

**APLIKASI DATA PASANG SURUT *REAL TIME* DALAM PENENTUAN  
KEDALAMAN LAUT AKTUAL DI SELAT MALAKA**

**Oleh :**

**LINTANG PERMATA SARI YULIADI**

**6304082028**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN**

**DEPOK**

**2008**

APLIKASI DATA PASANG SURUT *REAL TIME* DALAM PENENTUAN  
KEDALAMAN LAUT AKTUAL DI SELAT MALAKA

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk  
Memperoleh gelar Magister Sains

Oleh :

LINTANG PERMATA SARI YULIADI

6304082028



UNIVERSITAS INDONESIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KELAUTAN

DEPOK

2008

**JUDUL : APLIKASI DATA PASANG SURUT *REAL TIME* DALAM  
PENENTUAN KEDALAMAN LAUT AKTUAL DI SELAT  
MALAKA**

**NAMA : LINTANG PERMATA SARI YULIADI**

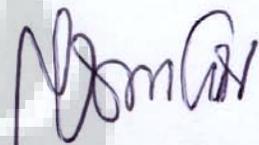
**NPM : 6304082028**

**MENYETUJUI :**

**1. Komisi Pembimbing**



**Dr. Yudi Satria, MT.**  
Pembimbing I



**Ir. Trismadi, M. Si.**  
Pembimbing II

**2. Penguji**



**Dr. Eko Kusratmoko**  
Penguji I



**Drs. Suryadi M. Thoyib, MT.**  
Penguji II

**3. Ketua Program Studi Ilmu Kelautan**



**Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng.**

**Tanggal Lulus : 8 Juli 2008**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahNya penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini.

Pada kesempatan kali ini, penulis menghaturkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. A. Harsono Soepardjo, M.Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Kelautan FMIPA-UI, yang telah membimbing dan memberikan dukungan selama masa studi.
2. Bapak Dr. Yudi Satria, MT. selaku Pembimbing I, dan Bapak Ir. Trismadi, M.Si. selaku Pembimbing II, yang telah dengan sabar membimbing, mendukung, mengarahkan dan membantu hingga tersusunnya tesis ini.
3. Para dosen, seluruh staf pengajar dan Ir. Titis Busono, atas segala bantuannya selama masa studi.
4. Bapak Laksma TNI Willem Rampangilei selaku Kepala Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL.
5. Bapak Kolonel Laut (KH) Drs. Dede Yuliadi, M.Sc. selaku Kepala Sub Dinas Penerapan Lingkungan Laut Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL.
6. Bapak Kolonel Laut (KH) Rusdi Ridwan, Dipl. Chart. selaku Kepala Sub Dinas Peta Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL.

7. Mayor Laut (KH) Gentio H., M.Si., Mayor Laut (KH) Budi N., M.Si., Letda Laut (KH) A. Lufti, A. Fitriah, S.Si., Dyah S. Lestari, S.Si, Lettu Laut Ivan, Sersan Fendi, yang telah membantu dalam penelitian dan penyusunan tesis ini.
8. Rekan-rekan Program Studi Magister Ilmu Kelautan FMIPA-UI yang senantiasa memberikan semangat selama penyusunan tesis ini.
9. Kedua Orang Tua Ayahanda Drs. Dede Yuliadi, M.Sc. dan Ibunda Emma Mahmuda tercinta, yang tiada hentinya memberikan dukungan moral dan materiil, kasih sayang dan semangat selama ini.
10. Suamiku Angga Prasetya, ST. dan Anakku Nafiszenith Syakha Devara tersayang yang merupakan sumber inspirasi dan senantiasa memberikan kekuatan selama ini.
11. Adik-adikku Rutelica Nur Ayu Yuliadi, SKed. dan Rhulin Jauzak Yuliadi yang tiada hentinya memberikan dukungan, kasih sayang dan semangat selama ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, namun penulis berharap semoga karya ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Depok, Juni 2008

Penulis

Name : Lintang Permata Sari Yuliadi (6304082028)

Title : **Application of Real Time Tidal Data in Determining  
The Actual Depth of The Malacca Strait**

Thesis supervisors : Dr. Yudi Satria, MT.  
: Ir. Trismadi, M. Si.

---

## ABSTRACT

The Malacca Strait is one of the world's busiest international shipping route with increase of shipping annually due to the strategic location of the strait, going it high commercial value. The strait's morfology, bathimetry and tidal conditions are very complex, so that make navigation a very difficult task and contributes to accidents leading to collision, grounding or sinking of ships and increased risk of marine pollution (tanker accidents). Currently a Traffic Separation Scheme (TSS) system has been built to improve the safety of navigation, especially to prevend accidents between ships. This effort however is still far from enough due to the complex characteristics of the straits. Marine Electronic Highway (MEH) is one of the concept to minimize an accident in the Malacca strait. MEH is a renewal marine information system for safety navigation and environmental protection. This system can display real time information required, especially tidal information to the real time depth at the position of the ship in the Malacca Strait, Tidal information is one of the most important variable for the safety of navigation of draft ships, because through it, mariners could conduct analysis, predictions and determine of the actual depth. Using today's advance technology, a telemetry system is use with a technology based on satellite as a transmission medium to send real time tidal data from tidal station to data centre in Batam. Hence, the actual depth of the Malacca Strait on a certain location and time could be distributed and receive by mariners in a relatively short time to support the planning of the ships sailing and giving guidelines to mariners on depth required. Admiralty method is use to analyze the tidal data and determine the tidal harmonic constants to predict the tide in which compare with tidal observed data. Beside that, Formzahl Ratio is use to determine the tidal characteristics at the surrounding tidal stations. So far, four tidal stations selected for the MEH project, these tidal locations are Pulau Jemur, Tanjung Medang, Tanjung Balai Karimun and Tanjung Sengkuang.

Key Words : Actual depth, Environmental protection, Malacca Strait, Marine Electronic Highway, Safety navigation.

# APLIKASI DATA PASANG SURUT *REAL TIME* DALAM PENENTUAN KEDALAMAN LAUT AKTUAL DI SELAT MALAKA

## ABSTRAK

Selat Malaka merupakan salah satu jalur pelayaran internasional terpadat yang mengalami peningkatan frekuensi pelayaran internasional setiap tahun dikarenakan selat ini sangat strategis dan memiliki nilai komersial tinggi. Kondisi morfologi, batimetri dan pasang surut (pasut) yang sangat kompleks menyulitkan kegiatan navigasi dan menyebabkan terjadinya kecelakaan kapal terutama tabrakan, kandas dan tenggelam serta meningkatkan resiko terjadinya pencemaran lingkungan akibat kecelakaan kapal tanker. Saat ini telah dibangun *Traffic Separation Scheme* (TSS) untuk meningkatkan keselamatan navigasi terutama mengurangi terjadinya tabrakan antar kapal. Tetapi usaha tersebut dirasakan belum maksimal mengingat kompleksnya karakteristik selat ini. *Marine Electronic Highway* (MEH) merupakan suatu konsep untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan di Selat Malaka. MEH adalah suatu konsep sistem pembaharuan informasi kelautan untuk keselamatan pelayaran serta perlindungan lingkungan laut. Sistem ini mampu menampilkan informasi *real time* mengenai perairan Selat Malaka yang diinginkan seperti pasut. Pasut merupakan salah satu hal yang sangat diperlukan guna keselamatan pelayaran bagi kapal-kapal berdraft besar, karena dengan data pasut *real time* dapat dilakukan analisis, prediksi dan penentuan kedalaman aktual untuk keperluan keselamatan navigasi. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi, digunakan sistem telemetri dengan medium transmisi berbasis satelit untuk melakukan pengiriman data dari stasiun pasut terpilih ke data center di Batam, sehingga informasi kedalaman aktual di perairan Selat Malaka pada lokasi dan saat tertentu dapat didistribusikan dan diterima oleh para pelaut dalam waktu yang relatif singkat guna mendukung keselamatan navigasi seperti merencanakan lintasan kapal dan memberikan petunjuk bagi para pelaut untuk mengetahui ambang batas aman perairan yang akan dilalui. Metode Admiralty digunakan untuk analisis data pasut dan menentukan konstanta harmonik pasut untuk prediksi pasut dan dibandingkan dengan data pasut observasi. Selain itu, Formzahl ratio digunakan untuk menentukan tipe pasut disekitar lokasi stasiun pasut. Saat ini, telah dipilih 4 lokasi stasiun pasut untuk proyek MEH, yaitu Pulau Jemur, Tanjung Medang, Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang.

Kata Kunci : Kedalaman aktual, keselamatan navigasi, *Marine Electronic Highway*, perlindungan lingkungan, Selat Malaka.

# DAFTAR ISI

**HALAMAN JUDUL**

**LEMBAR PENGESAHAN**

<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISTILAH.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I      PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1      Latar Belakang.....	1
1.2      Perumusan Masalah.....	6
1.3      Tujuan Penelitian.....	7
1.4      Manfaat Penelitian.....	8
1.5      Bagan Alur Kerangka Pemikiran .....	9
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>11</b>
2.1      Keadaan Umum Perairan Selat Malaka.....	11
2.2      Pasang Surut di Perairan Selat Malaka.....	14
2.3      Teori Pasang Surut.....	17

2.3.1	Faktor Astronomi yang Mempengaruhi	
	Muka Laut.....	19
2.3.2	Faktor Non Astronomis yang Mempengaruhi	
	Muka Laut.....	24
2.3.3	Tipe dan Karakter Pasang surut.....	26
2.3.4	Komponen Harmonik Pasang surut.....	28
2.3.5	Teori Analisis Harmonik Pasang surut.....	29
2.3.6	Muka Surutan Peta dan Peta Laut.....	35
2.4	<i>Marine Electronic Highway (MEH) Project</i> .....	37
2.5	Implikasi MEH dalam Perlindungan Lingkungan di	
	Perairan Selat Malaka dan Selat Singapura.....	41
2.6	Komunikasi Data <i>Real time</i> .....	47
2.6.1	Sistem Telemetri.....	47
2.6.2	Sistem Komunikasi Data.....	50
2.6.1a	Elemen Komunikasi Data.....	50
2.6.1b	Bentuk Sistem Komunikasi Data.....	52
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>54</b>
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian.....	54
3.2	Metode Pengumpulan Data.....	56
3.3	Instrumen Penelitian.....	56
3.4	Metode Analisis Data.....	57
3.4.1	Metode Analisis Kuantitatif.....	57

3.4.2	Metode Analisis Kualitatif.....	58
3.4.3	Metode Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Lokasi Pengamat Pasut.....	63
3.4.4	Metode Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Sistem Telemetry.....	64
3.5	Langkah Kegiatan Pengumpulan Data dan Analisis.....	66
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>68</b>
4.1	Analisis Data Pasang Surut.....	68
4.2	Analisis Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Lokasi Pemasangan <i>Automatic Tide Gauge</i> .....	75
4.3	Analisis Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Sistem Telemetry Yang Digunakan.....	77
4.4	Konsep Sistem Komunikasi Data <i>Real Time</i> .....	83
4.4.1	Konsep Pengiriman Data Pasut dari Stasiun Pengamat Pasut ke Data Center di Batam.....	83
4.4.2	Konsep Pengiriman Data Pasut dari Data Center di Batam ke Pengguna di Kapal.....	85
4.4.3	Aplikasi Sistem Penentuan Kedalaman Aktual di Kapal.....	85
4.3.3a	Konsep Sistem ENC dan ECDIS.....	86

4.3.3b	Konsep Koreksi Data Pasut <i>Real Time</i> dalam Penentuan Kedalaman Aktual pada Sistem ENC dan ECDIS.....	88
4.4	Analisis Pengaturan Data Pasang Surut.....	90
4.5	Implementasi Sistem Penentuan Kedalaman Aktual.....	93
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	96
5.1	Kesimpulan.....	96
5.2	Saran.....	98
	<b>DAFTAR ACUAN</b> .....	100
	<b>LAMPIRAN</b> .....	104

## DAFTAR ISTILAH

AIS	:	Automatic Identification System
AR	:	Air Rendah
AT	:	Air Tinggi
DGPS	:	Differential Global Position System
DT	:	Duduk Tengah
ECDIS	:	Electronic Chart Display and Information System
ENC	:	Electronic Navigation Chart
GCP	:	Ground Control Point
GEF	:	Global Environment Facility
GIS	:	Geography Information System
GPP	:	Gaya Penggerak Pasut
GSM	:	Global System for Mobilecommunication
HF	:	High Frequency
IHB	:	International Hydrographic Bureau
IHO	:	International Hydrographic Organization
IMO	:	International Maritime Organization
LWS	:	Low Water Spring
MEH	:	Marine Electronic Highway
MLLW	:	Mean Lowest Low Water
MLR	:	Muka Laut Rata-rata
MPA	:	Maritime Port Authority
MSC	:	Mobile Switching Center
NFP	:	National Focal Point
NSS	:	Network Switching System
PMO	:	Project Management Office
SENC	:	Sistem Electronic Navigation Chart
SEU	:	Subjective Expected Utility
SIG	:	Sistem Informasi Geografi
TLDM	:	Tentara Laut Diraja Malaysia
TSS	:	Traffic Separation Scheme
UHF	:	Ultra High Frequency
VTS	:	Vessel Traffic Services

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Konsep Marine Electronic Highway.....	4
2. Bagan Alur Kerangka Pemikiran.....	10
3. Faktor-Faktor Astronomi Utama Penyebab Pasut Laut (Pariwono, 1987).....	19
4. Skematika Gaya Tarik Bulan Terhadap Bumi (Pariwono, 1987).....	23
5(a). Pengaruh deklinasi harian utama dalam “amplop” keseimbangan dan grafik pasut hasil rekamannya.....	24
5(b). Pengurangan pengaruh deklinasi yang kecil dari bulan menyebabkan perbedaan pasut harian.....	24
6. Elemen-elemen fungsional penyusun sistem telemetri.....	49
7. Distribusi stasiun pasut terpilih untuk pemasangan <i>automatic tide gauge</i> (Janhidros TNI-AL).....	55
8. Sebaran tipe pasut di Selat Malaka.....	70
9. Peta pasut Selat Malaka (Wyrcki, 1961).....	71
10. Peta pasut Selat Malaka (Thabet, 1980).....	71
11. Peta pasut Selat Malaka (Pariwono, 1985).....	71
12. Peta pasut Selat Malaka (Mihardja, 1987).....	71

13.	<i>Plotting</i> peta pasut Pariwono (1985) dengan sebaran tipe pasut.....	72
14.	Peta sifat pasut Pariwono (1985) yang dimodifikasi berdasarkan sebaran tipe pasut hasil perhitungan.....	73
15.	Koreksi kedalaman aktual.....	89
16.	Pengaturan data hasil koreksi kedalaman.....	92
17.	Implementasi sistem penentuan kedalaman dikapal.....	93
18.	Kedalaman aktual dalam tampilan ECDIS pada waktu pasang tertinggi.....	94
19.	Kedalaman aktual dalam tampilan ECDIS pada waktu surut terendah.....	95

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Beberapa kasus tumpahan minyak di perairan Selat Malaka...	2
2. Komponen harmonik pasut yang penting.....	29
3. Perbandingan sistem <i>wireline</i> dengan sistem <i>wireless</i> .....	51
4. Indikator penilaian faktor oseanografis berdasar skor Linkert..	62
5. Indikator penilaian faktor teknis atau pendukung berdasar skor Linkert.....	62
6. Faktor, perimbangan, skor dan solusi untuk lokasi yang mewakili tipe pasut harian ganda.....	76
7. Faktor, perimbangan, skor dan solusi untuk lokasi yang mewakili tipe pasut campuran condong harian ganda.....	77
8. Grid Analysis Awal.....	79
9. Total nilai pilihan medium transmisi dalam sistem telemetri.....	80
10. Kelebihan dan kekurangan pengiriman data melalui satelit dan GSM.....	81

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Konstanta harmonik dan tipe Pasut Perairan Selat Malaka.....	104
2. Perambatan gelombang pasut sepanjang <i>Traffic Separation Scheme</i> (TSS).....	107
3. Penilaian rencana lokasi stasiun pasut.....	110
4. Tampilan sistem penentuan kadalaman aktual di Selat Malaka.....	116

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Selat Malaka merupakan salah satu selat yang sangat strategis dan memiliki nilai komersial yang tinggi di dunia. Selat yang memiliki panjang 500 mil ini merupakan salah satu jalur pelayaran internasional terpadat dan terpenting di dunia. Selat Malaka membentuk suatu jalur pelayaran terusan antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik dan menghubungkan negara India, Indonesia dan China. Sekitar 1,1 juta barel minyak per hari diangkut oleh kapal tanker dan tercatat sebanyak 15.000 kapal melintasi selat ini untuk mengangkut antara seperlima dan seperempat perdagangan laut dunia pada tahun 2003 dan diperkirakan akan terus terjadi peningkatan frekuensi pelayaran internasional setiap tahunnya (Macphee, 2005).

Selat Malaka terletak diantara pulau Sumatera dan Semenanjung Malaysia, memiliki lebar 162 mil pada jalur masuk Barat Laut dan hanya sekitar 6,5 mil pada jalur masuk Tenggara antara Singapura dan Kepulauan Riau. Selat ini memiliki titik tersempit selebar 1,5 mil di Terusan Phillips Selat Singapura. Oleh karena itu selat ini merupakan salah satu titik kemacetan lalu lintas pelayaran dunia. Selain itu, kedalaman selat ini tidak teratur dengan banyak kedangkalan (gosong). Hal ini tentunya sangat

menyulitkan bagi para pelaut untuk bernavigasi terutama kapal yang memiliki draft besar (kurang lebih sekitar 20 meter) sehingga berpotensi terjadi tabrakan yang berdampak pada kerusakan lingkungan akibat tumpahan minyak. Berikut ini disajikan beberapa catatan kejadian tumpahan minyak bumi dari kapal tanker yang menunjukkan bahwa potensi terjadinya kecelakaan kapal tanker terdapat pada alur sempit dengan banyaknya kedangkalan seperti tersaji pada Tabel 1.

Tabel 1. Beberapa kasus tumpahan minyak di perairan Selat Malaka

No	Tahun	Lokasi	Keterangan
1.	1975	Selat Malaka	Kandasnya kapal tanker Showa Maru yang menumpahkan minyak sebesar 1 juta barel minyak solar.
2.	1975	Selat Malaka	tabrakan kapal Isugawa Maru dengan Silver Palace.
3.	1979	Pelabuhan Lhokseumawe	Bocornya kapal tanker Golden Win yang mengangkut 1500 kilo liter minyak tanah.
4.	1992	Selat Malaka	Tabrakan kapal tanker Ocean Blessing dan MT Nagasaki Spirit menumpahkan 13000 ton minyak.
5.	1993	Selat Malaka	Kandasnya Kapal Tanker Maersk Navigator.
6.	1997	Selat Singapura	Kapal Orapin Global bertabrakan dengan kapal tanker Evoikos.
7.	2000	Batam	Kandasnya MT Natuna Sea dan menumpahkan 4000 ton minyak mentah.

Sumber : Mass Media dan Pustaka

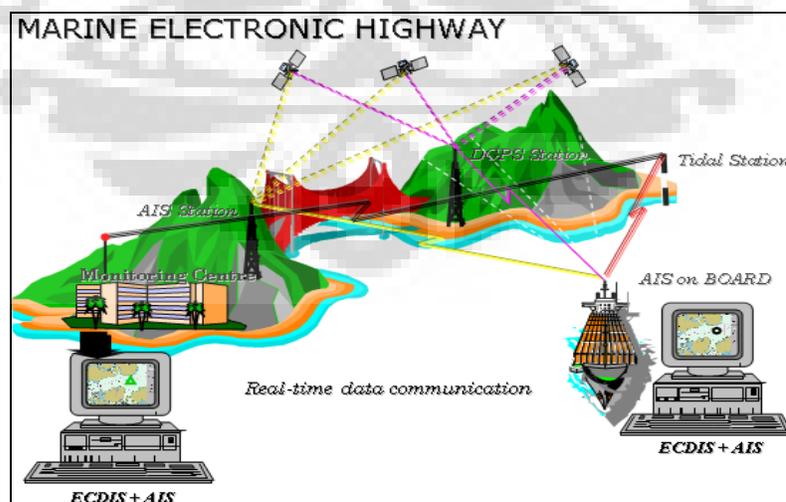
Saat ini telah dibangun *Traffic Separation Scheme* (TSS) mulai dari perairan sekitar *One Fathom Bank* hingga *Horsburg Lighthouse* yang bertujuan untuk meningkatkan keselamatan navigasi terutama untuk mengurangi peristiwa tabrakan antar kapal di laut. Tetapi pembangunan

TSS tersebut dirasakan belum maksimal mengingat morfologi dan batimetri di Selat Malaka yang sangat kompleks. Kedalaman dari bagian Utara sampai bagian Selatan selat ini tidak teratur dengan banyaknya kedangkalan yang mempengaruhi dinamika naik turunnya permukaan laut yang biasa disebut pasang surut (pasut) menjadi sangat kompleks. Kondisi perairan Selat Malaka sangat menyulitkan bagi para pelaut dalam merencanakan lintasan kapal yang akan dilalui terutama kapal dengan draft besar (kurang lebih sekitar 20 meter) untuk menghindari kandas maupun menabrak kerangka kapal yang tenggelam.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, *International Maritime Organization* (IMO) dengan dukungan dari *Global Environment Facility* (GEF), Bank Dunia dan tiga negara pantai yang berbatasan dengan Selat Malaka dan Selat Singapura, yaitu Indonesia, Malaysia dan Singapura telah mempersiapkan suatu prototipe yang disebut dengan *Marine Electronic Highway Demonstration Project for the Straits of Malacca and Singapore Straits* (MEH *Demonstration Project*) yang perencanaannya telah dimulai sejak tahun 2001 lalu, namun hingga saat ini MEH masih berbentuk konsep.

MEH merupakan suatu konsep pembaharuan informasi kelautan dan sistem informasi yang mengintegrasikan pengelolaan lingkungan, sistem perlindungan dan teknologi keselamatan maritim untuk meningkatkan pelayanan maritim, memperbesar standar keamanan pelayaran, mengintegrasikan perlindungan lingkungan laut dengan keberlangsungan

pembangunan wilayah pesisir dan sumber daya laut. Aplikasi utama sistem MEH ini menggunakan peta navigasi elektronik (*Electronic Navigation Chart* atau disingkat ENC) sebagai basis petanya dan ditampilkan pada *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS) yaitu sistem informasi navigasi yang ekuivalen dengan peta laut dan mampu menampilkan informasi yang diinginkan (seperti pasang surut, kondisi arus, gelombang, kecepatan dan arah angin dan lain sebagainya) dari basis data dan sistem ENC (SENC), serta menjadi bagian dari sistem terpadu dengan sensor-sensor navigasi. Sistem ini dapat menunjukkan posisi kapal dengan akurat yang diperoleh dari *Differential Global Position System* (DGPS) dan radar serta informasi navigasi lainnya, sehingga sistem ini sangat membantu para pelaut dalam merencanakan lintasan kapal dan memperoleh posisi kapal dan informasi kondisi laut lainnya secara *real time*. Salah satu komponen kegiatan MEH adalah pengembangan sistem informasi pasut.



Gambar 1. Konsep *marine electronic highway*

Dalam perencanaan proyek ini, akan ditempatkan beberapa peralatan, salah satunya yaitu pemasangan tiga *automatic tide gauge* (pencatat pasut otomatis) yang akan digunakan untuk mendukung sistem MEH disepanjang jalur TSS. Akan tetapi karena kondisi pasut di Selat Malaka yang sangat kompleks maka diperlukan analisis lebih lanjut mengenai lokasi mana yang representatif untuk pemasangan *automatic tide gauge*. Hal inilah yang menyebabkan hingga saat ini belum dapat ditentukan lokasi pemasangan *automatic tide gauge* yang paling representatif. Analisis yang dilakukan dalam menentukan lokasi representatif untuk pemasangan *automatic tide gauge* dengan melakukan perhitungan konstanta harmonik pasut perairan Selat Malaka, menentukan tipe pasutnya dan membandingkannya dengan peta sifat pasut yang dikemukakan oleh Wyrтки (1961), Thabet (1980), Pariwono (1985) dan Mihardja (1987).

Pengetahuan tentang pasut merupakan salah satu dari sekian banyak pengetahuan tentang kelautan yang banyak diperlukan dalam berbagai kegiatan. Analisis maupun prediksi pasut pada daerah survei dapat dipakai untuk berbagai keperluan antara lain untuk keselamatan navigasi dan pengendalian dampak pencemaran laut. Data pasut selama 24 jam (satu siklus pasut harian ganda) yang berisi informasi tentang kedalaman aktual di suatu perairan dapat memberikan petunjuk bagi para pelaut untuk mengetahui dengan teliti kapan saatnya suatu lokasi perairan memiliki ambang batas yang aman untuk dapat dilalui.

Hingga saat ini, dalam menentukan kedalaman laut aktual masih menggunakan cara manual yaitu dengan menggunakan peta laut, data ramalan pasut dan penunjuk waktu. Meskipun pada beberapa kapal telah digunakan *Electronic Navigation Chart* (ENC) yang ditampilkan pada sistem tampilan yang disebut dengan *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS), namun ECDIS ini belum dapat menunjukkan kedalaman aktual suatu perairan sehingga para pelaut masih tetap harus melihat buku prediksi pasut untuk mengetahuinya. Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi khususnya dalam bidang ilmu pelayaran, maka dengan bantuan teknologi komunikasi, informasi kedalaman aktual suatu perairan di suatu lokasi pada saat tertentu dapat didistribusikan dan diterima oleh para pelaut dalam waktu yang relatif singkat (*real time*) sehingga keselamatan navigasi dan perlindungan terhadap lingkungan dapat lebih terjamin.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka permasalahan penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Apakah informasi tentang pasut di Selat Malaka sudah cukup guna menentukan lokasi terpilih untuk pemasangan *automatic tide gauge* dalam melengkapi jaringan stasiun pasut yang sudah ada?

2. Apakah lokasi yang dipilih sudah memenuhi syarat kondisi yang ideal baik dari faktor oseanografis maupun faktor teknis atau pendukung sebagai suatu stasiun pasang surut yang dapat berfungsi dengan baik dalam jangka waktu lama atau orde tahunan?
3. Bagaimana sistem pengamat pasut dalam menentukan kedalaman laut aktual dapat berjalan dengan optimal?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Menganalisis data pasang surut pada stasiun studi diperairan Selat Malaka sehingga diperoleh deskripsi tentang tipe pasut, peta sifat pasut serta penjalaran gelombang pasutnya untuk menguji kelayakan dalam memilih lokasi stasiun pasut sepanjang TSS yang akan dipasang *automatic tide gauge*.
2. Menentukan skala prioritas berdasarkan nilai skor yang telah dirancang sebagai dasar dalam analisis kualitatif pada lokasi terpilih untuk menentukan lokasi stasiun pasut ideal yang akan dipasang *automatic tide gauge* guna mendukung aplikasi sistem MEH berdasarkan pertimbangan faktor oseanografis dan faktor teknis atau pendukung.

3. Mendeskripsikan dan mengembangkan suatu konsep sistem pengamat pasut dengan memanfaatkan metode telemetri untuk menentukan kedalaman laut aktual agar sistem tersebut dapat berjalan secara optimal.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

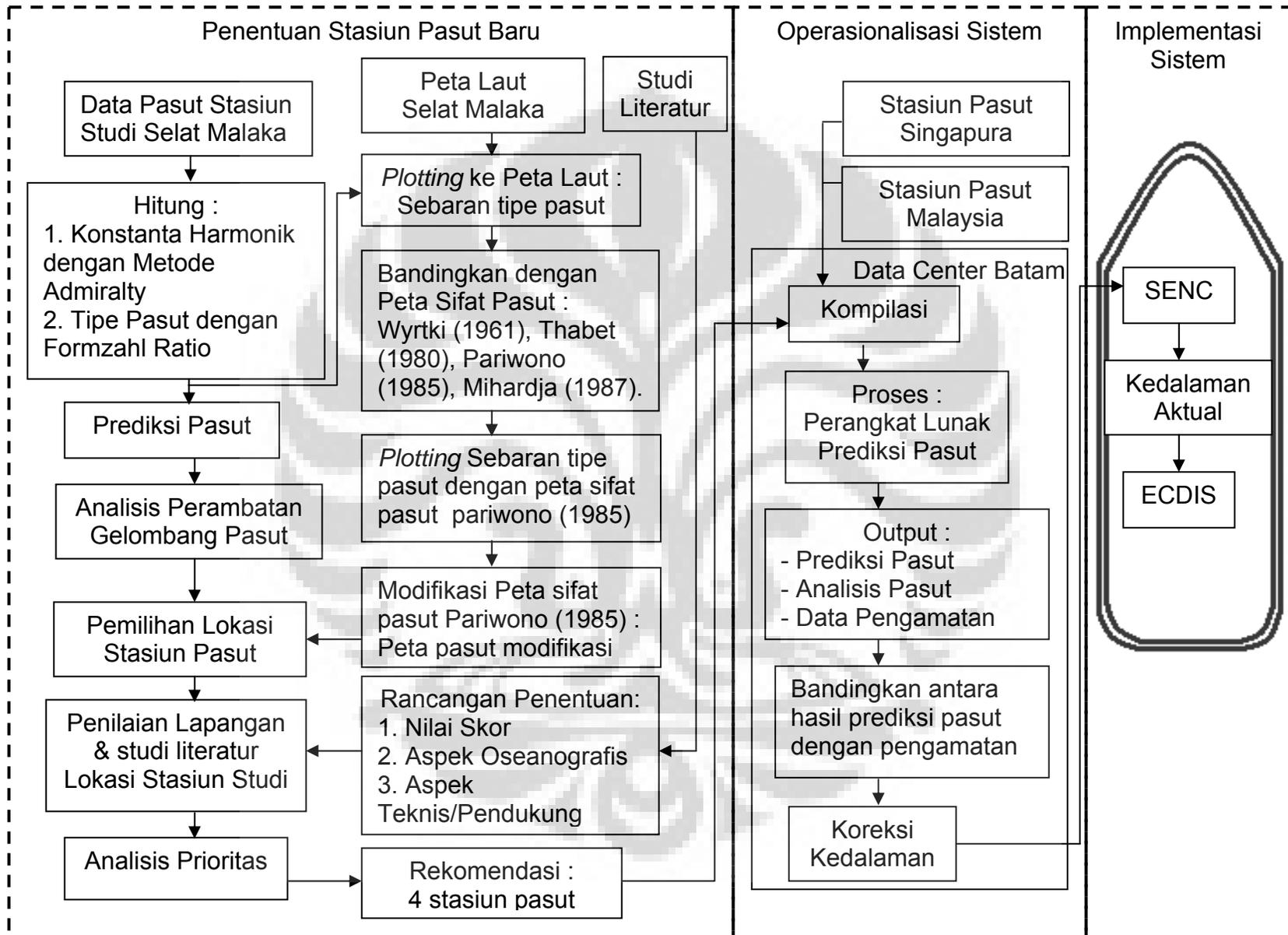
Penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk :

1. Menambah, memperbaharui dan melengkapi data yang telah ada sebelumnya tentang informasi sifat pasang surut di Selat Malaka terutama pada jalur TSS yang sampai saat ini masih sangat kurang.
2. Sebagai bahan rekomendasi dalam pemilihan lokasi untuk pemasangan *automatic tide gauge* yang ideal guna mendukung aplikasi sistem MEH.
3. Sebagai bahan rekomendasi sistem pengamat pasut dengan memanfaatkan sistem telemetri untuk menentukan kedalaman aktual guna mendukung aplikasi sistem MEH.

## 1.5 Bagan Alur Kerangka Pemikiran

Proses tahapan akuisisi data, pengolahan serta analisis data secara ringkas dapat dijelaskan pada bagan alur kerangka pemikiran tentang rencana penelitian seperti tersaji pada Gambar 2.





Gambar 2. Bagan Alur Kerangka Pemikiran

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Keadaan Umum Perairan Selat Malaka

Selat Malaka sangat ramai dilayari kapal-kapal karena letaknya strategis. Selat ini pada bagian Barat dibatasi garis yang menghubungkan Tanjung Pedro di ujung Utara Sumatera len Voalan bagian Selatan Goh Puket di Siam. Sedangkan di bagian Timur dibatasi garis yang menghubungkan Tanjung Piai (Bulus), ujung Selatan semenanjung Malaysia hingga Karimun Kecil. Batas bagian Utara merupakan pantai Barat Daya semenanjung Malaysia dan batas bagian selatan merupakan pantai Timur Laut Sumatera kearah Timur Tanjung Kadabu hingga ke Karimun Kecil. Selat Malaka di bagian Utara berbatasan dengan Samudera Hindia dan bagian Selatan antara Tanjung Piai dan Karimun Kecil.

Lebar Selat Malaka di Utara 210 mil dan yang berbatasan dengan Selat Singapura atau Selat Durian  $\pm$  10 mil. Selat Malaka mempunyai morfologi dan batimetri yang sangat kompleks. Kedalaman dari bagian Utara sampai bagian Selatan selat ini tidak teratur serta banyaknya gosong yang mempengaruhi arah arus dan pasut. Akibatnya adalah dinamika pasutnya pun menjadi kompleks dan membentuk pola pasut yang sangat beragam. Selat ini sangat ramai dilayari kapal-kapal karena letaknya strategis, lebarnya

cukup serta kedalaman airnya cukup untuk kapal sampai syarat maksimum 20 meter.

Selat Malaka mempunyai tipe iklim equatorial, panas dan basah sepanjang tahun. Suhu rata-rata sekitar  $26,7^{\circ}\text{C}$  dengan perubahan-perubahan kecil dari bulan ke bulan. Perbedaan suhu antara daerah-daerah adalah kecil, suhu jarang mencapai  $37,0^{\circ}\text{C}$  dan jarang turun sampai  $18,0^{\circ}\text{C}$ . Curah hujan adalah besar di daerah pantai dan sering terjadi hujan lebat sekali dalam waktu yang relatif singkat. Bagian utara dari daerah ini mengalami musim Timur Laut dari Desember sampai Maret dan mengalami musim Barat Daya dari Juni sampai September. Di bagian Selatan musim Barat Laut dari sekitar Desember sampai Februari dan Pasat Tenggara dari April sampai Oktober. Musim tersebut tidak begitu kuat di daerah ini, dan angin biasanya lemah. Angin ribut agak sering terjadi, saat mana angin dapat mencapai kekuatan 5 atau 6 Beaufort dan kadang-kadang mencapai 7 Beaufort dalam periode singkat. Visibility biasanya baik kecuali waktu hujan lebat, udara kabur kadang-kadang terjadi terutama di sebelah Selatan selama bulan September dan Oktober.

Kedalaman air di bagian Utara lebih dalam dan makin ke arah Selatan makin menurun atau berkurang. Dibagian Utara kedalam maksimum  $\pm 1700$  meter. Dibagian Selatan mulai dari perairan P. Aruah, Beting Sedepa, sampai batas Selat Durian dan Singapura kedalaman maksimum  $\pm 68$  meter. Dibagian Selatan terdapat banyak gosong-gosong atau kedangkalan yang

pada umumnya memanjang selat yang sangat mempengaruhi keselamatan pelayaran. Kedalaman di tengah-tengah selat lebih dalam dan makin dekat ke pantai makin menurun atau dangkal. Karena banyak gosong atau kedangkalan serta karena ramainya lalu lintas di selat ini maka untuk keselamatan pelayaran oleh International Hydrographic Bureau (IHB) dibuat *Routeing System* yang menyangkut TSS (*Traffic Separation Scheme*) dan berlaku sejak 1 Mei 1981. Penentuan didapat dari hasil joint survei hidrografi Indonesia, Jepang, Malaysia dan Singapura mengenai kedalaman paling rendah atau minimum yaitu 21 meter. Di beberapa tempat yang dasar lautnya pasir, terdapat kedalaman yang sewaktu-waktu dapat berubah yang disebabkan adanya *Sand Wave* (hasil survei Selat Malaka II tahun 1972). Di beberapa tempat kedangkalan atau gosong dipasang rambu-rambu atau pelampung untuk keselamatan pelayaran.

Kedalaman dari Utara sampai bagian selatan tidak teratur serta dimana-mana terdapat banyak gosong-gosong atau kedangkalan yang sangat mempengaruhi kekuatan atau arah arus serta pasut. Kedalaman sepanjang pantai Sumatera dan Malaysia yang berbatasan dengan selat Malaka, sangat dipengaruhi sungai-sungai yang bermuara di selat tersebut yang juga sangat mempengaruhi arus, pasut, salinitas serta kecerahan.

Kontur 200 m, 20 m, 10 m dan 5 m terdapat diselat ini. Kontur 200 meter di bagian Utara selat sepanjang pantai Sumatera antara Lhok Seumawe hingga Sabang dan di Malaysia dari lepas pantai Goh Raja Noi sampai kepulauan Magui. Kontur ini juga memotong selat dari Lhok

Seumawe di Sumatera sampai Goh Raja Noi di Malaysia. Kontur 20 m terdapat sepanjang pantai Sumatera, sepanjang pantai Malaysia, sekitar Beting Sedepa, sekitar Pulau Rupa, Pulau Pisang sepanjang Gosong Long, Gosong Rob Ray, Pulau Karimun Besar atau Keci dan lain-lain. Kontur 10 meter dan 5 meter terdapat sepanjang pantai Sumatera, Malaysia, Pulau Aruah, Beting Sedepa, Pulau Pisang, Pulau Karimun Besar atau Kecil serta sepanjang gosong yang berada di selat ini.

## **2.2 Pasang Surut di Perairan Selat Malaka**

Pasut yang terjadi di Samudera Hindia dan atau Laut Cina Selatan mencapai Selat Malaka dan Selat Singapura sebagai gelombang pasut. Jelasnya puncak gelombang pasut harian ganda dari samudera Hindia bergerak ke arah Timur melewati Belawan 1,8 jam, melewati Beting Sedepa 5,1 jam, Bengkalis 8,1 jam dan Iyukecil 11,0 jam. Setelah kulminasi bulan pada lintang standar ( $112^{\circ}30'$ ). Di pihak lain puncak gelombang pasut harian ganda yang terbentuk di Laut Cina Selatan bergerak ke arah Barat melewati Horsburgh Lighthouse 10,3 jam setelah waktu transit bulan dan bertemu dengan gelombang pasut dari Samudera Hindia sekitar 11,5 jam setelah waktu transit yang sama dekat Raffles Lighthouse.

Dalam hal pasut harian tunggal puncak gelombang bergerak ke arah Timur melewati Tanjung Balai Asahan 1,5 jam, Beting Sedepa 6,2 jam,

Bengkalis 9,3 jam dan Iyukecil 9,6 jam setelah waktu transit. Puncak Gelombang yang bergerak ke arah Barat yang melewati Horsburgh Lighthouse 3,4 jam setelah transit bertemu dengan puncak yang bergerak ke arah Timur di Selatan kota Malaka sekitar 10,5 jam setelah transit yang sama.

Karakter pasut bervariasi dari ujung Barat Selat Malaka sampai ke Ujung Timur Selat Singapura. Jelasnya dekat Beting Sedepa ketidaksamaan harian tunggalnya kecil, namun makin membesar ke arah Timur. Hal ini menunjukkan pengaruh gerakan pasut pada daerah tersebut. Bagian Utara Selat Malaka jenis pasutnya adalah harian ganda, sedang bagian selatan selat tersebut hingga Kepulauan Riau dan pantai Timur Semenanjung Malaka (Malaysia) jenis pasutnya merupakan pasut campuran condong harian ganda.

Daerah Selatan dan agak ke Timur dari Kepulauan Riau, Selat Bangka, Selat Gelasa dan ke Utara lebih ke arah Laut Cina Selatan terpengaruh oleh gerakan pasut harian tunggal. Pantai Barat Kalimantan terutama bagian Selatan jenis pasutnya adalah campuran condong harian tunggal sedangkan agak ke Utara jenis pasutnya menunjukkan campuran condong harian ganda.

Dari hasil penelitian pasut yang dilaksanakan bersama oleh 4 negara di Selat Malaka dan Selat Singapura terlihat bahwa antara Port Dickson dan Iyukecil ketidaksamaan tinggi pasut lebih besar pada saat Air Tinggi, sedangkan interval antara Air Tinggi dan Air Rendah lebih besar pada Air

Rendah. Di perairan antara Sultan Shoal Lighthouse dan Kepala Jernih ketidaksamaan demikian hampir sama baik pada Air Tinggi maupun pada Air Rendah, dan Air Rendah terendah terjadi setelah Air Tinggi Tertinggi. Antara Batu Ampar dan Horsburgh Lighthouse ketidaksamaan tinggi pasut lebih besar pada Air Rendah, sedangkan interval antara Air Tinggi atau Air Rendah lebih besar pada Air Tinggi.

Tanggung air pada pasang purnama di perairan Sabang adalah 2,1 meter, sekitar Tanjung Balai Asahan sebesar 5,2 meter, di perairan Bagan Siapiapi adalah 3,7 meter, pada Beting Sedepa dekat Malaka sekitar 1,8 meter, dekat Iyukecil sekitar 2,8 meter dan sekitar 1,5 meter di Horsburg Lighthouse, 1,7 meter di Tanjung Uban, 0,5 meter sekitar Dabo, 0,9 meter di Muntok, sekitar 1,0 meter di Pemangkat, 0,5 meter sekitar Kapuas Kecil dan 0,4 meter sekitar Pontianak. Hal ini menunjukkan bahwa tanggung air akan bervariasi menurut tempat. Di perairan antara Selat Malaka dan Iyukecil tanggung air pasang purnama lebih besar di bagian ke arah Sumatera dari pada bagian Malaysia. Tanggung air harian tunggal dari pasut tropis adalah sekitar 0,4 meter pada Beting Sedepa dan membesar ke arah Timur mencapai harga sebesar 1,2 meter di Batu Ampar, setelah itu mengecil menjadi 1,1 meter di Horsburg Lighthouse pada jalan masuk Timur Selat Singapura (Janhidros, 1997).

Informasi pasut di Selat Malaka yang diperoleh dari penelitian Wyrcki (1961), Thabet (1980), Pariwono (1985) dan Mihardja (1987) menunjukkan bahwa tipe pasut di Selat Malaka adalah harian ganda dan di sebelah

Selatan bertipe campuran condong harian ganda. Tipe pasut di Selat Malaka adalah harian ganda dari mulut Selat bagian Barat Laut sampai ke sekitar pulau-pulau kecil di Kepulauan Riau dan sebagian kecil di pantai Sumatera Selatan. Tipe campuran condong harian ganda di sekitar Selat Singapura sampai ke laut Cina Selatan dan sebagian kecil tipe campuran condong harian tunggal di bagian Tenggara di sekitar Laut Cina Selatan (Mihardja dan Radjawane, 1990 ).

Tinggung pasut di perairan Selat Malaka bervariasi antara 1 sampai dengan 6 meter. Di perairan Selat Malaka bagian utara umumnya tunggang pasut antara 1 – 1,5 m, sedangkan kearah selatan tunggang air umumnya semakin membesar berkisar antara 2 - 2,5 meter karena pengaruh kedangkalan.

### **2.3 Teori Pasang Surut**

Pasut pada umumnya dikaitkan dengan proses naik turunnya muka laut (*sea level*) secara berkala yang ditimbulkan terutama oleh faktor astronomi, yaitu adanya gaya tarik dari benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Selain itu, naik turunnya muka laut juga dapat disebabkan oleh faktor non astronomis antara lain tekanan atmosfer, angin, densitas air laut, penguapan dan curah hujan. Proses pasut secara nyata dapat dilihat di daerah pantai yang mempengaruhi

irama kegiatan manusia yang hidup di daerah pantai seperti navigasi, penangkapan atau budidaya di laut.

Dari semua faktor yang mempengaruhi proses naik turunnya muka laut, faktor astronomi atau benda angkasa (matahari dan bulan) yang sangat berpengaruh terhadap proses pembentukan pasut melalui tiga gerakan utama yang menentukan “denyut” muka laut bumi. Ketiga gerakan itu adalah (Pariwono, 1987):

1. Revolusi bulan terhadap bumi, dengan orbitnya berbentuk ellips dan memerlukan waktu 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusinya.
2. Revolusi bumi terhadap matahari, dengan orbitnya berbentuk ellips dan periode yang diperlukan adalah 365,25 hari.
3. Perputaran bumi terhadap sumbunya sendiri dan waktu yang diperlukannya adalah 24 jam (*one solar day*).

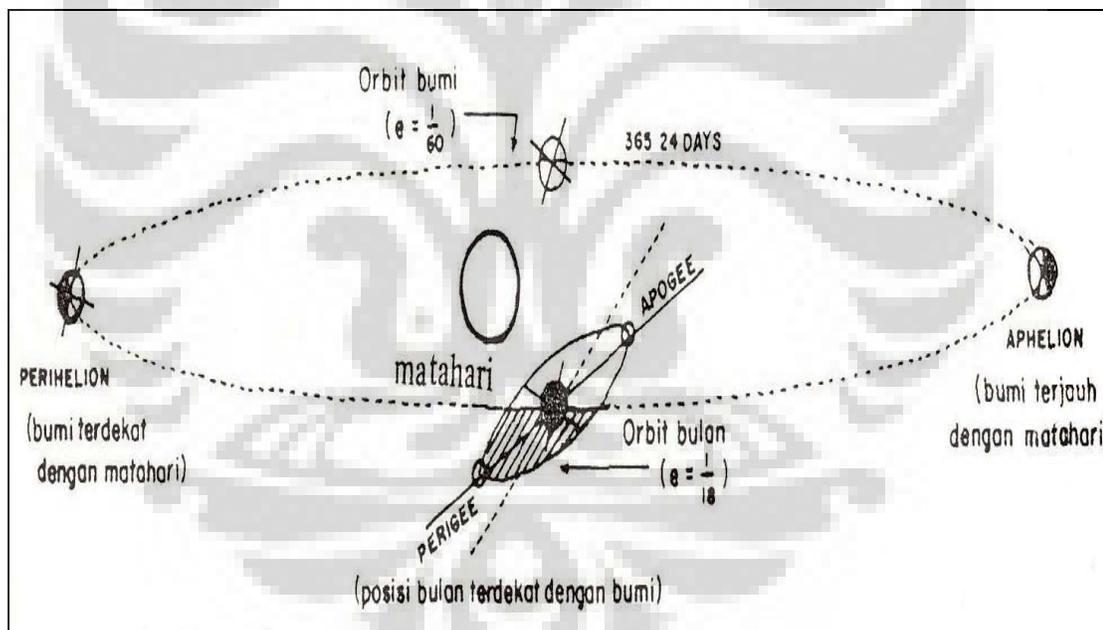
Jika semua gerakan ini berada pada satu bidang datar yang berimpit dengan bidang khatulistiwa bumi, prediksi pasut akan menjadi sangat sederhana. Kenyataannya sumbu bumi membentuk sudut  $66,5^\circ$  dengan bidang orbit bumi terhadap matahari (*ecliptic planet*) dan bidang orbit bulan membentuk sudut sebesar  $5^\circ 0'$  terhadap bidang ekliptik (Gambar 3).

Keadaan ini menyebabkan sudut deklinasi bulan terhadap bumi dapat mencapai  $28,5^\circ$  lintang utara atau selatan setiap 18,6 tahun sekali.

Fenomena ini menghasilkan konstanta pasut periode panjang yang disebut *nodal tide*.

### 2.3.1 Faktor Astronomi yang Mempengaruhi Muka Laut

Teori pasut yang dikenal sekarang ini berasal dari teori gravitasi Newton dan persamaan gerak yang dikembangkan oleh Euler. Kedua teori tersebut kemudian disintesa oleh Laplace yang menurunkan teori pasut secara matematik. Newton membuktikan bahwa pergerakan pasut adalah akibat gaya tarik bulan yang berbeda besarnya untuk setiap titik di permukaan bumi. Perbedaan tersebut disebabkan oleh jarak yang berbeda dari setiap titik itu terhadap bulan (Pariwono, 1987).



Gambar 3. Faktor-faktor astronomi utama penyebab pasut laut (Pariwono, 1987)

Pada Gambar 4 ditunjukkan secara skematik gaya tarik bulan yang bekerja pada empat titik A, B, C dan D.

Menurut Hukum Gravitasi Newton, gaya tarik bulan pada titik B dan D per unit massa adalah:

$$F_b = F_d = \frac{G.Mm}{r^2 + R^2} \dots\dots\dots(1)$$

dengan

G = konstanta gravitasi =  $6,67 \times 10^{-11} \text{ N kg}^{-2}\text{m}^2$

N = Newton =  $\text{kg ms}^{-2}$

Mm = Massa bulan

r = jarak antara pusat bumi dan pusat bulan

R = jari-jari bumi

Persamaan (1) dapat ditulis sebagai

$$F_b = F_d = \frac{G.Mm}{r^2} \cdot \frac{1}{\left(1 + \frac{R^2}{r^2}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

Karena nilai  $\frac{R^2}{r^2} \approx \frac{1}{60}$ , maka dengan memanfaatkan

Persamaan (1) dapat ditulis sebagai :

$$F_b = F_d = \frac{G.Mm}{r^2} \cdot \left(1 - \frac{R^2}{r^2} + \frac{R^4}{r^4} - \dots\dots\dots\right) \dots\dots\dots(3)$$

Pada titik A, gaya tarik bulan per unit massa adalah

$$F_a = \frac{G.Mm}{(r - R)^2} \dots\dots\dots(4)$$

Dengan menggunakan deret binomial kembali, persamaan (4) menjadi

$$F_a = \frac{G.Mm}{r^2} \left(1 + 2 \frac{R}{r} + 3 \frac{R^2}{r^2} + 4 \frac{R^3}{r^3} + \dots\dots\dots\right) \dots\dots\dots(5)$$

Pada titik C, gaya tarik bulan per unit massa adalah

$$F_c = \frac{G.Mm}{(r+R)^2} = \frac{G.Mm}{r^2} \left( 1 - 2 \frac{R}{r} + 3 \frac{R^2}{r^2} + 4 \frac{R^3}{r^3} \dots \right) \dots \dots \dots (6)$$

Meskipun ada gaya tarik menarik antara bumi dan bulan, namun kedua benda angkasa ini tidak pernah bertabrakan. Ini disebabkan karena ada gaya centripetal (CF = *Centripetal Force*) yang besarnya

$$CF = \frac{G.Mm}{r^2} \dots \dots \dots (7)$$

Bila vektor gaya  $F_b$  diuraikan menjadi komponen-komponen gaya yang sejajar dan tegak lurus EM (lihat Gambar 4), maka

$$F_{bx} = F_b \cdot r \cdot \frac{1}{(r^2 + R^2)^{1/2}} \dots \dots \dots (8)$$

dan

$$F_{by} = F_b \cdot R \cdot \frac{1}{(r^2 + R^2)^{1/2}}$$

Dengan metoda yang sama dengan di atas  $F_{by}$  dapat ditulis menjadi:

$$F_{by} = G.Mm \cdot R \left( 1 - \frac{2R^2}{3r^2} + \dots \right) \dots \dots \dots (9)$$

Komponen  $F_{dx}$  dan  $F_{dy}$  dapat diturunkan dengan cara yang sama.

Dari penurunan tersebut akan diperoleh  $F_{dx} = F_{bx}$  dan  $F_{dy} = F_{by}$ .

Jika  $F_{by}$  atau  $F_{dy}$  dibandingkan dengan CF, maka akan tampak

dengan jelas bahwa  $F_{by} = F_{dy} - \frac{CF}{60}$ . Kedua komponen ini adalah gaya

residu yang diperoleh dari penggabungan CF dengan Fb atau dengan Fd.

Pada Gambar 3 tampak bahwa Fby dan Fdy mempunyai arah ke dalam bumi.

Pada titik A (Gambar 3), gaya residunya adalah

$$F_{ax} = F_a - CF$$

Dengan menggunakan deret binomial dan aljabar, diperoleh

$$F_{ax} = 2 \frac{G.Mm.R}{r^3} \cdot \left( 1 + \frac{2R^2}{3r^2} + \dots \right) \dots \dots \dots (10)$$

Berbeda dengan Fby atau Fdy, perbandingan Fax dengan CF adalah

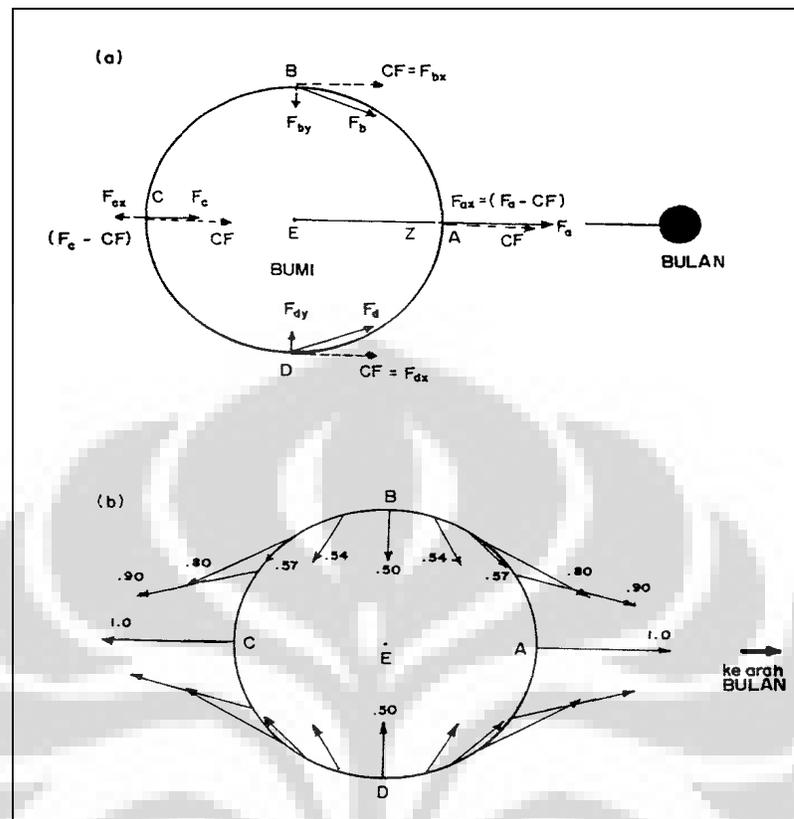
$$F_{ax} = \frac{CF}{30}, \text{ dan vektornya mempunyai arah yang meninggalkan bumi.}$$

Untuk Fcx diperoleh

$$F_{cx} = F_c - CF = -2 \frac{G.Mm.R}{r^3} \cdot \left( 1 + \frac{2R^2}{3r^2} + \dots \right) \dots \dots \dots (11)$$

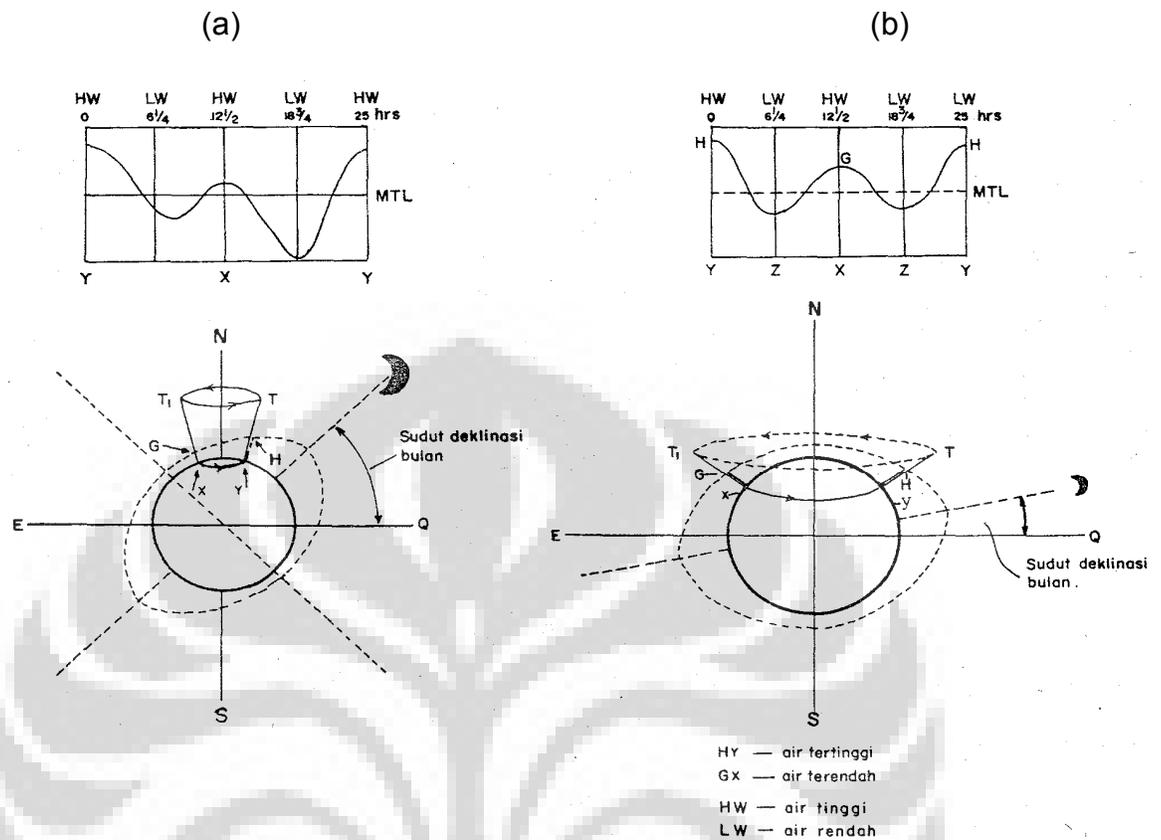
dimana besarnya adalah  $F_{ax} = F_{cx} - \frac{CF}{30}$ , yaitu sama dengan Fax, tetapi

mempunyai arah yang berlawanan (Gambar 4).



Gambar 4. Skematika gaya tarik bulan terhadap bumi (Pariwono,1987)

Pada Gambar 5(a) gaya yang bekerja pada keempat titik tersebut diberi tanda berturut-turut dengan  $F_a$ ,  $F_b$ ,  $F_c$  dan  $F_d$ . Pada titik-titik dalam busur BC, BA, DC dan DA, gaya residunya mempunyai arah yang berubah secara beraturan dari arah kedalam bumi di titik B, sampai dengan arah yang meninggalkan bumi seperti pada titik A (Gambar 5(b)). Gaya-gaya residu tersebut dikenal sebagai Gaya Penggerak Pasut (GPP) (Pariwono, 1987).



Gambar 5(a) Pengaruh deklinasi harian utama dalam “amplop” keseimbangan dan grafik pasut hasil rekamannya  
 (b) Pengurangan pengaruh deklinasi yang kecil dari bulan menyebabkan perbedaan pasut harian

### 2.3.2 Faktor Non Astronomis yang Mempengaruhi Muka Laut

Faktor-faktor non astronomis yang mempengaruhi naik turunnya muka laut antara lain tekanan atmosfer, angin dan densitas air laut. Namun, pengaruh dari faktor-faktor non astronomis ini tidak terlalu signifikan terhadap naik turunnya muka laut.

Menurut Lisitzin (*dalam* Mihardja 1987), secara teori dikemukakan perubahan muka laut yang diakibatkan faktor non astronomi (tekanan udara, densitas air laut, arus laut) sebagai berikut :

1. Kenaikan tekanan udara 1 mili bar akan menurunkan permukaan laut sebesar 1 cm, dan sebaliknya. Perubahan rata-rata muka laut di perairan Indonesia dan sekitarnya sebesar 1 – 2 cm.
2. Perubahan muka laut karena pengaruh densitas air laut memiliki harga rata-rata sekitar 11 cm, sedangkan harga maksimumnya sekitar 25 cm teramati di Laut Jepang dan 41 cm teramati di Teluk Benggala.
3. Menurut hasil penelitian beberapa ahli, pertambahan muka laut akibat pengaruh arus laut yaitu sekitar 4,5 cm sampai dengan 10 cm.

Pengaruh angin terhadap muka laut yang terjadi akibat angin yang bertiup sejajar pantai dalam waktu yang relatif lama yang menimbulkan “Ekman Drift” yang tegak lurus pantai. Perubahan yang terjadi bukan pengaruh langsung dari angin, tetapi adanya pengangkutan massa air yang menjauhi atau mendekati pantai yang menyebabkan muka laut naik atau turun dan pengaruhnya cukup signifikan dibandingkan dengan ketiga faktor non astronomis diatas.

### 2.3.3 Tipe dan Karakter Pasang Surut

Pasut adalah gerakan naik turunnya air laut secara berkala. Pada waktu permukaan air laut mencapai kedudukan tertinggi kedudukan airnya disebut dengan air tinggi (AT), sebaliknya pada saat air laut surut sampai kedudukan terendah disebut air rendah (AR). Kedudukan rata-rata muka air laut, yaitu rata-rata air tinggi dan air rendah disebut Duduk Tengah (DT). Selisih antara kedudukan air tertinggi dan air terendah disebut tunggang pasang. Perbedaan antara air tinggi dan air rendah yang menyusulnya disebut tunggang air. Periode selama air turun disebut air turun sebaliknya periode selama air naik disebut air naik.

Jenis pasut berdasarkan naik turunnya air laut dalam sehari dibedakan menjadi:

1. Pasut harian tunggal. Pasut jenis ini mempunyai satu kali pasang (pasang tinggi) dan satu kali air surut (air rendah) dalam satu hari.
2. Pasut harian ganda, pasut jenis ini dicirikan oleh terjadinya dua kali air pasang dan dua kali air surut dalam sehari.
3. Pasut harian campuran, jenis pasut ini mempunyai dua kali air tinggi dan dua kali air rendah namun terjadinya tidak beraturan dan mempunyai perbedaan yang jelas antara dua air tinggi dan dua air rendah. Pasut yang mendekati karakter harian ganda disebut pasut campuran condong harian ganda sedangkan yang mempunyai

karakter mendekati harian tunggal disebut pasut campuran condong harian tunggal.

Tipe pasut ditentukan berdasarkan kriteria Courtier, yaitu rasio antara konstanta harmonik harian tunggal dan harian ganda dari unsur-unsur pembangkit pasut yang diakibatkan oleh pengaruh bulan dan matahari. Untuk membedakan jenis pasut ditentukan berdasarkan kriteria berikut:

$$0,00 < \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} < 0,25 \quad \text{Pasut harian ganda beraturan}$$

$$0,25 < \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} < 1,50 \quad \text{Pasut campuran condong harian ganda}$$

$$1,5 < \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} < 3,00 \quad \text{Pasut campuran condong harian tunggal}$$

$$3,00 < \frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}} \quad \text{Pasut harian tunggal beraturan}$$

$A_{K1}$ ,  $A_{O1}$ ,  $A_{M2}$  dan  $A_{S2}$  masing-masing adalah nilai amplitudo (A) dari unsur-unsur pembangkit pasut  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_2$  dan  $S_2$ . Besar nilai  $\frac{A_{K1} + A_{O1}}{A_{M2} + A_{S2}}$  biasa dinamakan dengan sebutan nilai F (Formzahl). Berdasarkan nilai F tersebut maka dapat ditentukan tabiat pasut di stasiun pasut maupun daerah sekitarnya (Suprpto,1993).

### 2.3.4 Komponen Harmonik Pasang Surut

Pasangan matahari-bumi akan menghasilkan fenomena pasang yang mirip dengan fenomena yang diakibatkan oleh pasangan bumi-bulan. Perbedaan yang utama adalah bahwa gaya penggerak pasang (GPP) yang disebabkan oleh matahari hanya sebesar separuh kekuatan yang disebabkan oleh bulan. Hal ini disebabkan oleh jarak bumi-bulan jauh lebih dekat dibanding jarak matahari-bumi, walaupun massa matahari jauh lebih besar dari massa bulan.

Oleh karena posisi bulan dan matahari terhadap bumi berubah-ubah, maka resultan gaya pasang yang dihasilkan dari gaya tarik kedua benda angkasa tersebut tidak sesederhana yang diperkirakan. Tetapi karena rotasi bumi, revolusi bumi terhadap matahari dan revolusi bulan terhadap bumi sangat teratur, maka resultan GPP yang rumit tadi dapat diuraikan sebagai hasil gabungan sejumlah komponen harmonik pasang. Komponen harmonik ini dapat dibagi menjadi tiga komponen yaitu tengah harian, harian dan periode panjang. Beberapa komponen harmonik penting dan perbandingan kekuatannya disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Komponen harmonik pasut yang penting

Nama Komponen	Simbol	Periode (Jam Matahari)	Perbandingan (Relatif)
Tengah Hari (harian ganda):			
- Principal lunar	$M_2$	12,4	100
- Principal solar	$S_2$	12,0	47
- Larger lunar elliptic	$N_2$	12,7	19
- Luni-solar semi-diurnal	$K_2$	11,97	13
Harian (harian tunggal) :			
- Luni-solar diurnal	$K_1$	23,9	58
- Principal lunar diurnal	$O_1$	25,8	42
- Principal solar diurnal	$P_1$	24,1	19
- Larger lunar elliptic	$Q_1$	26,9	8
Periode Panjang (Long period):			
- Lunar fortnightly	$Mf$	328,0	17
- Lunar monthly	$Mm$	661,0	9
- Solar semi-annual	$Ssa$	2.191,0	8

### 2.3.5 Teori Analisis Harmonik Pasang Surut

Analisis harmonik pasut adalah suatu cara untuk mengetahui sifat dan karakter pasut di suatu tempat dari hasil pengamatan pasut dalam kurun waktu tertentu. Analisis pasut dilakukan dengan cara menghitung nilai-nilai konstanta harmonik pasut, yaitu besarnya amplitudo dan phase dari unsur-unsur pembangkit pasut dengan menggunakan suatu metode tertentu.

Salah satu metode yang biasa digunakan dalam ilmu hidrografi adalah metode Admiralty. Metode ini digunakan untuk menghitung konstanta harmonik pasut dengan menggunakan data pengamatan 15 atau 29 hari bulan.

Dalam analisis harmonik pasut diterapkan suatu anggapan bahwa naik turunnya pasut pada suatu tempat dapat dinyatakan secara matematis sebagai suatu penjumlahan serangkaian gerakan harmonik yang memiliki hubungan tertentu dengan benda-benda angkasa khususnya bulan dan matahari. Analisis dikerjakan melalui suatu proses dimana data pengamatan pasut pada suatu tempat dipisahkan dalam sejumlah unsur-unsur pembangkit pasut harmonik. Besaran yang akan dihitung ataupun dicari dalam analisis harmonik pasut adalah amplitudo dan phase dalam sejumlah unsur-unsur pembangkit pasut harmonik. Besaran tersebut dikenal dengan sebutan konstanta harmonik.

Dalam teori kesetimbangan, tinggi pasut di setiap tempat dapat dinyatakan secara matematis sebagai penjumlahan dari sejumlah fungsi cosinus. Misalkan di suatu tempat hanya terdapat satu unsur pembangkit pasut maka tinggi pasut  $h$  menurut teori kesetimbangan dapat dituliskan dengan persamaan:

$$h = R \cos(\phi + nt) \dots\dots\dots(12)$$

dalam hal ini:

$h$  = tinggi air

$R$  = amplitudo

$t$  = waktu tolok

$\phi$  = phase pada saat  $t=0$

$n$  = kecepatan sudut

Dalam persamaan tersebut tinggi air ( $h$ ) dan waktu ( $t$ ) merupakan hasil pengamatan (pencatatan) di lapangan. Sedangkan nilai  $n$  (kecepatan sudut) untuk setiap unsur pembangkit pasut umumnya sudah diketahui (telah tersedia daftar  $n$  dari unsur-unsur pembangkit pasut). Selanjutnya untuk mencari besarnya amplitudo  $R$  dan phase  $\phi$ , persamaan (12) dapat diuraikan menjadi :

$$h = R \cos \phi \cos nt - R \sin \phi \sin nt \dots\dots\dots(13)$$

Jika  $R \cos \phi = A$  dan  $R \sin \phi = B$ , maka akan diperoleh :

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{R \sin \phi}{R \cos \phi} = \frac{B}{A}$$

$$R = \frac{A}{\cos \phi} = \frac{B}{\sin \phi}$$

Dengan persamaan vektor, maka nilai  $R$  dapat dihitung :

$$R^2 = A^2 + B^2$$

Berdasarkan persamaan 13, maka

$$h = A \cos nt - B \sin nt \dots\dots\dots(14)$$

Jika dapat diketemukan nilai  $A$  dan  $B$ , maka  $R$  dan  $\phi$  dapat dihitung.

Seandainya tidak hanya terdapat satu unsur pembangkit pasut harmonik, akan tetapi terdapat 3 unsur pembangkit pasut harian tunggal murni ( $n = 15^\circ/\text{jam}$ ), pasut harian ganda murni ( $n = 30^\circ/\text{jam}$ ) dan pasut quarter diurnal murni ( $n = 60^\circ/\text{jam}$ ), maka persamaan menjadi :

$$H = h_1 + h_2 + h_4 = A_1 \cos 15^\circ t - B_1 \sin 15^\circ t + A_2 \cos 30^\circ t - B_2 \sin 30^\circ t + A_4 \cos 60^\circ t - B_4 \sin 60^\circ t \dots\dots\dots(15)$$

Persamaan (15) merupakan persamaan dasar dari semua analisis harmonik. Untuk setiap unsur pembangkit pasut harmonik terdapat dua besaran  $A \cos n t$  dan  $B \sin n t$  yang perlu dihitung. Untuk analisis harmonik dapat digunakan pasangan persamaan sebanyak yang diinginkan. Untuk kasus di atas, yaitu gabungan dari pasut harian tunggal, harian ganda dan quarter diurnal akan terdapat 6 besaran yang harus dicari, jadi minimal harus ada 6 nilai  $H$  untuk membentuk 6 persamaan. Untuk pengamatan pasut selama 24 jam, dengan selang waktu pengamatan satu jam (pencatatan tinggi air setiap jam), maka akan diperoleh 24 tinggi pasut ( $H_1$  sampai dengan  $H_{24}$ ), jadi akan ada 24 pasangan nilai  $A \cos n t$  dan  $B \sin n t$ .

Pada dasarnya tidak ada satupun metode analisis harmonik pasut yang dapat betul-betul cukup teliti dan persis sama dengan keadaan pasut yang sesungguhnya di lapangan. Kesalahan kebanyakan disebabkan oleh adanya anggapan bahwa unsur pembangkit pasut hanya terdiri dari unsur pembangkit pasut harian tunggal, harian ganda dan quarter diurnal saja. Padahal mungkin juga terdapat unsur pembangkit pasut third diurnal dengan periode sekitar 8 jam, sixth diurnal dengan periode 4 jam. Selain itu juga ada berbagai macam unsur pembangkit pasut perairan dangkal akibat dari efek angin, cuaca dan fenomena alam lainnya (Soeprpto, 1993).

Untuk lebih mendekati kenyataan yang sesungguhnya di lapangan, maka data analisis harmonik metode Admiralty pada persamaan dasar di atas (persamaan 15), perlu diberikan beberapa unsur koreksi, khususnya koreksi yang berkaitan dengan faktor astronomi dan letak tempat.

Sebagaimana diketahui besarnya amplitudo pasut  $R$  berubah-ubah sesuai gaya yang menyebabkannya. Demikian juga besar harga phase  $\emptyset$  juga akan berubah secara lambat. Di dalam analisis pasut dengan metode Admiralty, semua hitungan adalah dianggap mulai dari meridian Greenwich, sehingga untuk suatu tempat dengan bujur tertentu akan mengalami kelambatan phase dibandingkan dengan phase pasut yang terjadi di meridian Greenwich. Dari kondisi tersebut di atas, maka tinggi pasut di suatu tempat dinyatakan dengan persamaan :

$$H = f R \cos (\phi + u + nt - g) \dots\dots\dots(16)$$

$$H_t = h_0 + \sum f R \cos (\phi + u + nt - g) \dots\dots\dots(17)$$

dalam hal ini:

$h_0$  = tinggi muka air laut rata-rata

$f$  = koreksi untuk  $R$ , suatu besaran yang bervariasi dalam periode 18,61 tahun

$u$  = koreksi untuk  $\emptyset$ , sudut yang bervariasi dalam periode 18,61 tahun

$g$  = phase pada tempat yang bersangkutan, besarnya  $g$  adalah :

$$g = K + LL - n S$$

dengan :

$K$  = perbedaan (kelambatan) phase dihitung terhadap phase yang terjadi pada meridian Greenwich

$LL$  = bujur geografi ( $\lambda$ ) tempat yang bersangkutan

$n$  = kecepatan sudut rata-rata unsur pembangkit pasut

$S$  = jam dihitung terhadap GMT

Untuk metode Admiralty telah disusun tabel-tabel dari nilai-nilai  $f$  dan  $u$  sampai tahun 2000, juga nilai-nilai  $n$  dari unsur-unsur pembangkit pasut telah ada tabelnya. Dengan bantuan tabel-tabel yang terdapat pada buku "Admiralty Tide Table Part III", dapat diselesaikan analisis harmonik pasut dengan metode Admiralty.

Jika dari persamaan (17),  $fR = A$  dan  $(\emptyset + u - g) = V_0$ , maka

$$H_t = h_0 + \sum A \cos (V_0 + nt) \dots\dots\dots(18)$$

$$= h_0 + \sum ( A \cos V_0 \cos nt - A \sin V_0 \sin nt ) \dots\dots\dots(18a)$$

Jika  $A \cos V_0 = A'$  dan  $B \sin V_0 = B'$ , maka persamaan (18a) menjadi :

$$H_{ti} = h_0 + A'_1 \cos n_1 ti + A'_2 \cos n_2 ti + A'_3 \cos n_3 ti + \dots\dots\dots + B'_1 \sin n_1 ti + B'_2 \sin n_2 ti + B'_3 \sin n_3 ti + \dots\dots\dots(19)$$

Angka indeks pada notasi  $A'$ ,  $B'$  dan  $n$  menunjukkan banyaknya unsur pembangkit pasut. Untuk analisis harmonik dengan menggunakan metode Admiralty, unsur pembangkit pasut yang dipakai sebanyak 9 ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $N_2$ ,  $K_1$ ,  $O_1$ ,  $M_4$ ,  $MS_4$ ,  $K_2$ ,  $P_1$ ). Sedangkan  $t_i$  menunjukkan waktu saat pengamatan dilakukan. Jika pengamatan dilakukan setiap jam untuk waktu 29 hari, maka  $i$  adalah  $(24 \times 29) = 696$  buah, atau banyak pengamatan tinggi pasut ( $H$ ) adalah 696 buah. Jadi terdapat pasangan nilai  $A'$  dan  $B$  sebanyak 696 buah. Analisis harmonik pasut adalah mencari nilai-nilai  $R$  dan  $g$  (nilai konstanta

harmonik pasut) dari unsur-unsur pembangkit pasut yang bersangkutan. Nilai konstanta harmonik pasut ini berbeda untuk setiap tempat (Suprpto, 1993).

### **2.3.6 Muka Surutan Peta dan Peta Laut**

Untuk pemetaan yang daerahnya sempit penentuan muka surutan peta umumnya hanya didasarkan pada satu stasiun pengamatan pasut yang ada di sekitar daerah yang bersangkutan.

Dengan semakin beragamnya pekerjaan dan permasalahan yang memerlukan peta laut, maka akan banyak diperlukan peta laut dengan wilayah cakupan yang semakin luas. Untuk keperluan pemetaan yang menyangkut suatu wilayah yang luas, penentuan muka surutan petanya tidaklah cukup hanya didasarkan pada satu stasiun pengamatan pasut saja. Hal tersebut mengingat bahwa sifat pasut di suatu tempat tidak akan sama sifat pasut di tempat lain. Dengan demikian maka muka surutan peta di suatu tempat tidak dapat begitu saja diterapkan untuk tempat lainnya yang cukup jauh letaknya.

Penentuan muka surutan peta untuk suatu wilayah yang cukup luas diperlukan data pengamatan pasut di beberapa stasiun pasut yang tersebar di daerah yang akan dibuat peta lautnya. Dengan penggunaan data dari beberapa stasiun pengamatan pasut untuk menentukan muka surutan peta,

diharapkan akan dapat diperoleh muka surutan peta yang cocok (memenuhi syarat) untuk seluruh wilayah yang bersangkutan.

Dalam pembuatan peta laut diperlukan suatu bidang referensi yang dipakai sebagai dasar (patokan) untuk menentukan angka-angka kedalaman yang disebut dengan muka surutan. Muka surutan merupakan referensi vertikal untuk penggambaran kedalaman pada peta laut (peta navigasi) didefinisikan sebagai suatu bidang permukaan pada suatu daerah perairan yang terletak di bawah permukaan air laut terendah yang mungkin terjadi atau dengan kata lain permukaan air laut tidak pernah menyentuh bidang muka surutan tersebut (Yuliadi, 1998). Muka surutan peta merupakan bidang nol peta yang harus diambil pada suatu bidang muka air terendah yang mungkin terdapat di wilayah yang akan dibuat peta lautnya. Jadi bagi setiap negara atau bahkan setiap wilayah atau daerah bisa menentukan muka surutan peta yang cocok untuk negara, wilayah atau daerah yang bersangkutan. Hal ini mengingat bahwa gerakan pasut pada tiap wilayah tidak hanya tergantung pada gaya tarik menarik bulan dan matahari saja, tetapi ditentukan juga oleh luas, bentuk, kedalaman, keadaan topografi bawah air dan hubungan perairan tersebut dengan laut sekitarnya. Oleh karenanya tiap-tiap negara bisa menerapkan aturan-aturan dalam menentukan muka surutan berdasarkan kondisi perairannya. Indonesia (Janhidros TNI-AL) menggunakan *Mean Lowest Low Water* (MLLW) sebagai muka surutan untuk referensi vertikal dalam penggambaran kedalaman peta, surutan pada waktu *sounding* maupun untuk prediksi pasut agar tidak

mendapatkan nilai negatif (Yuliadi, 2007). Untuk prediksi pasut digunakan rumus sebagai berikut :

$$h(t) = Z_0 + \sum f_i H_i \cos \{ (V_0 + U) \pi t + \sigma_i t - k_i \} \dots \dots \dots (20)$$

dimana :

- h, k : konstanta harmonik pasut
- Z<sub>0</sub> : Jarak Mean Sea Level ke muka surutan
- f : faktor koreksi amplitudo untuk komponen harmonik
- (V<sub>0</sub> + U) : faktor-faktor astronomis
- σ : kecepatan sudut dari gelombang komponen pasut

Muka surutan peta di Indonesia umumnya ditetapkan dengan cara analisis kombinasi konstanta harmonik utama dengan diberikan faktor keamanan 1 dm dibawah *Mean Lowest Low Water* (MLLW).

#### 2.4 ***Marine Electronic Highway (MEH) Project***

Selat Malaka dan Selat Singapura merupakan salah satu alur pelayaran terpadat di dunia, sehingga pada perairan tersebut terdapat *Traffic Separation Scheme* (TSS). Sebagai upaya untuk meningkatkan keselamatan pelayaran dan lingkungan maka *International Maritime Organization* (IMO) khususnya *Marine Environment Division* mengajukan proposal ke Bank Dunia menggunakan keselamatan dan perlindungan lingkungan yang merupakan

issue global. Upaya ini mendapat respon positif, sehingga kegiatan MEH mendapat dukungan dari Bank Dunia melalui *Global Environmental Facility* (GEF). Oleh karena itu pada tahapan selanjutnya keselamatan pelayaran mendapat perhatian utama termasuk, termasuk pengelolaan kegiatan tersebut di pihak Indonesia diwakili oleh Kementerian Lingkungan Hidup yang bertindak sebagai *National Focal Point* (NFP). Sedangkan Malaysia diwakili oleh Departemen Kelautan (*Marine Department*) dan Singapura diwakili oleh *Maritime Port Authority* (MPA). Kementerian Lingkungan Hidup yang bertindak sebagai wakil negara RI pada kegiatan ini dibantu oleh beberapa institusi antara lain Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Departemen Perhubungan selaku *Lead Agency*, Jawatan Hidro-Oceanografi TNI-AL, Bakosurtanal, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Departemen Kelautan dan Perikanan, Departemen Luar Negeri serta Pemerintah Propinsi Riau dan Otorita Batam.

Sejak tahun 2001, Indonesia, Malaysia dan Singapura bekerjasama dengan IMO, Bank Dunia dan GEF telah mempersiapkan pengembangan dan pelaksanaan Regional MEH Demonstration Project yang dibiayai dari dana hibah dari GEF dimana Bank Dunia bertindak sebagai *Implementing Agency* dan IMO sebagai *Executing Agency* yang bermitra dengan Pemerintah Indonesia, Malaysia dan Singapura.

Terdapat tiga komponen utama kegiatan yang akan tercakup dalam sistem MEH dimaksud antara lain:

1. Perlindungan Lingkungan (*Environmental Protection*)

Perlindungan lingkungan merupakan faktor utama yang menjadi perhatian dalam kegiatan ini mengingat sumber dana yang dikucurkan dari Bank Dunia termasuk dalam fasilitas lingkungan global. Oleh karena itu setiap aspek lingkungan yang terkait pada kegiatan di Selat malaka dan Selat Singapura menjadi tolak ukur keberhasilan program ini.

## 2. Keselamatan Lalu Lintas Laut (*Safety of Navigation*)

Inisiasi kegiatan ini berasal dari IMO yang mengedepankan keselamatan navigasi pelayaran. Meski pendanaan berasal dari GEF, namun keselamatan navigasi pelayaran menjadi tujuan utama, mengingat Selat malaka dan Selat Singapura merupakan alur pelayaran yang sangat ramai. Sehingga keselamatan pelayaran akan menjadi faktor penentu dalam perlindungan lingkungan. Kerusakan lingkungan akan sangat tergantung pada keselamatan pelayaran. Apabila terjadi kecelakaan kapal (tabrakan, kandas ataupun tenggelam) atau kapal secara sengaja membuang limbah ke laut akan mencemari lingkungan perairan dan pantai di selat Malaka dan Selat Singapura.

## 3. Keberlanjutan Pendanaan (*Sustainable Financing*)

Kegiatan MEH di Selat Malaka dan Selat Singapura merupakan *Pilot Project* dari IMO dan membutuhkan pendanaan yang tidak sedikit. Meski Bank Dunia telah menyiapkan dana melalui GEF PDF Block B, namun kebutuhan proyek ini masih lebih besar dari dana yang disediakan. Belum lagi persyaratan yang diberikan oleh Bank Dunia untuk mendapatkan dana dalam bentuk *grant* (hibah) perlu pendamping dari negara yang akan

menerima hibah tersebut. Oleh karena itu perlu mekanisme pendanaan yang akan diterapkan dalam operasionalisasi sistem MEH nantinya. Konsep yang dikembangkan adalah sistem ini akan mendanai dengan sendirinya (didanai oleh pengguna) dan bukan oleh negara pantai (Indonesia, Malaysia dan Singapura).

Kegiatan MEH terbagi dalam dua tahap utama yaitu tahap demonstrasi dan tahap implementasi. Pada tahap demonstrasi terdiri dari dua kegiatan utama yaitu:

1. Pembangunan di pesisir dan pantai, meliputi serangkaian kegiatan :
  - Survei Hidrografi menggunakan *Multibeam Echosounder* di area *Traffic Separation Scheme (TSS)*.
  - Pembangunan *Electronic Navigational Chart* untuk area TSS dan beberapa pelabuhan terdekat.
  - Pembangunan stasiun *Automatic Identification System (AIS)* dan Stasiun *Differential Global Position Satellite (DGPS)*.
  - Pengembangan sistem informasi pasut serta dinamika laut, dengan pemasangan *automatic tide gauge* dan Sistem Buoy.
  - Pembentukan sistem MEH keseluruhan yang akan dipusatkan di Otorita Batam.

## 2. Pembangunan di kapal.

Kegiatan pembangunan di kapal nantinya didukung oleh kapal-kapal tanker yang akan menggunakan *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS).

Tahap yang kedua adalah tahap implementasi penuh. Tahap ini merupakan tahapan dimana sistem MEH dioperasikan secara penuh dan dipantau oleh PMO (*Project Management Office*) yang berada di Batam. Tahapan ini akan dijalankan apabila sistem MEH ini benar-benar pilihan terbaik hasil evaluasi terhadap pelaksanaan tahap demonstrasi.

### **2.5 Implikasi MEH dalam Perlindungan Lingkungan di Perairan Selat Malaka dan Selat Singapura**

Dilihat dari sisi lingkungan hidup, lingkungan laut sangat rentan (*vulnerable*) dibandingkan dengan lingkungan darat hal ini karena lingkungan laut terdiri dari air sebagai massa yang senantiasa bergerak, dan lingkungan laut juga tergantung pada penanganan lingkungan darat. Laut merupakan tempat pembuangan langsung sampah atau limbah dari berbagai aktifitas manusia dengan cara yang murah dan mudah, sehingga di laut dapat ditemukan berbagai jenis sampah dan bahan pencemar.

Secara normal, laut memiliki daya asimilasi untuk memproses dan mendaur ulang bahan-bahan pencemar yang masuk ke dalamnya. Tetapi konsentrasi akumulasi bahan pencemar yang semakin tinggi mengakibatkan daya asimilatif laut sebagai “gudang sampah” menjadi menurun dan menimbulkan masalah lingkungan. Dampak pencemaran ini mempengaruhi kehidupan manusia, organisme lain serta lingkungan sekitarnya. Oleh karena itu pencemaran harus dikendalikan secara dini, sehingga tidak merusak lingkungan laut, menurunkan keanekaragaman hayati dan tidak mengganggu keseimbangan ekosistem laut.

Pencemaran laut diartikan sebagai adanya kotoran atau hasil buangan aktivitas makhluk hidup yang masuk ke daerah laut. Sumber dari pencemaran laut ini antara lain adalah tumpahan minyak, sisa bahan amunisi perang, buangan dan proses di kapal, buangan industri ke laut, proses pengeboran minyak di laut, buangan sampah dari transportasi darat melalui sungai, emisi transportasi laut dan buangan pestisida dari pertanian. Namun sumber utama pencemaran laut adalah berasal dari tumpahan minyak baik dari proses di kapal, pengeboran lepas pantai maupun akibat kecelakaan kapal.

Polusi dari tumpahan minyak di laut merupakan sumber pencemaran laut yang selalu menjadi fokus perhatian dari masyarakat luas, karena akibatnya akan sangat cepat dirasakan oleh masyarakat sekitar pantai dan sangat signifikan merusak makhluk hidup di sekitar pantai tersebut.

Tumpahan minyak bumi pada perairan laut akan membentuk lapisan film

pada permukaan laut, emulsi atau mengendap dan diabsorpsi oleh sedimen-sedimen yang berada di dasar perairan laut. Minyak yang membentuk lapisan film pada permukaan laut akan menyebabkan terganggunya proses fotosintesa dan respirasi organisme laut, sementara minyak yang teremulsi dalam air akan mempengaruhi epitelial insang ikan yang mengganggu proses respirasi. Sedangkan minyak yang terabsorpsi oleh sedimen-sedimen di dasar perairan akan menutupi lapisan atas sedimen tersebut sehingga akan mematikan organisme-organisme penghuni dasar laut dan juga meracuni daerah-daerah pemijahan. Akibat terganggunya proses fotosintesa maka populasi plankton akan menurun yang akan diikuti oleh penurunan populasi organisme pemakan plankton (misalnya: ikan).

Pencemaran minyak di perairan paling sering terjadi dibandingkan di darat. Dari keseluruhan perairan Indonesia, yang paling rawan terhadap tumpahan minyak, karena padatnya lalu lintas pelayaran termasuk kapal-kapal tanker minyak, adalah wilayah perairan Selat Malaka dan Selat Singapura. Selat Malaka memiliki kepadatan tertinggi, sehingga menjadi paling rawan terhadap pencemaran akibat tumpahan minyak. Pelayaran kapal-kapal tersebut mengandung resiko terjadinya kecelakaan yang dapat mengakibatkan keadaan darurat tumpahan minyak yang dapat merugikan lingkungan laut. Tumpahan minyak yang berasal dari pengangkut minyak, akan memiliki resiko yang besar dalam hal pencemaran laut. Hal ini dapat terjadi pada perairan alur pelayaran yang sempit dan banyak terdapat kedangkalan misalnya akibat faktor kesalahan navigasi dan minimnya

informasi lingkungan laut mengakibatkan tabrakan, kandas, tenggelam dan terbakar, sehingga kapal tanker pengangkut minyak itu menumpahkan muatannya dan mencemari laut dan pesisirnya.

Jika keadaan ini terjadi, maka bahan minyak yang tumpah akan mengalami 3 (tiga) mekanisme antara lain:

1. Disebarkan melalui adukan atau turbulensi oleh kekuatan pasut dan arus di laut.
2. Dipekatkan melalui proses biologi dengan cara diserap oleh ikan, plankton nabati atau ganggang, dan melalui proses fisik dan kimiawi dengan cara absorpsi, pengendapan dan pertukaran ion. Bahan pencemar ini akhirnya akan mengendap di dasar laut,
3. Terbawa langsung oleh arus dan biota laut (ikan).

Sebagian bahan pencemar yang masuk ke dalam ekosistem laut dapat diencerkan dan disebar ke seluruh wilayah laut melalui adukan turbulensi dan arus laut. Untuk wilayah-wilayah laut yang luas dan terbuka dengan pola arus dan turbulensi yang aktif, bahan-bahan pencemar akan terurai dan terbuang ke perairan laut yang lebih luas, sehingga dapat meminimalkan konsentrasi akumulasinya dalam suatu badan perairan. Akan tetapi pada wilayah-wilayah laut yang sempit dan tertutup, bahan pencemar akan mudah sekali terakumulasi di dalam suatu badan perairan.

Komponen minyak yang tidak larut di dalam air akan mengapung pada permukaan air laut yang menyebabkan air laut berwarna hitam. Beberapa

komponen minyak tenggelam dan terakumulasi di dalam sedimen sebagai deposit hitam pada pasir dan batuan-batuan di pantai. Hal ini mempunyai pengaruh yang luas terhadap hewan dan tumbuh-tumbuhan yang hidup di perairan. Komponen hidrokarbon yang bersifat toksik berpengaruh terhadap reproduksi, perkembangan, pertumbuhan, dan perilaku biota laut, terutama pada plankton, bahkan dapat mematikan ikan, dengan sendirinya dapat menurunkan produksi ikan yang berakibat menurunnya devisa negara. Proses emulsifikasi merupakan sumber mortalitas bagi organisme, terutama pada telur, larva, dan perkembangan embrio karena pada tahap ini sangat rentan pada lingkungan tercemar. Proses ini merupakan penyebab terkontaminasinya sejumlah flora dan fauna di wilayah tercemar.

Senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam minyak bumi merupakan komponen utama yang bersifat mutagenik dan karsinogenik pada manusia. Senyawa ini sulit mengalami perombakan di alam, baik di air maupun di darat, sehingga hal ini dapat mengalami proses biomagnition pada ikan ataupun pada biota laut yang lain. Senyawa hidrokarbon yang sangat beracun dapat menyebabkan gangguan serta kerusakan pada tulang sumsum. Keracunan yang kronis menimbulkan kelainan pada darah, termasuk menurunnya sel darah putih, zat beku darah, dan sel darah merah yang menyebabkan anemia. Kejadian ini akan merangsang timbulnya preleukemia, kemudian leukemia, yang pada akhirnya menyebabkan kanker. Dampak lain adalah menyebabkan iritasi pada kulit. Untuk menanggulangi tumpahan minyak di laut, kadang-kadang lapisan minyak diperlakukan

dengan dispersant. Dengan perlakuan dispersant dapat meningkatkan biodegradasi minyak, namun penggunaan dispersant telah dilaporkan bersifat sangat toksik pada biota laut. Salah satu alternatif penanggulangan minyak bumi di laut yang ramah lingkungan adalah dengan bioteknologi, yaitu menggunakan bakteri pemakan minyak bumi.

Pembangunan sistem *Marine Electronic Highway* (MEH) akan dapat memperkecil resiko terjadinya kecelakaan kapal di perairan Selat Malaka dan Selat Singapura terutama untuk kapal-kapal tanker yang mempunyai draft kapal besar. Informasi posisi kapal secara tepat dan informasi kondisi laut yang diperoleh secara *real time* akan sangat membantu para pelaut untuk membuat rencana jalur kapal yang akan dilewati secara cepat dan aman. Sebagai contoh aplikasi sistem MEH dapat memberikan informasi kedalaman aktual suatu perairan di suatu lokasi pada saat tertentu dan dapat didistribusikan dan diterima oleh pelaut dalam waktu yang relatif singkat.

Manfaat pembangunan sistem MEH bukan saja menguntungkan dari segi keselamatan navigasi. Aplikasi sistem MEH yang mampu memberikan informasi data kelautan seperti pasut, arus dan angin sangat membantu dan bermanfaat dalam perhitungan prediksi aliran bahan pencemar bila terjadi kecelakaan kapal pengangkut minyak ataupun bahan berbahaya lainnya yang mengakibatkan tumpahan bahan pencemar ke laut. Sebab seperti diuraikan di atas, penyebaran bahan pencemar di laut akan ditentukan oleh besarnya kekuatan pasut dan arus di laut.

## 2.6 Komunikasi Data *Real time*

Salah satu bentuk dari sistem komunikasi data yaitu *online communication system* yang dapat berbentuk sistem *real time* yang memungkinkan pengiriman data ke pusat komputer dan proses di pusat komputer dilakukan seketika pada saat data diterima dan kemudian dikirim kembali ke pengirim data pada waktu yang relatif singkat. Dalam sistem komunikasi *real time* berlaku komunikasi dua arah, yaitu pengiriman dan penerimaan respon dari pusat komputer berlangsung dalam waktu yang relatif cepat.

### 2.6.1 Sistem Telemetri

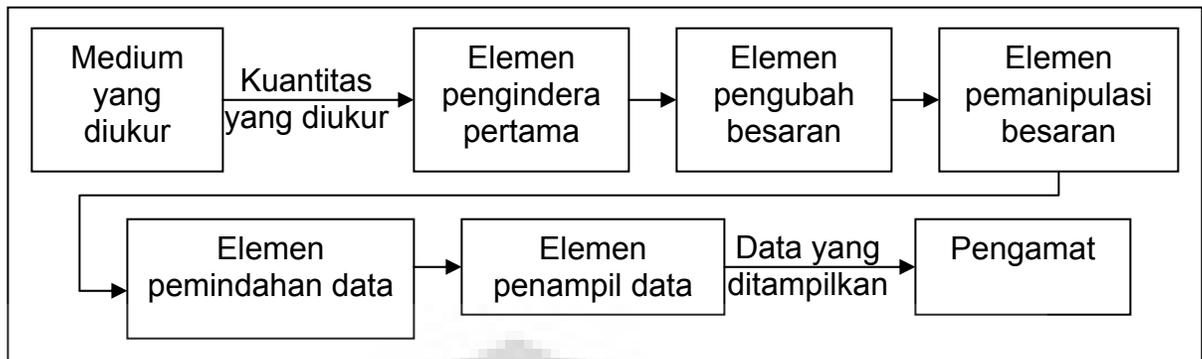
Telemetri berasal dari kata *Tele* yang berarti jauh dan *Metri* yang berarti ukuran, dengan demikian telemetri adalah suatu sistem komunikasi untuk transfer data pengukuran jarak jauh yang menggunakan medium transmisi tertentu sebagai *carrier* data tersebut. *Carrier* adalah sinyal tetap dalam sebuah sirkuit yang berada pada frekuensi tertentu atau dalam rentang frekuensi tertentu. Biasanya *carrier* yang digunakan adalah kabel, gelombang radio, telepon hingga yang bersifat *wireless* menggunakan satelit.

Telemetri mempunyai dua kelemahan, yaitu kemampuan pengiriman data yang tidak tetap akibat aktivitas kelistrikan atmosfer dan letak antena

yang biasanya perlu tinggi, sebab jika rendah maka naik-turunnya gelombang laut dapat menyebabkan data yang diterima terputus-putus (Williams, 1973). Selain itu, pengembangan peralatan telemetri membutuhkan biaya investasi yang besar (biasanya ratusan juta rupiah keatas).

Tetapi bila sudah berjalan normal, telemetri membutuhkan biaya operasional yang lebih kecil bila dibandingkan dengan sistem manual ataupun instrumen yang menggunakan perekam. Selain itu, dalam penyampaian datanya yang bisa tepat pada waktunya (*real time*), memungkinkan untuk mengukur berbagai parameter secara bersamaan dan terus menerus selama berbulan-bulan, dapat mengukur berpuluh-puluh parameter dalam satu stasiun pengukuran, dapat melayani berpuluh-puluh stasiun pengukuran dengan satu pengolah data, perolehan kuantitas dan kualitas termasuk ketelitian data yang tinggi, membutuhkan operator yang sedikit dan mengurangi resiko kecelakaan akibat pengukuran (Wijonarko, 1989).

Menurut Doebelin (1975 *dalam* Wijonarko 1989), sistem pengukuran telemetri pada dasarnya secara fungsional tersusun atas elemen pengindera pertama (*primary sensing element*), elemen pengubah besaran (*variable conversion element*), elemen manipulasi besaran (*variable manipulation element*), elemen pemindahan data (*data transmission element*) dan elemen penampil data (*data presentation element*).



Gambar 6. Elemen-elemen fungsional penyusun sistem telemetri

Elemen pengindera pertama adalah elemen yang menerima energi pertama kali dari medium yang diukur dan menghasilkan suatu keluaran (*output*) yang dalam beberapa hal tergantung pada kuantitas yang diukur. Keluaran dari elemen pengindera pertama ini dapat berupa besaran listrik ataupun non listrik. Elemen pengubah besaran berfungsi untuk mengubah besaran non listrik menjadi listrik. Elemen pemanipulasi besaran berfungsi untuk mengubah harga numerik suatu besaran berdasarkan suatu aturan tertentu, tetapi tetap menjaga sifat-sifat fisik dari besaran tersebut. Elemen pemindahan data berfungsi untuk memindahkan data yang berasal dari elemen pemanipulasi besaran ke elemen penampil data. Elemen pemindahan data terdiri dari elemen pengirim dan penerima data. Elemen penampil data berfungsi untuk menampilkan informasi mengenai besaran yang diukur kedalam bentuk yang dapat dikenal oleh indera kita.

Dalam prakteknya, dapat dilakukan pengurangan atau penambahan elemen atau keduanya. Elemen yang tidak selalu ada untuk sistem telemetri adalah elemen pengubah besaran.

## 2.6.2 Sistem Komunikasi Data

Teknik pengiriman data dan informasi pada telemetri merupakan salah satu yang menentukan kehandalan sistem telemetri. Pengiriman data menggunakan komputer dengan sistem transmisi elektronik disebut dengan istilah komunikasi data. Teknik komputer dan teknik komunikasi yang berkembang dengan pesat mengakibatkan teknik komunikasi data yang merupakan perpaduan antara kedua teknik tersebut juga berkembang sangat pesat.

Tujuan dari komunikasi data antara lain mengefisiensikan waktu pengiriman data dalam jumlah besar, memungkinkan penggunaan sistem terpusat, mempermudah pengolahan data, mendapatkan data langsung dari sumbernya dan dapat mempercepat pendistribusian kepada para pengguna sistem.

### 2.6.1.a Elemen Komunikasi Data

Untuk mengkomunikasikan data dari satu lokasi ke lokasi yang lain, 3 elemen sistem harus tersedia, yaitu sumber data, media transmisi, dan penerima. Jika salah satu elemen tidak ada, maka komunikasi tidak akan dapat dilakukan.

Sumber adalah pihak yang mengirim informasi dengan menggunakan media input data. Sumber data dapat berupa suara, data dan histogram. Tugasnya membangkitkan informasi dan menempatkannya pada media transmisi. Sumber pada umumnya dilengkapi dengan alat lain (antarmuka) yang dapat mengubah informasi yang akan dikirimkan menjadi bentuk yang sesuai dengan media transmisi yang digunakan, misalnya menjadi pulsa listrik atau gelombang elektromagnet.

Media transmisi adalah media yang digunakan untuk proses pengiriman data dari satu sumber ke penerima data. Media transmisi dibedakan atas media fisik (sistem *wireline*) dan media non fisik (sistem *wireless*). Sistem *wireline* merupakan transmisi sinyal melalui kabel atau fiber optik sedangkan sistem *wireless* merupakan transmisi sinyal melalui udara. Komunikasi *wireline* memiliki keterbatasan didalam mendukung tuntutan mobilitas manusia yang sangat tinggi. Oleh karena itu dikembangkan komunikasi *wireless*. Berikut ini adalah keunggulan yang dimiliki oleh sistem *wireless* dibandingkan dengan sistem *wireline*.

Tabel 3. Perbandingan sistem *wireline* dengan sistem *wireless*

Sistem <i>Wireline</i>	Sistem <i>Wireless</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mobilitas pengguna terbatas karena dibatasi oleh panjang kawat atau kabel.</li> <li>- Kapasitas sistem kecil (kecuali fiber optik).</li> <li>- Terdapatnya kendala pada ekspansi sistem karena kondisi alam dan teknologi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daerah jangkauan luas</li> <li>- Pengguna dapat bergerak lebih fleksibel</li> <li>- Terbebas dari masalah perkabelan</li> <li>- Relatif cepat dan murah</li> <li>- Dapat ditempatkan dimana saja</li> <li>- Kapasitas sistem relatif besar</li> <li>- Mudah untuk diekspansi</li> </ul>

Sumber : Wibisono, 2008.

Penerima adalah pihak yang menerima data atau informasi. Tugasnya menerima berita yang dikirimkan oleh suatu sumber informasi. Penerima mempunyai alat lain yang fungsinya kebalikan dari pemancar, yaitu alat informasi yang bentuknya sesuai dengan media transmisi yang digunakan menjadi bentuk asalnya.

#### **2.6.1.b Bentuk Sistem Komunikasi Data**

Sistem komunikasi data dapat dimulai dengan sistem yang sederhana, seperti misalnya jaringan akses terminal, yaitu jaringan yang memungkinkan seorang operator mendapatkan akses ke fasilitas yang tersedia dalam jaringan tersebut. Operator bisa mengakses komputer guna memperoleh fasilitas, misalnya menjalankan program aplikasi, mengakses basis data dan melakukan komunikasi dengan operator lain. Dalam lingkungan ideal, semua fasilitas ini harus tampak seakan-akan dalam terminalnya, walaupun sesungguhnya secara fisik berada pada lokasi yang terpisah.

Salah satu bentuk dari sistem komunikasi data yaitu *online communication system*. Pada sistem ini, data yang dikirim melalui terminal dapat langsung diolah oleh pusat komputer, dalam hal ini *Central Processing Unit (CPU)*. *Online communication system* dapat berbentuk sistem *real time*. Sistem *real time* memungkinkan untuk mengirimkan data ke pusat komputer,

diproses di pusat komputer seketika pada saat data diterima dan kemudian mengirimkan kembali hasil pengolahan ke pengirim data saat itu juga.

Sistem *real time* ini juga memungkinkan pengurangan atau mereduksi waktu yang diperlukan untuk pengumpulan data dan distribusi data. Dalam hal ini berlaku komunikasi dua arah, yaitu pengiriman dan penerimaan respon dari pusat komputer dalam waktu yang relatif cepat.

Penggunaan sistem ini memerlukan suatu teknik dalam hal sistem disain, dan pemrograman, hal ini disebabkan karena pada pusat komputer dibutuhkan suatu basis data yang siap untuk setiap kebutuhan. Biasanya peralatan yang digunakan sebagai basis data adalah *magnetic disk storage*, karena dapat mengolah secara *direct access* (akses langsung), dan perlu diketahui bahwa pada sistem ini menggunakan kemampuan multiprogramming, untuk melayani berbagai macam keperluan dalam satu waktu yang sama.

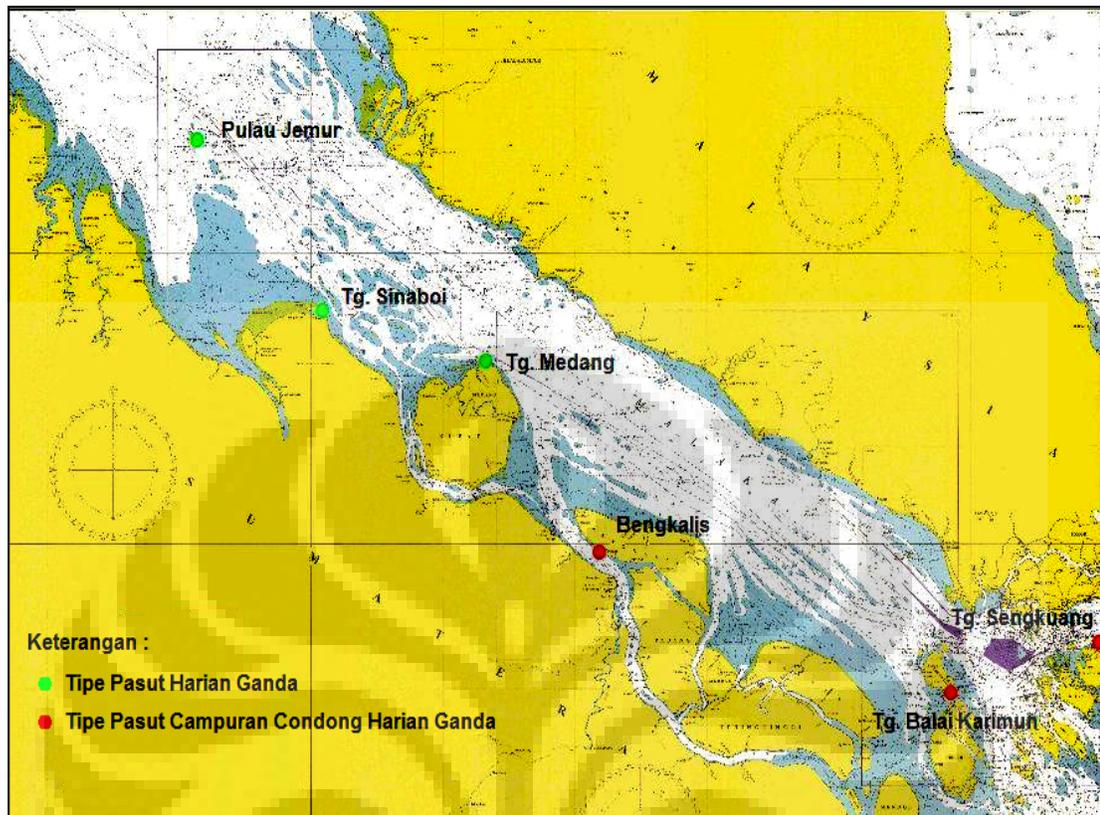
## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni 2006 hingga Agustus 2007. Pengumpulan data sekunder diperoleh dari Janhidros TNI-AL, Bakosurtanal dan Jabatan Hidrografi Tentara Laut Diraja Malaysia (TLDM). Sedangkan pengecekan lapangan dilaksanakan pada akhir Mei hingga awal Juni 2007.

Lokasi penelitian meliputi enam lokasi stasiun pasut yang representatif yang dipilih berdasarkan dua tipe pasut yang terdapat di Selat Malaka yaitu pasut harian ganda dan pasut campuran condong harian ganda. Stasiun tersebut pernah di survei oleh Janhidros TNI-AL, Bakosurtanal maupun Jabatan Hidrografi TLDM di perairan Selat Malaka sepanjang jalur *Traffic Separation Scheme* (TSS). Adapun lokasi keenam stasiun terpilih digambarkan dalam Peta Laut No. 102 seperti Gambar 7.



Gambar 7. Distribusi stasiun pasut terpilih untuk pemasangan *automatic tide gauge* (Janhidros TNI-AL)

Lokasi-lokasi stasiun pasut representatif yang akan diteliti dengan tipe pasut harian ganda adalah Pulau Jemur ( $02^{\circ}31'31''$  LU /  $104^{\circ}05'20.2''$  BT), Tanjung Sinaboi ( $02^{\circ}17'28''$  LU /  $101^{\circ}02'03.37''$  BT) dan Tanjung Medang ( $02^{\circ}06'58.5''$  LU /  $101^{\circ}37'22.9''$  BT). Sedangkan untuk lokasi stasiun pasut dengan tipe pasut campuran condong harian ganda adalah Bengkalis ( $01^{\circ}28'00''$  LU /  $102^{\circ}06'00''$  BT), Tanjung Balai Karimun ( $01^{\circ}11'29''$  LU /  $103^{\circ}21'08''$  BT) dan Tanjung Sengkuang ( $01^{\circ}11'34.43''$  LU /  $104^{\circ}05'20.2''$  BT).

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu:

1. Pengumpulan data sekunder yaitu berupa data pasut yang akan digunakan untuk analisis kuantitatif. Hasil dari analisis ini akan digunakan dalam analisis kualitatif.
2. Pengumpulan data primer berupa pengecekan di lapangan dan studi literatur pada lokasi yang telah dipilih untuk dinilai berdasarkan daftar pernyataan dan penilaian yang telah disusun sebelumnya untuk dijadikan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan untuk pemilihan lokasi stasiun pasut dan sistem telemetri yang ideal yang akan diimplementasikan.

### 3.3 Instrumen Penelitian

Penelitian ini menggunakan dua instrumen kegiatan yaitu :

1. Telaah terhadap data pasut sebagai dasar dalam analisis kuantitatif berupa perhitungan terhadap komponen harmonik pasut.
2. Akuisisi data lapangan sebagai dasar dalam analisis kualitatif berupa kegiatan penilaian lapangan dalam bentuk kuesioner.

### 3.4 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian ini dibagi menjadi empat bagian yaitu analisis kuantitatif, analisis kualitatif, analisis pengambilan keputusan untuk menentukan lokasi stasiun pengamat pasut dan analisis pengambilan keputusan untuk menentukan sistem telemetri yang digunakan. Analisis kuantitatif dilakukan untuk menelaah kondisi pasut perairan Selat Malaka. Analisis kualitatif dan analisis pengambilan keputusan untuk menentukan lokasi stasiun pengamat pasut dilakukan guna menentukan lokasi stasiun pasut ideal yang akan dipilih berdasarkan penilaian lapangan dan studi literatur. Sedangkan analisis pengambilan keputusan untuk menentukan sistem telemetri yang digunakan dilakukan guna menentukan medium transmisi data untuk mengirim data pasut dari stasiun pengamat pasut ke stasiun pusat di Batam secara *real time*.

#### 3.4.1 Metode Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif yaitu berupa analisis komponen harmonik pasut yang merupakan telaah terhadap data-data pasut yaitu berupa perhitungan terhadap komponen harmonik pasut dan prediksi pasut menggunakan metoda Admiralty. Berdasarkan konstanta harmonik yang telah dihitung dengan menggunakan data pengamatan pasut selama 29 piantan,

selanjutnya dibuat analisis pasut untuk mengetahui tipe pasut menggunakan rumus Formzahl :

$$F = \frac{(A_{K1} + A_{O1})}{(A_{M2} + A_{S2})} \dots\dots\dots(21)$$

dengan F adalah nilai Formzahl

$K_1$  dan  $O_1$  adalah konstanta pasut harian tunggal utama

$M_2$  dan  $S_2$  adalah konstanta pasut harian ganda utama

Klasifikasi tipe pasut berdasarkan nilai Formzahl :

1. Pasang ganda jika  $F \leq \frac{1}{4}$
2. Pasang campuran condong ke harian ganda jika  $\frac{1}{4} < F \leq 1\frac{1}{2}$
3. Pasang campuran condong ke harian tunggal jika  $1\frac{1}{2} < F \leq 3$
4. Pasang tunggal jika  $F > 3$

Analisis data pasut dilakukan dengan bantuan komputer dengan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel, Qbasic, ArcView Geography Information System (GIS) versi 3,3, ArcGIS 9 dan Global Mapper.

### 3.4.2 Analisis Kualitatif

Setelah diperoleh informasi dari hasil analisis data pasut berupa komponen konstanta harmonik pasut, tabiat pasut serta peta sifat pasutnya,

selanjutnya dilaksanakan pengecekan lapangan pada lokasi yang telah dipilih berdasarkan asas representatif yang dapat mewakili dua tipe pasut di Selat Malaka yaitu pasut harian ganda dan pasut campuran condong harian ganda.

Pengecekan lapangan dilaksanakan guna memperoleh data tentang kelayakan lokasi yang akan dilakukan pemasangan *automatic tide gauge*. Pada kegiatan ini dilaksanakan penilaian kelayakan berdasarkan tabel pertanyaan (kuesioner) yang telah dibuat sebelumnya. Kuesioner merupakan salah satu jenis instrumen pengumpulan data yang disampaikan kepada subyek penelitian melalui sejumlah pernyataan. Kuesioner yang digunakan didesain berdasarkan skala model Linkert yang berisi sejumlah pernyataan yang menyatakan obyek yang hendak diungkap. Penentuan skor atas kuesioner skala model Linkert yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada tiga alternatif jawaban yaitu : Sesuai = 3; Kurang Sesuai = 2; Tidak Sesuai = 1.

Adapun daftar pertanyaan untuk menguji kelayakan suatu lokasi yang akan dibangun atau dipasang *automatic tide gauge* berdasarkan rekomendasi yang diberikan Hamidjojo (1987) ditambah dengan berbagai pertimbangan teknis yang biasa dilakukan di Janhidros TNI-AL dalam pemasangan alat perekam pasut, diantaranya:

1. Aspek Oseanografi
  - Apakah lokasi yang dipilih merupakan daerah terbuka atau terlindung dari hempasan gelombang atau ombak pada waktu badai ataupun gelombang besar?

- Apakah lokasi yang dipilih mempunyai tingkat kestabilan tanah yang baik yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan *Bench Mark*?
- Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah *Low Water Spring (LWS)*?
- Apakah kecepatan arus rata-rata hariannya tidak melebihi 0,5 knot?
- Apakah lokasi yang dipilih merupakan daerah akresi atau abrasi?
- Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?
- Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?
- Bagaimana dengan pengaruh pantulan gelombang atau ombak terhadap perkiraan hasil rekaman data pasutnya?
- Apakah lokasi yang dipilih ramai dilalui kapal tonase besar?
- Apakah lokasi yang dipilih dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap Muka Laut Rata-rata (MLR)?

## 2. Aspek Teknis atau Pendukung

- Apakah terdapat dermaga beton atau kayu yang kokoh dan dapat dipasang *automatic tide gauge*?

- Apakah dermaga bisa dipasang *automatic tide gauge* tanpa terganggu oleh aktivitas bongkar muat kapal?
- Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?
- Apakah ada sumber energi listrik yang beroperasi 24 jam sehari dengan pasokan aliran listrik yang stabil (tidak terputus-putus)?
- Apakah terdapat sarana transportasi yang mempunyai akses ke kota besar terdekat?
- Apakah lokasi dekat dengan bengkel las listrik atau bubut?
- Apakah ada sarana atau jaringan telekomunikasi yang dapat menghubungkan ke kota besar sekitarnya?
- Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?
- Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau kerusakan tangan manusia?
- Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?

Berdasarkan daftar pertanyaan tersebut, dibuat dalam tabel dan diberikan penilaian berdasarkan skor menggunakan Skala Model Linkert seperti tersaji dalam Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Indikator penilaian faktor oseanografis berdasar skor Linkert

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?			
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?			
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?			
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?			
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi?			
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai/muara sungai ?			
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?			
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?			
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?			
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap MLR?			

Tabel 5. Indikator penilaian faktor teknis atau pendukung berdasar Skor Linkert

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?			
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?			
3.	Bagaimana status kepemilikan tanah dilokasi?			
4.	Bagaimana sarana transportasi?			
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?			
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?			
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?			
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?			
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan?			
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?			

### 3.4.3 Metode Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Lokasi

#### Pengamat Pasut

Untuk menentukan lokasi pengamat pasut (stasiun pasut) yang ideal di Selat Malaka, digunakan metode pemeringkat faktor (*The factor-rating method*). Teknik pengambilan keputusan atas alternatif lokasi ini didasarkan atas teori *Subjective Expected Utility* (SEU), ditambah sedikit porsi dari pendekatan teorema Bayes (konsep peluang). Teknik ini digunakan untuk menentukan sebuah lokasi, karena menyediakan sebuah mekanisme untuk menyatukan beragam faktor yang berbeda dalam sebuah format yang mudah untuk dimengerti. Faktor-faktor yang akan diperingkat dibagi menjadi faktor kualitatif dan kuantitatif. Beberapa faktor memiliki tingkat kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan dengan faktor lain, sehingga dapat ditentukan nilai perimbangan atas setiap faktor (Darmawan, 2006).

Langkah-langkah untuk menentukan lokasi stasiun pasut :

1. Menetapkan daftar faktor-faktor relevan, baik itu faktor oseanografi ataupun faktor teknis atau pendukung.
2. Menentukan nilai perimbangan untuk setiap faktor guna merefleksikan tingkat kepentingannya terhadap tujuan. Nilai perimbangan dinyatakan dalam persentase.
3. Mengembangkan skala untuk setiap faktor.

4. Menentukan nilai skor untuk setiap lokasi dengan mengembangkan skala untuk setiap faktor.
5. Mengalikan setiap nilai skor dengan nilai perimbangan untuk setiap faktor dan totalkan skor untuk setiap lokasi.
6. Membuat rekomendasi berdasarkan atas nilai skor yang paling tinggi, pertimbangkan juga hasil pendekatan kuantitatif.

#### **3.4.4 Metode Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Sistem Telemetry**

Didalam sistem telemetry digunakan medium transmisi untuk mengirim data dari stasiun pengamat pasut ke stasiun pusat di Batam secara *real time*. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat, kita disuguhkan oleh beberapa alternatif pilihan medium transmisi data yang akan digunakan dalam sistem pengamat pasut untuk penentuan kedalaman aktual. Untuk tujuan mengoptimalkan sistem pengamat pasut tersebut, maka perlu dilakukan pemilihan terhadap sistem telemetry dengan medium transmisi yang sesuai dengan kebutuhan sistem dengan menggunakan *grid analysis*.

*Grid analysis* adalah teknik pengambilan keputusan yang berguna untuk menentukan pilihan atas satu alternatif solusi. Dimana penggunaan yang paling efektif adalah apabila kita dihadapkan pada sejumlah alternatif

solusi yang menarik serta terdapatnya beragam faktor yang harus dipertimbangkan dalam pengambilan keputusan (Darmawan, 2006).

Langkah-langkah yang dipakai dalam teknik pengambilan keputusan untuk menentukan sistem telemetri yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Menetapkan daftar pilihan dari beberapa alternatif medium transmisi dalam sistem telemetri yang akan digunakan dan menetapkan seluruh faktor yang dianggap penting untuk dilakukan penilaian dalam proses pengambilan keputusan. Kemudian menempatkan keduanya dalam sebuah tabel.
2. Menetapkan tingkat kepentingan relatif dari seluruh faktor. Tunjukkan hal tersebut dalam bentuk angka. Angka tersebut akan digunakan untuk mengukur atau menimbang tingkat preferensi dengan tingkat kepentingan dari faktor tersebut dengan angka yang ditetapkan dan bernilai jelas.
3. Beri penilaian setiap faktor yang dipilih, dari 0 (buruk) sampai 3 (sangat baik). Dalam pemberian nilai ini, kita tidak harus menetapkan nilai yang berbeda untuk setiap pilihan. Bila tidak ada nilai yang dianggap baik untuk satu faktor tertentu, maka alternatif pilihan dapat diberi nilai 0.
4. Kemudian kalikan setiap nilai atau skor yang kita berikan dengan nilai kepentingan relatif yang kita tetapkan. Langkah ini memberikan total pengukuran yang benar dalam keputusan yang kita buat.

5. Tambahkan seluruh skor tertimbang pada langkah keempat untuk alternatif pilihan tertentu. Nilai pilihan tertinggi merupakan pilihan solusi yang tepat atas masalah yang kita hadapi.

Beberapa alternatif medium transmisi dalam sistem telemetri yang dipilih menggunakan media gelombang radio HF atau UHF, memakai sambungan langsung telepon biasa (*fixed line*), menggunakan satelit dan menggunakan GSM (*Global System for Mobilecommunication*).

Sedangkan kriteria yang dipertimbangkan yaitu daya jangkau, biaya instalasi, biaya operasional, kecepatan transmisi data, power supply, rentan terhadap atenuasi, kebutuhan jaringan, keamanan data, kebutuhan akan ketersediaan ruang yang besar dan banyaknya peralatan yang digunakan serta pengawasan dan pemeliharaan yang rutin terhadap peralatan telemetri yang digunakan.

### **3.5 Langkah Kegiatan Pengumpulan Data dan Analisis**

Langkah-langkah dalam pengumpulan data pasut dan analisis adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemilihan stasiun pasut yang ada di perairan Selat Malaka yang terdapat di wilayah Indonesia, Malaysia dan Singapura. Data-data pasut yang diperoleh merupakan data yang terdapat didaerah pantai dari ketiga negara (Indonesia, Malaysia, Singapura).

2. Kemudian akan dilakukan perhitungan terhadap konstanta pasut sesuai stasiun pasut yang telah dipilih menggunakan metode admiralty dengan bantuan Microsoft Excel dan ditentukan tipe pasut dengan menggunakan rumus *Formzahl ratio*.
3. Melakukan *plotting* antara tipe pasut hasil perhitungan dengan peta Selat Malaka menggunakan bantuan perangkat lunak Arcview GIS Versi 3,3 agar diketahui sebaran tipe pasut perairan Selat Malaka. Peta Selat Malaka yang digunakan adalah Peta Index hasil *scan* yang telah diregister dan memiliki koordinat dengan bantuan perangkat lunak Global Mapper V 8,03. Dalam proses register ditentukan *Ground Control Point (GCP)* dengan *GCP Projection* menggunakan *Geographic (latitude/longitude)/ WGS84/arc degrees*.
4. Membandingkan sebaran tipe pasut perairan Selat Malaka hasil perhitungan dengan peta sifat pasut menurut Wyrтки (1961), Thabet (1980), Pariwono (1985) dan Mihardja (1987).
5. Melakukan *plotting* antara sebaran tipe pasut perairan Selat Malaka hasil perhitungan dengan peta sifat pasut Pariwono (1985) menggunakan bantuan perangkat lunak Arcview GIS Versi 3,3 agar diketahui perbedaannya. Peta sifat pasut Pariwono (1985) yang digunakan pada proses *plotting* adalah hasil *scan* yang telah diregister dan memiliki koordinat dengan bantuan perangkat lunak Global Mapper V 8,03. Dalam proses register ditentukan *Ground Control Point (GCP)* dengan *GCP Projection* menggunakan *Geographic*

(*latitude/longitude*)/ WGS84/*arc degrees*. Kemudian dilakukan pemodifikasian terhadap garis pasut berdasarkan hasil *plotting* tersebut.

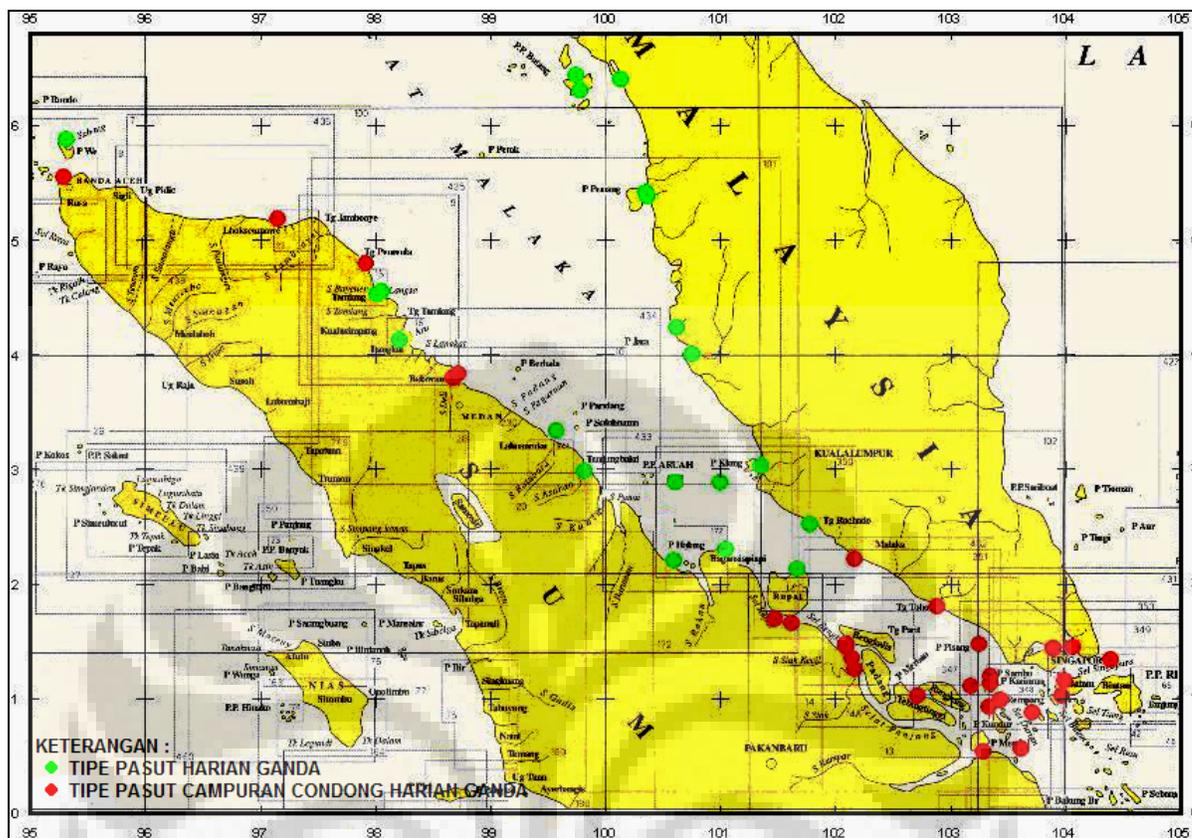
6. Melakukan prediksi terhadap data pasut masing-masing stasiun studi dan kemudian membandingkan gelombang pasut untuk lokasi yang berdekatan dengan tipe pasut yang sama sehingga dapat diketahui perbedaan perambatan gelombang pasutnya.
7. Menentukan tempat atau lokasi stasiun pasut representatif untuk pemasangan *automatic tide gauge* sesuai dengan tipe pasut perairan dan distribusi sebarannya sepanjang TSS.
8. Menentukan faktor-faktor yang akan dinilai didalam studi lapangan. Faktor yang akan dinilai yaitu faktor oseanografi dan faktor teknis/pendukung untuk menentukan lokasi stasiun pasut ideal yang akan dipasang *automatic tide gauge*.
9. Menentukan lokasi stasiun pasut yang ideal, baik itu dari faktor oseanografi maupun faktor teknis atau pendukung.
10. Menentukan metoda transmisi data pada sistem telemetri yang akan digunakan untuk pengiriman data pasut secara *real time* dari stasiun pengamat ke stasiun pusat di Batam dengan mempertimbangkan hasil penilaian lapangan pada stasiun pasut ideal yang telah ditetapkan.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Data Pasang Surut

Analisis terhadap data-data pasut dilakukan dengan cara menghitung nilai-nilai konstanta harmonik pasut menggunakan metode Admiralty dan kemudian ditentukan tipe pasut dari lokasi pengamatan disepanjang pantai perairan Selat Malaka (Lampiran 1). Agar terlihat dengan jelas sebaran tipe pasutnya, maka dilakukan *plotting* kedalam peta Selat Malaka dengan bantuan komputer menggunakan perangkat lunak Arcview GIS versi 3,3 dan ArcGIS 9, hasilnya terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Sebaran tipe pasut di Selat Malaka

Dari Gambar 8 menunjukkan bahwa terdapat dua tipe pasut yang mendominasi perairan Selat Malaka. Tipe pasut harian ganda mendominasi Selat Malaka bagian Utara dan tipe pasut campuran condong harian ganda mendominasi Selat Malaka bagian Selatan.

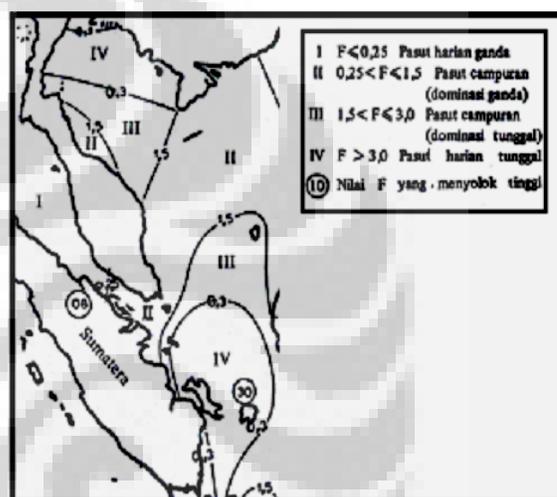
Pengamatan pasut dilakukan dipinggir pantai dengan menggunakan *automatic tide gauge*. Tipe pasut yang diamati ditepi pantai umumnya hanya valid untuk kawasan dengan radius tertentu dari titik pengamatan. Diluar kawasan tersebut (dilepas pantai), tipe pasut biasanya ditentukan secara tidak langsung, yaitu dengan melakukan prediksi pasut dan dengan menggunakan

peta pasut (*cotidal chart*). Oleh karena itu didalam menentukan lokasi stasiun pasut yang akan dipilih digunakan peta pasut.

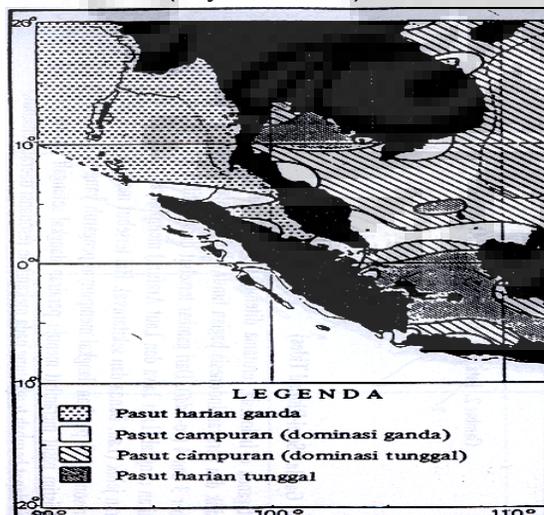
Menurut Ongkosongo (1989), untuk perairan Indonesia telah dihasilkan sekurang-kurangnya empat peta pasut, antara lain termuat dalam Wyrcki (1961), Thabet (1980), Pariwono (1985) dan Mihardja (1987). Berikut ini adalah gambar keempat peta pasut Selat Malaka.



Gambar 9. Peta pasut Selat Malaka (Wyrcki, 1961)



Gambar 10. Peta pasut Selat Malaka (Thabet, 1980)

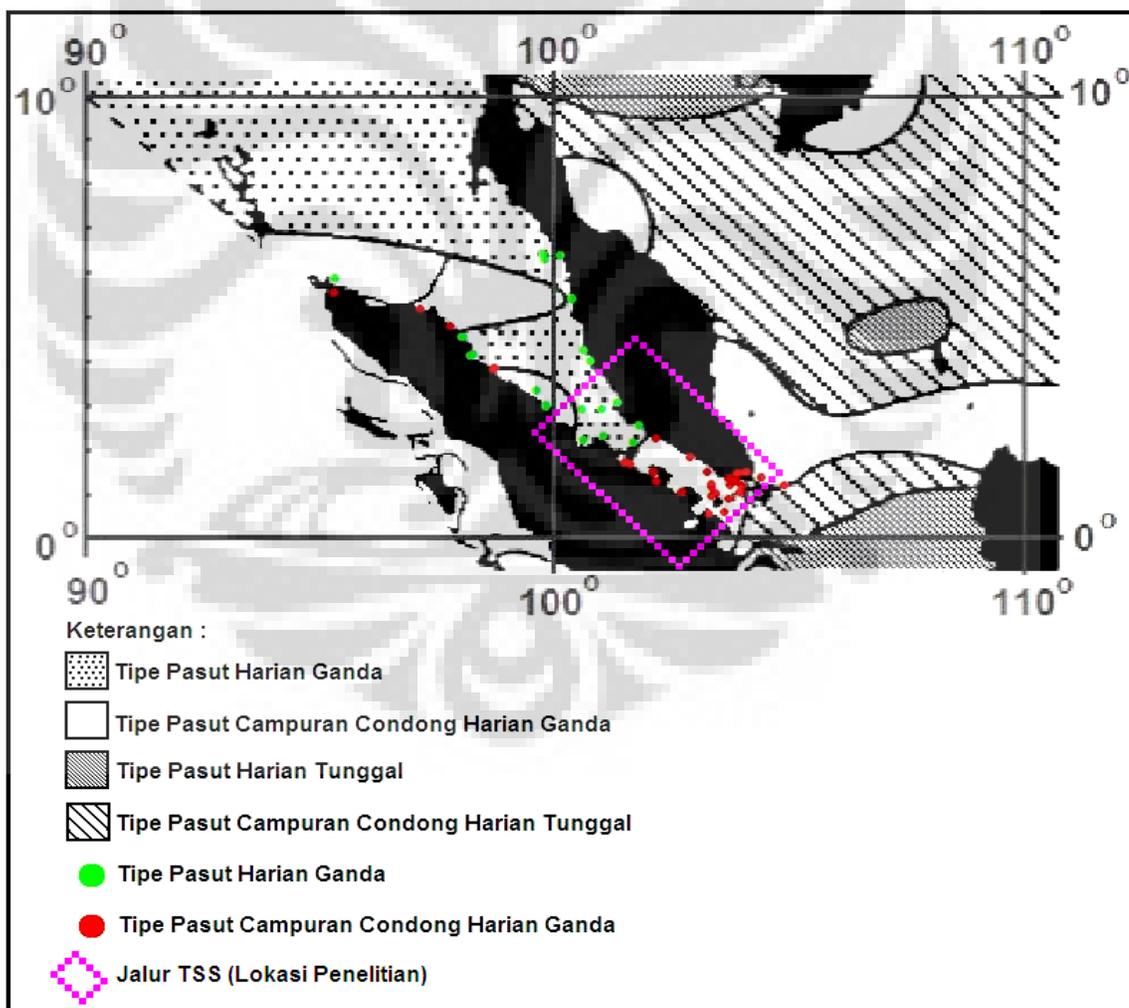


Gambar 11. Peta pasut Selat Malaka (Pariwono, 1985)



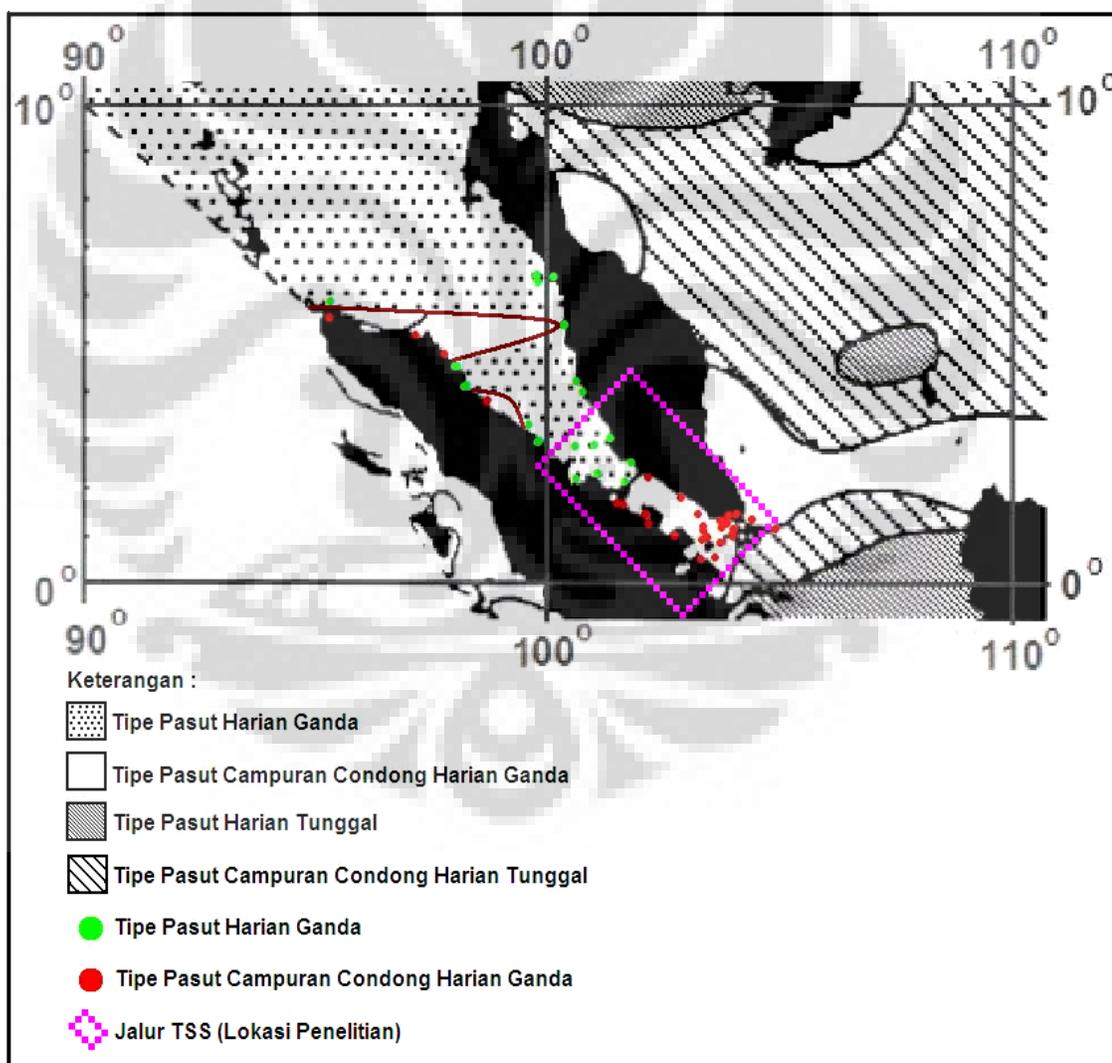
Gambar 12. Peta pasut Selat Malaka (Mihardja, 1987)

Hasil perbandingan tipe pasut di daerah pantai dari keempat peta tersebut dengan hasil penelitian (Gambar 8) menunjukkan adanya perbedaan pada sektor pantai dan perairan tertentu, meskipun pada umumnya menunjukkan pola yang relatif hampir sama yaitu terdapat dua tipe pasut yang mendominasi Selat Malaka. Dan hasil perbandingan tipe pasut di daerah pantai menurut Pariwono yang lebih mendekati hasil penelitian (Gambar 8). Untuk mengetahui garis-garis pasutnya, kemudian dilakukan *plotting* kedalam peta pasut Pariwono dan hasilnya terlihat seperti Gambar 13.



Gambar 13. *Plotting* peta pasut Pariwono(1985) dengan sebaran tipe pasut

Adanya perbedaan tipe pasut pada sektor pantai dan perairan tertentu (Sabang, Belawan Deli, Belawan, Tanjung Tiram, Tanjung Balai Asahan dan Pulau Jemur) terutama disekitar jalur masuk TSS (Tanjung Balai Asahan dan Pulau Jemur), maka diperlukan pemodifikasian terhadap garis pasut menurut Pariwono (1985) sehingga dalam melakukan pemilihan lokasi stasiun pasut yang representatif sesuai dengan tipe pasut perairannya. Berikut ini adalah gambar peta pasut hasil modifikasi dari peta pasut menurut Pariwono (1985).



Gambar 14. Peta sifat pasut Pariwono (1985) yang dimodifikasi berdasarkan sebaran tipe pasut hasil perhitungan

Peta pasut modifikasi (Gambar 14) digunakan untuk menentukan lokasi stasiun pasut sesuai dengan tipe pasutnya untuk pemasangan *automatic tide gauge*. Dan berdasarkan Gambar 14 tersebut, dipilihlah enam lokasi yang representatif disepanjang TSS (mulai dari *One Fathom Bank* hingga *Horsburgh Lighthouse*) dengan mempertimbangkan tipe pasut perairan dan distribusi sebaran lokasinya. Perairan yang mewakili tipe pasut harian ganda yaitu Pulau Jemur, Tanjung Sinaboi, Tanjung Medang dan perairan yang mewakili tipe pasut campuran condong harian ganda yaitu Bengkalis, Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sangkuang.

Dalam hal ini perambatan gelombang penting diketahui karena informasi pasut akan diakses oleh pengguna secara *real time*. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap perambatan gelombang pasut untuk mengetahui arah rambat gelombang pasutnya.

Prediksi pasut dilakukan terlebih dahulu karena konstanta harmonik yang diperoleh berasal dari tahun yang berbeda. Prediksi pasut dilakukan dengan menggunakan konstanta harmonik dari masing-masing stasiun pasut menggunakan bantuan komputer dengan perangkat lunak Qbasic. Prediksi pasut dilakukan pada bulan Juli 2008 pada masing-masing stasiun selama satu bulan dengan menggunakan konstanta harmonik yang telah diketahui. Untuk mengetahui perambatan gelombang pasutnya, maka dilakukan perbandingan gelombang pasut hasil prediksi selama tiga hari pada lokasi yang berdekatan dengan tipe pasut yang sama seperti yang terdapat pada Lampiran 2. Dari

Lampiran 2 tersebut terlihat bahwa gelombang merambat dari Utara menuju ke Selatan perairan Selat Malaka.

#### **4.2 Analisis Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Lokasi Pemasangan *Automatic Tide Gauge***

Dari hasil analisis data pasut, ditentukan enam lokasi stasiun pasut yang representatif yang akan dipilih untuk direkomendasikan berdasarkan dua tipe pasut yang terdapat di Selat Malaka yaitu Pasut harian ganda dan Pasut campuran condong harian ganda.

Dalam pengambilan keputusan untuk menentukan lokasi stasiun pengamat pasut untuk pemasangan *automatic tide gauge*, digunakan metode pemeringkat faktor. Faktor yang diperingkat yaitu faktor oseanografis dan faktor teknis atau pendukung. Dari masing-masing faktor ditentukan syarat-syarat yang harus dipenuhi suatu lokasi untuk pendirian stasiun pasut (Tabel 4 dan 5) yang kemudian dilakukan penilaian berdasarkan studi lapangan.

Faktor oseanografis memiliki tingkat kepentingan yang lebih tinggi dibandingkan dengan faktor teknis atau pendukung, sehingga ditentukan nilai perimbangan atas faktor oseanografis sebesar 70% dan faktor teknis atau pendukung sebesar 30%. Untuk setiap faktor, baik itu faktor oseanografis maupun faktor teknis atau pendukung, dilakukan penilaian yang lebih spesifik

(Lampiran 3) terhadap enam lokasi stasiun pasut yang telah ditentukan berdasarkan tipe pasutnya.

Lokasi stasiun pengamat pasut direncanakan sepanjang jalur *Traffic Separation Scheme* mulai dari *One fathom Bank* (Selat Malaka) sampai dengan *Horsburgh Lighthouse* (Selat Singapura) yang mewakili dua karakter tipe pasut yaitu tipe pasut harian ganda dan tipe pasut campuran condong harian ganda.

Hasil penilaian lokasi berdasarkan skor dalam skala Linkert yang ditinjau dari faktor oseanografis dan faktor teknis atau pendukung, terdiri dari beberapa indikator parameter yang disusun dalam suatu tabel seperti terlihat pada Lampiran 3. Berdasarkan metode pemeringkat faktor (*The Factor-Rating Method*), ditentukan nilai perimbangan untuk setiap faktor dalam persentase, dalam hal ini faktor oseanografis dan faktor teknis atau pendukung. Hasil dari penilaian skor beberapa parameter tersebut kemudian akan dipilih nilai yang tertinggi sebagai prioritas dalam pemilihan lokasi stasiun pengamat pasut.

Hasil perhitungan skor nilai pada lokasi yang disurvei terdapat pada tabel berikut ini.

Tabel 6. Faktor, perimbangan, skor dan solusi untuk lokasi yang mewakili tipe pasut harian ganda

No.	Lokasi	Nilai Skor Faktor Oseanografi	Nilai Skor Faktor Teknis / Pendukung	Skor Tertimbang (%)	Urutan Prioritas
		Bobot 70%	Bobot 30%		
1.	Pulau Jemur	30	20	27	1
2.	Tg. Sinaboi	21	26	22,5	3
3.	Tg. Medang	24	26	24,6	2

Tabel 7. Faktor, perimbangan, skor dan solusi untuk lokasi yang mewakili tipe pasut campuran condong harian ganda

No.	Lokasi	Nilai Skor Faktor Oseanografi	Nilai Skor Faktor Teknis / Pendukung	Skor Tertimbang (%)	Urutan Prioritas
		Bobot 70%	Bobot 30%		
1.	Bengkalis	24	28	25,2	3
2.	Tg. Balai Karimun	29	27	20,3	1
3.	Tg. Sengkuang	25	26	25,3	2

Berdasarkan atas faktor pemeringkat yang terdapat pada tabel 6 dan 7, maka sebaiknya dipilih empat lokasi stasiun pengamat pasut. Dua lokasi stasiun pengamat untuk masing-masing tipe pasut dengan nilai skor tertinggi. Lokasi stasiun pengamat yang mewakili perairan dengan tipe pasut harian ganda yaitu Pulau Jemur dan Tanjung Medang dan lokasi stasiun stasiun pengamat yang mewakili perairan dengan tipe pasut campuran condong harian ganda yaitu Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang.

#### 4.3 Analisis Pengambilan Keputusan untuk Menentukan Sistem Telemetri Yang Digunakan

Dengan berkembangnya teknologi komunikasi dan informasi, pengiriman data maupun informasi kelautan dalam sistem telemetri guna menunjang keselamatan pelayaran dan pemantauan lingkungan secara *real time* atau *near real time* menjadi sangat mudah dilakukan. Begitu juga sistem komunikasi

antar stasiun pengamatan dan stasiun pusat pada proyek MEH. Pada proyek MEH kita asumsikan bahwa komunikasi antar stasiun pusat di Batam ke Kapal yang berlayar di Selat Malaka mempunyai perangkat lunak dan perangkat keras yang sama, karena kapal-kapal tersebut bukan kapal-kapal kecil namun kapal-kapal yang bertonase besar dan mempunyai draft yang dalam serta dilengkapi dengan peralatan yang modern termasuk dalam sistem telekomunikasi yang harus ada di kapal misalnya salah satunya harus tersedianya website. Sistem komunikasi yang harus dibangun adalah sistem komunikasi pengiriman data dari stasiun pengamat di lapangan yang meliputi stasiun pasut ke stasiun pusat di Batam.

Minimal ada empat medium transmisi data untuk pengiriman data pasut dari stasiun pengamat di lapangan ke stasiun pusat di Batam secara *real time*, yaitu dengan menggunakan gelombang radio HF atau UHF, memakai sambungan langsung telepon biasa, satelit dan GSM. Keempat medium transmisi tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing baik dari segi teknis maupun efisiensinya. Seperti misalnya menggunakan gelombang radio HF (*high frequency*) atau UHF (*ultra high frequency*) disatu sisi sangat murah namun disisi lain sering terjadi *noise* atau gangguan dari gelombang radio lainnya. Memakai sambungan langsung telepon biasa juga mempunyai kelemahan, apalagi di daerah pulau terpencil sudah pasti tidak ada jaringannya. Teknologi yang modern dan mudah adalah dengan satelit, namun perangkat keras dan perangkat lunak serta biaya operasionalnya cukup mahal.

Dari empat alternatif medium transmisi data yang telah diuraikan, akan dilakukan analisis terhadap kelebihan dan kekurangan guna untuk menentukan metoda pengiriman data yang dianggap paling sesuai sehingga dapat mengoptimalkan kinerja sistem. Dalam hal ini, terdapat 10 faktor yang dipertimbangkan untuk dapat mencapai sistem telemetri yang optimal yaitu daya jangkauan, biaya instalasi, biaya operasional, kecepatan transmisi data, *power supply*, rentan terhadap atenuasi, kebutuhan jaringan, keamanan data, kebutuhan akan ketersediaan ruang yang besar dan banyaknya peralatan yang digunakan serta pengawasan dan pemeliharaan yang rutin terhadap peralatan telemetri yang digunakan. Dari keempat alternatif medium transmisi dan faktor pertimbangan yang telah ditetapkan, dilakukan penilaian dengan menggunakan metode *grid analysis* seperti yang terdapat didalam tabel berikut ini.

Tabel 8. Grid Analysis Awal

Faktor yang dipertimbangkan \ Medium Transmisi Data	Nilai	Gelombang Radio HF/UHF	Sambungan Langsung Telepon Biasa	Satelit	GSM
Daya Jangkauan	5	2	1	3	2
Biaya instalasi	3	1	1	0	2
Biaya Operasional	4	3	2	0	2
Kecepatan transmisi data	5	2	1	3	2
Atenuasi	5	1	2	3	3
<i>Power supply</i>	5	1	1	3	3
ketersediaan ruang dan peralatan	4	2	3	3	3
Memerlukan jaringan (sinyal)	2	3	0	3	2
Pengawasan dan pemeliharaan	2	1	3	3	3
<i>Keamanan data</i>	5	2	2	1	3

Keterangan : 0 : buruk    1: kurang    2: baik    3: sangat baik

Tabel 9. Total Nilai Pilihan Medium Transmisi dalam Sistem Telemetri

Medium Transmisi Data	Nilai	Gelombang Radio HF/UHF	Sambungan Langsung Telepon Biasa	Satelit	GSM
Faktor yang dipertimbangkan					
Daya Jangkauan	5	10	5	15	10
Biaya instalasi	3	3	3	0	6
Biaya Operasional	4	12	8	0	8
Kecepatan transmisi data	5	10	5	15	10
Atenuasi	5	5	10	15	15
<i>Power supply</i>	5	5	5	15	15
ketersediaan ruang dan peralatan	4	8	12	12	12
Memerlukan jaringan (sinyal)	2	6	0	6	4
Pengawasan dan pemeliharaan	2	2	6	6	6
Keamanan data	5	10	10	5	10
<i>Total</i>		<i>71</i>	<i>64</i>	<i>89</i>	<i>96</i>

Keterangan : 0 : buruk    1: kurang    2: baik    3: sangat baik

Dari hasil penilaian yang terdapat pada tabel 10, terlihat bahwa metode pengiriman data menggunakan GSM dan satelit yang merupakan metoda pengiriman yang dinilai paling baik diantara keempat metoda pengiriman data. Berikut ini adalah uraian dari kelebihan dan Kekurangan masing-masing media pengiriman data dengan teknologi berbasis satelit dan GSM dengan asumsi bahwa pada semua stasiun pasut sudah dilengkapi dengan *automatic tide gauge* dan *data logger*.

Tabel 10. Kelebihan dan kekurangan pengiriman data melalui satelit dan GSM

Medium Transmisi	Kelebihan	Kekurangan
Satelit 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kemampuan salur atau daya transmitter sangat besar.</li> <li>• Mutu hubungan dapat diandalkan, tidak terpengaruh cuaca.</li> <li>• Dapat mencakup seluruh wilayah terpencil.</li> <li>• Tidak perlu <i>power supply</i> yang besar.</li> <li>• Komunikasi satu arah (<i>point to point</i>).</li> <li>• Kompleksitas rendah dan daya yang digunakan rendah.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya instalasi dan operasional sangat mahal.</li> <li>• Percakapan kadang kurang jelas, ada echo (gema).</li> <li>• Bila rusak (diangkasa) susah diperbaiki.</li> <li>• Antena transmitter tinggi pada pada <i>fixed BS</i> (<i>Base Stasion</i>).</li> </ul>
GSM 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biaya pemeliharaan relatif murah.</li> <li>• Tidak perlu <i>power supply</i> yang besar.</li> <li>• Biaya langganan telepon relatif murah.</li> <li>• Jangkauan luas.</li> <li>• Pemasangan di pulau-pulau terpencil dapat dilakukan atau dimana saja bisa.</li> <li>• Tidak membutuhkan ruang.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membutuhkan biaya langganan.</li> <li>• Diperlukan <i>repeater</i> dengan jarak antar repeater tidak boleh lebih dari 50 km untuk mendapatkan sinyal yang kuat.</li> <li>• Untuk lokasi tertentu yang memiliki tingkat kepadatan komunikasi cukup tinggi diperlukan <i>repeater</i> lebih banyak lagi.</li> </ul>

Sumber : (Wibisono, 2008), <http://onno.vlsm.org>.,  
<http://satjournal.tcom.ohiou.edu>.

Walaupun masih memungkinkan untuk menerapkan teknologi GSM dalam melakukan pengiriman data pasut *real time*. Tetapi ketika harus menyambungkan dua buah pulau atau lebih yang jaraknya lebih dari 50 km, maka mau tidak mau sistem GSM harus meminta bantuan satelit.

Salah satu provider swasta di Indonesia memiliki jaringan kabel laut serat optik, terestrial serat optik, microwave, wireless maupun satelit yang paling lengkap dan mampu menghubungkan sistem komunikasi sebuah perusahaan didalam negeri dan luar negeri secara *online*. Untuk jaringan satelit, menyediakan layanan sewa transpoder sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan pelanggan. Untuk jaringan *wireless* menggunakan jaringan seluler GSM untuk menghubungkan layanan dengan berbasis teknologi tersebut.

Dilihat dari sarana komunikasi yang tersedia di Pulau Jemur, metode pengiriman menggunakan komunikasi radio dan teknologi berbasis satelit yang paling memungkinkan untuk diterapkan. Untuk lokasi Tanjung medang dapat diterapkan metode pengiriman menggunakan teknologi berbasis satelit dan teknologi GSM. Sedangkan untuk lokasi Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang dapat diterapkan keempat metode pengiriman data tersebut.

Dari uraian tersebut di atas maka dapat ditetapkan bahwa metode pengiriman data pasut yang paling memungkinkan untuk diterapkan pada proyek MEH adalah menggunakan teknologi berbasis satelit guna melakukan pengiriman data pasut dari stasiun pengamat ke pusat pengolah data di Batam secara cepat, tepat dan akurat.

#### 4.4 Konsep Sistem Komunikasi Data *Real Time*

Dalam aplikasi data pasut untuk penentuan kedalaman aktual ini, akan dilakukan komunikasi data pasut dengan melakukan pengiriman data pasut dari stasiun pengamat pasut ke data center di Batam dan pengiriman data pasut dari data center di Batam ke Pengguna di Kapal sehingga membentuk suatu jaringan komunikasi data dengan menggunakan sistem *real time*. Pada aplikasi dari sistem ini diasumsikan bahwa perangkat lunak yang akan digunakan sudah dalam keadaan siap pakai dan perangkat keras dalam kondisi yang baik untuk mendukung aplikasi sistem.

##### 4.4.1 Konsep Pengiriman Data Pasut dari Stasiun Pengamat Pasut ke Data Center di Batam

Dalam mendukung aplikasi MEH dimanfaatkan sebuah sistem pengukuran yang mampu mengukur besaran-besaran fisis yaitu data fluktuasi pasut, memantau dan mengontrol sebuah sistem dari jarak jauh. Tujuan dikembangkannya sistem pengukuran jarak jauh (sistem telemetri) yaitu agar sistem pengukuran lebih *portable*, murah dan nyaman. Sehingga dengan adanya sistem ini, dapat memantau suatu objek pengukuran walaupun terletak disebuah tempat yang terpencil. Sistem yang dibangun terdiri dari stasiun pasut

yang merupakan stasiun ukur untuk mengukur dan sebuah data center di Batam yang merupakan stasiun kontrol untuk mengatur kinerja dari sistem.

Dengan cara menempatkan sejumlah peralatan di stasiun pasut pada lokasi terpilih (Pulau Jemur, Tanjung Medang, Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang) dan peralatan pengumpul serta pengolah data di stasiun pusat Batam, sistem ini mampu mengumpulkan data kelautan secara otomatis, terpadu, simultan, berkesinambungan dan menyeluruh dalam periode waktu pengamatan yang lama (orde tahunan). Dari lokasi stasiun pasut terpilih, sinyal dikirimkan ke salah satu stasiun relay terdekat dan selanjutnya diteruskan ke stasiun pengolah data di Batam, dengan memanfaatkan jaringan komunikasi telepon seluler (GSM) atau satelit milik swasta ataupun pemerintah yang telah lengkap infrastrukturnya. Proses pengiriman (*download* data) dapat dilakukan melalui dua cara yaitu secara aktif dan pasif. *Download* data secara aktif yaitu pengiriman data oleh data *logger* di stasiun pasut ke stasiun pusat secara otomatis. Sedangkan *download* data secara pasif dilakukan dengan cara melakukan panggilan ke nomor stasiun pasut dari stasiun pusat di Batam, kemudian data *logger* akan memberikan respon dengan mengirimkan data pasut tersebut.

#### **4.4.2 Konsep Pengiriman Data Pasut dari Data Center di Batam ke Pengguna di Kapal**

Data center di Batam merupakan pusat monitoring dan kontrol dari sistem MEH, berfungsi sebagai pengumpul dan pengolah data pasut dari seluruh stasiun pengamat pasut.

Konsep sistem MEH menggunakan sistem terpusat yang berarti proses pengendalian dan penyimpanan data dari stasiun pemantau yang tersebar pada beberapa lokasi dapat dilakukan melalui satu stasiun pusat. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah proses perolehan data ataupun pengecekan lokasi tanpa perlu mengunjungi lokasi pemantau sehingga respon yang diinginkan dapat dilakukan dengan segera.

Data pasut yang telah diproses akan dikirim kepada para pengguna di Kapal dan secara otomatis data pasut tersebut akan mengoreksi data kedalaman sehingga para pengguna sistem dapat menerima informasi kedalaman aktual suatu perairan yang akan dilewati.

#### **4.4.3 Aplikasi Sistem Penentuan Kedalaman Aktual di Kapal**

Pengguna merupakan kapal-kapal yang menggunakan sistem MEH. Kapal-kapal dapat mengakses berbagai macam informasi yang dibutuhkan

mengenai selat secara *real time*. Informasi yang diperlukan oleh kapal-kapal dikirim dari stasiun pusat di Batam.

Data-data yang telah diolah di stasiun pusat akan didistribusikan kepada para pengguna atau kapal-kapal yang membutuhkan informasi mengenai selat. Agar sistem MEH dapat berjalan dengan baik, maka kapal-kapal yang mengakses informasi akan dilengkapi dengan ECDIS. Sebuah kapal dianggap tidak layak berlayar bila tidak dilengkapi peta-peta navigasi *up to date* yang diperlukan untuk pelayaran. Peta navigasi *up to date* adalah peta navigasi yang selalu diperbaharui, sesuai dengan ketentuan teknis dan aturan yang berlaku.

#### **4.3.3.a Konsep Sistem ENC dan ECDIS**

*Electronic Navigation Chart* (ENC) adalah peta laut elektronik yang merupakan data dasar bagi sistem tampilan yang disebut *Electronic Chart Display and Information System* (ECDIS). Pada prinsipnya memadukan sistem penentuan posisi elektronik *real time* seperti *Global Positioning System* (GPS) dengan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan alat bantu navigasi lain (radar, *gyrocompas*, *echosounder* dan *speed log*) sehingga mampu menampilkan posisi *real time* kapal secara terus menerus bersamaan dengan tampilan penampakan darat dan laut sebagai sarana bantu navigasi dan bahaya pelayaran didalam satu tampilan layar. Selain itu sistem ini dapat diprogramkan untuk memberikan peringatan akan adanya bahaya pelayaran seperti

kedangkalan, bahaya kerangka kapal dan bahaya tabrakan. ENC yang saat ini sedang dikembangkan oleh Jawatan Hidro Oseanografi TNI-AL adalah merupakan peta laut dalam bentuk digital dengan ketentuan-ketentuan, struktur dan format data untuk memudahkan penggunaan secara universal yang diatur dalam *Special Publication no. 57* versi 3,0 (S-57 versi 3,0) yang dikeluarkan oleh IHO.

ECDIS merupakan sistem tampilan ENC yang pada dasarnya memadukan sistem penentu posisi elektronik *real time* dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan alat bantu navigasi sehingga ECDIS mampu menampilkan posisi *real time* kapal secara terus menerus bersamaan dengan kenampakan darat dan laut dalam satu layar tampilan. Selain itu, sistem ini dapat diprogramkan untuk memberikan peringatan akan adanya bahaya pelayaran seperti kedangkalan, kerangka kapal, bahaya tabrakan dan adanya penyimpangan haluan. Dengan sistem navigasi yang terpadu serta kemampuan yang dimiliki, ECDIS merupakan sistem navigasi yang mampu memberikan informasi yang akurat, jelas, cepat dalam keadaan visibilitas dan cuaca yang buruk. Sehingga dengan konsep ECDIS ini keamanan dan keselamatan pelayaran serta perlindungan terhadap lingkungan dapat lebih terjamin. Konsep ENC dan ECDIS menunjukkan adanya perubahan yang mendasar dalam hal pendistribusian informasi navigasi kepada para pengguna sistem.

ENC lebih bersifat informatif dan interaktif apabila dibandingkan dengan peta laut konvensional. Hal itu disebabkan karena penggunaan media yang

berbeda. Peta laut ditampilkan dengan menggunakan media kertas sedangkan ENC ditampilkan dalam layar komputer. Sehingga informasi yang diberikan oleh satu objek yang ditampilkan dalam ENC lebih banyak. Tetapi baik itu peta laut konvensional maupun peta laut elektronik memuat informasi kedalaman yang dinyatakan berdasarkan kedalaman dari muka surutan. Dengan menggunakan data fluktuasi pasut, kedalaman aktual suatu perairan pada saat tertentu dapat diketahui sehingga sangat berguna untuk kapal-kapal berdraft besar seperti super tanker khususnya untuk melalui alur pelayaran yang relatif sempit dan dangkal.

Agar tampilan didalam ECDIS dapat memberikan informasi kedalaman aktual yang selalu *up to date* maka perlu dilakukan koreksi terhadap data kedalaman didalam ENC. Koreksi terhadap kedalaman akan merubah kontur dan angka kedalaman dalam ENC.

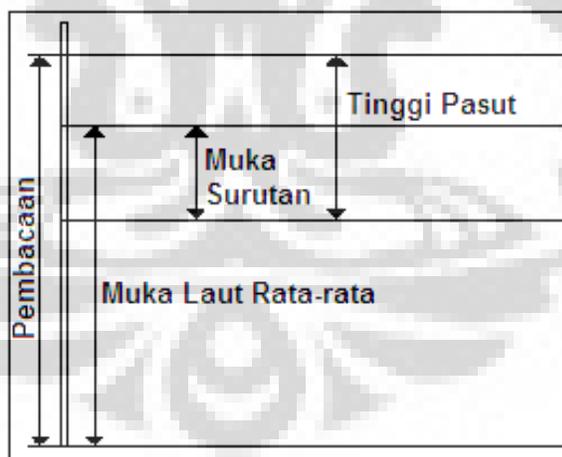
#### **4.3.3.b Konsep Koreksi Data Pasut *Real Time* dalam Penentuan Kedalaman Aktual pada Sistem ENC dan ECDIS**

Kedalaman laut yang terdapat pada peta laut konvensional maupun ENC yang dikeluarkan oleh Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL dinyatakan berdasarkan kedalaman dari muka surutan. Penggunaan muka surutan pada peta laut merupakan jarak dari muka laut rata-rata ke muka surutan. Oleh karena itu, terdapat perbedaan kedalaman antara kedalaman yang terdapat

didalam peta laut dengan kedalaman yang sebenarnya karena adanya pengaruh pasang surut.

Informasi kedalaman laut yang ditampilkan didalam ENC bersifat statis. Oleh karena itu diperlukan koreksi terhadap data kedalaman agar informasi kedalaman aktual yang terbaharui (*up to date*) dapat selalu diterima oleh para pelaut dalam tampilan ECDIS. Koreksi terhadap data kedalaman akan merubah kontur kedalaman didalam ENC sesuai dengan fungsi elevasi.

Untuk mengetahui kedalaman aktual suatu perairan yaitu dengan menambahkan kedalaman perairan didalam peta dengan tinggi pasut pada saat pembacaan (data pasut *real time*). Tinggi pasut diperoleh dengan menjumlahkan muka suruta dengan tinggi pasut pada saat pembacaan dikurangi dengan muka laut rata-rata.



Gambar 15. Koreksi kedalaman aktual

Setelah data pasut *real time* dikirim ke pengguna dikapal, secara otomatis sistem mengkoreksi data kedalaman sehingga akan merubah tampilan

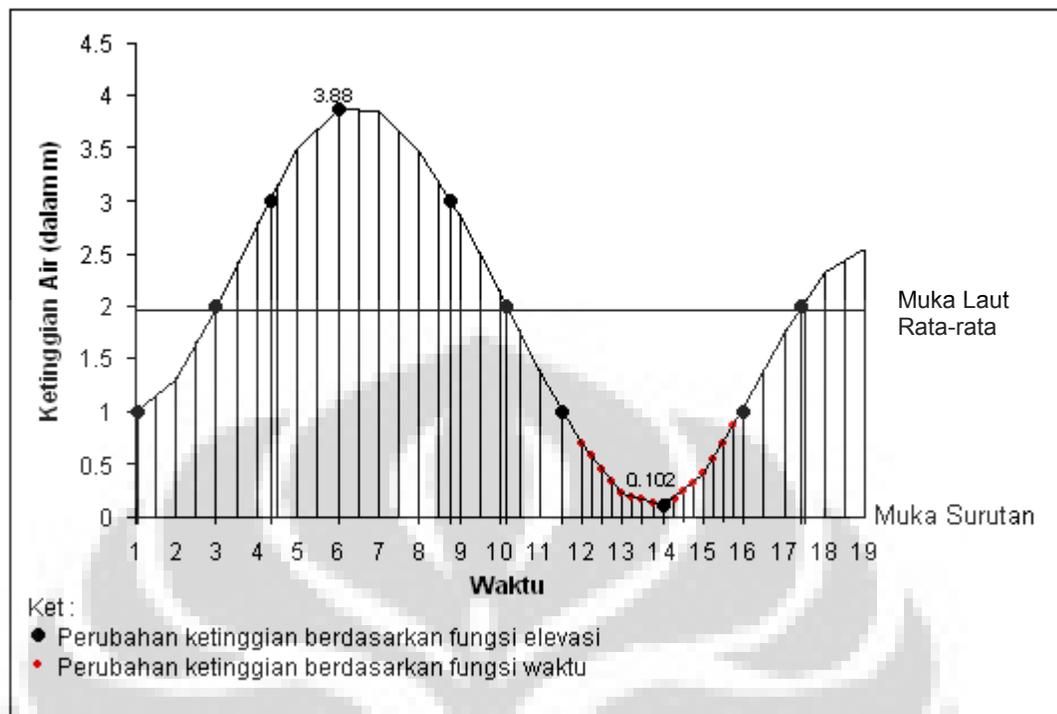
baik itu angka kedalaman didalam ENC maupun konturnya. Angka kedalaman dan kontur yang berubah pada ENC.

#### 4.4 Analisis Pengaturan Data Pasang Surut

Data-data pasut hasil pengamatan dikompilasi di Data Center Batam dari stasiun pengamat pasut yang terdapat diwilayah Indonesia (rekomendasi empat lokasi stasiun pasut terpilih), Malaysia dan Singapura yang membentuk suatu jaringan pengamat pasut yang akan diimplementasikan dalam mendukung sistem MEH. Kemudian dilakukan pemroses data pasut seperti prediksi pasut dengan menggunakan perangkat lunak prediksi. Data-data pasut yang telah diproses, baik itu data pasut hasil pengamatan maupun data pasut hasil prediksi akan digunakan untuk proses koreksi kedalaman dalam menentukan kedalaman aktual. Hasil koreksi data kedalaman akan dikirim kepada para pengguna di kapal sehingga informasi kedalaman dapat diterima oleh para pengguna secara *real time* atau *near real time*.

Dengan kondisi perairan Selat Malaka yang memiliki tipe perairan yang kompleks (segi morfologi, batimetri serta pasutnya) serta padatnya alur pelayaran terutama untuk kapal yang berdraft besar (kurang lebih sekitar 20 meter) serta untuk tujuan keselamatan navigasi dan perlindungan terhadap lingkungan laut maka dalam implementasi sistem penentuan kedalaman aktual, sebaiknya dilakukan pengaturan terhadap pengiriman data pasut untuk koreksi

kedalaman dalam SENC di kapal. Pengaturan pengiriman data hasil koreksi kepada para pengguna di kapal dapat dilakukan secara berkala sesuai dengan fungsi waktu dan fungsi elevasi ataupun sesuai permintaan pengguna sistem. Pengaturan pengiriman data hasil koreksi kedalaman berdasarkan fungsi waktu dilakukan setiap ada perubahan waktu dalam interval tertentu, seperti data dikirim setiap jam, setiap 30 menit atau 15 menit. Sedangkan pengaturan pengiriman data hasil koreksi kedalaman berdasarkan fungsi elevasi dilakukan setiap ada perubahan ketinggian dalam interval tertentu, seperti data dikirim setiap ada perubahan kedalaman 1 m, 2 m atau 3 m. Pengiriman data pasut untuk koreksi kedalaman berdasarkan fungsi waktu dan elevasi dilakukan dengan melakukan pengaturan pengiriman data pasut ke kapal berdasarkan perubahan elevasi pada interval tertentu (0,5 m, 1 m, 2 m) pada waktu pasang. Sedangkan pada waktu surut, pengiriman data pasut dilakukan dengan mengkombinasikan antara fungsi waktu dan elevasi (setiap 15 menit sekali dan setiap ada perubahan elevasi sebesar 0,25 m). Hal ini dimaksudkan agar informasi yang bersifat kritis pada saat air surut tersurut dapat ditampilkan. Berikut ini adalah gambar mengenai pengaturan pengiriman data yang mengkombinasikan antara fungsi waktu dan fungsi elevasi untuk koreksi kedalaman di kapal pada satu siklus pasut.

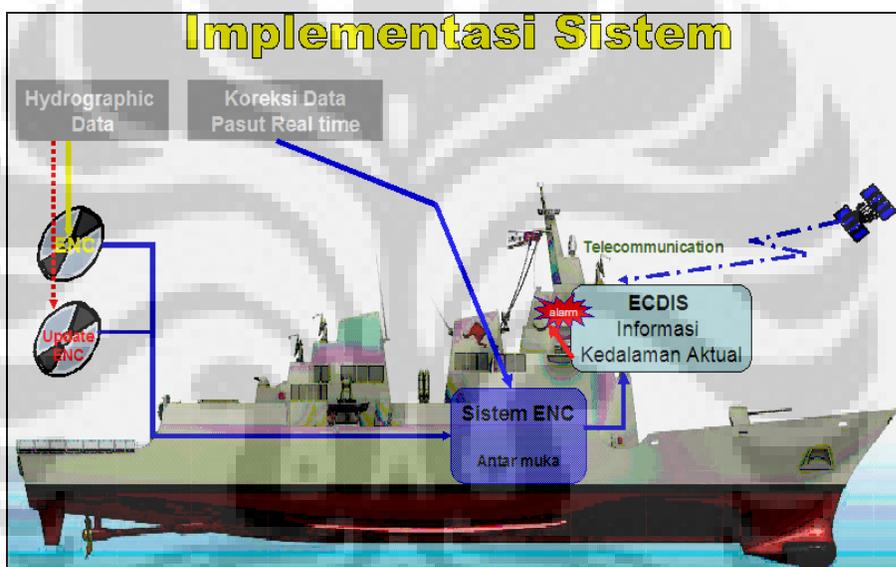


Gambar 16. Pengaturan data hasil koreksi kedalaman

Selain cara pengaturan pengiriman data pasut untuk koreksi kedalaman tersebut, para pengguna juga dapat mengakses data pasut untuk koreksi kedalaman dalam SENC di kapal setiap saat pada saat dibutuhkan. Beberapa cara pengaturan pengiriman yang dilakukan terhadap data pasut *real time* dimaksudkan sebagai bentuk pelayanan terhadap para pengguna sistem sehingga keselamatan navigasi dan perlindungan terhadap lingkungan dapat ditingkatkan.

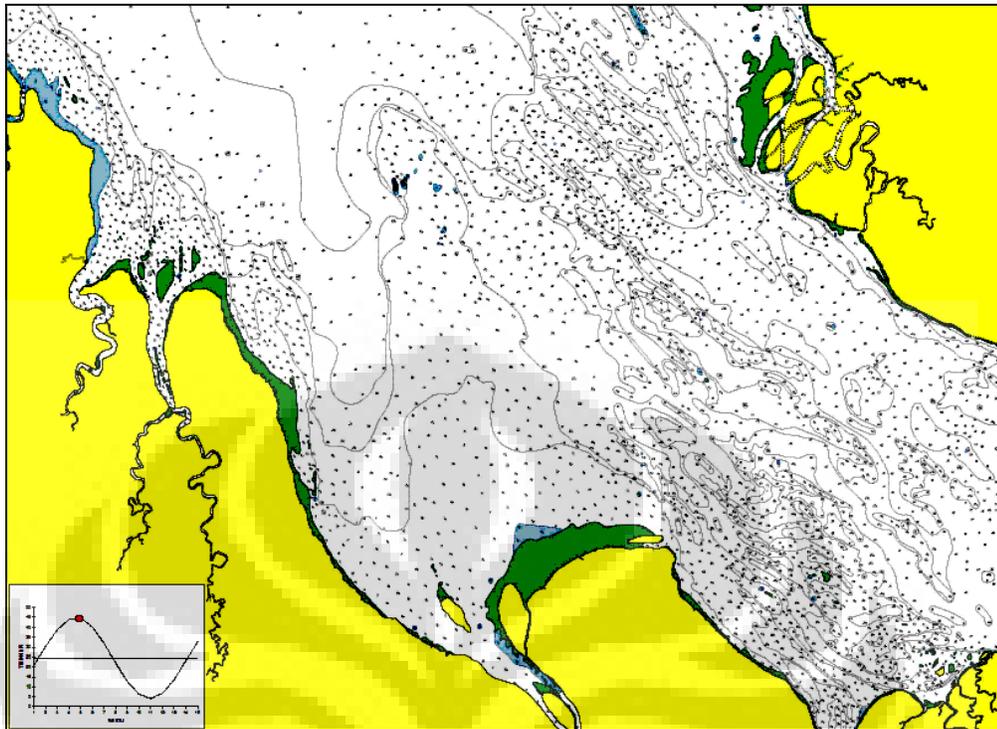
#### 4.5 Implementasi Sistem Penentuan Kedalaman Aktual

Data pasut yang telah diolah di data center Batam akan dikirim kepada para pengguna di kapal dan secara otomatis koreksi data kedalaman tersebut akan merubah sistem ENC, sehingga kontur dan angka kedalaman didalam ENC akan berubah dan memberikan informasi kedalaman aktual kepada para pengguna sistem dalam sistem tampilan (ECDIS).

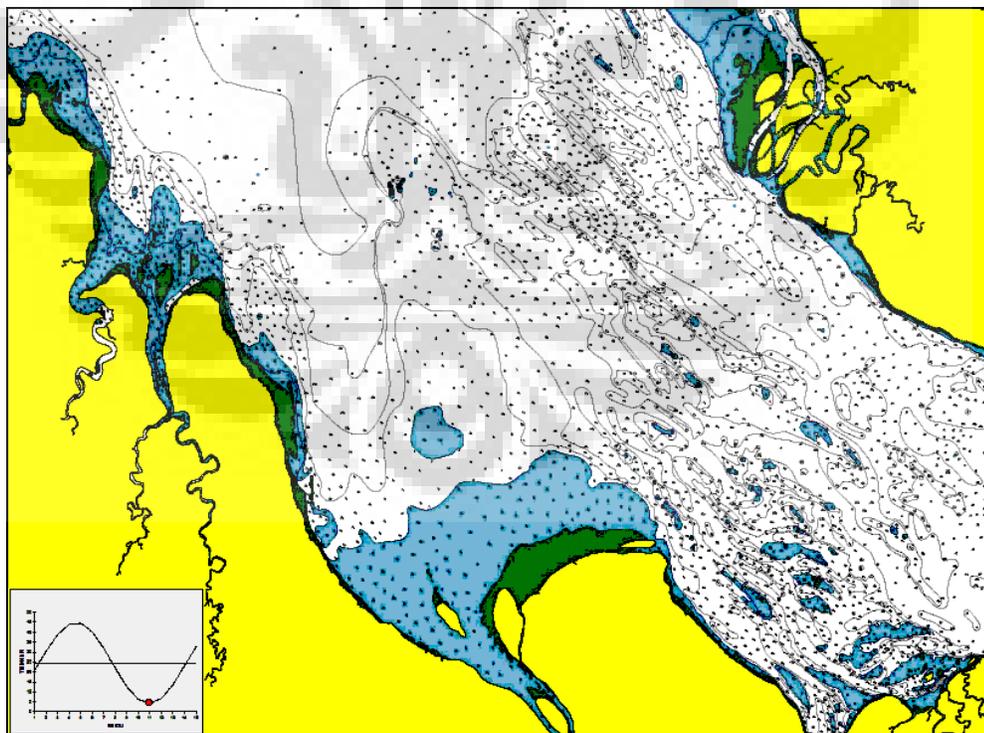


Gambar 17. Implementasi sistem penentuan kedalaman di kapal

Berikut ini adalah gambar tampilan dari sistem penentuan kedalaman aktual yang ditampilkan didalam ECDIS. sehingga dapat memberikan informasi kedalaman pada waktu pasang tertinggi dan surut terendah.



Gambar 18. Kedalaman aktual dalam tampilan ECDIS pada waktu pasang tertinggi



Gambar 19. Kedalaman aktual dalam tampilan ECDIS pada waktu surut terendah

Dari Gambar 18 dan 19 tersebut terlihat bahwa dengan aplikasi sistem penentuan kedalaman aktual dan dukungan teknologi modern, para pelaut dapat dengan mudah mengetahui bahaya kedangkalan disuatu perairan dalam waktu yang relatif singkat (*real time* atau *near real time*). Gambaran yang lebih lengkap mengenai aplikasi sistem penentuan kedalaman aktual terdapat dalam Lampiran 4 dan untuk keterangan warna dan simbol, lihat *Special Publication no. 52 dan 57* atau Peta No. 1 Simbol dan Singkatan. Perubahan kontur dan angka kedalaman dalam tampilan ECDIS seperti yang terlihat dalam Lampiran 4 tersebut, dilakukan dengan merubah secara manual kontur dan angka kedalaman menggunakan perangkat lunak CARIS dengan menambahkan data prediksi pasut bulan Juli 2005 dalam satu *sequence time* pada waktu-waktu ideal sebagai koreksi kedalaman dalam ENC.

Dengan sistem penentuan kedalaman aktual dan dukungan teknologi modern, para pelaut dapat dengan mudah mengetahui bahaya kedangkalan disuatu perairan dalam waktu yang relatif singkat sehingga terjadinya kecelakaan dapat diminimalisasi. Sistem ini juga dapat mempermudah para pelaut dalam merencanakan dan menentukan suatu alur pelayaran dengan ambang batas yang aman untuk dapat dilalui terutama untuk kapal dengan draft besar (kurang lebih sekitar 20 meter) sehingga dengan sistem penentuan kedalaman aktual ini, keamanan dan keselamatan navigasi serta perlindungan terhadap lingkungan perairan Selat Malaka dapat terus ditingkatkan.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian mengenai penentuan kedalaman aktual menggunakan data pasut *real time* untuk mendukung sistem MEH dapat ditarik kesimpulan :

1. Informasi mengenai pasut di Selat Malaka belum cukup untuk menentukan lokasi terpilih yang akan dipasang *automatic tide gauge* sepanjang TSS. Peta pasut Pariwono (1985) yang dimodifikasi berdasarkan sebaran tipe pasut hasil perhitungan dijadikan sebagai dasar dalam pemilihan lokasi stasiun pasut representatif yang sesuai dengan tipe pasut perairannya dengan mempertimbangkan distribusi sebaran lokasinya sepanjang TSS. Lokasi tersebut yaitu : Pulau Jemur, Tanjung Sinaboi, Tanjung Medang , Bengkalis, Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang.
2. Penilaian kelayakan lokasi, baik itu kelayakan dari segi faktor oseanografi maupun dari segi faktor teknis / pendukung terhadap keenam lokasi stasiun pasut representatif menetapkan empat lokasi ideal yang akan dilakukan pemasangan *automatic tide gauge*. Lokasi tersebut yaitu Pulau Jemur dan Tanjung Medang untuk lokasi yang mewakili perairan dengan tipe pasut harian ganda. Sedangkan

Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang untuk lokasi yang mewakili perairan dengan tipe pasut campuran condong harian ganda.

3. Untuk mengoptimalkan pengiriman data pasut *real time* dari stasiun pengamat pasut ke stasiun pusat di Batam, pada lokasi Pulau Jemur pengiriman data pasut dapat diterapkan dengan menggunakan komunikasi radio dan teknologi berbasis satelit. Untuk lokasi Tanjung medang dapat diterapkan metode pengiriman menggunakan teknologi berbasis satelit dan teknologi GSM. Sedangkan untuk lokasi Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang dapat diterapkan menggunakan teknologi berbasis satelit, teknologi GSM, *fixed line* dan komunikasi radio.
4. Dalam aplikasi sistem penentuan kedalaman laut aktual akan dilakukan komunikasi data pasut dengan melakukan pengiriman data pasut dari stasiun pengamat pasut ke data center di Batam dan pengiriman data pasut dari data center di Batam ke Pengguna di Kapal yang membentuk suatu jaringan komunikasi data dengan menggunakan sistem *real time*. Karena alasan perubahan ketinggian pasut yang tidak terlalu signifikan dan kebutuhan informasi mengenai kedalaman aktual pada setiap kapal berbeda-beda, maka diperlukan pengaturan dalam pengiriman data pasut untuk koreksi kedalaman dari stasiun pusat di Batam kepada para pengguna sistem di kapal. Pengiriman data pasut *real time* dilakukan secara berkala ke kapal-kapal yang diatur (*disetting*) sesuai perubahan elevasi dan waktu pada

interval tertentu atau sesuai permintaan pengguna pada saat informasi kedalaman aktual tersebut dibutuhkan. Hal ini dimaksudkan untuk tujuan keamanan dan keselamatan navigasi serta bentuk pelayanan kepada para pengguna sistem.

5. Sistem penentuan kedalaman aktual dengan memanfaatkan data pasut *real time* ini dapat membantu mempermudah para pelaut dalam merencanakan dan menetapkan suatu alur pelayaran yang aman secara otomatis sehingga keamanan dan keselamatan navigasi serta perlindungan lingkungan dapat ditingkatkan. Sistem ini dapat meningkatkan efisiensi dalam penentuan kedalaman aktual.

## 5.2 Saran

1. Dalam proyek MEH, sebaiknya dilakukan pemasangan alat pencatat pasut otomatis sesuai dengan tipe pasut perairannya pada empat lokasi representatif yang tersebar sepanjang TSS yaitu Pulau Jemur, Tanjung Medang, Tanjung Balai Karimun dan Tanjung Sengkuang agar informasi yang diterima para pengguna sesuai dengan kondisi perairannya. Jenis alat pencatat otomatis disesuaikan dengan kondisi perairannya (sistem radar, sistem *bubble*, sistem *pressure*, sistem *floating*). Tetapi apabila dikehendaki pemasangan *automatic tide gauge* pada tiga lokasi sesuai dengan perencanaan proyek MEH,

maka sebaiknya dilakukan dilokasi Pulau Jemur, Tanjung Medang dan Tanjung Balai Karimun.

2. Apabila dikehendaki penggunaan teknologi pengiriman data yang sama pada setiap lokasi stasiun pasut yang akan dipasang *automatic tide gauge*, terutama untuk melakukan pengiriman data pasut *real time* dari stasiun pengamat ke stasiun pusat di Batam, maka yang paling memungkinkan untuk diterapkan adalah teknologi berbasis satelit.
3. Implementasi sistem penentuan kedalaman aktual belum dapat memberikan informasi secara otomatis. Sistem tampilan dikoreksikan secara manual dengan melakukan perubahan pada kontur dan angka kedalaman didalam ENC menggunakan data prediksi pasut. Oleh karena itu diperlukan pengembangan lebih lanjut mengenai sistem ENC dan sistem basis data agar sistem penentuan kedalaman aktual dapat berjalan secara otomatis seperti yang terlihat dalam konsep tampilan sistem (Lampiran 4).

## DAFTAR ACUAN

- Albandjar, C. & Hilman A. Rasyid. 2008. Bagaimana Membuat Indonesia Terhubung: Melayani Yang Belum Terlayani.  
[http://satjournal.tcom.ohiou.edu/issue8/cur\\_psn2indo.html](http://satjournal.tcom.ohiou.edu/issue8/cur_psn2indo.html). 4/22/08.  
10:24 WIB.
- Anonim. 1998. Electronic Navigational Chart (ENC) dan Pengembangannya di Dishidros TNI-AL. Seminar Dikpafung 2 Angkatan I TA. 1997/1998. Dishidros TNI-AL, Jakarta. 27 hlm.
- Arifin, Z. 2007. Mengenal Wireless LAN (WLAN). Andi, Yogyakarta.
- Aris, I., M. M. Munir, I. Wibawa, Khairurrijal & M. Djamal. 2002. Pemanfaatan Internet untuk Sistem Pengukuran Jarak Jauh. 1 Agustus : 3.  
<http://hfi.fisika.net>. 12/07/2005. 15 : 45 WIB.
- Dermawan, R. 2006. Pengambilan Keputusan : Landasan, Konsep dan Aplikasi. Alfabeta, Bandung.
- Hamidjojo, P. 1987. Petunjuk Dalam Pengamatan Tinjau untuk Pemasangan Alat Pasang Surut dalam Pasang Surut. Prosidings Pasang-Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta. Hlm 148.
- Hydrographic Department. 1997. Tides. Japan Maritime Safety Agency.  
Japan International Cooperation Agency. Tokyo Japan.

- Hydrographic Departement, Port of Singapore Authority. 2002. Tide Tables Singapore. Port of Singapore Authority, Singapore.
- International Hydrographic Bureau. 1996. IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data, Special Publication No. 57 (S – 57), Version 3,0, November 1996. International Hydrographic Bureau, Monaco.
- International Hydrographic Bureau. 1996. Specifications for Chart Content and Display Aspect of ECDIS, Special Publication No. 52 (S – 52) 5<sup>th</sup> Edition, Decembember 1996. International Hydrographic Bureau, Monaco.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 1985. Informasi Lingkungan Laut Selat Malaka dan Laut Natuna. Janhidros TNI-AL, Jakarta. Hlm 21-28.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 1987. Daftar Pasang Surut Kepulauan Indonesia Tahun 1987. Janhidros TNI-AL, Jakarta.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2001. Laporan Survei dan Pemetaan Hidro-Oseanografi Tanjung Sengkuang. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2001. Laporan Survei dan Pemetaan Hidro-Oseanografi Tanjung Balai Karimun. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2005. Laporan Geografi Maritim Kabupaten Bengkalis. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2005. Peta No. 1 Simbol dan Singkatan Peta Laut. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta.

- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2006. Laporan Kemajuan Marine Electronic Highway (MEH) Project. Janhidros TNI-AL, Jakarta. 11 hlm.
- Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL. 2006. Informasi Pelabuhan Indonesia. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta. Edisi : 4.
- Mihardja, D. K. & I. M. Radjawane. 1990. Studi Dinamika Pasang Surut di Selat Malaka. Prosidings Lokakarya Nasional Tentang Pemanfaatan Data Pasang Surut dan Data Lain yang Terkait. Jakarta. Hlm 57 – 76.
- Mihardja, D. K. & R. Setiadi. 1987. Analisa Pasang Surut di Daerah Cilacap dan Surabaya. Prosidings Lokakarya Nasional Tentang Pemanfaatan Data Pasang Surut dan Data Lain yang Terkait. Jakarta. Hlm 201 – 230.
- Pariwono, J. I. 1989. Kondisi Pasang Surut Indonesia. Prosidings Pasang-Surut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi LIPI, Jakarta. Hlm 135 - 147.
- Purbo, O. W. 1997. Keuntungan dan Kerugian satelit GEO.  
<http://onno.vlsm.org/v11/ref-ind-1/physical/wireless/telefon-satelit-personal-1997.rtf>. 4/15/2008. 08:33 WIB.
- Rafiudin, R. 2006. Sistem Komunikasi Data Mutakhir. Andi, Yogyakarta.
- Sarmili, L., Noor C. D. Aryanto dan D. Setiady. 2007. Keberadaan Pasir Laut di Perairan Kepulauan Riau dan Sekitarnya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan. Bandung.
- Suprpto. 1993. Pasang Surut dan Chart Datum Survei Hidrografi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Univeritas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Tentara Laut Diraja Malaysia. 2004. Jadual Pasang Surut Malaysia. Jilid / Volume 2. Tentara Laut Diraja Malaysia, Malaysia.
- Wibisono, M. S. 2005. Pengantar Ilmu Kelautan. Grasindo, Jakarta.
- Wibisono, G., Uke K. Usman & G. D. Hantoro. 2008. Konsep Teknologi Seluler. Informatika, Bandung. 232 hal.
- Williams, J. 1973. Oceanographic Instrumentation. United States Naval Institute, Maryland : 189 p.
- Wyrcki, K. 1961. Physical Oceanography of Southeast Asean Water. Naga Report Vol. 2, Univ. Calif., La Jolla. P 161.
- Yuliadi, D. 1998. Kajian Perhitungan Chart Datum untuk Peta Laut di Perairan Indonesia. Jawatan Hidro-Oseanografi TNI-AL, Jakarta. 14 hlm.

Lampiran 1. Konstanta harmonik dan tipe Pasut Perairan Selat Malaka

No.	Lokasi	S <sub>2</sub>		M <sub>2</sub>		K <sub>1</sub>		O <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>		K <sub>2</sub>		M <sub>4</sub>		MS <sub>4</sub>		F	Tipe Pasut
		A (cm)	g (°)	A (cm)	g (°)																
<b>Wilayah Indonesia</b>																					
1	Sabang	26	322	44	275	8	315	5	282	-	-	7	288	6	286	-	-	-	-	0.19	Ganda
2	Uleelheue	17	342	42	298	11	317	8	293	-	-	-	-	5	342	-	-	-	-	0.32	Campuran Condong Ganda
3	Lhokseumawe	27	334	46	287	14	319	6	268	5	86	8	273	8	334	-	-	-	-	0.27	Campuran Condong Ganda
4	Teluk Langsa	33	22	56	338	14	342	6	296	5	340	16	323	10	22	-	-	-	-	0.22	Ganda
5	Kuala Langsa	33	39	59	356	16	330	4	279	5	329	11	351	9	39	2	96	3	120	0.22	Ganda
6	Teluk Aru	36	55	63	373	20	348	5	282	7	349	12	367	10	53	1	-	-	-	0.25	Ganda
7	Belawan Deli	32	70	61	31	21	347	5	279	7	353	12	24	9	73	1	-	-	-	0.28	Campuran Condong Ganda
8	Belawan	31	91	63	52	23	350	8	253	8	349	12	43	9	91	3	261	3	296	0.33	Campuran Condong Ganda
9	Tanjung Tiram	37	148	78	75	23	364	1	13	7	363	10	71	10	148	1	364	2	111	0.21	Ganda
10	Teluk Nibung	43	177	94	131	19	368	6	160	6	367	23	118	12	177	6	223	9	221	0.18	Ganda
11	Tg. Balai Asahan	43	162	94	117	19	360	6	153	6	360	23	104	12	162	6	194	9	192	0.18	Ganda
12	P. Jemur	67	171	126	126	15	47	5	255	5	46	24	119	18	171	1	140	2	320	0.1	Ganda
13	Bagan Siapi-api	90	184	170	134	18	28	4	198	6	27	35	125	24	184	-	-	-	-	0.08	Ganda
14	Bengkalis	36	286	76	213	6	123	26	127	12	80	11	207	5	286	-	-	-	-	0.29	Campuran Condong Ganda
15	Muara Sungai Siak	40	315	68	248	9	177	25	126	-	-	12	255	11	315	-	-	-	-	0.31	Campuran Condong Ganda
16	Selat Panjang	52	334	100	287	28	178	32	139	9	176	-	-	11	334	-	-	-	-	0.39	Campuran Condong Ganda
17	Bandong (Blandong)	56	40	100	335	19	180	42	103	6	172	-	-	11	41	-	-	-	-	0.39	Campuran Condong Ganda
18	Kenipaan	34	20	59	308	25	169	24	116	12	144	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	Campuran Condong Ganda
19	Tg. Balai Karimun	44	1	88	307	30	153	31	97	10	153	18	286	12	1	5	174	6	225	0.46	Campuran Condong Ganda
20	Tg. Sengkuang (Batam)	31	347	79	295	29	95	29	43	10	95	15	271	8	347	1	207	0	318	0.53	Campuran Condong Ganda
21	Tg. Balai (Selat Gelam)	43	368	78	314	27	153	20	107	10	127	17	292	12	362	-	-	-	-	0.39	Campuran Condong Ganda
22	P.Sambu (Selat Singapura)	34	352	81	298	26	112	28	51	9	112	14	272	9	352	2	264	3	268	0.47	Campuran Condong Ganda

Lampiran 1. Konstanta harmonik dan tipe Pasut Perairan Selat Malaka (lanjutan)

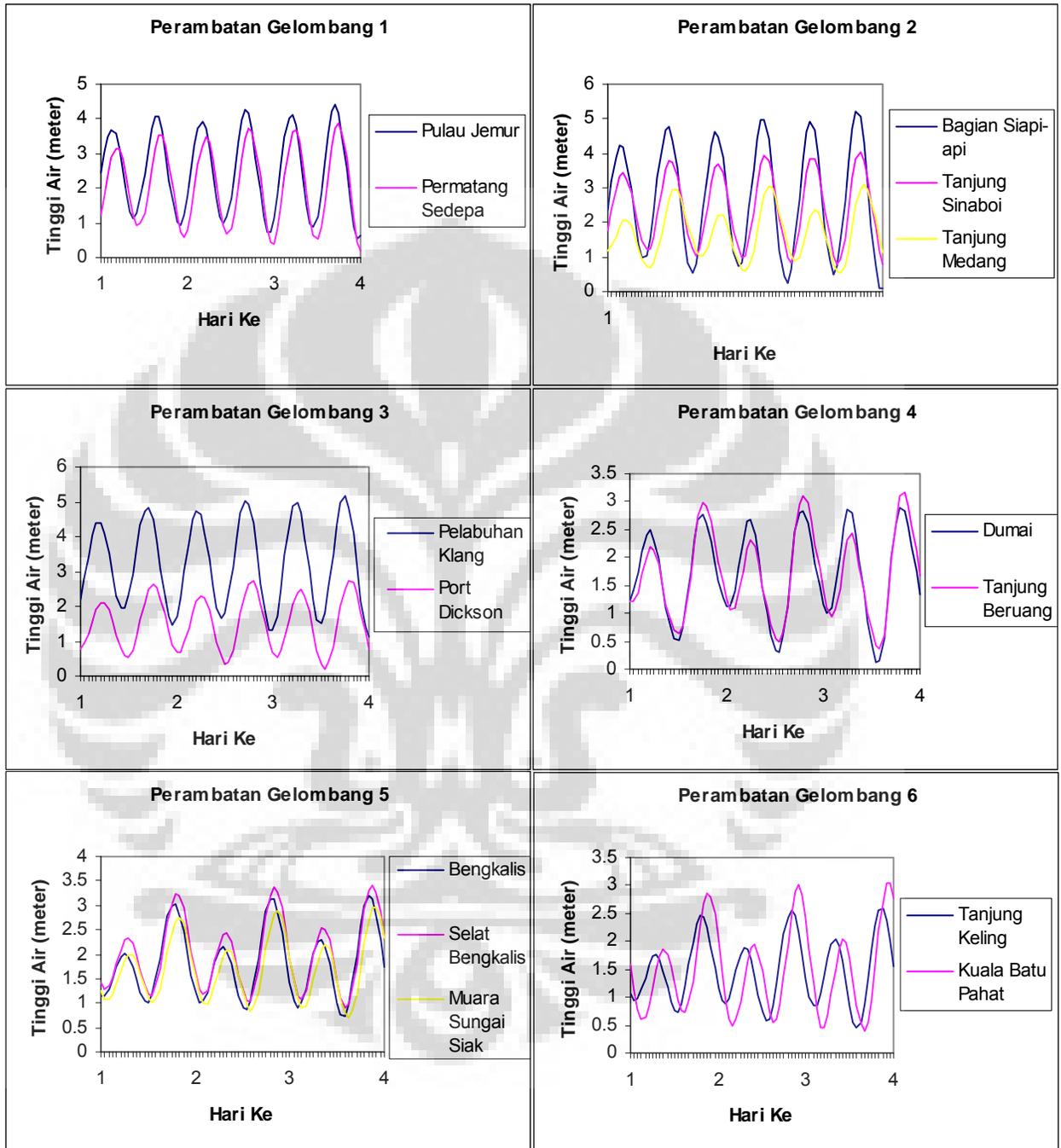
No.	Lokasi	S <sub>2</sub>		M <sub>2</sub>		K <sub>1</sub>		O <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>		K <sub>2</sub>		M <sub>4</sub>		MS <sub>4</sub>		F	Tipe Pasut
		A (cm)	g (°)	A (cm)	g (°)																
23	Selat Bengkalis	39	280	63	233	14	139	21	125	5	139	19	235	10	280	-	-	-	-	0.34	Campuran Condong Ganda
24	Selat Tiung	18	19	47	318	33	127	39	60	11	127	6	284	5	19	-	-	-	-	1.11	Campuran Condong Ganda
25	Bojan (Selat Bulan)	12	10	36	311	30	135	30	56	15	130	7	283	-	-	-	-	-	-	1.25	Campuran Condong Ganda
26	Selat Sugi	35	26	68	332	36	155	31	98	12	154	14	303	9	26	-	-	-	-	0.65	Campuran Condong Ganda
27	P. Iyukecil	42	368	94	311	31	148	28	106	10	147	14	330	11	368	4	238	5	268	0.43	Campuran Condong Ganda
28	Tanjung Sinaboi	58	208	117	157	11	44	10	144	5	267	22	148	17	203	6	223	5	269	0.12	Ganda
29	Tanjung Medang	37	233	75	184	5	116	19	141	2	88	14	173	11	230	3	314	3	360	0.21	Ganda
30	Dumai	44	243	84	194	10	227	27	159	3	226	15	170	12	243	6	289	8	366	0.29	Campuran Condong Ganda
31	Tanjung Beruang	39	255	75	208	18	156	22	137	6	155	13	192	10	255	7	344	7	42	0.35	Campuran Condong Ganda
32	Selat Durian	35	26	68	332	36	155	31	98	12	204	14	303	9	26	-	-	-	-	0.65	Campuran Condong Ganda
33	Pasir Panjang	43	366	94	312	26	158	26	114	8	150	17	299	13	364	6	191	6	241	0.38	Campuran Condong Ganda
34	Pangkalan Susu	36	73	64	26	19	359	6	309	6	358	12	20	10	73	3	170	3	242	0.25	Ganda
35	Pidie	25	366	47	317	14	307	6	295	5	95	8	311	6	361	-	-	-	-	0.28	Campuran Condong Ganda
<b>Wilayah Malaysia</b>																					
36	Teluk Ewa	45	36	81	350	17	352	5	296	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	Ganda
37	Lumut	35	156	75	113	21	7	3	275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.22	Ganda
38	Pelabuhan Klang	69	205	138	156	19	25	4	157	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.11	Ganda
39	Pulau Batu Puteh	19	6	57	307	27	77	28	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.72	Campuran Condong Ganda
40	Kedah Pier	37	47	62	25	19	357	5	292	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24	Ganda
41	Pasir Gudang	32	19	81	322	30	102	30	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	Campuran Condong Ganda
42	Kuah	41	45	73	359	18	359	5	310	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2	Ganda
43	Kuala Perlis	45	46	80	2	19	352	4	301	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	Ganda
44	Pelabuhan Butterworth	36	68	60	26	19	355	5	288	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.25	Ganda

Lampiran 1. Konstanta harmonik dan tipe Pasut Perairan Selat Malaka (lanjutan)

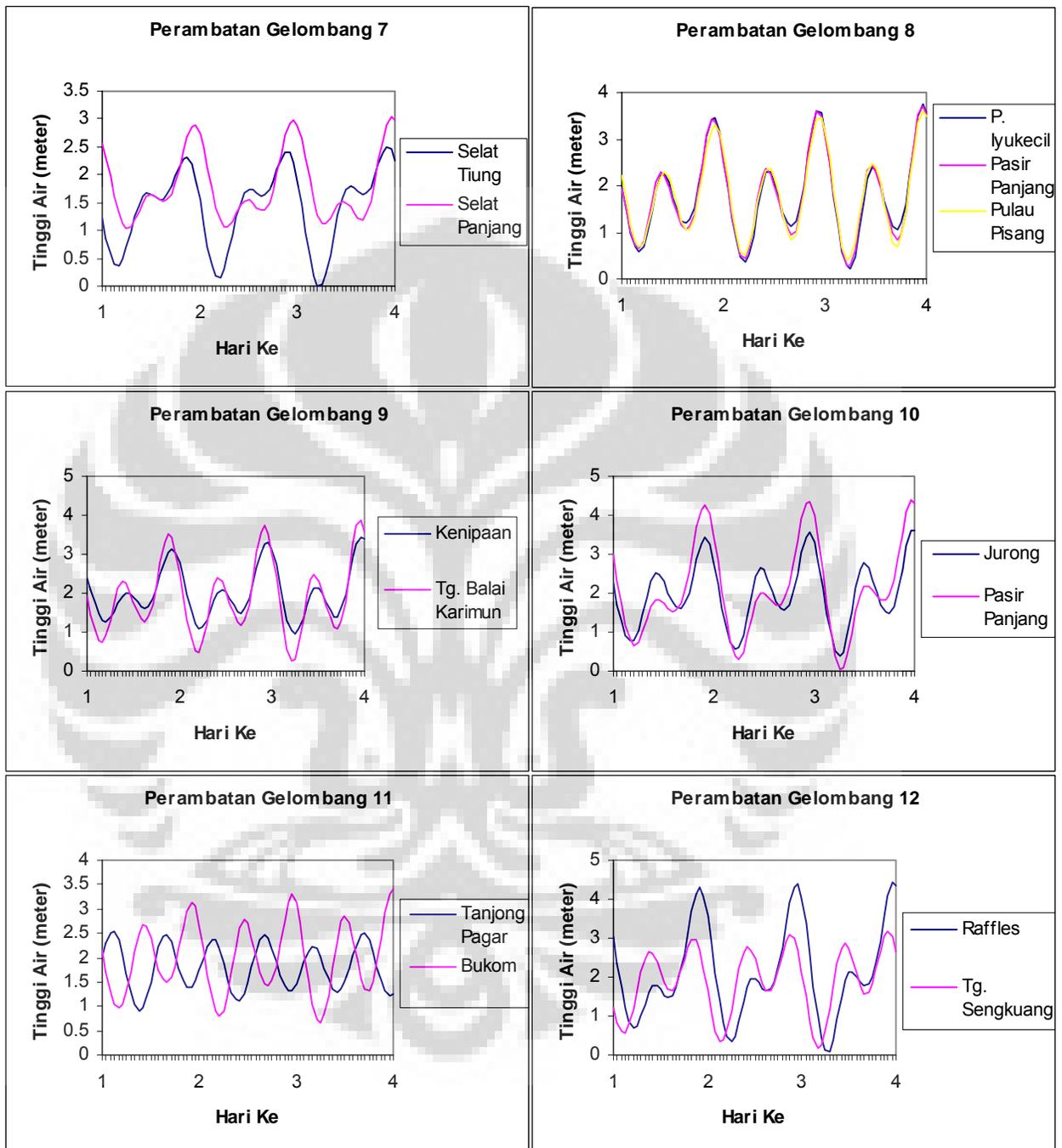
No.	Lokasi	S <sub>2</sub>		M <sub>2</sub>		K <sub>1</sub>		O <sub>1</sub>		P <sub>1</sub>		N <sub>2</sub>		K <sub>2</sub>		M <sub>4</sub>		MS <sub>4</sub>		F	Tipe Pasut
		A (cm)	g (°)	A (cm)	g (°)																
45	Bagan Datuk	38	187	85	134	19	25	2	290	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	Ganda
46	Permatang Sedepa	62	204	125	154	17	27	5	160	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12	Ganda
47	Port Dickson	41	241	83	192	5	94	17	149	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.18	Ganda
48	Tanjung Keling	30	277	61	229	9	149	21	144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	Campuran Condong Ganda
49	Kuala Batu Pahat	36	341	80	291	19	165	26	136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.39	Campuran Condong Ganda
50	Pulau Pisang	42	6	93	314	24	165	26	127	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.37	Campuran Condong Ganda
51	Pasir Gudang	32	19	81	322	30	102	30	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.53	Campuran Condong Ganda
52	Sungai Belungkor	32	27	77	324	31	101	30	42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.56	Campuran Condong Ganda
<b>Wilayah Singapura</b>																					
53	Jurong	37	30	85	333	29	135	25	95	10	135	15	312	10	30	5	276	4	320	0.44	Campuran Condong Ganda
54	Tanjong Pagar	33	25	79	167	31	106	27	272	10	106	21	342	9	25	2	347	2	196	0.52	Campuran Condong Ganda
55	Bukom	35	30	82	332	28	135	21	89	9	135	13	316	9	30	3	307	3	329	0.42	Campuran Condong Ganda
56	Pasir Panjang	36	26	84	331	27	135	23	93	9	135	15	314	10	26	3	256	3	297	0.42	Campuran Condong Ganda
57	Raffles	36	26	82	331	29	137	23	94	9	137	15	313	10	26	4	272	3	319	0.44	Campuran Condong Ganda
58	Horsburgh Lighthouse	21	349	59	312	27	66	36	19	9	66	6	260	6	349	8	20	6	237	0.79	Campuran Condong Ganda

Sumber : Janhidros TNI-AL

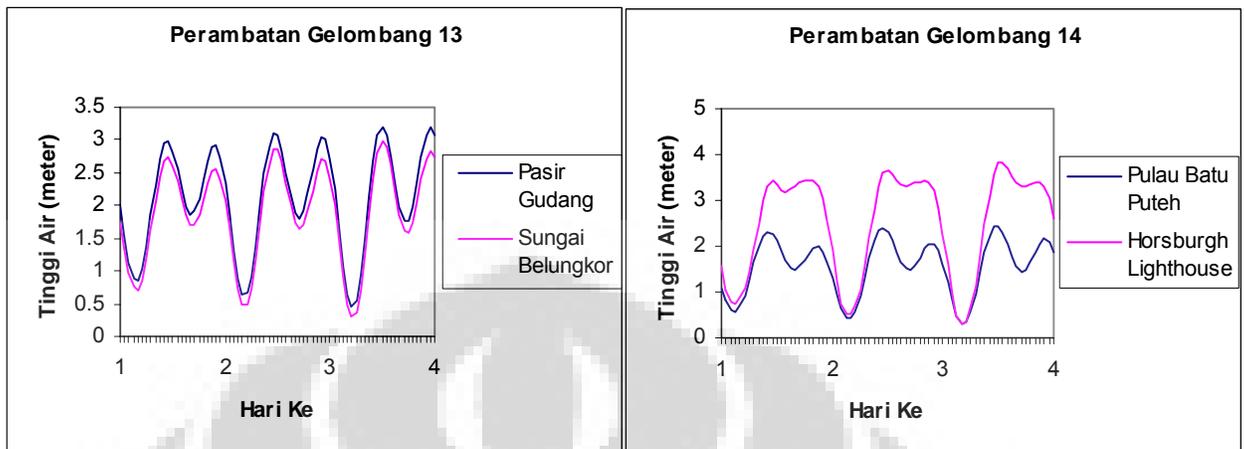
Lampiran 2. Perambatan gelombang pasut sepanjang *Traffic Separation Scheme*



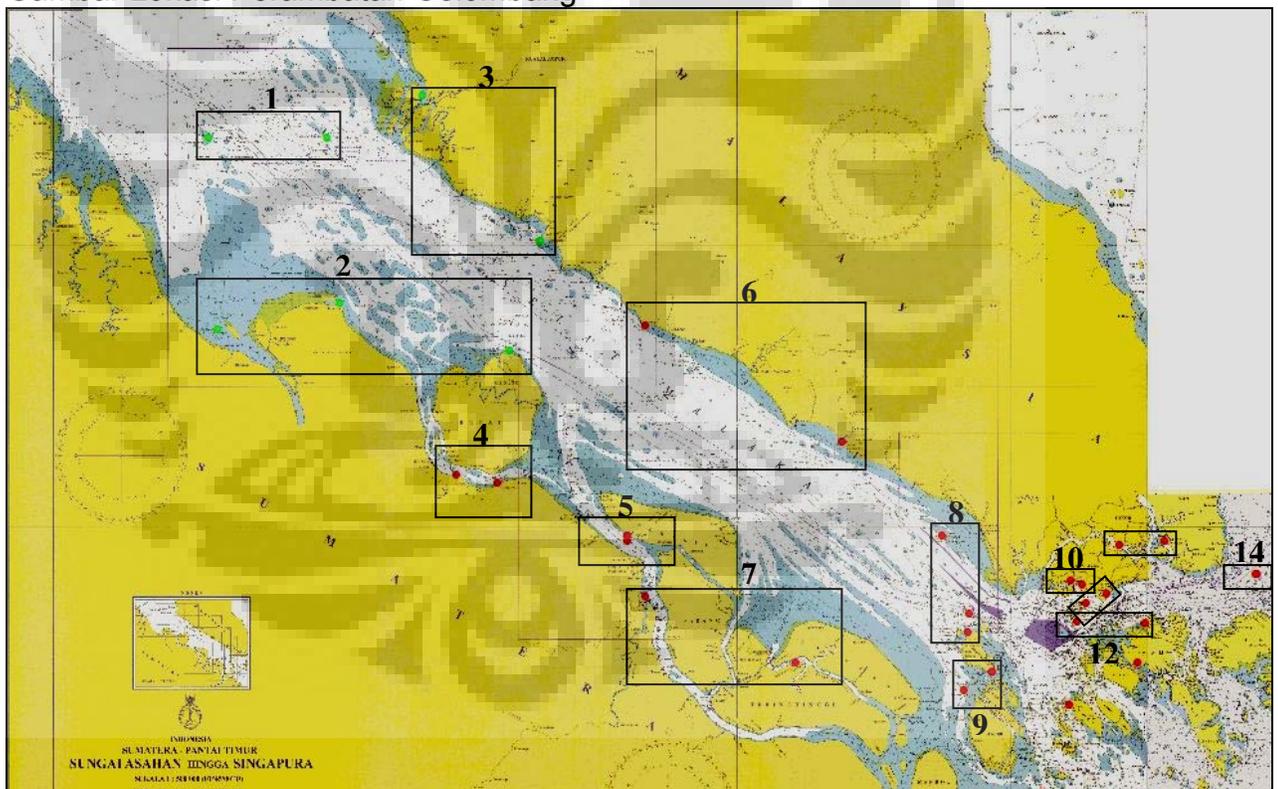
Lampiran 2. Perambatan gelombang pasut sepanjang *Traffic Separation Scheme* (Lanjutan)



Lampiran 2. Perambatan gelombang pasut sepanjang *Traffic Separation Scheme* (Lanjutan)



Gambar Lokasi Perambatan Gelombang



Lampiran 3. Penilaian rencana lokasi stasiun pasut



## TABEL PENILAIAN (SKOR) RENCANA LOKASI STASIUN PASUT

Lokasi : Pulau Jemur

Posisi : 02°31'31" LU/104°05'20,2" BT

Penilai : Lintang Permata Sari Y

## 1. Aspek Oseanografi

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?	√		
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?	√		
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?	√		
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?	√		
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi ?	√		
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?	√		
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?	√		
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?	√		
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?	√		
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap muka laut rata-rata?	√		

## 2. Aspek Teknis / Pendukung

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?	√		
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?	√		
3.	Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?	√		
4.	Bagaimana sarana transportasi?			√
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?			√
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?			√
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?			√
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?	√		
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan tangan manusia?	√		
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?			√

\*Tandai √ untuk pilihan yang sesuai 3: Sesuai; 2: Kurang Sesuai; 1 : Tidak Sesuai

## TABEL PENILAIAN (SKOR) RENCANA LOKASI STASIUN PASUT

Lokasi : Tanjung Sinaboi

Posisi : 02°17'28" LU/101°02' 03,37"BT

Penilai : Lintang Permata Sari Y

## 1. Aspek Oseanografi

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?	√		
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?	√		
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?			√
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?	√		
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi ?		√	
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?			√
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?		√	
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?	√		
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?		√	
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap muka laut rata-rata?			√

## 2. Aspek Teknis / Pendukung

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?		√	
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?		√	
3.	Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?	√		
4.	Bagaimana sarana transportasi?		√	
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?		√	
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?	√		
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?	√		
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?	√		
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan tangan manusia?	√		
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?	√		

\*Tandai √ untuk pilihan yang sesuai 3: Sesuai; 2: Kurang Sesuai; 1 : Tidak Sesuai

## TABEL PENILAIAN (SKOR) RENCANA LOKASI STASIUN PASUT

Lokasi : Tanjung Medang

Posisi : 02°06'58,5"LU/101°37'22,9"BT

Penilai : Lintang Permata Sari Y

## 1. Aspek Oseanografi

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?	√		
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?	√		
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?		√	
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?		√	
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi ?			√
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?	√		
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?	√		
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?			√
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?	√		
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap muka laut rata-rata?	√		

## 2. Aspek Teknis / Pendukung

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?			√
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?		√	
3.	Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?	√		
4.	Bagaimana sarana transportasi?	√		
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?		√	
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?	√		
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?	√		
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?	√		
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan tangan manusia?	√		
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?	√		

\*Tandai √ untuk pilihan yang sesuai 3: Sesuai; 2: Kurang Sesuai; 1 : Tidak Sesuai



## TABEL PENILAIAN (SKOR) RENCANA LOKASI STASIUN PASUT

Lokasi : Tanjung Balai Karimun

Posisi : 01°11'29"LU/103°21'08"BT

Penilai : Lintang Permata Sari Y

## 1. Aspek Oseanografi

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?	√		
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?	√		
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?	√		
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?	√		
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi ?	√		
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?	√		
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?	√		
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?	√		
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?	√		
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap muka laut rata-rata?		√	

## 2. Aspek Teknis / Pendukung

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?	√		
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?	√		
3.	Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?	√		
4.	Bagaimana sarana transportasi?		√	
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?		√	
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?		√	
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?	√		
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?	√		
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan tangan manusia?	√		
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?	√		

\*Tandai √ untuk pilihan yang sesuai 3: Sesuai; 2: Kurang Sesuai; 1 : Tidak Sesuai

## TABEL PENILAIAN (SKOR) RENCANA LOKASI STASIUN PASUT

Lokasi : Tanjung Sengkuang

Posisi : 01°11'34"LU/ 104°05'20"BT

Penilai : Lintang Permata Sari Y

## 1. Aspek Oseanografi

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Lokasi daerah terbuka atau terlindung?	√		
2.	Bagaimana tingkat kestabilan tanah yang akan dipakai untuk lokasi stasiun pasut dan Bench Mark?	√		
3.	Apakah kedalaman air di lokasi mencapai 2 meter dibawah LWS?			√
4.	Apakah kecepatan arus maksimal $\geq 0,5$ knot?	√		
5.	Apakah lokasi merupakan daerah akresi atau abrasi ?		√	
6.	Apakah lokasi berada di dekat aliran sungai atau muara sungai?	√		
7.	Bagaimana dengan tipe sedimen dasar perairan sekitar lokasi?		√	
8.	Apakah lokasi merupakan tempat yang dipengaruhi pantulan gelombang atau ombak?		√	
9.	Apakah lokasi merupakan daerah ramai yang dilalui kapal-kapal bertonase besar?	√		
10.	Apakah dekat titik tetap yang telah ada sebelumnya dan mempunyai ketinggian terhadap muka laut rata-rata?	√		

## 2. Aspek Teknis / Pendukung

No.	Indikator	Skor Nilai		
		3	2	1
1.	Apakah ada dermaga beton atau kayu?			√
2.	Apakah dermaga secara teknis bisa dipasang <i>automatic tide gauge</i> ?			√
3.	Bagaimana dengan status kepemilikan tanah di lokasi?	√		
4.	Bagaimana sarana transportasi?	√		
5.	Apakah ada sumber energi listrik 24 jam?	√		
6.	Apakah ada bengkel las listrik atau bubut?	√		
7.	Bagaimana dengan sarana telekomunikasi?	√		
8.	Apakah alat perekam data pasut dapat dipastikan aman dari lalu lintas kapal?	√		
9.	Apakah alat perekam data pasut dipastikan aman dari pencurian atau perusakan tangan manusia?	√		
10.	Apakah pada lokasi yang dipilih ada penduduk dan tersedia air bersih?	√		

\*Tandai √ untuk pilihan yang sesuai 3: Sesuai; 2: Kurang Sesuai; 1 : Tidak Sesuai

Lampiran 4. Tampilan sistem penentuan kedalaman aktual di Selat Malaka



