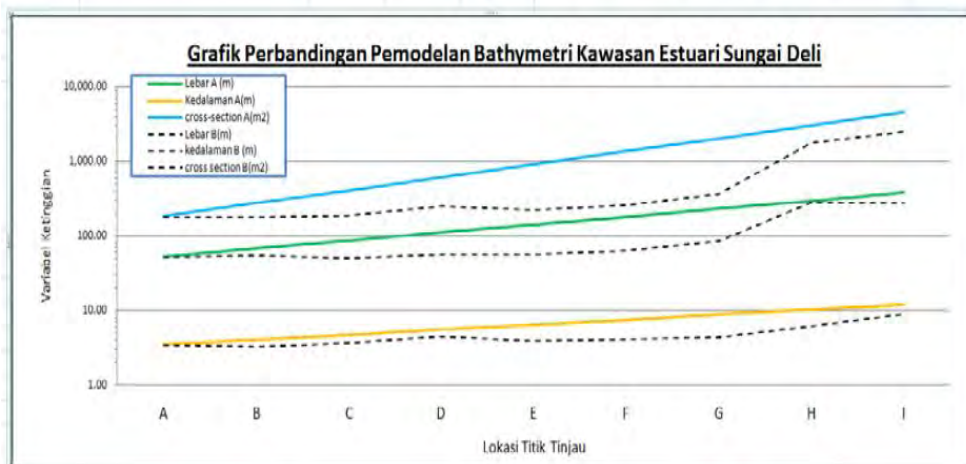
Menentukan besarnya  $P.R \cos r$ ,  $P.R \sin r$ , menentukan besaran p, besaran f, menentukan harga  $V'$ ,  $V''$ ,  $V'''$  dan V untuk tiap unsur utama pembangkitpasang surut ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $P_1$ ,  $M_4$  dan  $MS$ ), menentukan harga u dan harga p serta harga r.

Akhirnya dari perhitungan ini akan menentukan harga w dan  $(1+W)$ , besaran g, kelipatan dari 360 $^\circ$  serta amplitudo (A) dan beda fase ( $g_0$ ).

### 3.9. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengumpulkan data primer dan data sekunder yang menyangkut dengan skripsi ini. Data primer merupakan salinitas pada muara yang akan ditinjau langsung ke lapangan sedangkan data sekunder didapat dari Kementerian Pekerjaan Umum Balai Wilayah Sungai Sumatera II, yang berupa data bathimetri, pasang surut, beserta kecepatan arus. Setelah seluruh data didapat, maka dimulai lah pemodelan dengan menggunakan program Microsoft Excel berdasarkan buku *Estuarine: Monitoring and Modeling the Physical System*, (Jack Hardisty,2007).

Pada pemodelan bathimetri tahapan awal yang dilakukan adalah mencari nilai koefisien lebar ( $a$ ) dan nilai koefisien kedalaman ( $b$ ) dengan menggunakan metode *trial and error*, hal ini dilakukan untuk mendapatkan kesesuaian antara lebar dan kedalaman yang asli terhadap pemodelan agar tidak terlalu jauh perbedaannya. Setelah mendapatkan nilai koefisien tersebut, yang dilakukan selanjutnya adalah memasukkan kembali nilai  $a$  dan  $b$  ke persamaan Wright et al (1973) dengan menggunakan Microsoft Excel untuk mendapatkan nilai lebar dan kedalaman pemodelan seluruhnya. Contoh hasil dari pemodelan bathimetri ini bisa dilihat dari Gambar 3.5 dibawah ini.

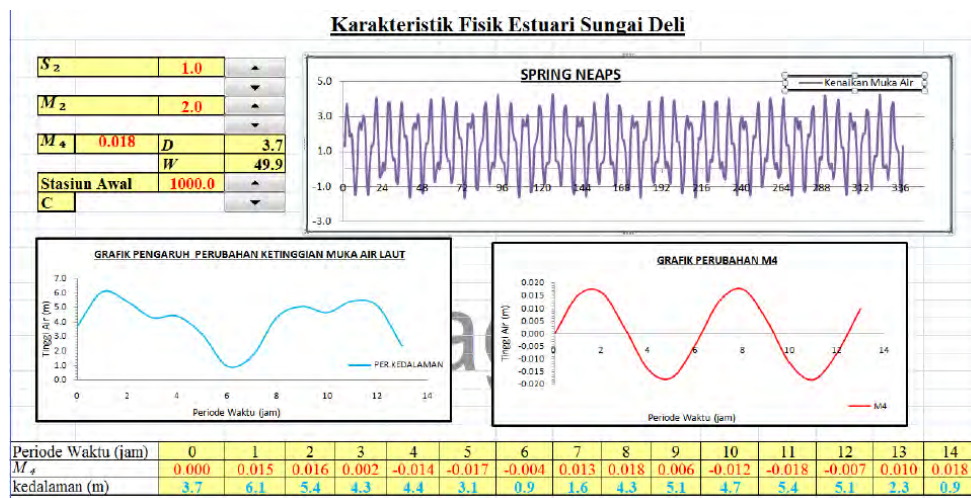


**Gambar 3. 9. Contoh hasil akhir pemodelan bathymetri pada Sungai Deli menggunakan program Microsoft Excel**

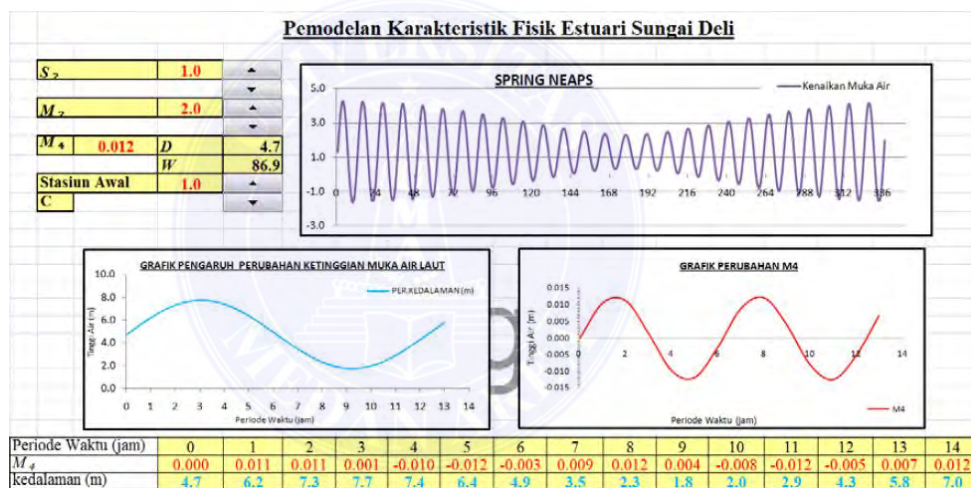
Grafik diatas menjelaskan perbandingan bathymetri Muara Sungai Batang Natal antara kondisi eksisting terhadap pemodelan. Dimana pada grafik tersebut garis putus-putus menunjukkan kondisi bathymetri pada kondisi eksisting sedangkan garis lurus menunjukkan pemodelannya.

Untuk pemodelan pasang surut tahapan awal yang dilakukan adalah dengan mencari komponen-komponen pasang surut baik dari yang ada di lapangan maupun pemodelan kemudian hitung fluktuasi muka air laut keduanya dan diperbandingkan. Contoh hasil dari pemodelan pasang surut dapat dilihat dari Gambar 3.6 dan 3.7 dibawah ini





Gambar 3. 10 Contoh penggambaran kondisi eksisting Sungai Deli menggunakan Microsoft Excel

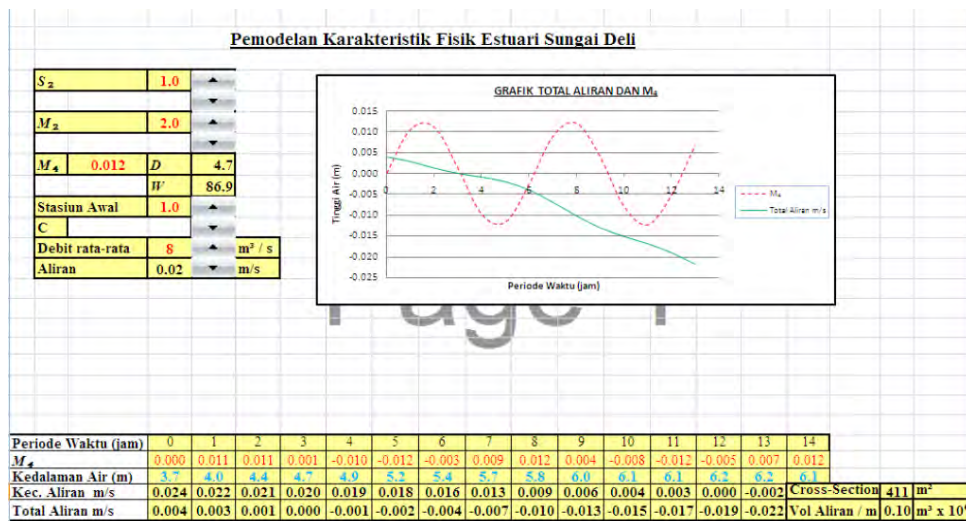


Gambar 3. 11 Contoh hasil akhir pemodelan Sungai Deli menggunakan Microsoft Excel

Grafik diatas menjelaskan fluktuasi yang disebabkan oleh pasang surut air laut dan pengaruh komponen  $M_4$  di tiap titik tinjau pada jam tertentu.

Pemodelan aliran menjelaskan berapa besar air yang mengalir, dan pengaruh deretan perubahan dari volume air, penurunan air, dan penambahan dari kedalaman air tiap titik pengamatan. Contoh pemodelan aliran air dapat dilihat dari Gambar 3.8 dibawah ini.



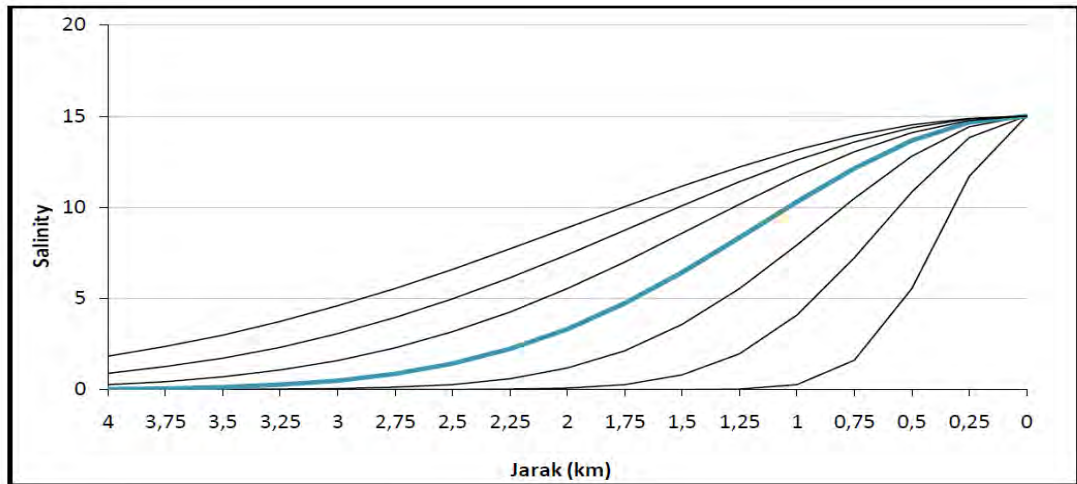


Gambar 3. 12 Contoh pemodelan aliran pada Sungai Deli

Pada grafik diatas menunjukkan kecepatan aliran dari sungai dan aliran pasang surut serta total dari keduanya yang ditunjukkan dalam grafik.

Kemudian hasil dari pemodelan bathimetri, pasang surut, arus, dan salinitas akan dibandingkan dengan keadaan dilapangan berdasarkan data yang ada yang pada akhirnya akan ditarik kesimpulan dan saran berdasarkan perbandingan tersebut.

Pemodelan salinitas dilakukan dengan menggunakan metode Gauss untuk mendapatkan grafik longitudinal salinitas menggunakan persamaan Gauss. Hasil dari pemodelan ini dapat dilihat pada Gambar 3.9 dibawah ini.



Gambar 3. 13 Contoh grafik hasil pemodelan salinitas dengan menggunakan persamaan Gauss pada Microsoft Excel

### 3.10. Variable yang Diamati

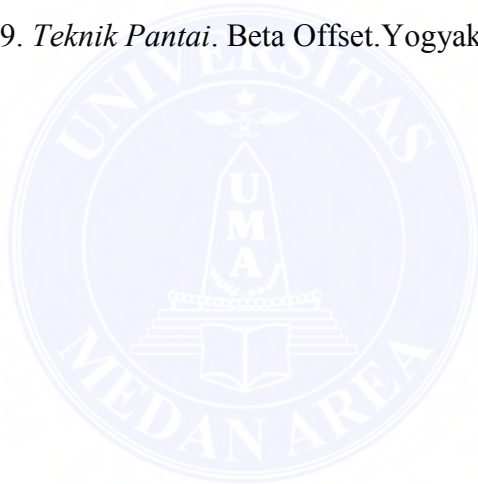
Pada penelitian ini akan dilakukan empat pemodelan yang variabel-variabel yang akan diamati akan dijelaskan sebagai berikut :

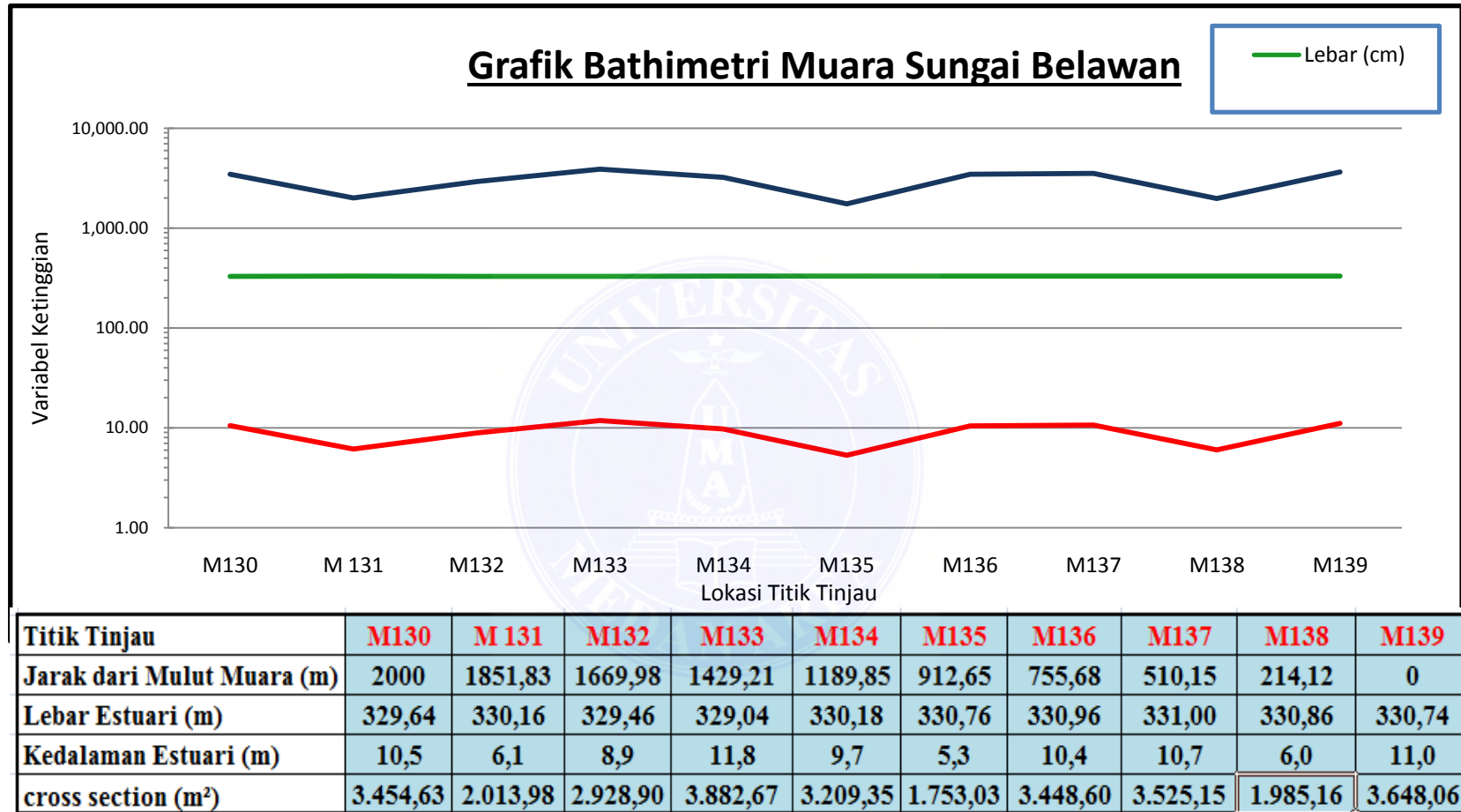
Pada pemodelan ini variabel Bathimetri yang akan diamati adalah lebar pada mulut muara ( $W_0$ ), lebar muara pada titik-titik pengamatan ( $W_x$ ), kedalaman pada mulut muara ( $D_0$ ), kedalaman pada titik-titik pengamatan ( $D_x$ ), serta panjang muara yang akan ditinjau.

Sedangkan, Variabel yang akan diamati pada pemodelan Pasang surut adalah komponen utama pasang surut seperti amplitudo semi diurnal matahari ( $A_{S2}$ ). Amplitudo semi diurnal bulan ( $A_{M2}$ ), serta fluktuasi muka air laut ( $h_t$ ).

## DAFTAR PUSTAKA

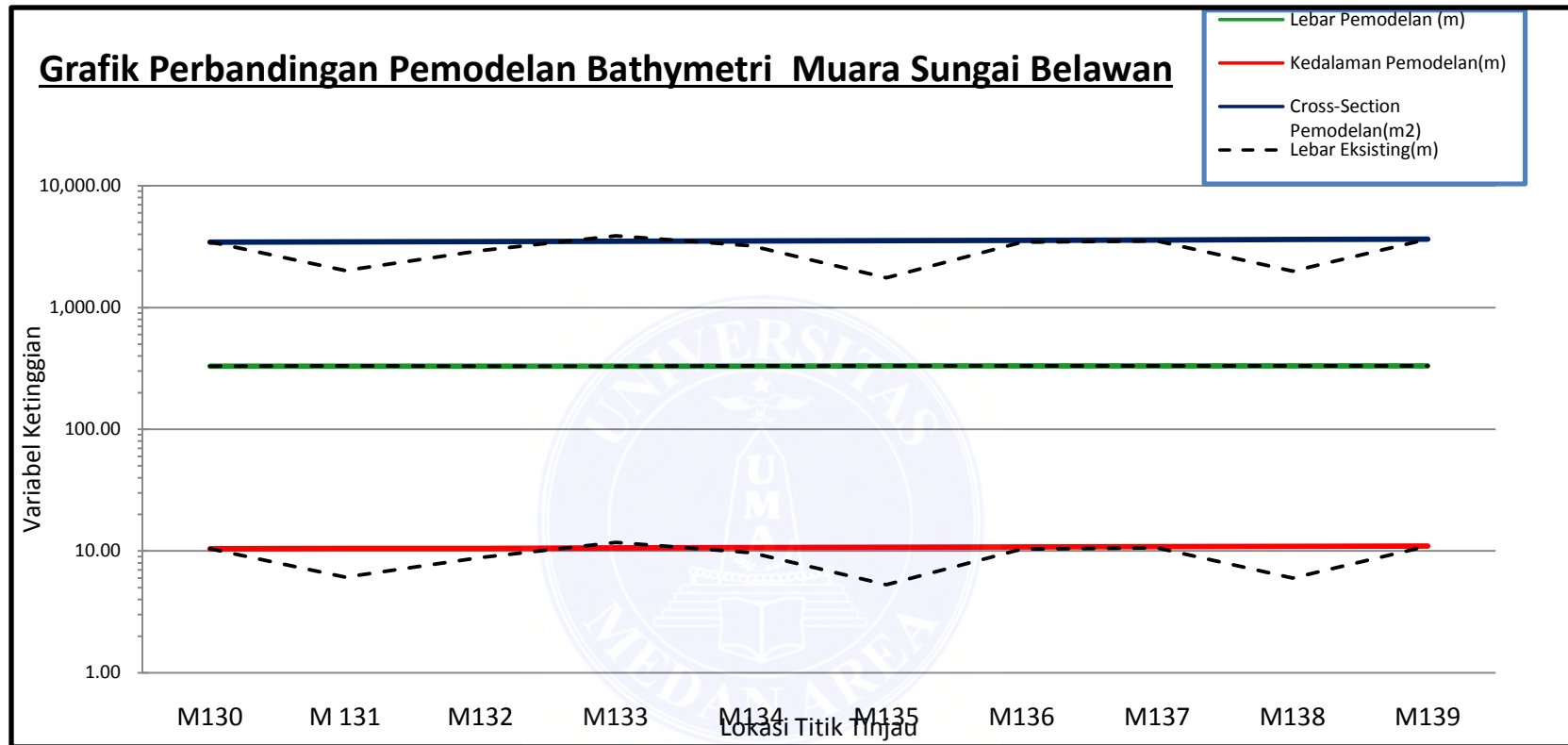
- Hardisty, J. 2007. *Estuarine: Monitoring and Modeling Physical System*. Blackwell Publishing
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Pedoman Penilaian Kerusakan Pantai dan Prioritas Penanganannya*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. *Pedoman Pelaksanaan Konstruksi Bangunan Pengaman Pantai*. Jakarta.
- Rangkuti, Diva Yudha. 2010. *Tugas Akhir: Studi Karakteristik Fisik Muara Sungai Batang Natal*. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Triatmodjo, B. 1996. *Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.





Gambar 4. 11 Gambar Grafik dan Tabel Bathimetri Muara Sungai Belawan

LAMPIRAN 2

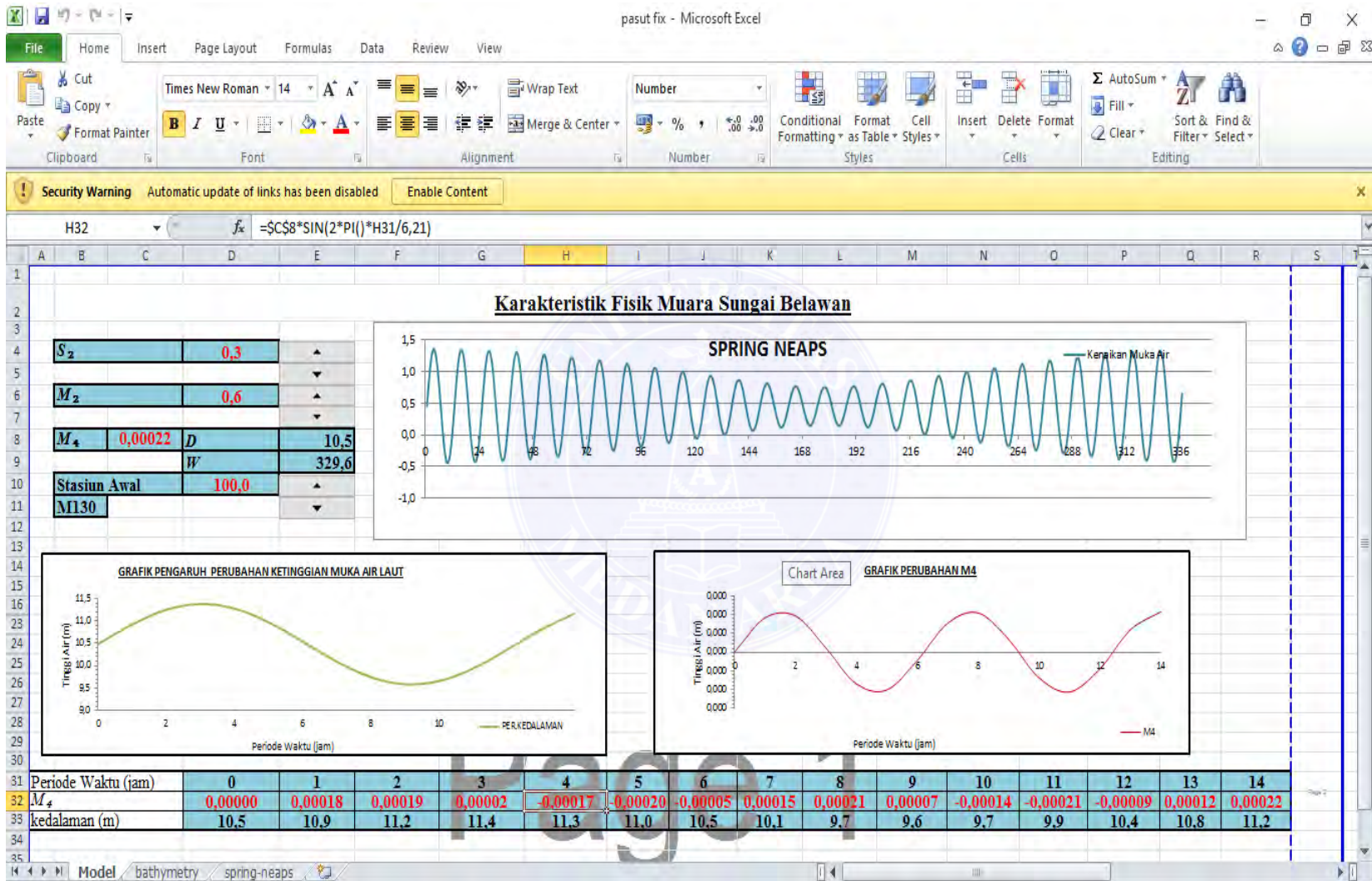


Titik Tinjau	M130	M131	M132	M133	M134	M135	M136	M137	M138	M139
Jarak dari Mulut Muara (m)	2000	1851,83	1669,98	1429,21	1189,85	912,65	755,68	510,15	214,12	0
Lebar Estuari (m)	329,43	329,53	329,64	329,80	329,96	330,14	330,24	330,40	330,60	330,74
Kedalaman Estuari (m)	10,47	10,51	10,55	10,62	10,68	10,75	10,80	10,86	10,94	11,00
cross section (m <sup>2</sup> )	3.448	3.462	3.479	3.501	3.524	3.550	3.565	3.589	3.617	3.638

Gambar 4. 12 Grafik dan Tabel Pemodelan Bathimetri Muara Sungai Belawan beserta Perbandingannya



LAMPIRAN 3



Gambar 4. 23 Gambar Grafik Pasang Surut beserta Komponen-Komponen Pasang Surut Muara Sungai Belawan

## LAMPIRAN 4

Dengan tabel perhitungan *spring-neaps* sebagai berikut :

Tabel 4. 1 Perhitungan *spring-neaps* selama 14 hari

Waktu(jam)	$S_2$	$M_2$	Total Kenaikan(m)
0	0,0	0,0	0,5
1	0,2	0,1	0,7
2	0,3	0,2	1,0
3	0,4	0,2	1,0
4	0,3	0,2	1,0
5	0,2	0,1	0,8
6	0,0	0,0	0,5
7	-0,2	-0,1	0,2
8	-0,3	-0,2	-0,1
9	-0,4	-0,2	-0,1
10	-0,3	-0,2	-0,1
11	-0,2	-0,1	0,1
12	0,0	0,0	0,4
13	0,2	0,1	0,7
14	0,3	0,1	0,9
15	0,4	0,2	1,0
16	0,3	0,2	1,0
17	0,2	0,1	0,8
18	0,0	0,1	0,5
19	-0,2	0,0	0,2
20	-0,3	-0,1	0,0
21	-0,4	-0,2	-0,1
22	-0,3	-0,2	-0,1
23	-0,2	-0,2	0,1
24	0,0	-0,1	0,4
25	0,2	0,0	0,7
26	0,3	0,1	0,9
27	0,4	0,2	1,0
28	0,3	0,2	1,0
29	0,2	0,2	0,8
30	0,0	0,1	0,6
31	-0,2	0,0	0,3
32	-0,3	-0,1	0,0

Waktu(jam)	$S_2$	$M_2$	Total Kenaikan(m)
33	-0,4	-0,2	-0,1
34	-0,3	-0,2	-0,1
35	-0,2	-0,2	0,1
36	0,0	-0,1	0,3
37	0,2	0,0	0,6
38	0,3	0,1	0,9
39	0,4	0,2	1,0
40	0,3	0,2	1,0
41	0,2	0,2	0,8
42	0,0	0,1	0,6
43	-0,2	0,0	0,3
44	-0,3	-0,1	0,1
45	-0,4	-0,1	-0,1
46	-0,3	-0,2	-0,1
47	-0,2	-0,2	0,1
48	0,0	-0,2	0,3
49	0,2	-0,1	0,6
50	0,3	0,0	0,8
51	0,4	0,1	1,0
52	0,3	0,2	1,0
53	0,2	0,2	0,8
54	0,0	0,2	0,6
55	-0,2	0,1	0,3
56	-0,3	0,0	0,1
57	-0,4	-0,1	-0,1
58	-0,3	-0,2	-0,1
59	-0,2	-0,2	0,1
60	0,0	-0,2	0,3
61	0,2	-0,1	0,5
62	0,3	0,0	0,8
63	0,4	0,1	0,9
64	0,3	0,2	1,0
65	0,2	0,2	0,8
66	0,0	0,2	0,6
67	-0,2	0,1	0,4
68	-0,3	0,0	0,1
69	-0,4	-0,1	0,0



70	-0,3	-0,2	0,0
71	-0,2	-0,2	0,1
72	0,0	-0,2	0,3
73	0,2	-0,1	0,5
74	0,3	-0,1	0,7
75	0,4	0,0	0,9
76	0,3	0,1	0,9
77	0,2	0,2	0,8
78	0,0	0,2	0,6
79	-0,2	0,2	0,4
80	-0,3	0,1	0,2
81	-0,4	0,0	0,0
82	-0,3	-0,1	0,0
83	-0,2	-0,2	0,1
84	0,0	-0,2	0,3
85	0,2	-0,2	0,5
86	0,3	-0,1	0,7
87	0,4	0,0	0,9
88	0,3	0,1	0,9
89	0,2	0,2	0,8
90	0,0	0,2	0,6
91	-0,2	0,2	0,4
92	-0,3	0,1	0,2
93	-0,4	0,0	0,1
94	-0,3	-0,1	0,0
95	-0,2	-0,2	0,1
96	0,0	-0,2	0,3
97	0,2	-0,2	0,5
98	0,3	-0,1	0,7
99	0,4	0,0	0,8
100	0,3	0,1	0,9
101	0,2	0,1	0,8
102	0,0	0,2	0,6
103	-0,2	0,2	0,4
104	-0,3	0,1	0,2
105	-0,4	0,1	0,1
106	-0,3	0,0	0,1
107	-0,2	-0,1	0,1
108	0,0	-0,2	0,3

Waktu(jam)	$S_2$	$M_2$	Total Kenaikan(m)
109	0,2	-0,2	0,5
110	0,3	-0,2	0,6
111	0,4	-0,1	0,8
112	0,3	0,0	0,8
113	0,2	0,1	0,8
114	0,0	0,2	0,6
115	-0,2	0,2	0,4
116	-0,3	0,2	0,3
117	-0,4	0,1	0,1
118	-0,3	0,0	0,1
119	-0,2	-0,1	0,2
120	0,0	-0,2	0,3
121	0,2	-0,2	0,5
122	0,3	-0,2	0,6
123	0,4	-0,1	0,7
124	0,3	0,0	0,8
125	0,2	0,1	0,7
126	0,0	0,2	0,6
127	-0,2	0,2	0,4
128	-0,3	0,2	0,3
129	-0,4	0,1	0,2
130	-0,3	0,0	0,1
131	-0,2	-0,1	0,2
132	0,0	-0,1	0,3
133	0,2	-0,2	0,5
134	0,3	-0,2	0,6
135	0,4	-0,1	0,7
136	0,3	-0,1	0,7
137	0,2	0,0	0,7
138	0,0	0,1	0,6
139	-0,2	0,2	0,4
140	-0,3	0,2	0,3
141	-0,4	0,2	0,2
142	-0,3	0,1	0,2
143	-0,2	0,0	0,2
144	0,0	-0,1	0,3
145	0,2	-0,2	0,5

146	0,3	-0,2	0,6
147	0,4	-0,2	0,7
148	0,3	-0,1	0,7
149	0,2	0,0	0,6
150	0,0	0,1	0,5
151	-0,2	0,2	0,4
152	-0,3	0,2	0,3
153	-0,4	0,2	0,2
154	-0,3	0,1	0,2
155	-0,2	0,0	0,3
156	0,0	-0,1	0,4
157	0,2	-0,2	0,5
158	0,3	-0,2	0,6
159	0,4	-0,2	0,7
160	0,3	-0,1	0,7
161	0,2	0,0	0,6
162	0,0	0,1	0,5
163	-0,2	0,1	0,4
164	-0,3	0,2	0,3
165	-0,4	0,2	0,2
166	-0,3	0,1	0,3
167	-0,2	0,1	0,3
168	0,0	0,0	0,4
169	0,2	-0,1	0,5
170	0,3	-0,2	0,6
171	0,4	-0,2	0,7
172	0,3	-0,2	0,6
173	0,2	-0,1	0,6
174	0,0	0,0	0,5
175	-0,2	0,1	0,4
176	-0,3	0,2	0,3
177	-0,4	0,2	0,2
178	-0,3	0,2	0,3
179	-0,2	0,1	0,4
180	0,0	0,0	0,5
181	0,2	-0,1	0,6
182	0,3	-0,2	0,6
183	0,4	-0,2	0,7
184	0,3	-0,2	0,6

185	0,2	-0,1	0,5
186	0,0	0,0	0,4
187	-0,2	0,1	0,3
188	-0,3	0,2	0,3
189	-0,4	0,2	0,2
190	-0,3	0,2	0,3
191	-0,2	0,1	0,4
192	0,0	0,1	0,5
193	0,2	0,0	0,6
194	0,3	-0,1	0,7
195	0,4	-0,2	0,7
196	0,3	-0,2	0,6
197	0,2	-0,2	0,5
198	0,0	-0,1	0,4
199	-0,2	0,0	0,3
200	-0,3	0,1	0,2
201	-0,4	0,2	0,2
202	-0,3	0,2	0,3
203	-0,2	0,2	0,4
204	0,0	0,1	0,5
205	0,2	0,0	0,6
206	0,3	-0,1	0,7
207	0,4	-0,2	0,7
208	0,3	-0,2	0,6
209	0,2	-0,2	0,5
210	0,0	-0,1	0,3
211	-0,2	0,0	0,2
212	-0,3	0,1	0,2
213	-0,4	0,2	0,2
214	-0,3	0,2	0,3
215	-0,2	0,2	0,4
216	0,0	0,1	0,6
217	0,2	0,0	0,7
218	0,3	-0,1	0,7
219	0,4	-0,1	0,7
220	0,3	-0,2	0,6
221	0,2	-0,2	0,5
222	0,0	-0,1	0,3
223	-0,2	-0,1	0,2

224	-0,3	0,0	0,1
225	-0,4	0,1	0,2
226	-0,3	0,2	0,3
227	-0,2	0,2	0,4
228	0,0	0,2	0,6
229	0,2	0,1	0,7
230	0,3	0,0	0,8
231	0,4	-0,1	0,7
232	0,3	-0,2	0,6
233	0,2	-0,2	0,5
234	0,0	-0,2	0,3
235	-0,2	-0,1	0,2
236	-0,3	0,0	0,1
237	-0,4	0,1	0,1
238	-0,3	0,2	0,3
239	-0,2	0,2	0,4
240	0,0	0,2	0,6
241	0,2	0,1	0,8
242	0,3	0,0	0,8
243	0,4	-0,1	0,8
244	0,3	-0,2	0,6
245	0,2	-0,2	0,5
246	0,0	-0,2	0,3
247	-0,2	-0,1	0,1
248	-0,3	0,0	0,1
249	-0,4	0,1	0,1
250	-0,3	0,1	0,2
251	-0,2	0,2	0,4
252	0,0	0,2	0,6
253	0,2	0,1	0,8
254	0,3	0,1	0,9
255	0,4	0,0	0,8
256	0,3	-0,1	0,7
257	0,2	-0,2	0,5
258	0,0	-0,2	0,3
259	-0,2	-0,2	0,1
260	-0,3	-0,1	0,0
261	-0,4	0,0	0,1
262	-0,3	0,1	0,2

263	-0,2	0,2	0,4
264	0,0	0,2	0,6
265	0,2	0,2	0,8
266	0,3	0,1	0,9
267	0,4	0,0	0,9
268	0,3	-0,1	0,7
269	0,2	-0,2	0,5
270	0,0	-0,2	0,3
271	-0,2	-0,2	0,1
272	-0,3	-0,1	0,0
273	-0,4	0,0	0,0
274	-0,3	0,1	0,2
275	-0,2	0,2	0,4
276	0,0	0,2	0,6
277	0,2	0,2	0,8
278	0,3	0,1	0,9
279	0,4	0,0	0,9
280	0,3	-0,1	0,7
281	0,2	-0,1	0,5
282	0,0	-0,2	0,3
283	-0,2	-0,2	0,1
284	-0,3	-0,1	0,0
285	-0,4	-0,1	0,0
286	-0,3	0,0	0,1
287	-0,2	0,1	0,4
288	0,0	0,2	0,6
289	0,2	0,2	0,8
290	0,3	0,2	1,0
291	0,4	0,1	0,9
292	0,3	0,0	0,8
293	0,2	-0,1	0,5
294	0,0	-0,2	0,3
295	-0,2	-0,2	0,1
296	-0,3	-0,2	-0,1
297	-0,4	-0,1	-0,1
298	-0,3	0,0	0,1
299	-0,2	0,1	0,3
300	0,0	0,2	0,6
301	0,2	0,2	0,8

302	0,3	0,2	1,0
303	0,4	0,1	1,0
304	0,3	0,0	0,8
305	0,2	-0,1	0,6
306	0,0	-0,2	0,3
307	-0,2	-0,2	0,1
308	-0,3	-0,2	-0,1
309	-0,4	-0,1	-0,1
310	-0,3	-0,1	0,1
311	-0,2	0,1	0,3
312	0,0	0,1	0,6
313	0,2	0,2	0,8
314	0,3	0,2	1,0
315	0,4	0,2	1,0
316	0,3	0,1	0,9
317	0,2	0,0	0,6
318	0,0	-0,1	0,3
319	-0,2	-0,2	0,1
320	-0,3	-0,2	-0,1
321	-0,4	-0,2	-0,1
322	-0,3	-0,1	0,0
323	-0,2	0,0	0,3
324	0,0	0,1	0,6
325	0,2	0,2	0,8
326	0,3	0,2	1,0
327	0,4	0,2	1,0
328	0,3	0,1	0,9
329	0,2	0,0	0,7
330	0,0	-0,1	0,4
331	-0,2	-0,2	0,1
332	-0,3	-0,2	-0,1
333	-0,4	-0,2	-0,1
334	-0,3	-0,1	0,0
335	-0,2	0,0	0,2
336	0,0	0,1	0,5

Sumber: Direktorat BWSS II Tahun 2015



