



TUGAS AKHIR - RG141536

**STUDI TENTANG PEMBANGUNAN
PELABUHAN CILAMAYA DITINJAU DARI
ASPEK TEKNIS
(Studi Kasus : Pelabuhan Cilamaya
Karawang)**

**BALYA FARRAS SIDAD
NRP 3512 100 098**

**Dosen Pembimbing
Ir. Yuwono, MT**

**Jurusan Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR - RG141536

**STUDY OF THE CILAMAYA
HARBOR DEVELOPMENT BASED
ON TECHNICAL ASPECTS
(Case Study : Cilamaya Harbor Karawang)**

BALYA FARRAS SIDAD
NRP 3512 100 098

Advisor
Ir. Yuwono, MT

Departement of Geomatics Engineering
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2017

**STUDI TENTANG PEMBANGUNAN PELABUHAN
CILAMAYA DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS
(Studi Kasus : Pelabuhan Cilamaya Karawang)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada**

**Jurusan S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**BALYA FARRAS SIDAD
NRP 3512 100 098**

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Ir. Yuwono, MT

NIP. 195901241985021001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**STUDI TENTANG PEMBANGUNAN
PELABUHAN CILAMAYA DITINJAU
DARI ASPEK TEKNIS
(Studi Kasus : Pelabuhan Cilamaya Karawang)**

Nama Mahasiswa : Balya Farras Sidad
NRP : 3512100098
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Yuwono, MT.

Abstrak

Pelabuhan Cilamaya merupakan pelabuhan niaga yang ada di Kabupaten Karawang. Pada saat ini Pelabuhan Cilamaya masih dalam proses pembangunan Tahap Pertama. Informasi mengenai batimetri dan sedimen dasar laut perairan sangat dibutuhkan guna menunjang alur pelayaran pasca pembangunan.

Penelitian ini bertujuan memberikan informasi mengenai gambaran batimetri dan menentukan kedalaman alur pelayaran sesuai dengan rencana peruntukannya. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 12-27 Maret 2015 di Perairan Cilamaya kawasan Pelabuhan Cilamaya. Data yang digunakan untuk penelitian adalah data pemeruman dengan Singlebeam Echosounder, data pasang surut, dan Side Scan Sonar, data diolah menggunakan software Caris Hips and Sips 8.1, Surfer 12, AutoCad Land Desktop 2007 dan ArcGIS 10.1.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perairan Cilamaya kawasan Pelabuhan Cilamaya termasuk dalam kategori perairan dangkal dengan kedalaman pada lokasi survei berkisar antara 0,615 m – 10,684 m. Morfologi dasar perairan rata dengan rata-rata kemiringan dasar perairan 0,76% dan termasuk dalam kategori hampir datar (flat to almost flat). Sedimen dasar perairan didominasi oleh jenis sedimen pasir halus (muddy sand). Alur pelayaran saat ini hanya digunakan untuk kapal kargo umum (General Cargo) dan kapal tanker dengan nilai DWT (Death Weight Tonnage) 5000 dengan kedalaman

minimum 6.1 m dan lebar alur 130 m. Alur Pelayaran Rencana untuk jenis kapal peti kemas dengan nilai DWT (Dead Weight Tonnage) maksimum 10000 membutuhkan kedalaman minimal 10,3 m. Untuk optimalisasi alur pelayaran rencana tersebut diperlukan adanya pengerukan awal (capital dredging) terhadap area alur yang memiliki kedalaman kurang dari 10,3 m.

Kata Kunci: *Batimetri, Sedimen Dasar Laut, Alur Pelayaran*

**STUDY OF THE CILAMAYA HARBOR
DEVELOPMENT BASED ON
TECHNICAL ASPECTS
(Case Study : Cilamaya Harbor Karawang)**

Student Name : Balya Farras Sidad
Reg. Number : 3512 100 098
Department : Geomatics Engineering FTSP– ITS
Supervisor : Ir. Yuwono, MT.

Abstract

Cilamaya port is a commercial port located in Karawang regency. Currently the Port Cilamaya is still in the first stage of construction process. Information about bathymetry and sea bottom sediments is needed to support post-development shipping lines.

This research aims to provide information about bathymetry and define the depth of shipping lines. This research was carried out on March 12th-27th 2015 in Cilamaya port area. The data used for the research are sounding data recorded by Singlebeam echosounder Kongsberg EA400, tide data, and sediment sample of Cilamaya waters , and the data was processed using software Caris Hips and Sips 8.1, Surfer 12, AutoCad Land Desktop 2007 and ArcGIS 10.1.

The results showed that Cilamaya waters of Cilamaya Port is categorized into shallow waters with the depth on survey location ranged from 0.615 m - 10.684 m. Sea bottom morphology was flat with average slope 0.76% and it was categorized flat to almost flat. Sea bottom sediments is dominated by muddy sand. shipping lanes currently used by general cargo (General Cargo) and tankers ship with DWT value (Death Weight Tonnage) 5000 with minimum depth of 6.1 m and width of 130 m. Shipping lane plans for container ship with 10000 maximum value of DWT (Dead Weight Tonnange) was required minimum depth of 10.3 m. To optimize shipping line planning required

capital dredge for shipping line area which have a depth of less than 10.3 m.

Key words : *Bathymetry, Sea Bottom Sediment , Shipping line*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji dan syukur kehadirat Allah SWT karena atas rahmat-Nya Tugas Akhir yang berjudul “STUDI TENTANG PEMBANGUNAN PELABUHAN CILAMAYA DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS (Studi Kasus : Pelabuhan Cilamaya)” dapat terselesaikan dengan baik. Tidak lupa juga, sholawat serta salam tetap penulis tujukan kepada Rasulullah Muhammad SAW.

Selama proses pembuatan Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan dukungan, baik moral maupun material. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis, yang selalu memberikan doa dan dorongan optimisme.
2. Bapak Mukhamad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., D.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Agung Budi Cahyono, ST., M.Sc., DEA selaku Dosen Wali Penulis.
4. Bapak Ir. Yuwono, MT selaku Dosen Pembimbing tugas akhir.
5. Bapak - Ibu Dosen dan Karyawan Teknik Geomatika FTSP ITS.
6. Dara Kintan Amanda, S.Stat yang telah membantu dan memberikan masukan dalam penelitian ini.
7. Teman-teman angkatan 2012 atas segala dukungannya.

8. Serta semua pihak yang telah mendukung yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Untuk itu, mohon maaf atas segala kekurangannya dan juga mohon saran dan kritik yang membangun agar dapat lebih baik lagi ke depannya. Sekian dari penulis, semoga laporan ini bermanfaat.

Surabaya, 17 Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak	v
Abstract	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Survei Hidrografi	5
2.1.1 Pengamatan Pasang Surut	5
2.1.2 Pemeruman.....	11
2.2 Klasifikasi Survei	13
2.3 Ketelitian Survei.....	13
2.4 Penentuan Posisi.....	15
2.4.1 Global Positioning System.....	15
2.4.2 Metode Penentuan Posisi dengan GPS	16

2.5	<i>Side Scan Sonar</i>	17
2.5.1	Prinsip Kerja.....	17
2.5.2	Instalasi	22
2.6	Spesifikasi <i>SSS Edge 4200</i>	25
2.7	Prinsip kerja Single-beam Echosounder	26
2.8	Spesifikasi <i>Singlebeam</i> Kongsberg EA400.....	28
2.9	Fitur Dasar Laut	28
2.9.1	Bentukan-bentukan Dasar Laut.....	29
2.10	Kemiringan Dasar Perairan	30
2.11	Kapal	31
2.11.1	Beberapa Definisi.....	31
2.11.2	Jenis-Jenis Kapal.....	33
2.11.3	Karakteristik Kapal	36
2.12	Dermaga dan Alur Pelayaran	36
2.12.1	Dermaga	36
2.12.2	Alur Pelayaran.....	39
2.13	Penelitian Sebelumnya	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		43
3.1	Lokasi Penelitian.....	43
3.2	Data dan Peralatan.....	43
3.2.1	Data	43
3.2.2	Peralatan.....	44
3.3	Metodologi Penelitian	45

3.3.1 Tahap Penelitian.....	45
3.4 Pengolahan Data.....	48
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Hasil	51
4.1.1 Pasang Surut.....	51
4.1.2 Peta Dasar.....	51
4.1.3 Citra <i>Side Scan Sonar</i>	52
4.1.4 Bathimetri.....	55
4.2 Analisa.....	56
4.2.1 Pasang Surut.....	56
4.2.2 Analisis Kedalaman Perairan	58
4.2.3 Analisis Desain Alur Pelayaran	60
4.2.4 Sedimentasi	64
4.2.5 Kemiringan Dasar Perairan	66
4.2.6 Analisa Ketelitian Kedalaman Instrumen <i>Singlebeam</i>	68
<i>Echosounder</i>	68
BAB V PENUTUP.....	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73
LAMPIRAN.....	75
BIODATA PENULIS	82

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pengukuran Kedalaman Secara Akustik ...	12
Gambar 2.2 Segmen GPS (Abidin, 2007).....	16
Gambar 2.3 Metode Penentuan Posisi Secara Diferensial (Abidin, 2007).....	17
Gambar 2.4 Diagram Penyerapan, Penghamburan, dan Pemantulan Gelombang Suara (Lekkerkerk, 2006).....	18
Gambar 2.5 Penampang Melintang Sonar Fish.....	20
Gambar 2.6 Sketsa yang Menggambarkan Kondisi Bawah Permukaan Saat Perekaman.....	20
Gambar 2.7 Rekaman Sonar Merepresentasikan Situasi Dasar (Fish dan Carr, 1990 dalam Lekkerkerk, 2006)...	21
Gambar 2.8 Side Scan Sonar yang Ditarik dari Buritan (Lekkerkerk, 2006)	23
Gambar 2.9 Posisi Sonar yang Tidak Benar Akibat Arus dari Samping (Lekkerkerk, 2006)	24
Gambar 2.10 Posisi Sonar yang Tidak Benar Akibat Melengkungnya Tow Cable (Lekkerkerk, 2006).....	24
Gambar 2.11 <i>Side Scan Sonar</i> yang Dipasang di Kapal (Lekkerkerk, 2006)	25
Gambar 2.12 Perbandingan Standar Akurasi Kedalaman dari Setiap Orde (IHO, 1998).....	28
Gambar 2.13 Model Bentuk Morfologi Dasar Laut (Supangat, 2003)	30
Gambar 2.14 Dimensi Kapal (Triatmodjo, 2009)	31
Gambar 2.15 Kapal Penumpang	33
Gambar 2.16 Kapal Barang Umum.....	33
Gambar 2.17 Kapal Peti Kemas	34
Gambar 2.18 Kapal Tongkang mengangkut Batubara..	34
Gambar 2.19 Kapal Tanker Kapal Khusus	35

Gambar 2.20 Kapal LNG Kapal Pesiar.....	35
Gambar 2.21 Kapal Pesiar.....	35
Gambar 2.22 Kapal Ikan	36
Gambar 2.23 Struktur Dermaga (Sumber: Triatmodjo, B., 2009).....	37
Gambar 2.24 Dermaga Tipe <i>Pier</i> (Sumber: Triatmodjo, B., 2009).....	37
Gambar 2.25 Dermaga Tipe <i>Pier</i> (Sumber: Triatmodjo, B., 2009).....	38
Gambar 2.26 Dermaga Tipe <i>Jetty</i> (Sumber: Triatmodjo, B., 2009).....	38
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Cilamaya, Karawang Jawa Barat (google.com/maps)	43
Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian.....	45
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data	48
Gambar 4.1 Grafik Pengamatan Pasut langsung Pantai Cilamaya	51
Gambar 4.2 Citra satelit Quickbird Cilamaya, Karawang Jawa Barat 2015	52
Gambar 4.3 Citra yang Belum (kiri) dan Citra yang Sudah di Lakukan <i>Slant Range Correction</i> (kanan)	52
Gambar 4.4 Citra Side Scan Sonar yang Telah di Mozaik	53
Gambar 4.5 Kenampakan Bawah Laut di Area Survei .	54
Gambar 4.6 Interpretasi Citra SSS	55
Gambar 4.7 Kontur Bathimetri Perairan Cilamaya.....	56
Gambar 4.8 Model bathimetri 3D Perairan Cilamaya ..	56
Gambar 4.9 Kedalaman Area Pantai Cilamaya.....	59
Gambar 4.10 Rencana Dermaga	60
Gambar 4.11 Peta Alur Pelayaran Rencana Pelabuhan Cilamaya Pasca Pengerukan (dregging)	63

Gambar 4.12 Peta Sebaran Sedimen Dasar Laut Perairan Cilamaya	65
Gambar 4.13 Garis Penampang Melintang untuk Melihat Profil Dasar Perairan.....	66
Gambar 4.14 Penampang Melintang Dasar Perairan Cilamaya	67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokan Tipe Pasang Surut (Poerbandono & Djunarsjah, 2005)	7
Tabel 2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut Utama (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).....	8
Tabel 2.3 Beberapa Istilah dan Definisi Datum Vertikal (Poerbandono & Djunarsjah, 2005)	10
Tabel 2.4 Klasifikasi Daerah Survei Hidrografi (IHO, 2008)	13
Tabel 2.5 Ketelitian Pengukuran Survei Hidrografi (IHO, 2008)	14
Tabel 2.6 Klasifikasi Kelas Lereng	31

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai Cilamaya adalah salah satu pantai yang ada di Kabupaten Karawang. Pantai ini terletak di Kelurahan Cilamaya, Kecamatan Karawang, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. Sebelumnya, pantai ini merupakan pelabuhan dan pada saat ini aktifitas pelabuhan masih ada namun tidak terlalu ramai.

PT Pelabuhan Indonesia II (Persero) atau Pelindo II secara resmi memulai pengembangan pelabuhan Cilamaya atau dermaga kapal bongkar muat di pantai Cilamaya, Karawang. Peluncuran pengembangan proyek tersebut digelar di pantai Cilamaya, Kabupaten Karawang, 1 Maret 2015. Pengembangan pelabuhan Cilamaya tersebut akan terintegrasi dengan pelabuhan Tanjung Priok di Jakarta Utara.

Untuk mendukung rencana tersebut, pelabuhan harus dilengkapi dengan fasilitas seperti pemecah gelombang, dermaga, peralatan tambatan, peralatan bongkar muat barang, gudang gudang, perkantoran baik untuk maskapai pelayaran dan pengelola pelabuhan, dan khususnya adalah alur pelayaran (Supriadi dkk. 2014).

Salah satu hal yang tidak boleh ditinggalkan dalam proses pembangunan pelabuhan adalah ketersediaan alur pelayaran. Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal yang akan keluar/masuk ke kolam pelabuhan. Alur pelayaran harus mempunyai kedalaman dan lebar yang cukup atau sesuai dengan draft kapal sehingga dapat dilalui kapal-kapal yang akan menggunakan pelabuhan.

Terkait dengan alur pelayaran tersebut, maka dibutuhkan data survei hidrografi di pantai Cilamaya, Kabupaten Karawang. Data survei hidrografi umumnya banyak

dimanfaatkan untuk memetakan dasar laut yang digunakan untuk berbagai kegiatan di laut seperti pengerukan, navigasi, kajian sedimentasi, dan lain sebagainya. Batimetri adalah proses penggambaran dasar perairan sejak pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya.

Tujuan dari penelitian ini yaitu memetakan batimetri perairan Cilamaya dan menentukan kedalaman alur pelayaran pelabuhan Cilamaya Kabupaten Karawang yang selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan atau referensi pengembangan pelabuhan terkait dengan pengerukan awal (*capital dredging*) sampai pengerukan pemeliharaan (*maintenance dredging*) alur layar pelabuhan Cilamaya.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang di atas adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi hidrografi yang terdapat di perairan Cilamaya?
2. Bagaimana klasifikasi struktur dan jenis fitur dasar laut di perairan Cilamaya?
3. Bagaimana menentukan alur pelayaran di perairan Cilamaya?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian berada di wilayah perairan Cilamaya, Jawa Barat.
2. Hasil dari survei hidrografi tersebut akan digunakan untuk menggambarkan kondisi bathimetri yang selanjutnya digunakan sebagai parameter yaitu : bentuk topografi (hanya untuk elevasi dasar laut), tingkat keamanan alur

pelayaran dari objek objek dasar laut (*hazard*) yang dapat membahayakan kapal.

3. Data yang digunakan adalah data pengukuran *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder* Tahun 2015.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan gambaran mengenai kondisi topografi lahan dari lokasi pembangunan dan pengembangan pelabuhan.
2. Mengetahui jenis fitur dasar laut dan sedimentasi sebagai salah satu parameter perhitungan daya dukung tanah terhadap konstruksi yang akan dibangun.
3. Mendapatkan nilai volume pengerukan awal (*capital dredging*) dan alur pelayaran yang aman.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei Hidrografi

Hidrografi (atau geodesi kelautan menurut pandangan awam) adalah ilmu tentang pemetaan laut dan pesisir. Hidrografi menurut *International Hydrographic Organization* (IHO) adalah ilmu tentang pengukuran dan penggambaran parameter-parameter yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat dan konfigurasi dasar laut secara tepat, hubungan geografisnya dengan daratan, serta karakteristik-karakteristik dan dinamika-dinamika lautan. Secara etimologi, hidrografi berasal dari bahasa Yunani yang terdiri dari kata “hidro” yang berarti air dan “grafi” yang berarti menulis, hidrografi artinya gambaran permukaan bumi yang digenangi air.

Kegiatan hidrografi secara umum adalah mengenai survei dan pemetaan laut untuk pembuatan peta navigasi laut dan survei untuk eksplorasi minyak dan gas bumi, serta kaitannya dengan hukum laut dan aspek fisik dari pengelolaan kawasan pesisir. Kegiatan utama survei hidrografi antara lain pengukuran arus, pengukuran sedimen, pengukuran pasang surut, penentuan posisi di laut, dan pengukuran kedalaman (pemeruman) (*Internasional Hydrographic Organization*, 2005).

2.1.1 Pengamatan Pasang Surut

Pasang surut laut merupakan suatu fenomena pergerakan naik turunnya permukaan air laut secara berkala yang diakibatkan oleh kombinasi gaya gravitasi dan gaya tarik menarik dari benda-benda astronomi terutama oleh matahari, bumi dan bulan. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil.

Tujuan pengamatan pasang surut secara umum adalah sebagai berikut (Ongkosongo & Suyarso, 1989):

1. Menentukan permukaan air laut rata-rata (MLR) dan ketinggian titik ikat pasang surut (*tidal datum plane*) lainnya untuk keperluan survei rekayasa dengan melakukan satu sistem pengikatan terhadap bidang referensi tersebut.
2. Memberikan data untuk peramalan pasang surut dan arus serta mempublikasikan data ini dalam tabel tahunan untuk arus dan pasang surut.
3. Menyelidiki perubahan kedudukan air laut dan gerakan kerak bumi.
4. Menyediakan informasi yang menyangkut keadaan pasang surut untuk proyek teknik.
5. Memberikan data yang tepat untuk studi muara sungai tertentu.
6. Melengkapi informasi untuk penyelesaian masalah hukum yang berkaitan dengan batas-batas wilayah yang ditentukan berdasarkan pasang surut.

2.1.1.1 Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut di suatu tempat dibedakan menurut tipe *diurnal*, *semi-diurnal* dan *mixed*. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Pasang surut harian ganda (*semidiurnal tide*), dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Pasang surut *mixed* (campuran) terjadi dari gabungan *diurnal* dan *semi-diurnal*.

Pada umumnya sifat pasang surut di suatu perairan ditentukan dengan menggunakan rumus *formahzl* (Ongkosongo & Suyarso, 1989) yaitu:

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

F = bilangan *formahzl*

O_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

K_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

M_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

S_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Dimana hasil dari nilai F akan menentukan tipe pasang surut di suatu lokasi, dengan klasifikasi tipe pasang surut sebagai berikut:

Tabel 2.1 Pengelompokan Tipe Pasang Surut (Poerbandono & Djunarsjah, 2005)

Nilai Bentuk	Jenis Pasang Surut	Fenomena
$0 < F \leq 0,25$	Harian ganda murni	2 kali pasang sehari dengan tinggi yang relatif Sama
$0,25 < F \leq 1,5$	Campuran berganda	2 kali pasang sehari dengan tinggi dan interval yang berbeda
$1,5 < F \leq 3$	Campuran tunggal	1 kali atau 2 kali pasang sehari dengan interval yang berbeda
$F > 3$	Tunggal murni	1 kali pasang sehari, saat <i>spring</i> dapat terjadi 2 kali pasang sehari

2.1.1.2 Komponen Pasang Surut

Fenomena pasang surut yang kita amati di perairan pada hakikatnya merupakan superposisi dari komponen-komponen pasang surut yang disebabkan bulan, matahari, dan kedudukan-kedudukan relatifnya (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

Posisi bulan dan matahari terhadap bumi selalu berubah, oleh karena itu resultan gaya pasang surut yang disebabkan gaya tarik matahari dan bulan tidak sesederhana yang diperkirakan. Tetapi karena rotasi bumi, revolusi bumi terhadap matahari, revolusi bulan terhadap bumi sangat teratur maka resultan gaya pasang surut dapat diuraikan menjadi sebuah komponen harmonik pasang surut (Ongkosongo & Suyarso, 1989). Komponen tersebut dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komponen Harmonik Pasang Surut Utama
(Poerbandono & Djunarsjah, 2005)

Nama Komponen	Periode (jam matahari)	Fenomena
Semi-diurnal		
M2	12,42	Gravitasi bulan dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator Bumi
S2	12,00	Gravitasi matahari dengan orbit lingkaran dan sejajar ekuator bumi
N2	12,66	Perubahan jarak bulan ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips
K2	11,97	Perubahan jarak matahari ke bumi akibat lintasan yang berbentuk elips

Nama Komponen	Periode (jam matahari)	Fenomena
Diurnal		
K1	23,93	Deklinasi sistem bulan dan matahari
Nama Komponen	Periode (Jam Matahari)	Fenomena
O1	25,82	Deklinasi bulan
P1	24,07	Deklinasi matahari
Periode panjang		
Mf	327,86	Variasi setengah bulanan
Mm	661,30	Variasi bulanan
Ssa	2191,43	Variasi semi tahunan
Perairan dangkal		
2SM2	11,61	Interaksi bulan dan matahari
MNS2	13,13	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak matahari akibat lintasan berbentuk elips
MK3	8,18	Interaksi bulan dan matahari dengan perubahan jarak bulan akibat lintasan berbentuk elips
M4	6,21	2 kali kecepatan sudut M2
MS4	2,20	Interaksi M2 dan S2

2.1.1.3 Datum Vertikal

Tinggi titik di pantai atau kedalaman titik di laut hanya dapat ditentukan secara relatif terhadap bidang yang

di sepakati sebagai referensi tinggi atau *datum* vertikal. *Datum* vertikal ditentukan dengan mencari nilai konstanta pasang surut yang kemudian digunakan untuk mencari nilai *datum* vertikal yang diinginkan. Berikut ini beberapa pedoman tinggi muka air yang terkadang dijadikan referensi *datum* vertikal, antara lain: (Tabel 2.3)

Tabel 2.3 Beberapa Istilah dan Definisi *Datum Vertical*
(Poerbandono & Djunarsjah, 2005)

No	Istilah	Definisi
1	Muka air tinggi (<i>High Water Level</i> , HWL)	Muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2	Muka air rendah (<i>Low Water Level</i> , LWL)	Kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3	Muka air tinggi rerata (<i>Mean High Water Level</i> , MHWL)	Rataan dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4	Muka air rendah rerata (<i>Mean Low Water Level</i> , MLWL)	Rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5	Muka air laut rerata (<i>Mean Sea Level</i> , MSL)	Muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata.
6	Muka air tinggi tertinggi (<i>Highest High Water Level</i> , HHWL)	Air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7	<i>Higher High Water Level</i> (HHWL)	Air tertinggi dari dua air tinggi dalam satu hari, seperti dalam pasang surut tipe campuran.
8	<i>Lower Low Water Level</i> (LLWL)	Air terendah dari dua air rendah dalam satu hari.

No	Istilah	Definisi
9	Muka air rendah terendah (<i>Lowest Low Water Level, LLWL</i>)	Air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
10	<i>Low Water Spring (LWS)</i>	Air tersurut selama satu tahun dengan deklinasi bulan sebesar 23,5°
11	<i>High Water Spring (HWS)</i>	Air tersurut selama satu tahun dengan deklinasi bulan sebesar 23,5°

Menurut Surimiharja (1997) dalam (Rosdynur, 2012), penentuan referensi tinggi dari data pasang surut dengan referensi MSL, HHWL dan LLWL ditentukan dengan rumus-rumus sebagai berikut

$$MSL = S_0 \dots\dots\dots (2.2)$$

$$HHWL = S_0 + (M_2 + S_2) + (O_1 + K_1) \dots\dots\dots (2.3)$$

$$LLWL = S_0 - (M_2 + S_2) - (O_1 + K_1) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

S_0 = duduk tengah permukaan laut (*mean sea level*)

O_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan. (cm)

K_1 = amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari. (cm)

M_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya Tarik bulan. (cm)

S_2 = amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari. (cm)

2.1.2 Pemeruman

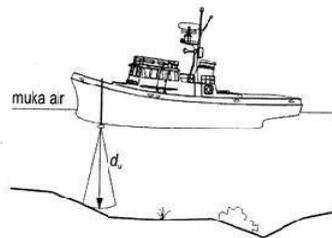
Pemeruman adalah proses untuk memperoleh gambaran permukaan dasar perairan. Proses penggambaran dasar perairan tersebut dimulai dari pengukuran, pengolahan sampai visualisasinya. Proses penggambaran tersebut

merupakan survei batimetri. Gambaran dasar perairan dapat disajikan dalam garis-garis kontur kedalaman atau model permukaan digital (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

Pengukuran kedalaman dilakukan pada titik-titik yang dipilih untuk mewakili keseluruhan daerah yang akan dipetakan. Pada titik titik tersebut juga dilakukan pengukuran untuk penentuan posisi. Titik-titik untuk pengukuran kedalaman dan posisi disebut sebagai titik fiks perum. Pada saat pemeruman juga harus dilakukan pencatatan waktu pengukuran untuk reduksi hasil pengukuran karena pasang surut.

Untuk menentukan sebuah kedalaman, diperlukan suatu bidang referensi kedalaman, pemilihan bidang referensi tergantung penggunaan masing-masing seperti perencanaan dan perancangan pelabuhan, keselamatan pelayaran, dan lain sebagainya.

Untuk pengukuran kedalaman, digunakan *echosounder* atau perum gema. Alat perum gema ini menggunakan prinsip pengukuran jarak dengan memanfaatkan gelombang akustik yang dipancarkan dari *tranduser* (Gambar 2.1). *Tranduser* adalah bagian dari *echosounder* yang mengubah energi listrik menjadi mekanik (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).



Gambar 2.1 Pengukuran Kedalaman Secara Akustik
(Poerbandono & Djunarsjah, 2005)

2.2 Klasifikasi Survei

Penentuan orde telah diklasifikasikan oleh Bakosurtanal dalam Standard National Indonesia dengan mengacu pada IHO *Special Publication Number 44* dengan orde sebagai berikut (BSN, 2010):

Tabel 2.4 Klasifikasi Daerah Survei Hidrografi (IHO, 2008)

No	Kelas	Contoh daerah survei
1	Orde Khusus	Pelabuhan tempat sandar dan alur kritis (berbahaya) cakupan batimetri 100% dengan kedalaman hingga 40 meter
2	Orde 1a	Area perairan dangkal, tetap diperlukan cakupan batimetri 100% namun tidak kritis, kedalaman 40 – 100 meter,
3	Orde 1b	Area perairan hingga kedalaman 100 meter namun tidak diperlukan cakupan batimetri 100% karena karakteristik
4	Orde 2	Area perairan dengan kedalaman lebih dari 100 meter dan tidak diperlukan cakupan 100%.

Perubahan IHO edisi ke 5 tahun 2008 adalah pada orde 1a pencarian dasar laut secara penuh diperlukan dan orde 1b tidak serta penghapusan orde 3 (IHO, 2008).

2.3 Ketelitian Survei

Dibawah ini adalah ringkasan standard ketelitian pengukuran pada survei hidrografi (BSN, 2010):

Tabel 2.5 Ketelitian Pengukuran Survei Hidrografi (IHO, 2008)

No	Deskripsi	Kelas			
		Orde Khusus	Orde 1a	Orde 1b	Orde 2
1	Akurasi horisontal	2 m	5 m + 5% dari kedalaman rata-rata	5 m + 5% dari kedalaman rata-rata	20 m + 5% dari kedalaman rata-rata
2	Alat bantu navigasi tetap dan kenampakan yang berhubungan dengan navigasi	2m	2m	2m	2m
3	Garis Pantai	10m	20m	20m	20m
4	Alat bantu navigasi terapung	10m	10m	10m	20m
5	Jarak maksimum line survei	Tidak didefinisikan	Tidak didefinisikan	3 x kedalaman rata-rata atau 25 meter	4 x kedalaman rata-rata
6	Akurasi kedalaman	a=0,25m b=0,0075	a=0,5 m b=0,013	a=0,5 m b=0,013	a=1,0 m b=0,023

Keterangan:

1. a dan b adalah variabel yang digunakan untuk menghitung ketelitian kedalaman.
2. Alat pemeruman dikalibrasi sebelum digunakan.

Batas toleransi kesalahan antara kedalaman titik fix perum pada lajur utama dan lajur silang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\pm\sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana:

- a = Kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap).
- b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap).
- d = kedalaman terukur.
- $(b \times d)$ = Kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen).

2.4 Penentuan Posisi

Pada dasarnya penentuan posisi dengan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit (yang koordinatnya telah diketahui) sekaligus. Untuk menentukan koordinat suatu titik di bumi, *receiver* setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap sinyalnya dengan baik. Secara *default* posisi atau koordinat yang diperoleh bereferensi ke global *datum* yaitu *World Geodetic System* 1984 atau disingkat WGS'84.

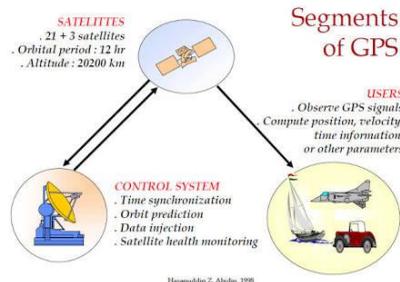
2.4.1 Global Positioning System

Global Positioning System (GPS) adalah sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. Nama formalnya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*). GPS didesain untuk memberikan informasi posisi, kecepatan, dan waktu. Pada dasarnya GPS terdiri atas 3 segmen utama, yaitu (Abidin, 2007):

1. Segmen angkasa (*space segment*)
Terdiri dari 24 satelit yang terbagi dalam 6 orbit dengan inklinasi 55° dengan ketinggian 20.200 km dan periode orbit 11 jam 58 menit.
2. Segmen sistem kontrol (*control system segment*)
Mempunyai tanggung jawab untuk memantau satelit GPS agar satelit dapat tetap berfungsi dengan tepat. Misalnya untuk sinkronisasi waktu, prediksi orbit, dan monitoring "kesehatan" satelit.

3. Segmen pemakai (*user segment*)

Segmen pemakai merupakan pengguna, baik di darat, laut, maupun udara, yang menggunakan *receiver* GPS untuk mendapatkan sinyal GPS sehingga dapat menghitung posisi, kecepatan, waktu, dan parameter lainnya.



Gambar 2.2 Segmen GPS (Abidin, 2007)

2.4.2 Metode Penentuan Posisi dengan GPS

Pada dasarnya konsep penentuan posisi dengan GPS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit GPS yang koordinatnya telah diketahui. Posisi yang diberikan oleh GPS adalah posisi 3 dimensi (x, y, z atau α, β, h) yang dinyatakan dalam datum WGS (*world geodetic system*) 1984, sedangkan tinggi yang diperoleh adalah tinggi ellipsoid. Secara garis besar penentuan posisi GPS dibagi menjadi dua metode, yaitu:

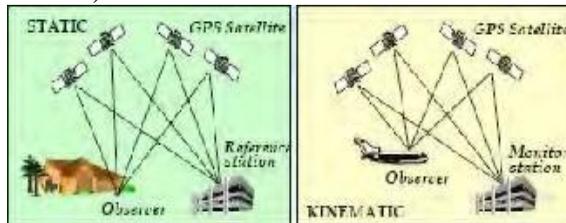
1. Metode absolut

Dikenal dengan *point positioning*, menentukan posisi hanya berdasarkan pada 1 pesawat penerima saja. Ketelitian posisi dalam beberapa meter dan umumnya hanya digunakan untuk navigasi saja.

2. Metode diferensial

Ketelitian posisi secara absolut yang hanya menggunakan satu *receiver* GPS, dapat ditingkatkan

dengan menggunakan penentuan posisi secara diferensial (relatif). Pada penentuan posisi diferensial, posisi suatu titik ditentukan relatif terhadap titik lainnya yang telah diketahui koordinatnya (titik referensi).



Gambar 2.3 Metode Penentuan Posisi Secara Diferensial (Abidin, 2007)

2.5 Side Scan Sonar

Side Scan Sonar (SSS) digunakan untuk menghasilkan citra dasar laut, yang mana diaplikasikan untuk investigasi geologi dan pencarian obyek seperti bangkai kapal, ranjau, dan pipa.

2.5.1 Prinsip Kerja

Side Scan Sonar adalah metode pencitraan bawah air yang didasarkan pada prinsip akustik bawah air. Instrumen ini sangat sensitif dan dapat mengukur fitur yang lebih kecil dari 10 cm. Kegunaannya termasuk:

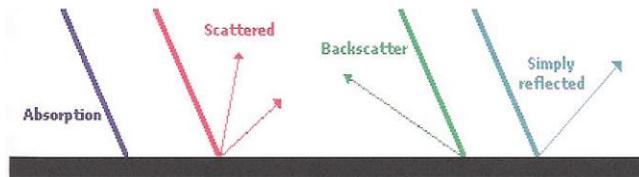
1. Pendeteksian obyek (ranjau, kapal karam, pipa, pesawat jatuh, kargo yang hilang).
2. Klasifikasi dasar laut (tipe sedimen, lapisan batuan, riak pasir).
3. Inspeksi konstruksi bawah air (konstruksi lepas pantai, *wellhead*, pipa minyak, jembatan, tiang pancang, dinding pelabuhan).

Instrumen *side scan sonar* ditarik di belakang atau dipasang pada kapal dan sering disebut *towfish* atau *sonar fish*. Instrumen ini mengirim sinyal *sonar* dengan pulsa yang

tegak lurus dengan arah *towfish*. Sinyal suara tersebut memantul di dasar laut dan kembali ke *sonar fish*. *sonar fish* memiliki *receiver* yang sensitif yang disebut juga sebagai *hydrophone* yang menerima sinyal kembali.

Guna memperoleh hasil terbaik yang dimungkinkan, kebanyakan sistem adalah sistem *dual frequency*. Frekuensi tinggi seperti 500 kHz – 1 MHz memberikan resolusi bermutu tinggi, tetapi energi akustiknya hanya menjangkau jarak yang pendek. Frekuensi yang lebih rendah seperti 50 kHz – 100 kHz memberikan resolusi yang lebih rendah, tapi jarak yang dapat dijangkau lebih jauh.

Ketika pulsa suara mencapai dasar laut, sinyal suara bisa saja diserap, dipantulkan seperti pada cermin, atau dihamburkan ke berbagai arah yang berbeda. Suara yang dihamburkan kembali ke arah *sonar fish* disebut *backscatter*.



Gambar 2.4 Diagram Penyerapan, Penghamburan, dan Pemantulan Gelombang Suara (Lekkerkerk, 2006)

Seberapa banyak penghamburan, *backscatter*, dan penyerapan yang terjadi tergantung pada sifat material. Material keras, seperti batu, akan menghamburkan lebih banyak suara dibandingkan material halus, seperti lumpur, yang akan menyerap lebih banyak suara. Perbedaan jumlah hamburan menyebabkan perbedaan jumlah sinyal suara yang kembali ke *sonar fish* dan perbedaan citra dasar laut.

Data SSS yang merepresentasikan *backscatter* diterima oleh *sonar fish* dari *insonified region* di dasar laut. *Backscatter* akustik adalah sebagai fungsi:

1. Sudut datang dari gelombang akustik di depan dasar laut.

2. Kekasaran permukaan.
3. Kontras *impedance* yang melewati antarmuka *solid-water* (sedimen dasar laut yang lebih keras/lebih tegas atau obyek yang menghasilkan *backscatter* yang lebih tinggi dan muncul lebih gelap pada *record* final; karang dan kerikil adalah reflektor yang lebih baik daripada lumpur atau pasir).
4. Topografi (lereng bagian atas yang menghadap *sonar fish* adalah reflektor yang jauh lebih baik dibandingkan lereng bagian bawah dikarenakan perbedaan pada sudut datang).

Dengan citra SSS, *backscatter* yang tinggi direpresentasikan oleh warna yang lebih gelap, *backscatter* rendah oleh warna terang, *backscatter* nol direpresentasikan dengan warna putih. Pada umumnya, area dengan *backscatter* tinggi diasosiasikan dengan sedimen yang relatif *coarser-grained* (berbutir kasar), *hard substrata* (substrat keras), *steep slopes* (lereng curam), dan *rough seabed* (dasar laut yang kasar). Area dengan *backscatter* rendah sedimennya relatif *finer-grained* (berbutir lebih halus) yakni dasar laut yang datar dan halus. Warna putih juga dikenal sebagai *shadow* yang merupakan hasil dari *acoustic blanking*, ketika suatu obyek atau struktur menghalangi pulsa suara dari SSS.

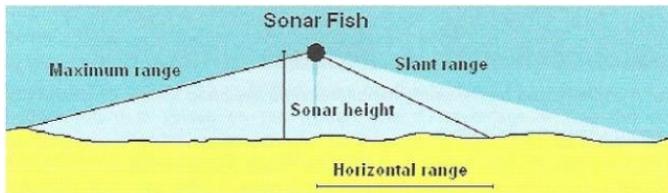
2.5.1.1 Geometri

Tipikal geometri dari operasi SSS adalah sebagai berikut:

1. *Slant range*: jarak dari *sonar fish* ke titik-titik di dasar laut. *Slant range* sama dengan jalan yang dilalui gelombang suara dari *sonar* ke titik tersebut dan kembali lagi ke *sonar*.
2. *Horizontal range*: jarak horizontal antara posisi, tepatnya bagian bawah *Sonar Fish* dan titik yang sama

di dasar. Nilai *horizontal range* dapat dihitung dari tinggi *sonar* dan *slant range* dengan menggunakan teorema Pythagoras.

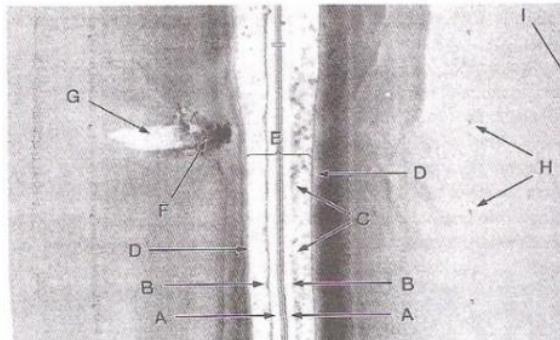
3. *Maximum range*: nilai maksimum dari *slant range*. Adalah pengaturan sistem, mengatur seberapa jauh pindaian *side scan sonar*.
4. *Ensonified area*: keseluruhan area yang tercakup oleh sorotan *sonar*.



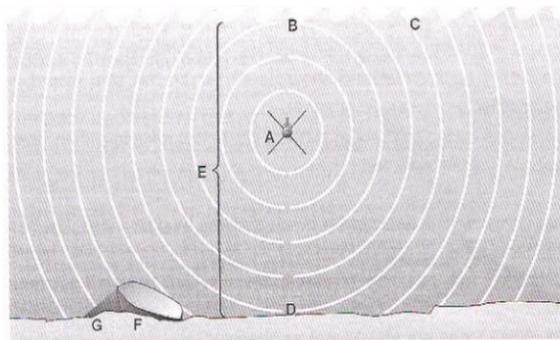
Gambar 2.5 Penampang Melintang Sonar Fish
(Lekkerkerk, 2006)

2.5.1.2 Rekaman

Gambar yang disajikan di bawah ini merupakan visualisasi bagaimana SSS mengakuisisi data dasar laut dan juga hasil rekamannya.



Gambar 2.6 Sketsa yang Menggambarkan Kondisi Bawah Permukaan Saat Perekaman
(Fish dan Carr, 1990 dalam Lekkerkerk, 2006)



Gambar 2.7 Rekaman Sonar Merepresentasikan Situasi Dasar
(Fish dan Carr, 1990 dalam Lekkerkerk, 2006)

Data rekaman di atas menunjukkan:

- A. Pemicu pulsa suara atau tanda pertama dari pulsa akustik pada sisi kiri dan kanan. Garis tipis menunjukkan jejak *towfish*.
- B. Permukaan pertama yang ditangkap. Dalam kasus pertama yang ditangkap. Dalam kasus ini *towfish* berada lebih dekat ke permukaan daripada dasar laut. Permukaan laut adalah reflektor yang baik dan mungkin terlihat pada beberapa rekaman di mana jarak antara *sonar* dan permukaan sama dengan tingginya di atas dasar.
- C. Diketahui sebagai *clutter* yang disebabkan oleh pantulan permukaan. Pada kasus ini *clutter* lebih terlihat pada bagian kanan. Hal ini dikarenakan gelombang permukaan adalah reflektor yang lebih baik pada bagian di bawah angin daripada bagian di atas angin.
- D. Adalah bagian dasar pertama yang ditangkap. Pengecualian pada kondisi dasar yang sangat lembut. Dasar pertama yang ditangkap adalah indikasi yang baik dari tinggi *towfish*. Rekaman memiliki bentang 75 m pada kedua sisi, yang mana menghasilkan ketinggian *towfish* yang rendah

sekitar 7,5 m. Ketinggian tersebut seharusnya lebih baik tetap berada pada 10 – 15% dari *maximum range*.

- E. Merupakan area putih antara pulsa yang dipancarkan dan dasar pertama yang ditangkap yang disebut dengan kolom air.
- F. Adalah target *sonar* di dasar, pada contoh ini bangkai kapal kecil.
- G. Adalah bayangan akustik dari target. Karena target berada di dasar laut, benda tersebut menghalangi bagian dari energi akustik, menciptakan bayangan akustik di belakangnya.
- H. Merupakan informasi tambahan berupa tanda skala.
- I. Merupakan informasi tambahan berupa pengaturan operasional sistem.

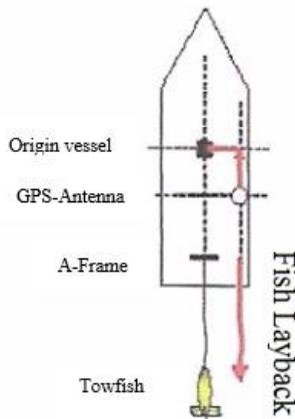
2.5.2 Instalasi

Instalasi sistem *side scan sonar* dapat dilakukan dengan berbagai cara tergantung ruang lingkup survei dan kondisi geografis dari area survei. Dalam pengoperasian dan pemrosesan data *side scan sonar*, ada dua persoalan yang sangat penting, yakni citra *sonar* harus sebaik mungkin dan posisinya harus benar. Oleh karena itu dibutuhkan susunan sistem yang terdiri dari:

1. Sistem *side scan sonar*, termasuk komputer, *plotter*, *towfish*, dan *tow cable*.
2. Sistem pemosisian, di antaranya *receiver* GPS, komputer untuk pemrosesan dan menampilkan data navigasi.
3. Penghubung data antara dua sistem ini diperlukan pula guna merekam data navigasi yang telah diproses pada data *sonar*.

2.5.2.1 Ditarik dari Buritan

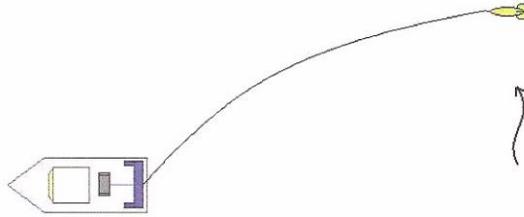
Cara ini merupakan cara yang paling umum dalam pengoperasian sistem *side scan sonar*. Sederhana, murah, dan handal. Dapat diterapkan pada hampir semua kapal tanpa banyak melakukan modifikasi terhadap kapal itu sendiri. Digunakan pada kedalaman dari yang hanya beberapa meter hingga ribuan meter.



Gambar 2.8 Side Scan Sonar yang Ditarik dari Buritan
(Lekkerkerk, 2006)

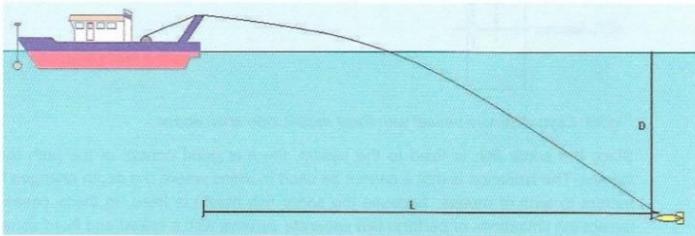
Kekurangannya adalah untuk pekerjaan survei air dangkal (< 20 m), ketika *towfish* terlalu dekat dengan permukaan air berakibat rentan terhadap *noise* permukaan dan operasional kapal. Cara ini tidak menjadi masalah apabila *tow cable* berada pada posisi lurus di belakang kapal. Pada praktiknya masalah yang dapat muncul, yaitu:

1. Akibat dari adanya arus dari samping, *towfish* dan kabelnya menjauh. *Sonar* tidak terseret dalam garis lurus dari kapal.



Gambar 2.9 Posisi Sonar yang Tidak Benar Akibat Arus dari Samping (Lekkerkerk, 2006)

2. Apabila depresor tidak digunakan, *tow cable* secara normal akan melengkung.



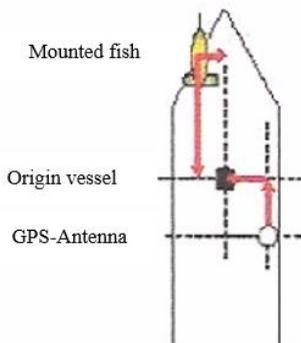
Gambar 2.10 Posisi Sonar yang Tidak Benar Akibat Melengkungnya Tow Cable (Lekkerkerk, 2006)

Beberapa solusi untuk memperoleh posisi *towfish* yang benar antara lain:

1. Solusi matematis: dengan mengukur sudut antara arah kapal dan *tow cable*, koreksi dapat diperoleh.
2. Akustik bawah air: dengan menggunakan USBL yang terdiri dari transponder dan *receiver*. Alat ini berguna untuk mengukur jarak dan sudut relatif dengan orientasi kapal. USBL sensitif terhadap pantulan permukaan, maka dari itu lebih baik digunakan untuk kedalaman lebih dari 20 m di bawah permukaan.

2.5.2.2 Dipasang pada Kapal

Metode ini diterapkan untuk perairan yang sangat dangkal seperti jalur air pedalaman. Pastikan *sonar* sejajar dengan kapal sehingga keduanya memiliki arah yang sama. Biasanya *sonar* dipasang di bagian depan kapal, kira-kira 50 – 100 cm di bawah permukaan, tetapi untuk mencegah kerusakan *sonar fish*, sebaiknya tidak lebih dalam dari lambung kapal.



Gambar 2.11 *Side Scan Sonar* yang Dipasang di Kapal
(Lekkerkerk, 2006)

Kekurangannya adalah tidak dapat digunakan untuk perubahan kedalaman dari beberapa meter menjadi puluhan meter.

2.6 Spesifikasi SSS *Edge 4200*

Edgetech 4200 adalah *side scan sonar* yang serba guna, sistem sonar yang dapat dikonfigurasi untuk hampir semua aplikasi survei dari dangkal hingga operasi perairan dalam dengan jangkauan operasi 100 kHz; 500 m, 300 kHz; 230 m, 400 kHz; 150 m, 600 kHz; 120 m, 900 kHz; 75 m. Instrumen ini menghasilkan citra resolusi tinggi dan dapat dioperasikan pada maksimum kedalaman 2000 meter,

sehingga menghemat biaya yang dihabiskan untuk survei yang relatif mahal.

Salah satu fitur unik dari 4200 adalah teknologi opsional *Multi-Pulse* (MP), yang menempatkan dua pulsa suara di dalam air bukan satu pulsa seperti sistem *side scan sonar* konvensional dan memiliki sensor standar *heading*, *pitch* dan *roll*. Hal ini memungkinkan *Edgetech 4200* dapat dipakai dengan kecepatan hingga 10 knot dengan tetap mempertahankan cakupan 100% di bawahnya. Selain itu, teknologi MP akan memberikan dua kali resolusi ketika beroperasi pada kecepatan derek normal, sehingga memungkinkan untuk deteksi target yang lebih baik dan kemampuan klasifikasi (www.edgetech.com).

2.7 Prinsip kerja Single-beam Echosounder

Singlebeam Echosunder merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran tunggal sebagai pengirim dan penerima sinyal gelombang suara. Sistem batimetri dengan menggunakan *singlebeam* secara umum mempunyai susunan : *transciever* (*tranducer/reciever*) yang terpasang pada lambung kapal atau sisi bantalan pada kapal. Sistem ini mengukur kedalaman air secara langsung dari kapal penyelidikan. *Transciever* yang terpasang pada lambung kapal mengirimkan pulsa akustik dengan frekuensi tinggi yang terkandung dalam *beam* (gelombang suara) secara langsung menyusuri bawah kolom air. Energi akustik memantulkan sampai dasar laut dari kapal dan diterima kembali oleh *transciever*. *Transciever* terdiri dari sebuah *transmitter* yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol panjang gelombang pulsa yang dipancarkan dan menyediakan tenaga listrik untuk besar frekuensi yang diberikan. *Transmitter* ini menerima secara berulang-ulang dlam kecepatan yang tinggi, sampai pada orde kecepatan milisekon. Perekaman kedalaman air secara berkesinambungan dari bawah kapal menghasilkan ukuran

kedalaman beresolusi tinggi sepanjang lajur yang disurvei. Informasi tambahan seperti *heave* (gerakan naik-turunnya kapal yang disebabkan oleh gaya pengaruh air laut), *pitch* (gerakan kapal ke arah depan (mengangguk) berpusat di titik tengah kapal), dan *roll* (gerakan kapal ke arah sisi-sisinya (lambung kapal) atau pada sumbu memanjang) dari sebuah kapal dapat diukur oleh sebuah alat dengan nama *Motion Reference Unit* (MRU), yang juga digunakan untuk koreksi posisi pengukuran kedalaman selama proses berlangsung. *Singlebeam echosounder* relatif mudah untuk digunakan, tetapi alat ini hanya menyediakan informasi kedalaman sepanjang garis track yang dilalui oleh kapal. Jadi, ada *feature* yang tidak terekam antara lajur per lajur sebagai garis tracking perekaman, yang mana ada ruang sekitar 10 sampai 100 m yang tidak terlihat oleh sistem ini.

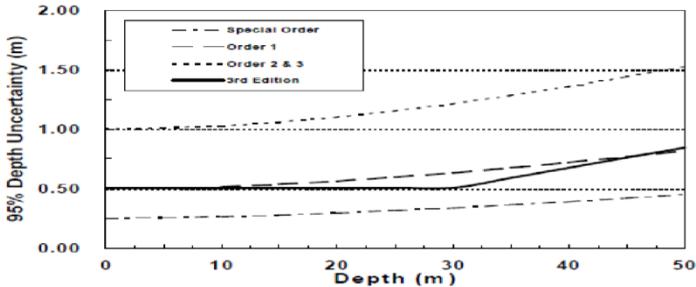
Berdasarkan S-44 11 *International Hydrographic Organisation* (IHO) yang membagi wilayah perairan menjadi 4 orde (klasifikasi perairan suvei berdasarkan kedalaman), yaitu orde khusus, orde 1, orde 2, dan orde 3. Pada penelitian ini hanya dibahas orde 1 dikarenakan wilayah penelitian masuk pada orde 1 yaitu perairan yang memiliki kedalaman kurang dari 100 meter, yang diperuntukkan bagi pelabuhan-pelabuhan, alur pendekat, haluan yang dianjurkan, alur navigasi, dan daerah pantai dengan lalu lintas komersial yang padat, di mana kedalaman di bawah lunas kapal cukup memadai dan kondisi fisik dasar yang tidak begitu membahayakan (misalnya lumpur atau pasir). Batas toleransi kesalahan ketelitian kedalaman (σ) pada orde pertama dihitung dengan menggunakan rumus 2.6.

$$\sigma = \pm \sqrt{\{a^2 + (b \times d)^2\}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

Konstanta orde 1 adalah $a = 0.5$ meter dan $b = 0.013$ dengan σ : ketelitian kedalaman, a : konstanta kesalahan

kedalaman yaitu jumlah dari semua konstanta kesalahan, b : faktor pengganti kesalahan kedalaman lain, d : kedalaman (meter), $b \times d$: kesalahan kedalaman lain, jumlah semua kesalahan. Gambar 2.12 merupakan standar akurasi kedalaman dari setiap orde.



Gambar 2.12 Perbandingan Standar Akurasi Kedalaman dari Setiap Orde (IHO, 1998)

2.8 Spesifikasi *Singlebeam* Kongsberg EA400

Singlebeam echosounder ini dapat melakukan pengukuran akustik secara bersamaan pada dua frekuensi yang berbeda. Echosounder ini memiliki kemampuan yang sangat baik untuk mendeteksi perairan dangkal maupun dalam karena adanya dua frekuensi yang digunakan dimana frekuensi 210 kHz digunakan untuk perairan dangkal (0,2 – 200 m) dan 38 kHz digunakan untuk perairan dalam (0,5 – 1500 m).

2.9 Fitur Dasar Laut

Pengetahuan mengenai topografi dasar laut bermula dari pemetaan-pemetaan yang sudah sejak lama dilakukan orang. Awalnya pengetahuan ini diperoleh dengan cara mengukur kedalaman laut dengan teknik yang sangat sederhana yakni dengan mengulur tali atau kabel yang diberi bandul pemberat kedalam laut hingga menyentuh dasar (*wiresonder*). Dengan cara ini pengukuran kedalaman laut memerlukan waktu lama, teknik ini baik digunakan untuk

mengukur dasar laut dengan lereng-lereng yang curam. Pengukuran kedalaman laut yang lebih cepat dapat menggunakan alat-alat pemancar gema suara (*echosounder*). Dengan teknik ini pengukuran dapat dilakukan dengan cepat karena kecepatan merambat suara pada air rata-rata 1.500 meter per detik. Jarak waktu yang diperlukan untuk perambatan bolak-balik dapat diterjemahkan menjadi kedalaman laut ditempat itu. Dengan prinsip teknologi ini lah pengetahuan tentang topografi dasar laut (peta bathimetri) semakin disempurnakan.

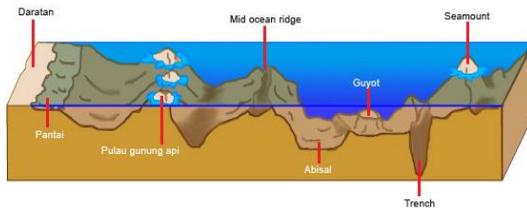
2.9.1 Bentukan-bentukan Dasar Laut

Keadaan dasar laut seperti juga di daratan terdapat bentukan-bentukan dasar laut seperti pegunungan, gunung, lembah, parit, plato, dataran tinggi, dataran rendah, sedimentasi dan lain sebagainya.

- *Trench* atau *trog*. *Trench* yaitu dasar laut yang dalam memanjang, sempit dengan lerengnya yang curam. Sedangkan *trog* yaitu dasar laut yang dalam, memanjang, lebih lebar dari *trench* dan lerengnya tidak terlalu curam.
- *Ridge* yaitu punggung/pegunungan dasar laut dengan puncaknya sempit dan lerengnya curam.
- *Rise* yaitu punggung/pegunungan dasar laut dengan puncaknya luas dan lerengnya tidak securam *ridge*.
- *Swell* yaitu punggung, kalau tidak panjang lereng tidak curam.
- *Dremple* atau ambang yaitu punggung yang tidak begitu panjang dan tidak begitu tinggi. *Dremple* biasanya yang dibatasi laut pedalaman/laut tengah dengan laut lepas/samudera.
- *Plateau* dataran tinggi dasar laut dengan bagian puncaknya yang relatif datar dan disebut juga *mesas*.

Bagian atasnya masih lebih dalam dari 200 meter (*shelf*).

- *Island arc* yaitu rangkaian pulau-pulau seperti rangkaian pulau-pulau di Kepulauan Hawaii, Kepulauan Marshall yang ada di Samudera Pasifik.
- *Guyote* yaitu gunung berapi dasar laut dengan puncaknya yang datar.
- Basin yaitu laut dalam yang berbentuk yang dasarnya relatif datar.
- *Deep* yaitu cekungan dalam basin dengan lereng yang tidak terlalu curam.
- *Sea Mount* yaitu gunung yang terdapat di laut seperti Gunung Krakatau.



Gambar 2.13 Model Bentuk Morfologi Dasar Laut (Supangat, 2003)

2.10 Kemiringan Dasar Perairan

Untuk mengetahui tingkat kelerangan (*slope*) dasar perairan digunakan metode Wentworth (1930) dengan persamaan sebagai berikut (Arifianti, 2011) :

$$S = \frac{(n-1) \times Ic}{\Delta h} \times 100\% \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

- S = Nilai Kemiringan Lereng (%)
- N = Jumlah Kontur
- Ic = Interval Kontur
- Δh = Jarak Horizontal (m)

Dalam pengklasifikasian nilai kemiringan kelerengan digunakan klasifikasi kelas lereng oleh Van Zuidam (Arifianti, 2011).

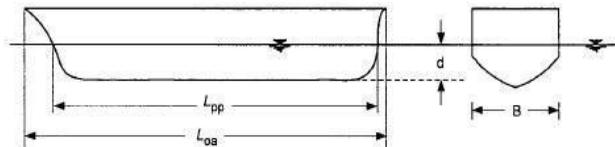
Tabel 2.6 Klasifikasi Kelas Lereng

Kelas Lereng	Slope (%)	Keterangan
1	0-2	Datar
2	2-7	Landai
3	7-15	Bergelombang
4	15-25	Curam
5	25-45	Sangat Curam
6	>45	Terjal

2.11 Kapal

2.11.1 Beberapa Definisi

Panjang, lebar dan sarat (*draft*) kapal yang akan menggunakan pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan dan fasilitas-fasilitas yang harus tersedia di pelabuhan. Gambar 2.11. menunjukkan dimensi utama kapal yang akan digunakan untuk menjelaskan beberapa definisi kapal.



Gambar 2.14 Dimensi Kapal (Triatmodjo, 2009)

Berikut ini beberapa istilah dalam kapal (Triatmodjo, 2009):

- *Displacement Tonnage* atau Ukuran Isi Tolak adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal.
- *Displacement Tonnage Loaded* adalah Ukuran Isi Tolak Kapal bermuatan penuh, yaitu berat kapal maksimum. Apabila kapal sudah mencapai

Displacement Tonnage Loaded dimuati lagi, maka akan mengganggu stabilitasnya, sehingga kemungkinan kapal tenggelam menjadi lebih besar. Ukuran isi total dalam keadaan kosong disebut dengan *Displacement Tonnage Light*, yaitu berat kapal tanpa muatan. Dalam hal ini berat kapal adalah termasuk perlengkapan berlayar, bahan bakar, anak buah kapal, dan sebagainya.

- *Deadweight Tonnage*, DWT (Bobot Mati) yaitu berat total muatan di mana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (draft maksimum). Jadi DWT adalah selisih antara *Displacement Tonnage Loaded* dan *Displacement Tonnage Light*.
- *Gross Register Tons*, GRT (Ukuran Isi Kotor) adalah volume keseluruhan ruangan kapal.
- *Netto Register Tons*, NRT (Ukuran Isi Bersih) adalah ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang, besarnya sama dengan GRT dikurangi dengan ruangan yang disediakan untuk nahkoda dan ABK, ruang mesin, gang, kamar mandi, dapur, dan ruang peta.
- *Draft* (d), atau sarat adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*designed load water line*) dengan titik terendah kapal.
- Panjang keseluruhan (*length overall*, Loa), adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
- Panjang garis air (*length of perpendicular*, Lpp), adalah panjang antara kedua ujung *designed load water line*.
- Lebar kapal (*beam*) adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal.

2.11.2 Jenis-Jenis Kapal

Selain dimensi kapal, karakteristik dan jenis kapal juga berpengaruh pada perencanaan suatu pelabuhan serta fasilitasnya. Berikut jenis-jenis kapal (Triatmodjo, 2009).

- **Kapal Penumpang**
Kapal penumpang merupakan kapal khusus yang melayani transportasi antar pulau. Umumnya kapal penumpang tidak terlalu besar.



Gambar 2.15 Kapal Penumpang

- **Kapal Barang**
Kapal barang merupakan kapal khusus yang digunakan untuk mengangkut barang. Kapal ini juga dapat dibedakan menjadi beberapa macam sesuai dengan barang yang diangkut, seperti biji-bijian, peti kemas (*container*), benda cair (minyak, bahan kimia, gas alam, gas alam cair dsb).
 - **Kapal Barang Umum (*general cargo ship*)**, digunakan untuk mengangkut muatan umum. Dilengkapi dengan *crane*.



Gambar 2.16 Kapal Barang Umum

- Kapal Peti Kemas, digunakan untuk mengangkut peti kemas.



Gambar 2.17 Kapal Peti Kemas

- Kapal Barang Curah (*bulk cargo ship*), digunakan untuk mengangkut muatan curah dalam jumlah banyak sekaligus. Seperti batubara, beras, gandum, bijih besi, dan sebagainya.



Gambar 2.18 Kapal Tongkang mengangkut Batubara

- Kapal Tanker Kapal ini digunakan untuk mengangkut minyak, yang umumnya mempunyai ukuran sangat besar. Kapal tanker ada yang mencapai kapasitas 550.000 DWT yang mempunyai panjang 414 m, lebar 63 m, dan sarat 28,5 m.



Gambar 2.19 Kapal Tanker Kapal Khusus

- Kapal ini dibuat khusus untuk mengangkut barang tertentu seperti daging yang harus diangkat dalam keadaan beku, kapal pengangkut gas alam cair (LNG).



Gambar 2.20 Kapal LNG Kapal Pesiar

- Kapal pesiar (*cruise ship* atau *cruise liner*) adalah kapal penumpang yang dipakai untuk pelayaran pesiar.



Gambar 2.21 Kapal Pesiar

- Kapal Ikan
Kapal ikan, digunakan untuk menangkap ikan di laut dengan ukuran yang tergantung pada jenis ikan yang tersedia, potensi ikan di daerah tangkapan, karakteristik alat tangkap, dan sebagainya.



Gambar 2.22 Kapal Ikan

Jenis kapal yang akan menggunakan pelabuhan bongkar muat barang adalah jenis Kapal Barang Umum (*general cargo ship*), Kapal Peti Kemas (*container*), Kapal Tanker.

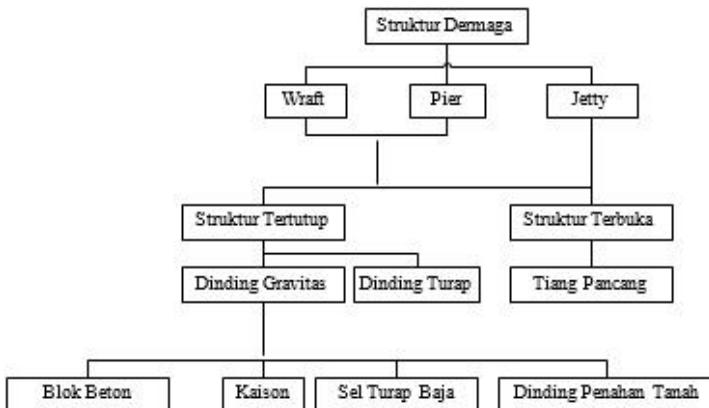
2.11.3 Karakteristik Kapal

Untuk menentukan spesifikasi alur pelayaran, perlu diketahui dimensi kapal yang akan memasuki dan melewati perairan tersebut. Dimensi ini meliputi panjang, lebar, dan batas kedalaman (*draft*) dari kapal tersebut. Berikut macam-macam spesifikasi kapal (dapat dilihat di lampiran).

2.12 Dermaga dan Alur Pelayaran

2.12.1 Dermaga

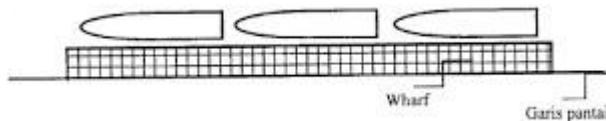
Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang akan melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang yang merupakan suatu struktur yang dibuat di laut yang menghubungkan bagian darat dan terdiri dari bangunan atas yang terbuat dari balok, pelat lantai dan tiang pancang yang mendukung bangunan di atasnya. Konstruksi dermaga diperlukan untuk menahan gaya-gaya akibat tumbukkan kapal dan beban selama bongkar muat. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang akan merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Pada gambar 2.23 dijelaskan diagram struktur dermaga.



Gambar 2.23 Struktur Dermaga
(Sumber: Triatmodjo, B., 2009)

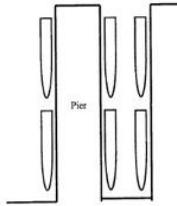
Dermaga dapat dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier*, dan *jetty*. Struktur *wharf* dan *pier* bisa berupa struktur tertutup atau terbuka, sementara *jetty* pada umumnya berupa struktur terbuka.

Wharf gambar 2.21 adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada di belakangnya.



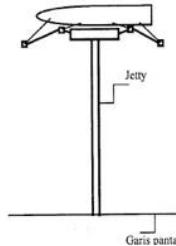
Gambar 2.24 Dermaga Tipe Pier
(Sumber: Triatmodjo, B., 2009)

Pier (gambar 2.22.) adalah dermaga yang berada pada garis pantai dan posisinya tegak lurus dengan garis pantai (berbentuk jari). Berbeda dengan *wharf* yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, *pier* bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya, sehingga dapat digunakan untuk merapat lebih banyak kapal.



Gambar 2.25 Dermaga Tipe Pier
(Sumber: Triatmodjo, B., 2009)

Jetty (gambar 2.23.) adalah dermaga yang menjorok ke laut sedemikian sehingga sisi depannya berada pada kedalaman yang cukup untuk merapat kapal. *Jetty* digunakan untuk merapat kapal tanker atau kapal pengangkut gas alam, yang mempunyai ukuran sangat besar. Sisi muka *jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang membentuk sudut tegak lurus dengan *jetty*.



Gambar 2.26 Dermaga tipe Jetty
(Sumber: Triatmodjo, B., 2009)

2.12.1.2 Perencanaan Pelabuhan

Dalam perencanaan pelabuhan penumpang dan barang harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Penyediaan fasilitas dasar pelabuhan penumpang dan barang.
- Tersedianya ruang gerak yang luasa bagi kapal di dalam pelabuhan.

- Alur yang baik untuk memudahkan kapal keluar masuk pelabuhan.
- Tersedianya fasilitas pendukung seperti air bersih, BBM, dll.
- Mempunyai jaringan angkutan darat yang mudah dengan daerah pendukungnya.

Dalam perencanaan pembangunan pelabuhan ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan sehubungan dengan kondisi lapangan yang ada, antara lain :

- Topografi dan situasi
- Angin
- Pasang surut
- Gelombang
- Kondisi tanah
- Karakteristik kapal

Faktor-faktor tersebut harus sudah diperhitungkan dengan tepat untuk menghasilkan perencanaan pelabuhan yang benar-benar baik.

2.12.2 Alur Pelayaran

Keselamatan pelayaran adalah hal yang paling diutamakan dalam kegiatan transportasi di laut. Alur pelayaran di pelabuhan tidak dapat terlepas dari pekerjaan survei hidrografi. Oleh karena itu, kedalaman, panjang, dan lebar alur pelayaran menjadi salah satu persyaratan navigasi yang penting. Berdasarkan hasil konferensi *International Association of Ports and Harbours* (IAPH) Juni 1983 di Vancouver, Kanada, merekomendasikan bahwa pada umumnya seluruh pelabuhan harus melakukan kegiatan pemeliharaan alur pelayaran secara kontinu (terus-menerus) di sepanjang alur pelayaran untuk mengakomodasi kapal-kapal yang masuk/keluar pelabuhan dan menjaga keamanan serta keselamatan pelayaran (Rosdynur, 2012).

Jenis pelayaran yang ada di kawasan pantai Cilamaya dilewati oleh kapal-kapal kecil sehingga

spesifikasi alur ini menjadi tidak terlalu diperhatikan. Namun mengingat akan diadakannya pelabuhan besar yang akan dilewati oleh kapal-kapal Peti Kemas (*Container*) dimana kapal-kapal tersebut tentunya memiliki dimensi yang lebih besar, spesifikasi ini menjadi penting dan harus diperhatikan dalam rangka menciptakan alur pelayaran yang aman. Berikut adalah beberapa metode dan faktor-faktor yang digunakan untuk mendesain alur pelayaran.

2.12.2.1 Kedalaman Alur Pelayaran

Setiap pelabuhan memiliki standar alur pelayaran yang berbeda-beda. Nilai kedalaman tersebut tidak boleh kurang dari ukuran *draft* kapal yang melewati alur pelayaran tersebut, sehingga setiap pelabuhan memiliki klasifikasi tersendiri terhadap kapal-kapal yang akan melewati alur pelayaran pelabuhan.

Untuk mendapatkan kondisi alur pelayaran yang aman, maka kedalaman air di alur pelayaran harus cukup besar untuk memungkinkan pelayaran pada muka air rendah terendah (LLWL) dengan batas muatan kapal maksimum terbesar yang melewatinya.

Kedalaman alur pelayaran secara umum dapat ditentukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Rosdynur, 2012):

$$H = d + G + R + P \dots \dots \dots (2.8)$$

Dengan kedalaman alur (H), *draft* kapal (d), gerak vertical kapal karena gelombang dan *squat* (G), ruang bebas bersih untuk alur sebesar 10%-15% dari *draft* kapal (R) dan ketelitian pengukuran (P).

2.13 Penelitian Sebelumnya

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Rosdynur (2012). Penelitian yang dilakukan adalah Pekerjaan Survei Hidrografi dan Perencanaan Alur Pelayaran dalam Usaha Transportasi Hasil Pertambangan Batubara. Lokasi penelitian

berada di Sungai Kelay, Berau, Kalimantan Timur. Analisa penelitian tersebut berupa analisis pengamatan tinggi muka sungai, analisis survei batimetri, dan analisis desain alur pelayaran. Hasil dari penelitian tersebut berupa desain alur pelayaran sungai saat muka pelayaran saat muka air terendah, muka air rata-rata, dan muka air tertinggi.

Penelitian selanjutnya telah dilakukan oleh Bujana (2014). Penelitian yang dilakukan Studi Penentuan Draft dan Lebar Ideal Kapal Terhadap Alur Pelayaran. Lokasi penelitian berada di Alur Pelayaran Barat – Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. Analisa penelitian tersebut berupa analisis pasang surut, dan analisis draft dan lebar ideal kapal. Hasil dari penelitian tersebut berupa Informasi mengenai draft dan lebar ideal kapal untuk melintasi APBS pada saat LWS dan HWS.

Perbedaan yang dilakukan dalam penelitian ini yakni bertujuan untuk melakukan perencanaan alur pelayaran dalam rencana pelabuhan Cilamaya, Jawa Barat. Lokasi penelitian berada di pantai Cilamaya, Kabupaten Karawang Jawa Barat. Metode yang digunakan adalah interpretasi peta *seabed featured* dan analisa kedalaman. Dari kedua analisa tersebut didapat hasil berupa gambaran fitur dasar laut dan peta alur pelayaran dalam rencana pelabuhan Cilamaya, Kabupaten Karawang Jawa Barat.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di daerah perairan Cilamaya, Kabupaten Karawang Jawa Barat. Daerah ini terletak pada koordinat $6^{\circ} 9' 5.3''$ LS - $6^{\circ} 6' 11.909''$ LS dan $107^{\circ} 27' 18.13''$ BT - $107^{\circ} 29' 13.11''$ BT dapat ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Cilamaya, Kabupaten Karawang
Jawa Barat (google.com/maps)

3.2 Data dan Peralatan

3.2.1 Data

Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data hasil survei bathimetri yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Data Pasang Surut di daerah pantai Cilamaya selama 15 hari yang didapat dari pengamatan langsung pada rentang tanggal 12-27 Maret 2015
2. Data *Sound Velocity Profile* di daerah pantai Cilamaya yang diambil secara langsung pada rentang tanggal 12-27 Maret 2015
3. Data *Singlebeam Echosounder* di daerah pantai Cilamaya yang diambil secara langsung pada rentang tanggal 12-27 Maret 2015
4. Data *Side Scan Sonar* di daerah pantai Cilamaya yang diambil secara langsung pada rentang tanggal 12-27 Maret 2015
5. Citra Satelit QuickBird terkoreksi wilayah Cilamaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 2015

3.2.2 Peralatan

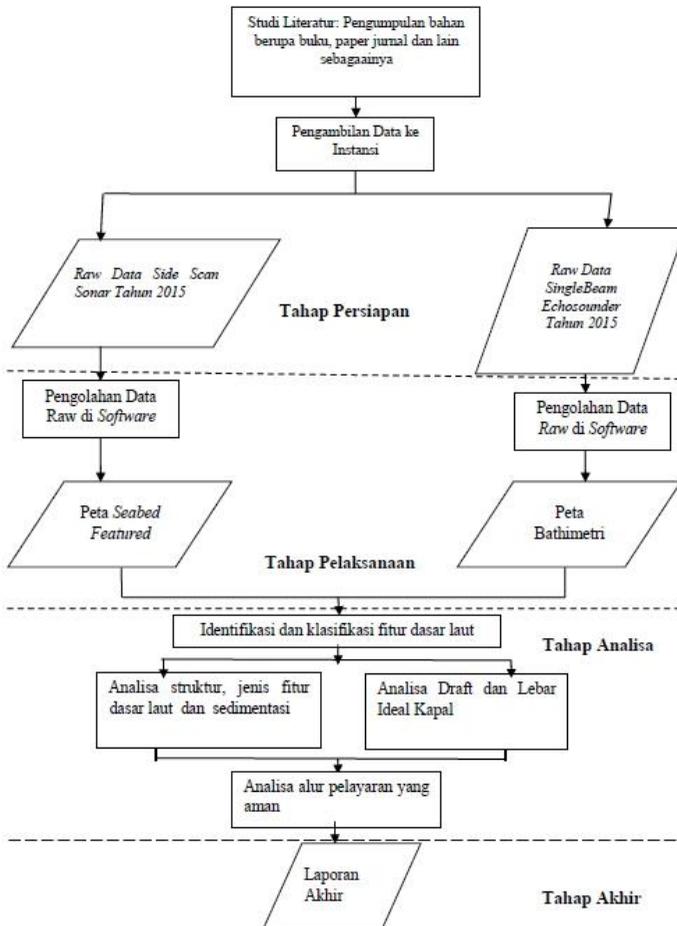
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Alat untuk pengambilan data
 - Kapal Survei
 - *Side Scan Sonar Edgetech 4200*
 - *Kongsberg EA400 Echosounder*
 - *Global Positioning System Trimble R4*
 - *Grabber*
- b. Alat untuk pengolahan data
 - *Caris Hips And Sips 8.1*
 - *ArcGis 10.1*
 - *Surfer 12*
 - *Autocad Land Desktop 2007*
 - *Microsoft Office 2007*
 - *Microsoft Excel 2007*

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahap Penelitian

Kegiatan atau tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian Tugas Akhir adalah:



Gambar 3.2 Diagram Alir Tahap Penelitian

Penjelasan:

- Tahap Persiapan

- Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mempelajari dan mengumpulkan referensi yang sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh orang lain yang berkaitan dengan aplikasi instrumen untuk mengukur kedalaman laut melalui buku, jurnal, dan internet.

- Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan bekerja sama dengan instansi untuk mendapatkan data yang dibutuhkan mengenai survei bathimetri yang pernah dilakukan sebelumnya dengan instrumen *singlebeam echosounder* dan *side scan sonar* dengan data *raw* seperti pasang surut, penentuan posisi dengan GPS, dan profil kecepatan suara.

- Tahap Pelaksanaan

- Tahap Pengolahan Data

Pada pengolahan data lebih banyak digunakan dengan menggunakan software pengolahan data *raw* hasil pengumpulan data yang sudah dilakukan sebelumnya. *software* yang digunakan yaitu *Caris Hips and Sips 8.1* dengan membuat peta bathimetri kemudian dilakukan pembuatan muka peta sesuai dengan Kaidah kartografi. *Raw data* yang akan diolah menjadi peta bathimetri adalah seperti pasang surut, Data Hasil Rekaman *side scan sonar*, Data hasil pengukuran *singlebeam echosounder*, Penentuan posisi dengan GPS, dan profil kecepatan suara.

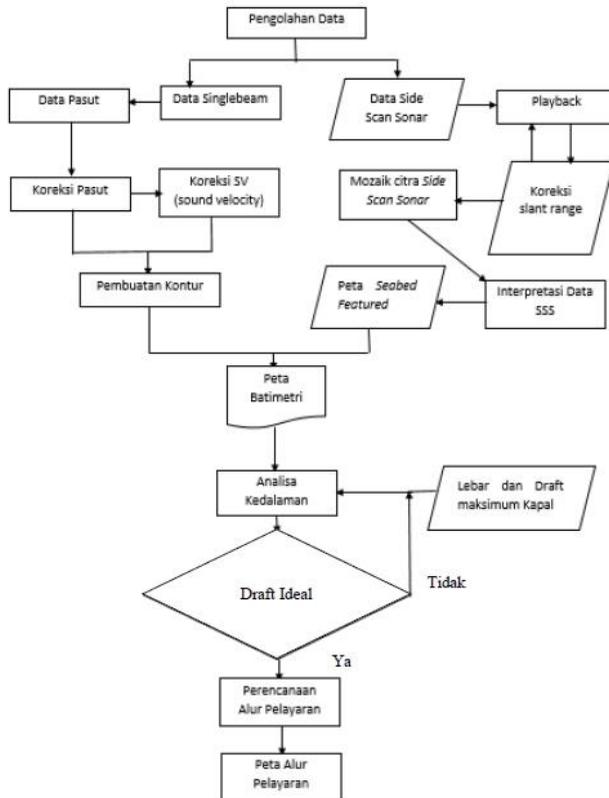
- Tahap Analisa

- Identifikasi Data

Tahap ini adalah pengidentifikasian dan klasifikasi data fitur dasar laut yang ditemukan di perairan Cilamaya, Jawa Barat

- Tahap Analisa
Proses analisa yang dilakukan adalah mendapatkan alur pelayaran yang aman
- Tahap Akhir
 - Penyusunan Laporan
Penyusunan laporan adalah Tahap Akhir penelitian berupa Laporan Tugas Akhir.

3.4 Pengolahan Data



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan Data

Penjelasan dari tahapan pengolahan data diatas adalah sebagai berikut:

- Data *side scan sonar* ditampilkan ulang (*playback*) untuk memastikan bahwa data tersebut dalam kondisi baik (tidak eror).
- Koreksi jarak miring (*slant range*) ditujukan untuk mengkoreksi jarak miring pada citra *side scan*

sonar sehingga jarak yang didapat merupakan jarak datar.

- Pembuatan mozaik dilakukan untuk mendapatkan gambaran permukaan dasar laut secara menyeluruh
- Mozaik yang didapat kemudian diinterpretasi untuk mendapatkan sifat fisik material dan bentuk objek, baik dengan mengetahui derajat kehitaman (*hue saturation*), bentuk (*shape*), maupun ukuran (*size*) dari objek atau target.
- Kemudian didapatkan peta sebaran sedimen dasar laut perairan Cilamaya
- Data SBES diubah ke dalam bentuk *.txt untuk dimasukkan ke excel
- Lalu dilakukan pengkoreksian data SBES dengan SV (*sound velocity*) yang bertujuan untuk meminimalisir kesalahan saat perambatan gelombang suara, prinsip *sound velocity* ini mengukur selang waktu rambat gelombang akustik dengan pulsa pendek antara sumber gelombang bunyi (saat pulsa akustik dipancarkan oleh *transmitter* dan diterima kembali oleh *receiver*).
- Kemudian dari data pasut dilakukan koreksi pasut dengan *chart datum* yang ditentukan dimana koreksi ini dilakukan bersamaan dengan koreksi kedalaman.
- Kemudian peta kontur yang telah didapat digabungkan dengan peta *seabed featured* yang telah di olah
- Analisis Kedalaman, Data spesifikasi kapal digunakan untuk menganalisis lebar dan draft kapal yang akan melintas. Analisis utamanya adalah menentukan kedalaman ideal bagi semua kapal yang akan melintasi alur pelayaran di

rencana pengembangan pelabuhan Cilamaya, Jawa Barat

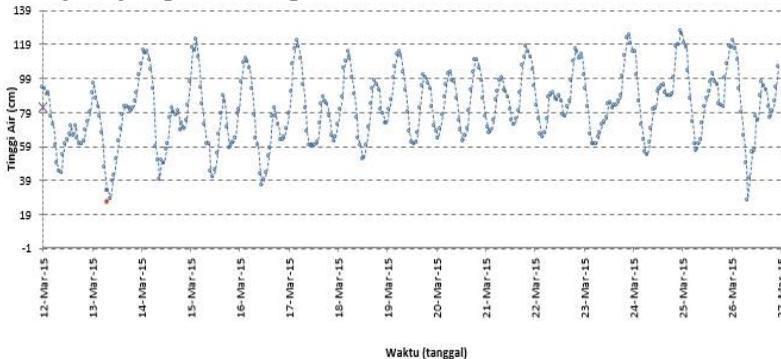
- Dari analisis kedalaman kemudian dilakukan perencanaan alur pelayaran sesuai dengan kondisi batimetri dan lebar serta draft maksimum kapal. Hasil akhir dari pengolahan data tersebut berupa Peta Alur Pelayaran dalam Rencana Pelabuhan Cilamaya, Jawa Barat

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pasang Surut

Pasang surut dalam penelitian ini yaitu berada pada pantai Cilamaya. Pasang surut pantai Cilamaya diperoleh dengan pengamatan langsung selama 15 piantan. Data pengamatan pasang surut tersebut kemudian diolah dengan menggunakan metode *least square* untuk memperoleh konstanta harmonik pasang surut. Grafik pengamatan langsung dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Pengamatan Pasut Langsung Pantai Cilamaya

4.1.2 Peta Dasar

Peta dasar dalam penelitian adalah Citra Satelit QuickBird terkoreksi wilayah Cilamaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat 2015 yang dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Citra Satelit Quickbird Cilamaya, Kabupaten Karawang Jawa Barat Tahun 2015

4.1.3 Citra Side Scan Sonar

Data citra *side scan sonar* ini diperoleh dari instrumen *Edgetech 4200* yang menghasilkan citra *dual frequency* yaitu citra dengan frekuensi rendah (*low frequency*) dan citra dengan frekuensi tinggi (*high frequency*). Instrumen ini dipasang pada kapal.

Pengolahan data citra *side scan sonar* dilakukan dengan menerapkan koreksi jarak miring (*slant range correction*) untuk menghilangkan kolom air pada bagian tengah citra SSS



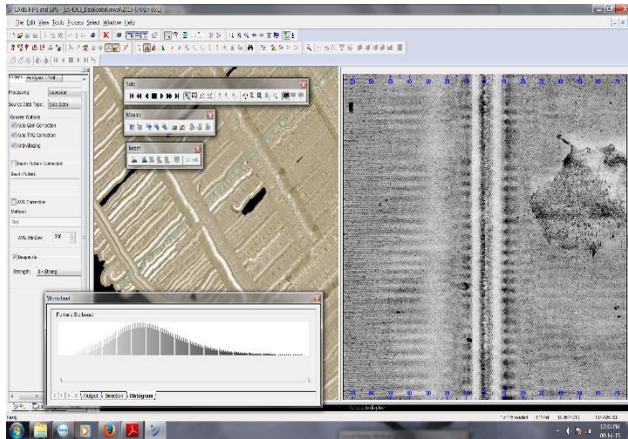
Gambar 4.3 Citra yang Belum (kiri) dan Citra yang Sudah di Lakukan *Slant Range Correction* (kanan)

Setelah itu dilakukan pembuatan mozaik citra *side scan sonar* pada jalur survei yang telah dilakukan agar mempresentasikan semua keadaan pada daerah yang telah disurvei.



Gambar 4.4 Citra Side Scan Sonar yang Telah di Mozaik

Berdasarkan tabel *grain size*, sedimen di Cilamaya terdapat lumpur dan lumpur berpasir, dan terlihat sedimen di wilayah cilamaya memiliki substrat lebih banyak pasir dan lumpur. Hal ini ditandai dengan sedimen dasar laut pada *mosaic relative* datar namun memiliki permukaan yang kasar.

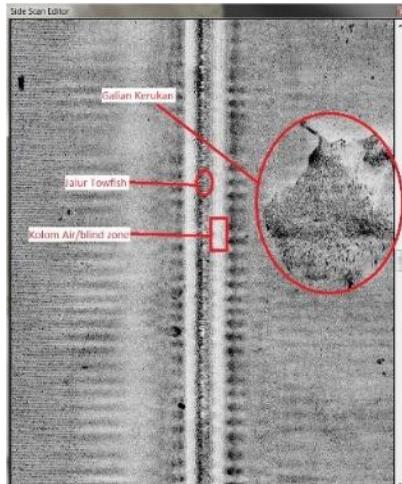


Gambar 4.5 Kenampakan Bawah Laut di Area Survei

Gambar 4.5 diatas memperlihatkan *seabed* / kenampakan bawah laut di area survei, disini sudah mulai bisa menginterpretasi sedimen secara visual dan nilai dari besar partikel di area survei berkisar antara 2.309 dB – 4.017 dB, sehingga terdapat 5 kelas sedimen di area penelitian yaitu *medium sand*, *fine sand*, *silty sand*, *muddy sand* dan *very fine sand* berdasarkan *table Grain Size* dari *software Caris Hips and Sips* ([CARIS]. 2007)

Tabel 4.1 Grain Size

<u>Grain Size</u> <u>(ϕ)</u>	<u>Class</u>	<u>Grain Size</u> <u>(ϕ)</u>	<u>Class</u>
-0.7	Gravel	4.5	Clayey Sand
-0.3	Gravel Coarse Sand	5	Coarse Sand
0	Coarse Sand - Sandy Gravel	5.5	Coarse Silt
1	Coarse Sand - Gravelly Sand	6	Sandy Silt
1.5	Medium Sand - Gravelly muddy sand	6.5	Medium Silt
2	Medium Sand - Gravelly muddy sand	7	Fine Silt
2.5	Fine Sand	7.5	Sandy Clay
3	Silty Sand	8	Very Fine Silt
3.5	Muddy Sand	8.5	Silty Clay
4	Very Fine Sand	Larger	Clay

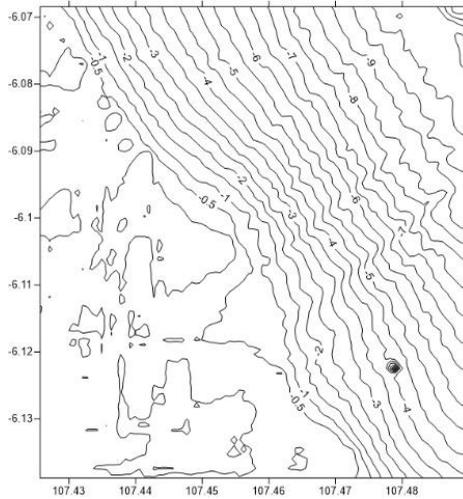


Gambar 4.6 Interpretasi Citra SSS

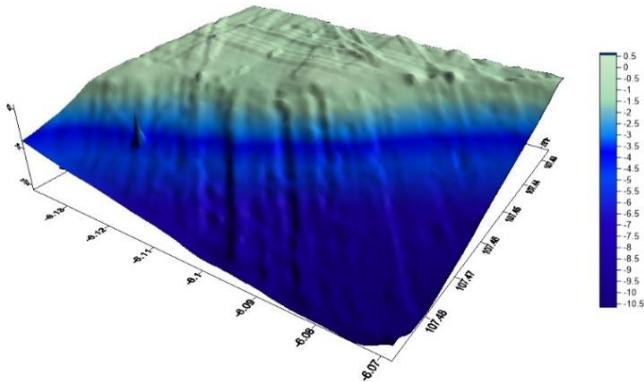
Gambar 4.6 diatas memperlihatkan bahwa di area survei terdapat sebuah cekungan/galian.

4.1.4 Bathimetri

Garis-garis kontur bathimetri perairan Cilamaya cenderung memiliki tingkat kerapatan yang tinggi pada kedalaman kurang dari 1 meter, sedangkan kedalaman lebih besar dari 10 meter memiliki tingkat kerapatan rendah. Namun secara keseluruhan garis-garis kontur bathimetri perairan Cilamaya menunjukkan adanya pola kecenderungan sejajar terhadap garis pantai. Berdasarkan interpretasi kontur/model bathimetri 3D perairan Cilamaya, morfologi dasar perairan Cilamaya *sluke* relatif rata. Hal ini ditunjukkan dengan tidak terdapatnya kurva tertutup pada garis-garis kontur baik dengan skala besar ataupun kecil (Gambar 4.7 dan 4.8).



Gambar 4.7 Kontur Bathimetri Perairan Cilamaya



Gambar 4.8 Model Bathimetri 3D Perairan Cilamaya

4.2 Analisa

4.2.1 Pasang Surut

Analisis pasang surut dilakukan untuk menentukan *chart datum* di pantai Cilamaya, sehingga bisa dilakukan perencanaan alur pelayaran sesuai jenis jenis kapal yang akan melintasi alur tersebut. Pada penelitian ini, dilakukan

analisis pengamatan pasang surut dari pengukuran langsung selama 15 piantan pada rentang waktu 12-27 Maret 2015. Dengan pengamatan selama 15 piantan tersebut telah tercakup satu siklus pasang surut yang meliputi pasang purnama dan perbani.

Dari hasil pengolahan menggunakan metode *least square* terhadap data pasang surut pengukuran langsung 15 piantan, didapat konstanta harmonik pasang surut Stasiun Pantai Cilamaya pada 12-27 Maret 2015 seperti pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Komponen Pasang Surut Pantai Cilamaya

Symbol	Description	Period (hour)	ω (rad/hour)	A (cm)	B (cm)	g° phase	H=Amplitude (m)
Z_0		-	-				81.7630
M_2		12.4206	0.50587	6.1873	-14.7362	292.7761°	15.9824
S_2		12.0000	0.52360	-3.5465	-11.2538	252.5083°	11.7994
N_2	semi diurnal	12.6582	0.49637	0.3202	5.5572	86.7024°	5.5664
K_2		11.9673	0.52503	0.7649	9.0138	85.1499°	9.0462
K_1		23.9346	0.26251	7.0747	-19.3999	290.0357°	20.6496
O_1	diurnal	25.8194	0.24335	10.3367	7.2794	35.1542°	12.6427
P_1		24.0658	0.26108	1.9469	17.4668	83.6399°	17.5750
M_4	quarterly	6.2103	1.01174	1.1435	0.1644	8.1806°	1.1552
MS_4		6.1033	1.02947	-0.1100	1.0592	95.9311°	1.0649

Dari hasil perhitungs komponen pasang surut. Selanjutnya adalah mencari bilangan *Formahzl* menggunakan rumus (2.1), yaitu :

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2} \qquad F = \frac{0.206 + 0.126}{0.159 + 0.117}$$

$$F = 1,202$$

Karena hasil bilangan *formahzl* pantai Cilamaya antara 0.25-1.5, maka pasang surut pantai Cilamaya bertipe

campuran condong ke harian ganda. Untuk mencari MSL, HHWL, LLWL digunakan rumus (2.2), (2.3), (2.4) yaitu

$$\begin{aligned} \text{MSL} &= Z_0 \\ \text{MSL} &= 0,8176 \text{ meter} \\ \text{HHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2) + (O_1 + K_1) \\ &= 1,4138 \text{ meter} \\ \text{LLWL} &= Z_0 - (M_2 + S_2) - (O_1 + K_1) \\ &= 0,1978 \text{ meter} \end{aligned}$$

Nilai tersebut menjadi acuan elevasi muka air di Pantai Cilamaya

Tabel 4.3 Elevasi Muka Air Perairan Cilamaya

Elevasi Pasut	Nilai (cm)
HHWL (High Water Level)	141,38
LLWL (Low Water Level)	19,78
MSL (Mean Sea Level)	81,76

4.2.2 Analisis Kedalaman Perairan

Untuk memudahkan analisis kedalaman perairan di area Pantai Cilamaya, maka area perairan perlu diklasifikasi menjadi 3 bagian. Pembagian kedalaman tersebut yaitu batas kedalaman *General Cargo* 5.000 DWT, batas kedalaman *Tanker* 5.000 DWT dan Peti Kemas 10.000 DWT, Penentuan batas kedalaman diperoleh dengan menggunakan rumus 2.8 yaitu

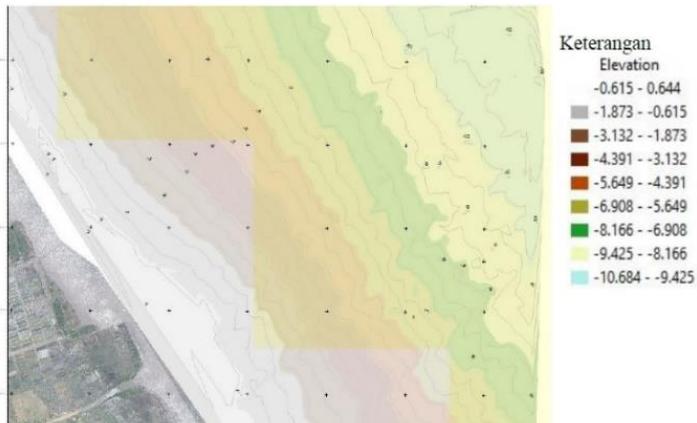
$$H = d + G + R + P$$

Dengan kedalaman alur (H), draft kapal (d), gerak vertikal kapal karena gelombang dan *squat* (G), ruang bebas bersih untuk alur sebesar 10%-15% dari draft kapal (R) dan ketelitian pengukuran (P).

Dari rumus tersebut maka pembagian kedalamannya yaitu:

Tabel 4.4 Pembagian Kedalaman

	<i>General Cargo 5.000 DWT</i>	<i>Tanker 5.000 DWT</i>	Peti Kemas 10.000 DWT
Kedalaman	< -8.397 m	< -8.397 m	< -10.331 m



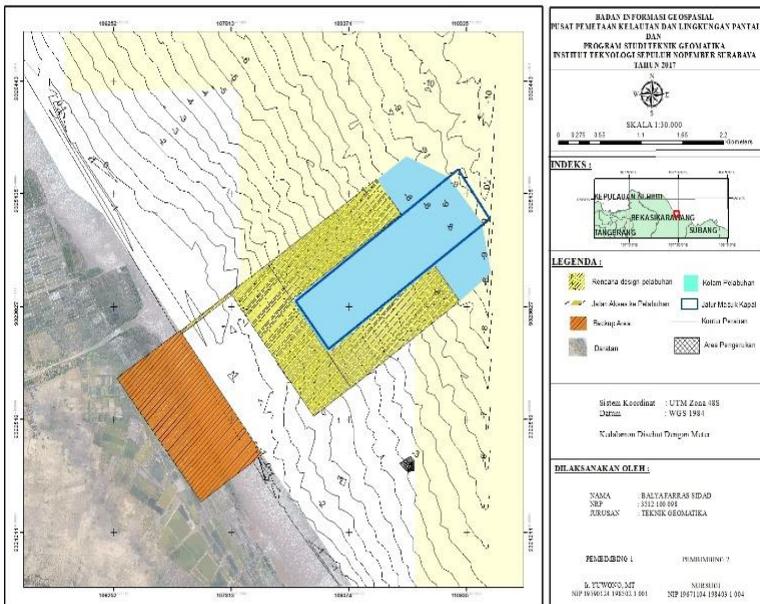
Gambar 4.9 Kedalaman Area Pantai Cilamaya

Gambar 4.9 merupakan kedalaman area pantai Cilamaya dengan elevasi terhadap MSL. Area tersebut dibagi menjadi 4 bagian kedalaman yaitu :

- Batas kedalaman *General Cargo 5.000 DWT*: < -8.397 meter (area dengan kedalaman lebih dari 8.397 meter)
- Batas kedalaman *Tanker 5.000 DWT* : < -8.397 meter (area dengan kedalaman lebih dari 8.397 meter)
- Batas kedalaman Peti Kemas 10.000 DWT : < -10.331 meter (area dengan kedalaman lebih dari 10.331 meter)
- Batas kedalaman \geq -8.397 meter (area dengan kedalaman kurang dari 10.331meter)

4.2.3 Analisis Desain Alur Pelayaran

Sebelum ke desain alur pelayaran ditentukan terlebih dahulu rencana dermaga yang akan dibangun. Dermaga yang sesuai dengan daerah studi adalah dermaga dengan tipe *jetty* karena *jetty* adalah dermaga yang dibangun menjorok cukup jauh ke arah laut, dengan maksud agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk kapal merapat (Triatmodjo, 2009). Dermaga ini sebaiknya dibangun 1,2 km menjorok ke arah laut karena pada daerah tersebut mempunyai kedalaman yang cukup untuk kapal merapat seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.10



Gambar 4.10 Rencana Dermaga

Panjang dermaga ditentukan dengan rumus (Triatmodjo, 2009):

$$L_p = nL_{oa} + (n + 1) \times 10\% \times L_{oa} \dots \dots \dots (4.2)$$

dengan:

L_p = panjang dermaga

L_{oa} = panjang kapal yang ditambat

n = jumlah kapal yang ditambat

Jika dermaga tersebut dibangun untuk satu kapal Peti Kemas 10.000 *DWT* yang merapat maka dibutuhkan panjang dermaga: $L_p = 1(135) + (1+1) \times 10\%(135) = 162$ meter.

Sedangkan jika dermaga tersebut dibangun untuk dua kapal Peti Kemas 10.000 *DWT* merapat maka dibutuhkan panjang dermaga: $L_p = 2(135) + (2+1) \times 10\%(135) = 310.5$ meter.

Panjang dermaga sesuai dengan rencana pihak terkait dalam membangun dermaga yang dapat menampung beberapa kapal.

Desain alur pelayaran pada daerah pelabuhan Cilamaya ini disesuaikan dengan spesifikasi kapal-kapal yang direncanakan untuk berlayar di daerah tersebut adalah jenis kapal *Tanker*, *General Cargo* dan Peti Kemas.

Spesifikasi alur pelayaran meliputi ketentuan lebar alur dan kedalaman alur. Ketentuan lebar alur diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$L = d + 2f \dots\dots\dots(4.3)$$

$$L = 2d + 2f + s \dots\dots\dots(4.4)$$

Keterangan:

d = Lebar untuk pergerakan horisontal kapal yang disebabkan alur pelayaran yang tidak searah dengan arus air, sebesar 1,2-1,5 lebar kapal s = Faktor pengaman antara dua kapal, sebesar 1 kali lebar kapal

f = Faktor pengaman antara sisi alur, sebesar 1,5 lebar kapal

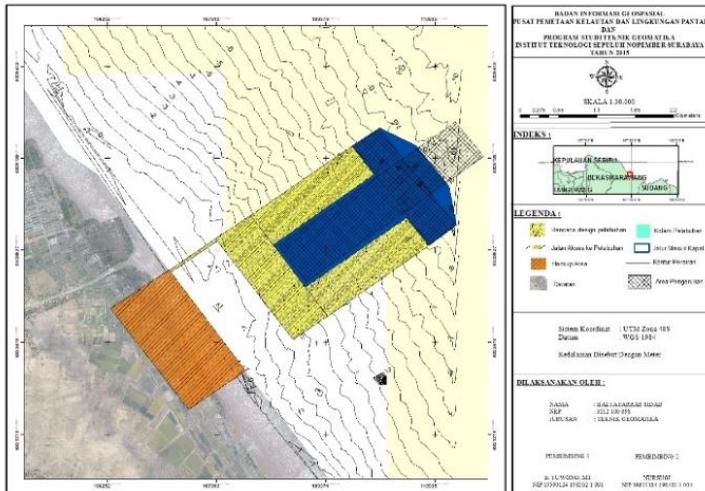
Rumus 4.3 (Kramadibrata, 2002) merupakan rumus untuk menentukan alur pelayaran satu arah, sedangkan rumus 4.4 merupakan rumus untuk menentukan alur pelayaran dua arah. Untuk ketentuan kedalaman alur digunakan rumus 2.8. Spesifikasi alur dapat dilihat dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Spesifikasi Desain Alur Pelayaran Kapal

	<i>General Cargo</i> 5.000 DWT	<i>Tanker</i> 5.000 DWT	Peti Kemas 10.000 DWT
Lebar alur satu arah (m)	72	72	93.6
Lebar alur dua arah (m)	96	96	124.8
Kedalaman (m)	8.397562668	8.39756267	10.3315554

Setelah diketahui spesifikasi alur pelayaran, langkah selanjutnya adalah merencanakan alur pelayaran yang aman bagi kapal-kapal tersebut sesuai dengan lokasi pelayarannya.

Dalam hal ini kedalaman kapal jenis Peti Kemas dijadikan sebagai acuan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran. Pada kondisi tersebut kedalaman minimal yang diperlukan untuk alur pelayaran sebesar 10.331 m. dengan demikian harus ada penanganan untuk memenuhi syarat kedalaman alur pelayaran yaitu dengan melakukan pengerukan (*dregging*) dasar perairan pada kedalaman kurang dari 10.331 m guna mengamankan dan melancarkan alur pelayaran. area cakupan pengerukan meliputi mulut kolam pelabuhan dan area rencana pembangunan dermaga untuk sandar kapal Peti Kemas. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan volume pengerukan pada area yang belum memiliki kedalaman 10.331m adalah $570.172,178 m^3$



Gambar 4.11 Peta Alur Pelayaran Rencana Pelabuhan Cilamaya pasca Pengerukan (dredging)

Menurut Bray (1979), pengerukan awal (*capital dredging*) sangat diperlukan untuk membuat kolam pelabuhan/alur pelayaran baru. Penggunaan jenis kapal keruk (*dredger*) untuk pengerukan awal (*capital dredging*) sangat dipengaruhi oleh jenis sedimen dasar perairan perairan. Jenis sedimen dasar perairan dalam alur pelayaran pelabuhan Cilamaya berupa *muddy sand*. Menurut Kramadibrata (2002), pada umumnya jenis sedimen di laut jawa berupa lumpur atau lumpur berpasir, untuk sedimen lumpur umumnya menggunakan *suction dredge* atau *hopper suction dredge*, sedangkan untuk sedimen pasir umumnya menggunakan *cutter section dradge*. Namun saat ini kapal keruk yang populer digunakan adalah jenis *hopper suction cutter dredge*, sebab kapal keruk jenis ini mampu digunakan untuk sedimen lumpur, pasir, atau campuran keduanya.

Jenis kapal keruk *hopper suction cutter dredge* cocok digunakan untuk pengerukan awal (*capital dredging*) dasar

perairan dari alur pelayaran pelabuhan Cilamaya, sebab memiliki keunggulan untuk digunakan pada jenis sedimen pasir, lumpur, atau lumpur berpasir. Untuk memelihara alur pelayaran yang sudah dibuat, diperlukan pengerukan perawatan (*maintenance dredging*). Pengerukan perawatan dilakukan secara berkala dan berkesinambungan pada jangka waktu tertentu, tergantung tingkat kecepatan sedimentasi pada area alur pelayaran Pelabuhan Cilamaya.

4.2.4 Sedimentasi

Analisa ukuran butir sedimen (*grain size*) terhadap 10 sampel sedimen di perairan Cilamaya, terdapat 4 jenis sedimen diantaranya sedimen pasir (*sand*), lanau (*silty sand*), *muddy sand* dan *very fine sand*.

Sedimen dasar *muddy sand* mendominasi jenis sedimen yang berada di perairan Cilamaya

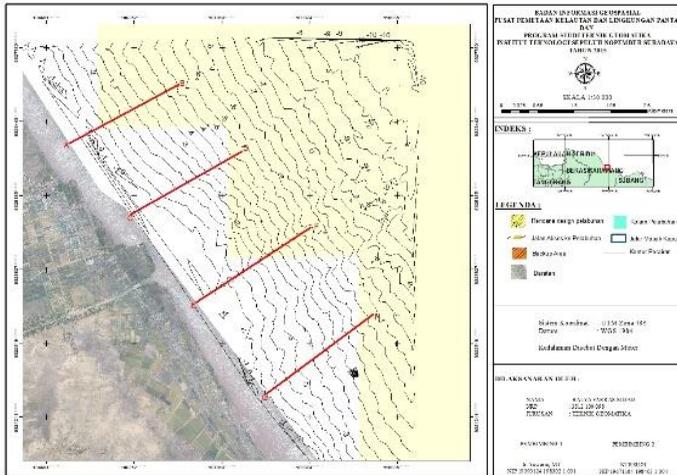
Tabel 4.6 Jenis Sedimen Dasar laut tiap Stasiun

Stasiun	Bujur	Lintang	Jenis Sedimen Dasar laut
1	107.455	-6.151	<i>sand</i>
2	107.486	-6.115	<i>muddy sand</i>
3	107.467	-6.119	<i>very fine sand</i>
4	107.461	-6.112	<i>muddy sand</i>
5	107.456	-6.105	<i>muddy sand</i>
6	107.452	-6.098	<i>sand</i>
7	107.431	-6.07	<i>silty sand</i>
8	107.443	-6.071	<i>silty sand</i>
9	107.452	-6.084	<i>sand</i>
10	107.457	-6.092	<i>muddy sand</i>

gelombang pecah dapat menyebabkan terjadinya arus sepanjang pantai (*longshore current*) yang menjadi gaya penggerak sedimen.

4.2.5 Kemiringan Dasar Perairan

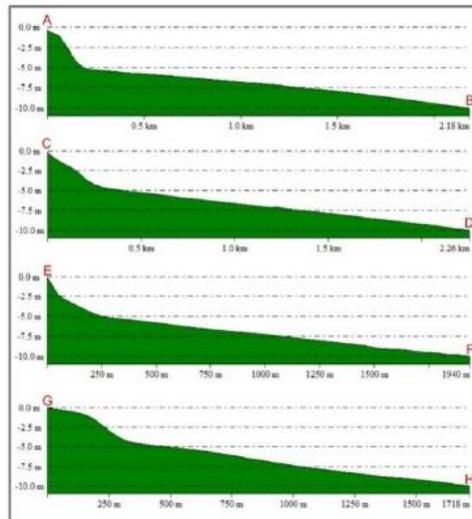
Untuk mengetahui kemiringan (*slope*) dasar perairan digunakan metode Wenworth (persamaan 2.7) dengan memakai kontur bathimetri yang sudah didapat dari pengolahan data pemeruman. Sketsa Perhitungan kemiringan dasar perairan dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Garis Penampang Melintang Untuk Melihat Profil Dasar Perairan

Tabel 4.7 Nilai Slope Dasar Perairan dan Klasifikasinya

Garis	Panjang (m)	Slope	Kelas	Keterangan
AB	2182	0.0018	1	Datar/hampirdatar (<i>almost flat</i>)
CD	2256	0.0017	1	Datar/hampirdatar (<i>almost flat</i>)
EF	1940	0.0020	1	Datar/hampirdatar (<i>almost flat</i>)
GH	1890	0.0021	1	Datar/hampirdatar (<i>almost flat</i>)
	Rata-Rata	0.0076	1	Datar/hampirdatar (<i>almost flat</i>)



Gambar 4.14 Penampang Melintang Dasar Perairan Cilamaya

Nilai rata-rata kemiringan (*slope*) dasar perairan Cilamaya sebesar 0.76%. Menurut Van Zuidam (1983) dalam Arifianti (2011), nilai tersebut masuk dalam kategori kelas 1 dengan morfologi dasar perairan datar atau hamper datar (*flat to almost flat*) karena memiliki nilai kelereng diantara 0 – 2%. Menurut Triatmodjo (2008) bahwa sebagian besar pantai di Jawa dan Sumatra merupakan pantai dengan karakteristik pasir dan lumpur dengan kemiringan yang landai. Pada pantai dengan kemiringan kecil memiliki karakteristik gelombang laut yang relatif kecil dan tenang. Dari hasil pengamatan di lapangan menunjukan bahwa daerah sebelah timur pelabuhan Cilamaya Kabupaten Karawang memiliki morfologi pantai berpasir dengan kemiringan landai serta terdapat karang *massive* (karang padat) yang sudah mati.

4.2.6 Analisa Ketelitian Kedalaman Instrumen *Singlebeam*

Echosounder

Survei hidrografi untuk deteksi fitur dasar laut di wilayah perairan dangkal memiliki standard dalam pengukurannya sesuai dengan acuan dari IHO SP-44. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa batuan dasar merupakan fitur dominan yang terdapat pada area penelitian, untuk itu digunakan orde spesial dalam penggunaan standard surveinya. Dengan spesifikasi standard tercantum dalam Bab II penelitian ini. Orde ketelitian batimetri dihitung dari selisih kedalaman silang antara lajur utama *singlebeam echosounder* dengan lajur silang *singlebeam echosounder*. Pada kenyataannya tidak semua data *singlebeam echosounder* lajur utama bertampalan dengan *singlebeam echosounder* lajur silang, akan tetapi terdapat beberapa titik yang mempunyai koordinat berdekatan. Untuk itu diperlukan analisa *spatial join* dalam menentukan titik yang berdekatan. Data yang mempunyai titik koordinat berdekatan tersebut digunakan untuk mengetahui perbedaan kedalaman yang akan ditentukan toleransinya sesuai dengan perhitungan standard dari IHO sesuai dengan klasifikasi orde pengukuran.

Salah satu contoh perhitungan titik dengan semua hasil perhitungan terdapat dalam lampiran . Berdasarkan data batimetri titik no. 2 dengan koordinat 107.469471 BT ; -6.077453 LS (*d*) *singlebeam echosounder* lajur utama = -8.134 meter dan batimetri (*d*) *singlebeam echosounder* lajur silang = -8.104 meter maka didapatkan selisih kedalaman pada titik tersebut adalah 0.0308 meter, kemudian didapatkan rata-rata titik tersebut adalah -8.119 meter. Selanjutnya dengan memasukkan nilai $a = 0,25$ dan $b = 0,0075$ serta kedalaman rata-rata maka didapatkan nilai σ sebesar $\pm 0,257$. Hasil perhitungan nilai toleransi yang

didapatkan sesuai standard IHO SP-44 adalah $\pm 0,257$. Jadi dapat disimpulkan bahwa selisih kedalaman 0,0308 meter dapat memenuhi toleransi dengan klasifikasi orde khusus.

Pada semua titik yang berdekatan, juga dilakukan perhitungan yang sama seperti di atas. Hasil perhitungan ketelitian dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Ketelitian Orde Khusus IHO SP-44

No	SBES_Utama			SBES_Silang			Z Rata-rata (m)	Z Selisih (m)	Batas Toleransi σ (m)
	X (m)	Y (m)	Z(m)	X	Y	Z(m)			
1	107.456747	-6.084536	-4.374126	107.457658	-6.083769	-4.442165	-4.408146	0.068	0.252
2	107.469471	-6.077453	-8.134923	107.469351	-6.077543	-8.104114	-8.119519	0.031	0.257
3	107.464181	-6.078418	-6.825498	107.463975	-6.078591	-6.764907	-6.795203	0.061	0.255
4	107.466775	-6.085584	-6.310807	107.466672	-6.08568	-6.232758	-6.271783	0.078	0.254
5	107.479046	-6.083731	-8.881839	107.47885	-6.08391	-8.934193	-8.908016	0.052	0.259
6	107.472217	-6.08468	-7.618747	107.472149	-6.084732	-7.670095	-7.644421	0.051	0.256
7	107.470369	-6.075623	-8.382049	107.470279	-6.075712	-8.394373	-8.388211	0.012	0.258
8	107.471295	-6.093547	-6.183421	107.471096	-6.093733	-6.147477	-6.165449	0.036	0.254
9	107.469608	-6.085611	-6.887546	107.469514	-6.085702	-6.833116	-6.860331	0.054	0.255
10	107.458682	-6.071155	-6.560801	107.458519	-6.07129	-6.539235	-6.550018	0.022	0.255

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi kedalaman sesuai standard IHO SP-44 pada tabel di atas. Analisa pada tabel yang diberikan tanda berupa lingkaran merah menunjukkan bahwa semua perhitungan perbedaan kedalaman lajur utama dan lajur silang *singlebeam echosounder* tidak melebihi nilai toleransi hasil perhitungan spesifikasi orde khusus sesuai dengan factor kesalahannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah

- Perairan Cilamaya kawasan pelabuhan Cilamaya Kabupaten Karawang termasuk dalam kategori perairan dangkal dengan kedalaman antara 0,615 – 10,684 m
- Morfologi dasar perairan Cilamaya dikategorikan rata dengan tingkat kemiringan yang hampir datar (*flat to almost flat*) sebesar 0,76% serta didominasi sedimen dasar *muddy sand* (lumpur berpasir).
- Pada area alur pelayaran dan kolam pelabuhan saat ini belum memiliki kedalaman $\leq 10,331$ m. Sehingga harus dilakukan pengerukan awal (*capital dredging*) untuk mengoptimalkan alur pelayaran rencana di pelabuhan Cilamaya. Pengerukan tersebut menggunakan acuan dari kedalaman yang dapat dilintasi oleh kapal Peti Kemas 10.000 DWT. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan volume pengerukan pada area yang belum memiliki kedalaman 10.331 m adalah $570.172,178 \text{ m}^3$

5.2 Saran

Adapun Saran dari Penelitian ini adalah

- Untuk penelitian berikutnya disarankan menggunakan data tambahan *Sub-Bottom Profiler* sebagai data penunjang dalam pengamatan *Seabed*.
- Masih kurangnya data penunjang seperti gelombang dan angin, sehingga belum memperhitungkan faktor tersebut untuk analisis keselamatan navigasi kapal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Arifianti, Y., 2011. Potensi Longsor Dasar Laut Di Perairan Maumere. *Bulletin Vulkanologi dan Bencana Geologi*, 6(1): 53 – 62.
- Bray, R.N. 1979. *Dredging a Hand Book for Engineer*. Edward Arnold Ltd, London, 276 p.
- Bujana, P. A., & Syahputra, R. A. (2014). *Analisis Kesesuaian Dimensi Kapal Terhadap Kolam Dermaga Jamrud Utara Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika.
- [CARIS]. 2007. *Caris Hips and Ships 6.1.1 User's Guide*. 115 Waggoners Lane, Fredericton, New Brunswick, Canada, E3B 2L4.
- Henry, R. G., & Miller, C. R. 1965. *Sailing Yacht Design*. Cambridge: Cornell Maritime Press, Inc.
- International Hydrographic Organization*. 2005. *Manual On Hydrography*. Monaco: International Hydrographic Bureau.
- Kramadibrata, S. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: ITB.
- Lekkerkerk, H.-J., Velden, R. v., Haycock, T., Jansen, P., Vries, R. d., Waalwijk, P. v., et al. 2006. *Handbook of Offshore Surveying Volume Two: Acquisition & Processing*. London: Clarkson Service Limited.
- Ongkosongo, O. S., & Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. Jakarta: LIPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi.
- Poerbandono, & Djunarsjah, E. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: PT. Refika Aditama.
- Rosdynur, Z. S. 2012. *Pekerjaan Survei Hidrografi dan Perencanaan Alur Pelayaran Dalam Usaha*

- Transportasi Hasil Pertambangan Batubara*. Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika FITB-ITB.
- Satriadi, Alfi. 2012. Studi Batimetri dan Jenis Sedimen Dasar Laut di Perairan Marina, Semarang, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 1:53-62.
- Supangat, Agus dan Susanna. 2003. Pengantar Oseanografi. Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati Badan Riset dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan Jakarta.
- Supriadi, A., Widada, S., & Setiyono, H. 2014. Pemetaan Batimetri Untuk Alur Pelayaran Pelabuhan Penyeberangan Mororejo Kabupaten Kendal. *Jurnal Oseanografi*, 284-293
- Triatmodjo, Bambang. 2008. Teknik Pantai. Beta Offset, Yogyakarta, 397 hlm.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. Perencanaan Pelabuhan. Beta Offset, Yogyakarta, 490 hlm.
- Yuwono, & Bujana, P. A. 2014. *Studi Penentuan Draft dan Lebar Ideal Kapal Terhadap Alur Pelayaran*. Surabaya: Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS.

LAMPIRAN

Tabel Karakteristik Kapal Penumpang dan Kapal Curah
(Triatmodjo, 2009)

<i>Tonage (GRT)</i>	<i>Kapasitas Angkut (DWT)</i>	<i>Displacement G (ton)</i>	<i>Panjang Total (LOA) (m)</i>	<i>Panjang garis air (LPP) (m)</i>	<i>Lebar (B) (m)</i>	<i>Draft (m)</i>
Kapal Penumpang						
-	70.000	37.600	260	220	33,1	7,6
-	50.000	27.900	231	197	30,5	7,6
-	30.000	17.700	194	166	26,8	7,6
-	20.000	12.300	169	146	24,2	7,6
-	15.000	9.500	153	132	22,5	5,6
-	10.000	6.600	133	116	20,4	4,8
-	5.000	3.580	104	92	17,1	3,6
-	3.000	2.270	87	78	15,1	3
-	2.000	1.580	76	68	13,6	2,5
-	1.000	0.850	60	54	11,4	1,9
Kapal curah padat						
-	250.000	273	332	314	50,4	19,4
-	200.000	221	303	294	47,1	18,2
-	150.000	168	279	270	43,0	16,7
-	100.000	115	248	239	37,9	14,8
-	70.000	81,9	224	215	32,3	13,3
-	50.000	59,6	204	194	32,3	12,0
-	30.000	36,7	176	167	26,1	10,3
-	20.000	25	157	148	23,0	9,2
-	10.000	13	129	120	18,5	7,5

Tabel Karakteristik Kapal Barang Umum (Triatmodjo, 2009)

<i>Tonage</i>	Kapasitas Angkut	<i>Displacement</i> G	Panjang Total (LOA)	Panjang garis air (LPP)	Lebar B	<i>Draft</i>
GRT	(DWT)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)
Kapal Barang Umum						
-	40.000	51.100	197	186	28,6	12,0
-	30.000	39.000	181	170	26,4	10,9
-	20.000	26.600	159	149	23,6	9,6
-	15.000	20.300	146	136	21,8	8,7
-	10.000	13.900	128	120	19,5	7,6
-	7.000	9.900	115	107	17,6	6,8
-	5.000	7.210	104	96	16,0	6,1
-	3.000	4.460	88	82	13,9	5,1
-	2.000	3.040	78	72	12,4	4,5
-	1.000	1.580	63	58	10,3	3,6

Tabel Karakteristik Kapal Peti Kemas (Triatmodjo, 2009)

Kapal Peti Kemas						
Kapasitas Angkut	<i>Displacement</i> G	Panjang total LOA	Panjang garis air LPP	Lebar B	<i>Draft</i>	Jumlah Peti Kemas
(DWT)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)	
100.000	133.000	326	310	42,8	14,5	7.100
90.000	120.000	313	298	42,8	14,5	6.400
80.000	107.000	300	284	40,3	14,5	5.700
70.000	93.600	285	270	40,3	14,0	4.900
60.000	80.400	268	254	32,3	13,4	4.200
50.000	67.200	250	237	32,3	12,6	3.500
40.000	53.900	230	217	32,3	11,8	2.800
30.000	40.700	206	194	30,2	10,8	2.100
25.000	34.100	192	181	28,8	10,2	1.700
20.000	27.500	177	165	25,4	9,5	1.300
15.000	20.900	158	148	23,3	8,7	1.000
10.000	14.200	135	126	20,8	7,6	600
7.000	1.300	118	109	20,1	6,8	400

Tabel Karakteristik Kapal Ferry dan Roro (Triatmodjo, 2009)

Kapasitas Angkut	<i>Displacement</i> G	Panjang Total (LOA)	Panjang garis air (LPP)	Lebar B	<i>Draft</i>
(DWT)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)
Kapal Ferry					
40.000	30.300	223	209	31,9	8,0
30.000	22.800	201	188	29,7	7,4
20.000	15.300	174	162	26,8	6,5
15.000	11.600	157	145	25,0	6,0
10.000	7.800	135	125	22,6	5,3
7.000	5.500	119	110	20,6	4,8
5.000	3.900	106	97	19,0	4,3
3.000	2.390	88	80	16,7	3,7
2.000	1.600	76	69	15,1	3,3
1.000	810	59	54	12,7	2,7

Tabel Karakteristik Kapal Ferry dan Roro (Triatmodjo, 2009)

Kapasitas Angkut	<i>Displacement</i> G	Panjang Total (LOA)	Panjang garis air (LPP)	Lebar B	<i>Draft</i>
(DWT)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)
Kapal Roro					
30.000	45.600	229	221	30,3	11,3
20.000	31.300	198	182	27,4	9,7
15.000	24.000	178	163	25,6	8,7
10.000	16.500	153	131	23,1	7,5
7.000	11.900	135	123	21,2	6,6
5.000	8.710	119	109	19,5	5,8
3.000	5.430	99	90	17,2	4,8
2.000	3.730	85	78	15,6	4,1
1.000	1.970	66	60	13,2	3,2

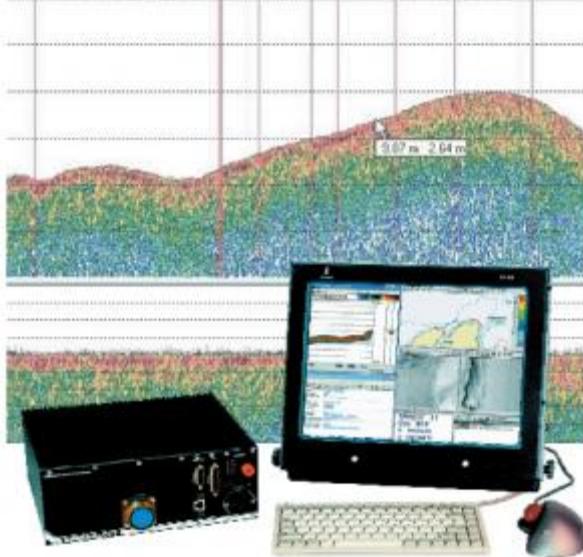
Tabel Karakteristik Kapal Tanker, LNG dan LPG (Triatmodjo, 2009)

Kapasitas Angkut (DWT)	<i>Displacement</i> G (ton)	Panjang Total (LOA) (m)	Panjang garis air (LPP) (m)	Lebar B (m)	<i>Draft</i> (m)
Kapal Tanker					
300	337	354	342	57,0	20,1
200	229	311	300	50,3	17,9
150	174	284	273	46,0	16,4
100	118	250	240	40,6	14,6
50	60.8	201	192	32,3	11,9
20	25.3	151	143	24,6	9,1
10	13.1	121	114	19,9	7,5
5	6.74	97	91	16,0	6,1
2	2.81	73	68	12,1	4,7
Kapal LPG					
70	90	260	250	38,0	14,0
50	65	230	220	35,0	13,0
20	27	170	160	25,0	10,5
10	15	130	120	21,0	9,0
5	8	110	100	18,0	6,8
2	3.5	90	75	13,0	5,5

Tabel International Rule Yachts(Henry & Miller, 1965)

<i>Class</i>	<i>Rated length, m</i>	<i>LOA, m</i>	<i>Beam, m</i>	<i>Draft, m</i>	<i>Displ, tons</i>
12 (1)	12,00	21,40	3,60	2,70	25,3
12 (2)	12,00	20,27	3,60	2,80	28,6
8 (1)	6,78	14,02	2,21	1,98	8,0
8 (2)	6,78	15,03	2,51	1,98	9,0
6 (1)	6,00	10,67	1,91	1,52	3,15
6 (2)	6,00	11,73	1,83	1,68	4,02

Lampiran 2. Spesifikasi *Singlebeam* Kongsberg EA400



- Accuracy (Assuming correct sound velocity, transducer depth and shortest pulse length): 710 kHz and 200 kHz: 1 cm; 120 kHz: 2 cm; 38 kHz: 5 cm
- Simultaneous use of electronic chart or post-processing software (HyPack, HydroPRO, QUINSy)
- Single beam frequencies: 33, 38, 50, 70, 120, 200, 210 or 710 kHz
- 2xNetwork connection for exporting of data and connection to GPT (General Purpose Transceiver)
- Data storage: Raw data, History data, Output data, Echogram data, xyz data, Text file.

Lampiran 3. Spesifikasi *EdgeTech 4200*

SONAR SPECIFICATIONS	STANDARD	WITH OPTIONAL MP TECHNOLOGY	
Frequency	Choice of either 100/400, 300/600 or 300/900 kHz dual simultaneous		
Operating Range (meters/side)	100 kHz: 500m, 300 kHz: 230m, 400 kHz: 150m, 600 kHz: 120m, 900 kHz: 75m		
Horizontal Beam Width:	100 kHz: 1.5°, 300 kHz: 0.5°, 400 kHz: 0.4°, 600 kHz: 0.26°, 900 kHz: 0.2°		In High Speed Mode: 100 kHz: 1.26°, 300 kHz: 0.54°, 400 kHz: 0.4°, 600 kHz: 0.34°, 900 kHz: 0.3° In High Definition Mode: 100 kHz: 0.64°, 300 kHz: 0.28°, 400 kHz: 0.3°, 600 kHz: 0.26°, 900 kHz: 0.2°
Resolution Along Track	100 kHz: 5 m @ 200 m 300 kHz: 1.3 m @ 150 m 400 kHz: 0.6 m @ 100 m 600 kHz: 0.45 m @ 100 m 900 kHz: 0.18 cm @ 50 m	High Definition Mode:	High Speed Mode: 100 kHz: 4.4m @ 200m 300 kHz: 1.9m @ 200m 400 kHz: 0.7m @ 100m 600 kHz: 0.6m @ 100m 900 kHz: 0.26 cm @ 50m
Resolution Across Track	100 kHz: 8 cm, 300 kHz: 3 cm, 400 kHz: 2 cm, 600 kHz: 1.5 cm, 900 kHz: 1 cm		
Vertical Beam Width	50°		
Depression Angle	Tilted down 20°		
TOWFISH	STAINLESS STEEL	ALUMINUM	
Diameter	11.4 cm (4.5 inches)		
Length	125.6 cm (49.5 inches)		
Weight in Air/Saltwater	48 / 36 kg (105 / 80 pounds)	30 / 18 kg (65 / 40 pounds)	
Depth Rating (Max)	2,000m	500m	
Standard Sensors	Heading, pitch & roll		
Optional Sensor Port	(1) Serial – RS 232C, 9600 Baud, Bi-directional & 27 VDC		
Options	Pressure Sensor, Magnetometer, Integrated USBL Acoustic Tracking System, Built-in Responder Nose, Depressor, Power Loss Finger and Custom Sensors		
TOPSIDE PROCESSOR	4200-P	4200	701-DL INTERFACE
Hardware	Portable splash-proof case	19" rack mount computer	19" rack mount interface
Display & Interface	Splash-proof laptop	21" flat panel monitor, keyboard & trackball	Customer-supplied
Power Input	20-36 VDC or 115/230 VAC	115/230 VAC	115/230 VAC
Operating System	Windows® XP Pro		
File Format	Native .JSF or .XTF		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 April 1994, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Miratunnisa Bogor, SDN Polisi 5 Bogor, SMP Negeri 4 Bogor dan SMA Negeri 28 Jakarta. Setelah lulus dari SMA memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN Tes Tulis dan diterima di Teknik Geomatika – FTSP, ITS

pada tahun 2012 terdaftar dengan NRP 3512100098. Selama kuliah di Teknik Geomatika penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan kampus dan kepanitiaan. Penulis pernah aktif di Badan Eksekutif Mahasiswa ITS periode 2013/2014 di Departemen Riset dan teknologi, Penulis juga aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Badminton. Penulis pernah melakukan kerja praktek di Badan Informasi Geospasial Bogor untuk membuat pemetaan dan interpretasi sedimen dengan *instrument side scan sonar*. Di awal tahun 2016, penulis menjadi salah satu tim peneliti dosen Teknik Geomatika yaitu Bapak Ir. Yuwono. Di akhir masa studi sarjananya penulis melakukan sebuah penelitian dengan judul **“STUDI TENTANG PEMBANGUNAN PELABUHAN CILAMAYA DITINJAU DARI ASPEK TEKNIS (Studi Kasus : Pelabuhan Cilamaya Karawang)”**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”