



TUGAS AKHIR - RG 091536

ANALISA DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* DAN *SIDE SCAN SONAR* UNTUK IDENTIFIKASI FITUR DASAR LAUT DI PERAIRAN KEPULAUAN RIAU

MUSDIYANA TALIF
NRP 3512 100 104

Dosen Pembimbing
Khomsin, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017



TUGAS AKHIR - RG 091536

**ANALISA DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER*
DAN *SIDE SCAN SONAR* UNTUK IDENTIFIKASI
FITUR DASAR LAUT DI PERAIRAN
KEPULAUAN RIAU**

MUSDIYANA TALIF
NRP 3512 100 104

Dosen Pembimbing
Khomsin, ST. MT.

JURUSAN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT - RG 091536

DATA ANALYSIS MULTIBEAM ECHOSOUNDER AND SIDE SCAN SONAR FOR IDENTIFICATION SEABED FEATURES IN KEPULAUAN RIAU WATERS

MUSDIYANA TALIF
NRP 3512 100 104

Supervisor
Khomsin, ST. MT.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* DAN *SIDE SCAN SONAR* UNTUK IDENTIFIKASI FITUR DASAR LAUT DI PERAIRAN KEPULAUAN RIAU

Nama Mahasiswa : Musdiyana Talif
NRP : 3511 100 104
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : Khomsin, ST. MT.

ABSTRAK

Data fitur dasar laut dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi lepas pantai seperti pembuatan anjungan, pemasangan pipa bawah laut dan pemasangan kabel. Sebelum melaksanakan kegiatan tersebut diperlukan proses identifikasi fitur dasar laut untuk menganalisa resiko dan menentukan tempat yang aman dalam pemasangannya. Selain kegiatan konstruksi lepas pantai, fitur dasar laut juga dijadikan pertimbangan untuk menentukan jalur pelayaran yang aman.

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi fitur dasar laut dengan menggunakan instrumen Side Scan Sonar dan Multibeam Echosounder. Data citra Side Scan Sonar digunakan untuk mengidentifikasi fitur melalui proses interpretasi, karena interpretasi adalah sebuah proses kualitatif, rekaman dibahas secara kualitatif dengan melihat derajat kehitaman, bentuk dan ukuran. Sedangkan data Multibeam Echosounder digunakan untuk verifikasi relief dasar laut terhadap data Side Scan Sonar dengan mempertimbangkan posisi, kedalaman dan luasan dari fitur untuk dilakukan klasifikasi. Oleh karena fitur dasar laut dianalisa menggunakan data kedalaman maka uji ketelitian kedalaman diperlukan sesuai dengan standard IHO SP-44. Hasil interpretasi dijadikan acuan untuk membuat peta klasifikasi fitur dasar laut.

Luas area penelitian 432136,32 m² dengan persentase masing-masing fiturnya yaitu, batuan dasar 84,195%, galian parit 2,659%, galian 0,304%, gelombang pasir 12,243%, tumpukan batuan 0,598%. Sedangkan total keseluruhan panjang pipa yaitu, 1636,689 meter dengan panjang pipa 1500,814 meter dan pipa tertimbun 135,875 meter. Berdasarkan perhitungan ketelitian kedalaman terdapat 159 titik perhitungan dengan koordinat yang berdekatan dan 96% titik memenuhi Orde khusus dengan nilai selisih kedalaman paling besar yaitu 0,5 meter.

Kata Kunci: Fitur Dasar Laut, Klasifikasi, Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Uji Ketelitian, IHO SP-44

*ANALYSIS OF MULTIBEAM ECHOSOUNDER AND SIDE
SCAN SONAR DATA FOR IDENTIFICATION SEABED
FEATURES IN KEPULAUAN RIAU WATERS*

Nama Mahasiswa : Musdiyana Talif
NRP : 3511 100 104
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : Khomsin, ST. MT.

ABSTRACT

The Seabed features data is needed for offshore constuction like built offshore platform, installation pipeline and cable. Before doing those activity, identification seabed features is needed for analyze the risk and ideal location. Otherwise offshore construction, seabed features also being used consideration for determination of the safely shipping channel.

This research was conducted to identify seabed features using Side Scan Sonar and Multibeam Echosounder instruments. Side Scan Sonar image data is used to identify features through a process of interpretation. Interpretation is a qualitative process, thus in this research, the data is discussed qualitatively from brightness value, shapes and sizes of the seabed features. Multibeam echosounder data is used for verification of seabed relief towards Side Scan Sonar by considering the position, depth and extent of features to do the classification. Therefore, seabed features analyzed by using bathymetric data then depth accuration test is required in IHO standards SP-44. The results of interpretation as a reference to create the seabed features classification map.

The extent of research area are 432136,32 m² with each percentage of the features is bed rock 84,195%, dredged channel 2,659%, dredged 12,243%, sand wave 12,243%, rock dumps 0,598%. Meanwhile total length of pipelines is

1636,689 meters with pipelines length 1500,814 meters and buried pipelines 135,875 meter.

Based on depth accuracy calculation there is 159 point calculation from the coordinat adjacent and 96% points eligible to Special Order with greatest depth is 0,5 meters.

Key Words: Seabed Features, Classification, Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, Accuracy Test, IHO SP-44.

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* DAN
SIDE SCAN SONAR UNTUK IDENTIFIKASI FITUR
DASAR LAUT DI PERAIRAN KEPULAUAN RIAU

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 :

MUSDIYANA TALIF

NRP. 3512 100 104

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



Surabaya, Januari 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan hidayah dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Analisa Data *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* untuk Identifikasi Fitur Dasar Laut di Perairan Kepulauan Riau**” dengan baik.

Dalam pelaksanaan penelitian Tugas Akhir ini, banyak pihak yang memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis, sehingga penelitian tugas akhir ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam laporan Tugas Akhir ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis atas doa, dukungan, pengorbanan yang telah diberikan selama ini kepada penulis.
2. Keluarga penulis baik, adik, saudara sepupu, Paman dan Bibi atas doa dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Mokhammad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS,
4. Bapak Khomsin, ST., MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir penulis yang senantiasa memberikan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak Ir. Yuwono, MT dan Bapak Danar Guruh Pratomo, ST, MT, PhD selaku dosen penguji Tugas Akhir atas kritik dan saran terhadap penelitian Tugas Akhir penulis.
6. Bapak Sanny Samudera dan Bapak Imra Chatib selaku pembimbing di PT. Pageo Utama yang telah membantu memberikan arahan dan dukungan.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Geomatika ITS atas bimbingan dan ilmu yang telah diberikan selama ini kepada penulis,

8. Bapak dan Ibu karyawan dan staff Jurusan Teknik Geomatika ITS yang telah membantu kelancaran proses akademis,
9. Seluruh karyawan PT. Pagedo Utama Pak Agung Prasetyo, Pak Marino, Pak Bimo, Pak Angga, Mas Diki, Bu Yuni, Mas Hisyam, Mas Kecap dan Kang Sukma.
10. Teman teman Jurusan Teknik Geomatika ITS angkatan 2012 atas bantuan dan semangatnya selama melewati masa perkuliahan.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada pihak-pihak yang telah membantu penulisan Tugas Akhir ini. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu penulis meminta maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk pembelajaran kedepannya. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Januari 2017

Musdiyana Talif

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
ABSTRAK	V
ABSTRAK	VII
HALAMAN PENGESAHAN	IX
KATA PENGANTAR.....	XI
DAFTAR ISI.....	XIII
DAFTAR GAMBAR.....	XV
DAFTAR TABEL.....	XVII
DAFTAR LAMPIRAN.....	XIX
DAFTAR ISTILAH	XXI
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN PENELITIAN	4
1.5 MANFAAT PENELITIAN	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 SURVEI HIDROGRAFI.....	5
2.2 KLASIFIKASI SURVEI.....	5
2.3 KETELITIAN SURVEI.....	6
2.4 SURVEI BATIMETRI	8
2.5 PENGAMATAN FITUR DASAR LAUT	9
2.6 MULTIBEAM ECHOSOUNDER.....	15
2.7 SIDE SCAN SONAR	23
2.8 STABILITAS <i>SONAR FISH</i>	25
2.9 EDGETECH 6205	27

2.10 ODOM ECHOTRAC MKIII <i>SINGLEBEAM</i> <i>ECHOSOUNDER</i>	30
2.11 INTEPRETASI CITRA <i>SIDE SCAN SONAR</i>	32
2.12 PENENTUAN POSISI GLOBAL POSITIONING SYSTEM	36
2.13 PASANG SURUT.....	37
2.14 PENELITIAN SEBELUMNYA.....	38
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	41
3.1 LOKASI PENELITIAN	41
3.2 BAHAN DAN PERALATAN.....	41
3.3 METODOLOGI PENELITIAN.....	42
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	49
4.1 DATA HASIL PENELITIAN	49
4.2 PEMBAHASAN	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	72
5.1 KESIMPULAN.....	73
5.2 SARAN	73
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN	79
LAMPIRAN A.....	79
LAMPIRAN B.....	81
BIODATA PENULIS	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Metode Penamaan Klasifikasi Fitur	12
Gambar 2. 2 <i>Side Scan Sonar</i> raw data	14
Gambar 2. 3 Ukuran Jejak MBES versus sudut <i>swath</i>	17
Gambar 2. 4 Instrumen yang digunakan dalam Pengukuran <i>Sound Velocity Profile</i>	18
Gambar 2. 5 Ilustrasi Kesalahan Akibat <i>Time delay</i>	19
Gambar 2. 6 Ilustrasi Kesalahan <i>Roll</i>	20
Gambar 2. 7 Ilustrasi Kesalahan <i>Pitch</i>	21
Gambar 2. 8 Ilustrasi Kesalahan <i>Yaw</i>	22
Gambar 2. 9 Contoh Profil Kecepatan Suara dalam air	23
Gambar 2. 10 Diagram Penyerapan, Penghamburan dan.....	24
Gambar 2.11 Ilustrasi Ketidakstabilan <i>Sonar Fish</i>	27
Gambar 2.12 Ilustrasi hasil citra <i>Side Scan Sonar</i> dan Batimetri Menggunakan EdgeTech 6205	28
Gambar 2. 13 Instrumen EdgeTech 6205	29
Gambar 2. 14 Fitur <i>Dredged Channel</i>	30
Gambar 2. 15 Fitur <i>Pipeline</i>	30
Gambar 2. 16 Odom Echotrac MKIII	32
Gambar 2. 17 Proses Penggambaran Citra <i>Side Scan Sonar</i> .	34
Gambar 2. 18 Bayangan Objek Menggantong.....	34
Gambar 2. 19 Hasil Intrepretasi Citra <i>Side Scan Sonar</i>	35
Gambar 2. 20 Prinsip Kerja DGPS	36
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian	41
Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan	42
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data	45
Gambar 4. 1 Pengaturan Sudut Kalibrasi.....	49
Gambar 4. 2 Data Pengolahan Hasil Keseluruhan Kalibrasi	50
Gambar 4. 3 Data Pasang Surut <i>Admiralty Tide Table</i>	51
Gambar 4. 4 Hasil <i>Gridding</i> Data Batimetri di <i>AutoCAD</i>	52
Gambar 4. 5 Peta Batimetri daerah Kepulauan Riau	53
Gambar 4. 6 Citra yang Belum (kiri) dan Citra yang Sudah (kanan) dilakukan <i>Slant Range Correction</i>	54
Gambar 4. 7 Hasil mozaik citra <i>Side Scan Sonar</i>	54

Gambar 4. 8	Tampilan <i>Seabed Features</i>	55
Gambar 4. 9	Jalur Survei ML-1 Terdapat Fitur gelombang pasir dan batuan dasar	56
Gambar 4.10	Verifikasi Jalur Survei ML-1	58
Gambar 4.11	Verifikasi Pipa dengan profil melintang instrumen <i>Singlebeam Echosounder</i>	59
Gambar 4.12	Jalur Survei ML-3 Menunjukkan Adanya Fitur Timbunan Batuan	62
Gambar 4.13	Verifikasi Jalur Survei ML-3	63
Gambar 4.14	Jalur Survei ML-4 Terlihat Fitur Pipa dan Pipa Tertimbun	65
Gambar 4. 15	Verifikasi Jalur Survei ML-4	66
Gambar 4. 16	Jalur Survei ML-1A Terlihat Fitur Galian	67
Gambar 4. 17	Verifikasi Jalur ML-1A	68
Gambar 4. 18	Verifikasi Fitur Galian	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Klasifikasi daerah survei hidrografi.....	5
Tabel 2. 2 Ketelitian pengukuran parameter survei hidrografi	6
Tabel 2. 3 IHO S-44 Kemampuan Deteksi	8
Tabel 2. 4 List Fitur Dasar Laut	15
Tabel 4. 1 Analisa Fitur <i>Bed Rock</i>	59
Tabel 4. 2 Analisa Fitur <i>Sandwave</i>	61
Tabel 4. 3 Analisa Fitur <i>Dredged Channel</i>	64
Tabel 4. 4 Analisa Fitur <i>Pipeline</i>	66
Tabel 4. 5 Analisa Fitur <i>Buried Pipeline</i>	67
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Ketelitian Orde Khusus IHO SP- 44.....	70

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Tanda Bukti Pelaksanaan Tugas Akhir di PT. Pageo Utama
- Lampiran B Tabel Analisa Perhitungan Ketelitian sesuai dengan Standard IHO SP-44
- Lampiran C Peta Batimetri Daerah Kepulauan Riau
- Lampiran D Peta Klasifikasi Fitur Dasar Laut Perairan Kepulauan Riau
- Lampiran E Peta Side Scan Sonar Perairan Kepulauan Riau

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISTILAH

- Akuisisi* : Hasil rekaman dari suatu instrumen yang kemudian diolah atau diproses menggunakan komputer.
- Bathymetric Side Scan* : Instrumen yang menghasilkan citra *Side Scan Sonar* dan data batimetri seperti pada *Multibeam Echosounder*.
- Batimetri* : Hasil akuisisi dengan data berupa informasi kedalaman laut hasil survei hidrografi yang telah dilakukan.
- Interpretasi* : Penafsiran citra melalui penilaian objek berupa rona, bentuk, ukuran pola dan juga bayangan.
- Kalibrasi* : Serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen pengukur atau sistem pengukuran atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu.
- Klasifikasi* : Penyusunan bersistem dalam kelompok atau golongan menurut kaidah dan standard yang telah ditetapkan.

Multibeam Echosounder : Sama dengan *Singlebeam Echosounder* akan tetapi lebih dari satu pancaran sinyal.

Pasang Surut : Gerakan vertikal perubahan permukaan air yang terjadi secara periodik karena adanya gaya pembangkit pasang surut.

Side Scan Sonar : Teknologi akustik untuk memetakan dasar laut dengan metode penginderaan untuk merekam dasar laut dengan hasil citra dasar laut.

Singlebeam Echosounder : Alat ukur kedalaman air yang menggunakan pancaran tunggal sebagai pengirim dan penerima sinyal.

Validasi : Suatu tindakan yang membuktikan bahwa metode dapat memberikan hasil yang konsisten dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

Verifikasi : Pemeriksaan tentang kebenaran laporan, pernyataan, perhitungan dan sebagainya.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fitur dasar laut merupakan bagian dari panorama permukaan dasar laut atau morfologi dengan gambaran sebagaimana yang ada di daratan, seperti kenampakan dari pegunungan, gunung api, lereng, dataran, lembah, parit, dan *channel*. Bentuk morfologi tersebut, umumnya berkaitan dengan proses-proses geologi dalam pembentukan dan perkembangannya baik secara individual maupun secara berkelompok. Berdasarkan peta batimetri Indonesia, pola batimetri yang berkembang memperlihatkan morfologi dasar lautnya mengikuti garis pantai dan pola hasil tektonik (Salahudin, 2010).

Data fitur dasar laut dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi lepas pantai seperti pembuatan anjungan, pemasangan pipa bawah laut dan pemasangan kabel. Sebelum melaksanakan kegiatan tersebut diperlukan proses identifikasi fitur dasar laut untuk menganalisa resiko dan menentukan tempat yang aman dalam pemasangannya. Selain kegiatan konstruksi lepas pantai, fitur dasar laut juga dijadikan pertimbangan untuk menentukan jalur pelayaran yang aman. Oleh karena itu fitur dasar laut baik yang terbentuk secara alami karena proses alam ataupun buatan yang terbentuk karena benda buatan manusia yang masuk ke dasar perairan, dapat digambarkan dalam bentuk peta dan diklasifikasikan agar posisi dan informasi dapat diketahui.

Metode akustik saat ini banyak digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek bawah laut. Sothall dan Nowacek (2011) menyatakan sistem akustik sangat efektif untuk mengeksplorasi lingkungan bawah laut. *The basic principle of sonar is to use sound to detect or locate objects, typically in the ocean* (Hansen, 2011). Teknologi akustik

yang sangat berperan dalam survei hidrografi adalah *Multibeam Sonar* (McGonigle, 2010).

Menurut Calder dan Mayer (2003) *Multibeam echosounders (MBES) are currently the best way to determine the bathymetry of large regions of the seabed with high accuracy. They are becoming the standard instrument for hydrographic surveying and are also used in geological studies, mineral exploration and scientific investigation of the earth's crustal deformations and life cycle. The significantly increased data density provided by an Multibeam Echosounder has significant advantages in accurately delineating the morphology of the seabed, but comes with the attendant disadvantage of having to handle and process a much greater volume of data.* Instrumen penunjang berikutnya untuk melengkapi data hasil pengukuran adalah *Side Scan Sonar*. Hasil pengolahan data *Side Scan Sonar* adalah berupa citra sehingga dapat melengkapi data *Multibeam Echosounder* untuk melakukan interpretasi objek atau fitur dasar laut.

Selain *Side Scan Sonar* diperlukan juga data *Singlebeam Echosounder* sebagai data penunjang untuk memvalidasi data kedalaman yang dihasilkan oleh *Multibeam Echosounder*. Hal ini dikarenakan *Multibeam Echosounder* dapat melakukan perekaman data dengan cakupan luas dan memiliki keakuratan yang baik dalam *positioning* tetapi tidak dengan kedalaman, sedangkan *Singlebeam Echosounder* memiliki keakuratan yang baik dalam *postioning* dan juga kedalaman.

Pada penelitian ini digunakan dua instrumen tersebut agar mendapatkan hasil yang maksimal dalam melakukan identifikasi fitur dasar laut di perairan Kepulauan Riau sehingga dapat dianalisa dan diidentifikasi fitur dasar laut dari aktivitas alamiah/bentukan alami seperti parit (*trench*), punggung (*ridge*), cekungan (*basin*), terumbu karang (*coral reef*), *pockmark* dan *pockmark cluster* serta aktivitas

manusia seperti galian, kapal karam dan pipa serta interpretasi hasil citra *Side Scan Sonar* berupa tingkat kekerasan dari fitur yang ada berdasarkan kunci dalam melakukan interpretasi citra sesuai dengan pola gelap dan pola terangnya.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana fitur dasar laut ditemukan di area penelitian?
2. Bagaimana ketelitian pengukuran kedalaman dalam identifikasi fitur dasar laut sesuai dengan standard IHO SP-44?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di perairan Kepulauan Riau.
2. Data yang digunakan adalah data pengukuran *Singlebeam Echosounder*, *Multibeam Echosounder*, dan *Side Scan Sonar*.
3. Proses identifikasi fitur dasar laut dari aktivitas alam/bentukan alami seperti parit (*trench*), punggung (*ridge*), cekungan (*basin*), batuan (*bedrock*), pasir bergelombang (*sand waves*), terumbu karang (*coral reef*) serta aktivitas manusia seperti galian, urukan bebatuan, kapal karam dan pipa.
4. Ketelitian *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* berdasarkan spesifikasi dari alat yang digunakan dalam proses akuisisi data di lapangan.
5. Perangkat lunak (*software*) yang digunakan dalam pengolahan *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* pada penelitian ini adalah *Qinsy Console* dan *SonarWiz*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan klasifikasi dan pendataan fitur dasar laut di perairan Kepulauan Riau.
2. Menganalisa ketelitian kedalaman pengukuran hasil akuisisi data sesuai dengan standard IHO SP-44.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini, yaitu memberikan informasi dan data mengenai klasifikasi objek atau fitur dasar laut serta mengetahui instrumen yang efektif dalam mendeteksi fitur dasar laut dari hasil pengukuran dengan *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* agar dapat digunakan sebagai literatur dan pengetahuan tentang fitur dasar laut yang terdapat di daerah perairan Kepulauan Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Survei Hidrografi

Hidrografi berasal dari bahasa Yunani yaitu hidros dan grafos yang berarti sifat pengukuran badan air. Definisi hidrografi yang oleh IHO tahun 2004 didefinisikan sebagai *that branch of applied science which deals with the measurement and description of the features of the seas and coastal areas for the primary purpose of navigation and all other marine purposes and activities including -inter alia- offshore activities, research, protection of the environment and prediction services*. Pengertian tersebut menjelaskan perubahan dan perluasan dari definisi hidrografi itu sendiri, yaitu tidak hanya sekedar untuk keperluan navigasi saja tetapi sudah aktivitas lepas pantai dan keperluan perlindungan lingkungan serta penelitian.

Salah satu kegiatan survei hidrografi adalah industri maritim yang mana tentunya memerlukan kegiatan seperti pasang surut, penentuan posisi, survei batimetri, pengamatan arus, pengamatan gelombang, sedimen, temperatur, salinitas, survei seismik, survei magnetik, serta survei gravimetri.

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. 1 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.

No	Kelas	Contoh daerah survei
2	Orde 1a	Area perairan dangkal, tetap diperlukan cakupan batimetri 100% namun tidak kritis, kedalaman 40 – 100 meter, biasanya digunakan untuk alur pendekatan pelabuhan dan alur pelayaran.
3	Orde 1b	Area perairan hingga kedalaman 100 meter namun tidak diperlukan cakupan batimetri 100% karena karakteristik perairan tidak berbahaya.
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. 2 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

No	Deskripsi	Kelas			
		Orde Khusus	Orde 1a	Orde 1b	Orde 2
2	Alat bantu navigasi tetap dan kenampakan yang berhubungan dengan navigasi	2 m	2 m	2 m	5 m
3	Garis pantai	10 m	20 m	20 m	20 m
4	Alat bantu navigasi terapung	10 m	10 m	10 m	20 m
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:

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

dimana:

a = Kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap).

b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap).

d = kedalaman terukur.

(b x d) = Kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen).

Selain itu, untuk mengukur ketelitian terutama pemanfaatan survei hidrografi untuk pengamatan fitur dasar laut adalah kemampuan sistem deteksi fitur. Seperti yang tercantum pada tabel berikut ini (IHO, 2008):

Tabel 2. 3 IHO S-44 Kemampuan Deteksi (IHO SP-44, 2008)

No	Orde IHO S-44	Kemampuan Sistem Deteksi
1	Orde khusus	Fitur kubik > 1.0 m terdeteksi.
2	Orde 1a	Fitur kubik > 2.0 m di kedalaman sampai 40 m terdeteksi atau 10% dari kedalaman di atas 40 m (kedalaman ini dipilih berkaitan dengan perkiraan maksimum draft kapal).
3	Orde 1b	Tidak dapat diterapkan.
4	Orde 2	

2.4 Survei Batimetri

Survei batimetri merupakan survei untuk melakukan pengukuran kedalaman yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (konfigurasi) dasar perairan (*seabed surface*). Menurut IHO, survei batimetri adalah “*measured or charted depth of water or the measurement of such depth*”. Pengukuran kedalaman

dilakukan secara bersamaan dengan pengukuran posisi horisontalnya. Kedalaman diukur dengan instrumen gelombang akustik, sedangkan posisi horisontal didapatkan dari penentuan posisi menggunakan *Global Positioning System* (GPS) dengan metode diferensial atau DGPS. Pasang surut air laut juga berpengaruh terhadap survei dikarenakan variasi muka laut sehingga diperlukan pengamatan pasang surut untuk mereduksi hasil survei terhadap dinamika air laut tersebut (Nugraha, 2014).

Pemeruman atau *sounding* merupakan salah satu metode penentuan kedalaman dengan menggunakan prinsip pantulan gelombang akustik (Yuwono, 2005). Alat yang digunakan untuk kegiatan ini adalah *echosounder* atau perum gema. Penggunaan alat ini merupakan pengukuran kedalaman secara tidak langsung dengan mengukur waktu tempuh pulsa gelombang akustik yang dipancarkan oleh transduser. Interval waktu tempuh gelombang akustik tersebut kemudian dikonversi menjadi kedalaman dengan prinsip sebagai berikut:

$$D = \frac{1}{2} (v \cdot \Delta t) \dots\dots\dots (2.1)$$

Rumus di atas merupakan fungsi kedalaman laut yang diukur. Dengan D adalah kedalaman (m), v adalah cepat rambat gelombang akustik dalam air (m/s), dan Δt adalah interval waktu antara gelombang yang dipancarkan dan diterima (s).

2.5 Pengamatan Fitur Dasar Laut

2.5.1 Definisi

Untuk memastikan navigasi yang aman perlu dilakukan deteksi fitur dasar laut yang kemungkinan menjadi bahaya untuk navigasi, baik itu buatan manusia atau alam. Sebuah fitur, didefinisikan sebagai benda atau objek apa pun di dasar laut yang sangat berbeda dari daerah sekitarnya. Benda tersebut bisa apa saja dari *isolated rock* pada permukaan dasar laut yang datar sampai bangkai baik

pesawat maupun kapal dan juga halangan. Kegiatan ini disebut dengan deteksi fitur dasar laut.

Kegiatan tersebut adalah survei batimetri sesuai dengan jalur yang sudah ditentukan. Cakupan wilayah *Multibeam Echosounder* atau *Side Scan Sonar* digunakan untuk deteksi fitur dan untuk memberikan informasi mengenai klasifikasi dasar laut. Dalam beberapa kasus atau kegunaan deteksi fitur lebih penting dibandingkan akuisisi batimetri. Fitur khusus yang telah diidentifikasi pada *Multibeam Echosounder* dan citra *Side Scan Sonar* biasanya akan memerlukan pemeriksaan yang lebih baik dari posisi dan kedalaman sebenarnya (IHO, 2005).

2.5.2 Akuisisi Data

Biasanya, informasi fitur dasar laut diperoleh dengan menggunakan teknik kombinasi (TM1, 2005):

- *Echosounding* atau *Swath Echosounding* (Untuk daerah dasar laut yang tidak merata, bebatuan, karang, *pockmarks*, *sand waves* dan lainnya).
- Fitur dasar laut dan halangan .
- Biasanya, oleh *Side Scan Sonar*. Sistem *mozaiking* akan memberikan “foto” dari dasar laut, dimana fitur yang menonjol dapat lebih mudah dipahami dan diinterpretasikan.
- *Magnetometer* untuk mengidentifikasi benda-benda logam, seperti pipa dan kabel, puing-puing logam dan amunisi pada atau di bawah dasar laut.

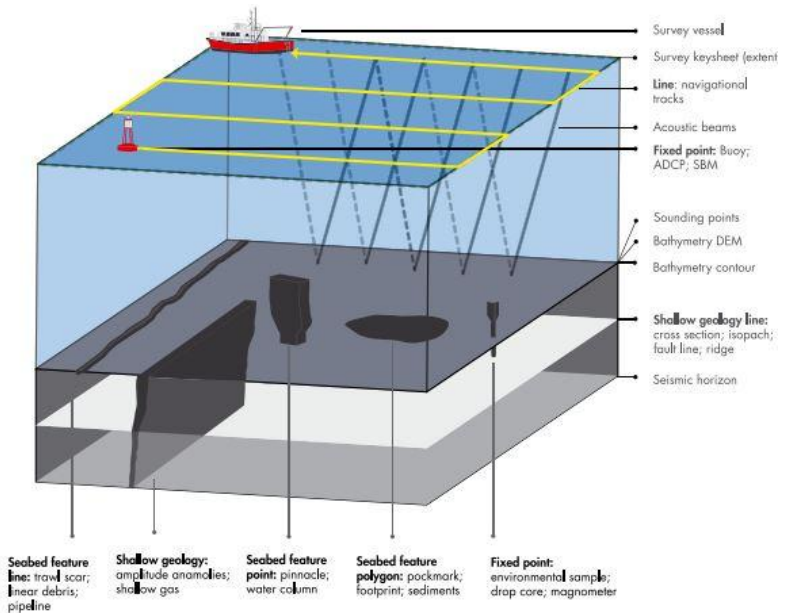
2.5.3 Metode

Pedoman yang terdapat di bawah ini mencakup representasi fitur dasar laut dan interpretasi kontak dari data survei hidrografi dan geofisika. Ini mencakup metodologi yang digunakan dan informasi yang diperoleh. Fitur dasar laut dan data kontak didapatkan dari sumber data berikut (SEtech, 2012):

- Data *Side Scan Sonar* (SSS): Identifikasi bangkai kapal, puing-puing, area relief dasar laut dan objek di dasar laaut lainnya.
- *Multibeam Echosounder* dan *Singlebeam Echosounder* (MBES dan SBES): Verifikasi relief dasar laut terhadap data *Side Scan Sonar*.
- *Sub Bottom Profiler* (SBP): Identifikasi objek tertimbun seperti pipa, kabel dan batu-batu.
- *Magnetometer*: Identifikasi anomali magnetik, yang direferensikan sebagai data penunjang ke instrumen *Side Scan Sonar* dan *Sub Bottom Profiler*.

Fitur dasar laut dapat diinterpretasikan dari penagamatan *anomali logging*. Fitur dasar laut dapat dilakukan klasifikasi dengan cara sebagai berikut (SEtech, 2012):

- Lokasi fitur (koordinat tunggal atau menetapkan koordinat per fitur) dengan deskripsi dan dimensi fitur, biasa disebut sebagai kontak.
- Fitur linear diwakili oleh garis yang sesuai, dengan deskripsi dan dimensi fitur.
- Fitur area diwakili oleh poligon yang sesuai untuk menggambarkan batasan fitur. Dalam beberapa kasus hanya lokasi fitur yang disediakan, bersama dengan dimensi dan deskripsi fitur. Dalam hal ini lokasi koordinat yang disediakan adalah definisi titik pusat untuk fitur tersebut.



Gambar 2. 1 Metode Penamaan Klasifikasi Fitur (OGP, 2013)

2.5.4 Tujuan Pengamatan

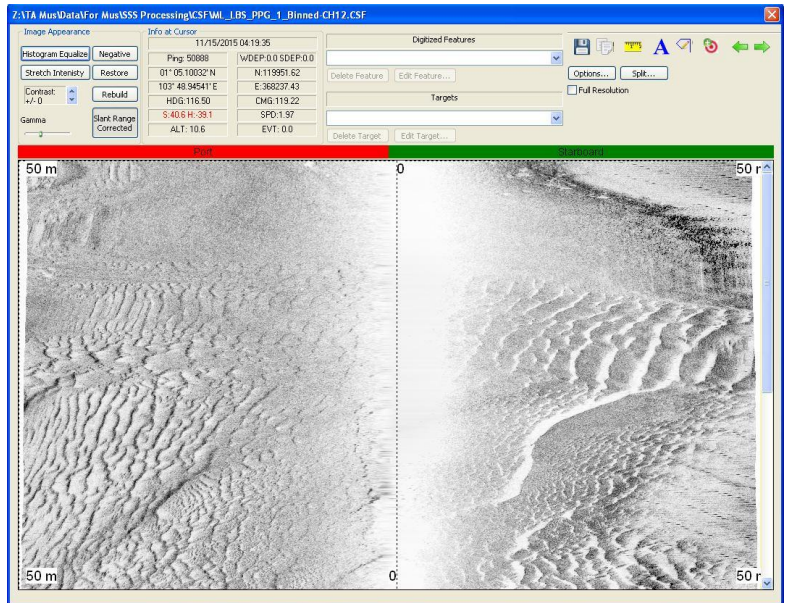
Salah satu tujuan utama dalam kegiatan ini adalah untuk menilai *geohazard* dan mengetahui resiko yang ditimbulkan untuk operasi pengeboran di dasar laut dan kondisi geologi untuk dikelola dan dikurangi.

Kehadiran *hazard* atau bahaya harus ditentukan melalui analisa yang baik dan konsisten serta jelas untuk dilaporkan dalam teks, peta, dan grafis lainnya. Untuk setiap *hazard* diidentifikasi, potensi *hazard* harus dinyatakan dalam hal kemungkinan bahwa kondisi tertentu berada di dalam posisi tertentu. Catatan teknis memberikan pedoman interpretasi untuk penilaian kunci beberapa *geohazard* yang dapat diidentifikasi (OGP, 2013).

2.5.5 Klasifikasi Hasil Pengamatan

Klasifikasi citra *Side Scan Sonar* mengacu pada kegiatan menggabungkan area dengan tanda akustik yang sama, kemudian menghubungkan mereka dengan informasi yang berkaitan dengan karakteristik biologis atau fisik mereka. Kemudian area tersebut dapat didefinisikan menggunakan standard rangkaian pendeskripsian yang dikenal sebagai skema klasifikasi. Dalam hal ini sangat jarang untuk dapat dicapai hanya menggunakan teknik tunggal saja, meskipun citra *Side Scan Sonar* diperoleh dari resolusi yang tinggi.

Cara pengolahan dan klasifikasi informasi yang diperoleh juga tersedia, meskipun perlu dicatat bahwa *Side Scan Sonar* jarang digunakan sebagai teknik tunggal untuk tujuan ini. Minimal interpretasi *Side Scan Sonar* biasanya divalidasi dengan sampel biologis namun lebih sering dikombinasikan dengan *Multibeam Echosounder* atau *Singlebeam Echosounder* dan *Sub Bottom Profiler*. Segmentasi dapat dilakukan baik secara manual oleh analisa visual atau secara otomatis oleh perangkat lunak klasifikasi citra khusus. Analisa visual dapat dilakukan pada *Side Scan Sonar* pada mozaik semua *track* (OGP, 2013).



Gambar 2. 2 *Side Scan Sonar* raw data (Pageo Utama, 2016)

Disediakan beberapa *software* untuk cara mozaik klasifikasi citra. Fungsi ini disediakan oleh sejumlah produk dari produsen perangkat lunak spesialis hidrokaustik yang akan dijelaskan. Mozaik *Side Scan Sonar* mempunyai format standard berupa TIFF atau JPEG *images*, format itu dapat dianalisa oleh sejumlah perangkat pengolahan gambar dan produk GIS seperti ESRI, ArcGIS, Erdas Imagine dan ER Mapper. Segmentasi visual dari citra *Side Scan Sonar* biasanya dapat dilakukan dalam perangkat lunak GIS dengan digitasi poligon di sekitar area yang mempunyai tekstur sama. Ini dilakukan dengan acuan untuk semua data lain yang terdapat pada area (Penrose, et al., 2005). Dalam pelaksanaan klasifikasi secara segmentasi visual akan ditemukan beberapa fitur dasar laut, berikut adalah list fitur sesuai dengan bentukannya (OGP, 2013):

Tabel 2. 4 List Fitur Dasar Laut (OGP Version 1.2, 2013)

Man-Made Features	Natural Seabed Features
<ul style="list-style-type: none"> • Anjungan: Aktif, ditinggalkan atau terguling • Pipa: Tertimbun atau di atas dasar laut • Kabel listrik dasar laut • Kabel komunikasi dasar laut • Sumur minyak yang telah habis • Kerangka anjungan • Pemberhentian pipa, penutup dan pelindung • Batu konstruksi • Tumpukan batuan • Pecahan proteksi material • Jejak kaki pemasangan <i>jack up</i> • Infrastruktur <i>non</i> migas • Bangkai kapal • Peninggalan arkeologis • Sampah – sampah dasar laut 	<ul style="list-style-type: none"> • Relief dan topografi dasar laut • Sedimen dasar laut • Pasir: Bantaran, bergelombang, riak besar • Lumpur: Aliran, selokan, gunung api, gumpalan, lobus • Lereng dari palung • Struktur diaper • Lubang gas • Lempeng bumi • Daerah longsor • Fitur reruntuhan/puing • Kumpulan sintesis kimiawi • Gundukan gas hidrat • Puncak batu • Karang • Tanah keras • Parit dasar laut dan gerusan

2.6 Multibeam Echosounder

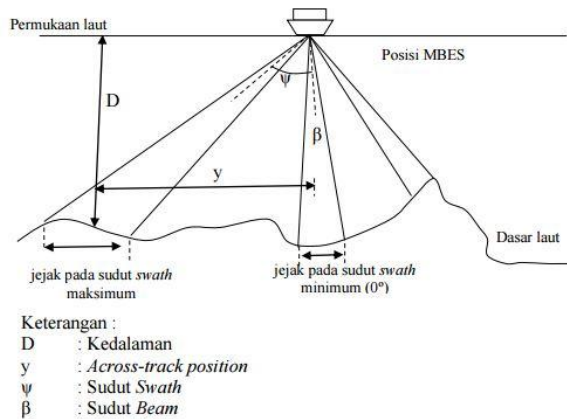
2.6.1 Definisi dan Prinsip

Multibeam Echosounder merupakan alat untuk menentukan kedalaman air dengan sapuan area dasar laut yang luas. Prinsip operasi alat ini secara umum adalah berdasar pada pancaran pulsa yang dipancarkan secara langsung ke arah dasar laut dan setelah itu energi akustik dipantulkan kembali dari dasar laut (*seabed*), beberapa

pancaran suara (*beam*) secara elektronis terbentuk menggunakan teknik pemrosesan sinyal sehingga diketahui sudut *beam*. *Multibeam Echosounder* dapat menghasilkan data batimetri dengan resolusi tinggi.

Multibeam Echosounder mempunyai cakupan pemetaan yang luas sehingga dapat memetakan keseluruhan area yang masuk ke dalam jalur survei, lalu setelah itu akan dikoreksi kembali dengan data yang dihasilkan oleh *Singlebeam Echosounder* yang memiliki akurasi lebih tinggi, namun hanya memiliki daerah cakupan yang sempit yaitu hanya pada sepanjang jalur survei saja. Data – data yang bertampalan dari hasil survei antara *Singlebeam Echosounder* dan *Multibeam Echosounder* akan divalidasi sehingga didapatkan data yang tingkat validitasnya tinggi. Semakin banyak data yang diperoleh, semakin akurat hasil survei yang dilakukan.

Multibeam Echosounder berbeda dengan instrumen *Side Scan Sonar* karena pola pancaran yang dimiliki oleh *Multibeam Echosounder* melebar dan melintang terhadap badan kapal. Transduser yang terdapat pada *Multibeam Echosounder* terdiri dari serangkaian elemen yang memancarkan pulsa suara dalam sudut yang berbeda. Biasanya hanya satu *beam* yang ditransmisikan tetapi menghasilkan banyak pantulan energi dari masing-masing pulsa suara yang ditransmisikan. Kemampuan setiap elemen transduser menerima kembali pulsa suara yang dipantulkan tergantung kepada metode kalibrasi terhadap gerak kapal yang diterapkan.



Gambar 2. 3 Ukuran Jejak MBES versus sudut *swath*
(Jong, 2002)

Multibeam Echosounder dicirikan oleh parameter berikut Frekuensi pada rentang 12 sampai 500 kHz. Cakupan sudut sapuan antara $\pm 75^\circ$ hingga 85° . Akurasi umumnya berkurang dengan bertambah lebarnya *swath*. Lebar sapuan 4x sampai 5x kedalaman air.

2.6.2 Sound Velocity Profiler

Sound Velocity Profiler merupakan perangkat yang semi-otonom dan berdiri sendiri, yang mengumpulkan data oseanografi saat kapal sedang berjalan.



Sound Velocity Conductivity Temperatur Depth

Gambar 2. 4 Instrumen yang digunakan dalam Pengukuran
Sound Velocity Profile

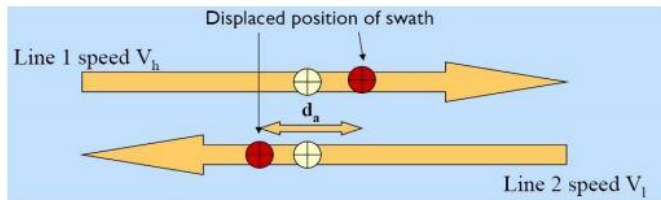
2.6.3 Kalibrasi *Multibeam Echosounder*

Kualitas data *Multibeam Echosounder* tergantung dari sensor-sensor yang terintegrasi dengannya. Oleh karena itu, diperlukan kalibrasi terhadap sistem ini untuk mendapatkan nilai koreksinya. Kalibrasi terhadap sensor di sini menggunakan metode *patch test*. *Patch test* adalah sebuah metode menggunakan *patch* atau bidang yang khusus dari dasar laut untuk menentukan kesejajaran *Swath Sounder*. Sebelum melakukan kalibrasi *Multibeam Echosounder*, semua sistem tambahan sebaiknya dikalibrasi terlebih dahulu dan juga profil kecepatan suara sebaiknya diukur di area di mana *patch test* akan dilakukan. Parameter berikut ini dapat ditentukan dengan *patch test*:

- Latensi atau *time delay* antara *positioning system* dan *Swath Sounder*.
- *Roll offset* dari *Sounder*.
- *Pitch offset* dari *Sounder*.
- *Yaw offset* dari *Sounder*.

2.6.3.1 Latensi Posisi dan Kedalaman

Sebuah *delay* dapat dideteksi seakuratnya 10 – 50 msec. Nilai latensi yang umumnya antara 0,2 – 1 detik, menyebabkan kesalahan pemosisian yang mana tergantung pada kecepatan survei, dapat berada di mana saja antara 0,3 – 5 m. Koreksi latensi diperlukan karena kebanyakan *positioning system* membutuhkan waktu untuk menghitung posisi dari pengukuran mentah (*raw*), berbeda dengan *Echosounder* yang mengukur hampir seketika.



Gambar 2. 5 Ilustrasi Kesalahan Akibat *Time delay*
(Nautik, 2009)

Keterangan :

d_a : jarak antara dua posisi yang mengalami kesalahan

dt : *time delay*

V_h : kecepatan maksimum

V_l : kecepatan minimum

Untuk mendapatkan nilai kesalahan yang terjadi maka bisa digunakan persamaan (2.3) sebagai berikut :

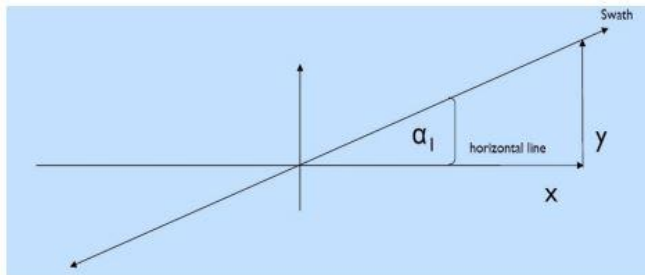
$$dt = \frac{d_a}{(v_h - v_l)} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.6.3.2 Kalibrasi Roll

Roll adalah parameter yang sangat penting ketika menggunakan *Swath Sounder* karena kebanyakan *Swath Sounder* atau *Multibeam Echosounder* akan menyapu tegak lurus searah dengan pergerakan kapal survei.

Kesalahan ini akan dapat diabaikan untuk sorotan pusat dan mencapai maksimumnya untuk sorotan terluar.

Untuk menentukan *roll offset*, pilih area sedatar mungkin. Pada umumnya, semakin dalam dasar laut semakin akurat penentuan kesalahan *roll*. Lakukan pada sebuah jalur dengan arah yang berlawanan di atas dasar laut yang datar dengan kecepatan yang sama.

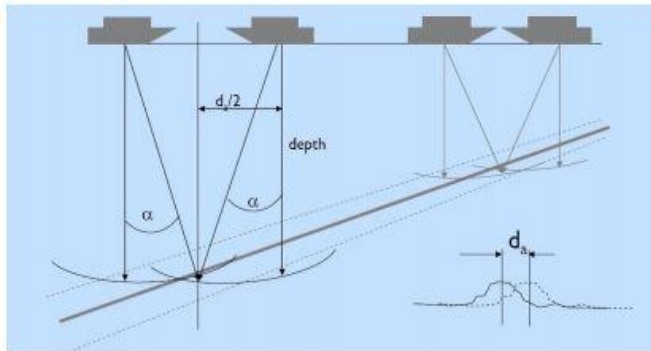


Gambar 2. 6 Ilustrasi Kesalahan *Roll* (Nautik, 2009)

2.6.3.3 Kalibrasi *pitch*

Pitch adalah parameter lain yang sangat penting ketika melakukan *sounding* di laut dalam atau ketika *sounding* pada lereng. Saat survei dasar laut yang datar, *pitch offset* akan menciptakan dasar laut yang lebih dalam atau lebih dangkal dari dasar laut yang sebenarnya tergantung pada arah *offset*. Masalah lainnya dengan *pitch offset* adalah ketika *sounding* pada lereng. Dikarenakan kesalahan *pitch*, lereng akan ditemukan pada posisi yang berbeda dari sebenarnya.

Untuk menentukan *pitch offset*, pilih area yang memiliki lereng 1:3 dan 1:5, Jika memungkinkan, pilih lereng yang dikelilingi oleh dasar laut yang datar. Pada umumnya, semakin curam lereng semakin akurat penentuan kesalahan *pitch*. Lakukan pada sebuah jalur dengan arah yang berlawanan di atas lereng dengan kecepatan yang sama.

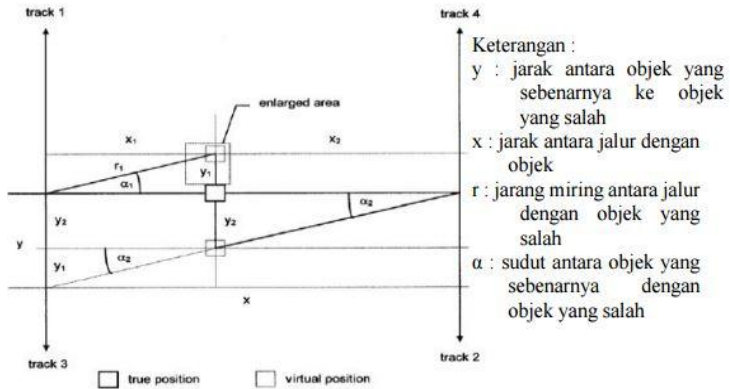


Gambar 2. 7 Ilustrasi Kesalahan *Pitch* (Nautik, 2009)

2.6.3.4 Kalibrasi Yaw (Gyro)

Kalibrasi *yaw* termasuk ke dalam parameter penting yang perlu diketahui ketika *sounding* pada lereng atau obyek sekitarnya. Ketika survei pada dasar laut yang datar, *yaw offset* tidak akan menyebabkan perbedaan pada kedalaman dasar laut. Begitu pula dengan saat melakukan survei pada area lereng, tidak akan ada kesalahan kedalaman, yang ada hanya pergeseran posisi yang bervariasi sepanjang jarak tersebut.

Untuk menentukan *yaw offset*, pilih area yang memiliki area 1:3 dan 1:5 atau dengan obyek yang berbeda-beda di dasarnya. Jika memungkinkan, pilih lereng yang dikelilingi oleh dasar laut yang datar. Pada umumnya, semakin curam lereng semakin akurat penentuan kesalahan *yaw*. Lakukan pada dua jalur dengan arah yang sama di samping obyek. Jarak antar jalur harus menciptakan pertampalan (*overlap*) di tengah jalur tersebut dengan kecepatan yang sama.

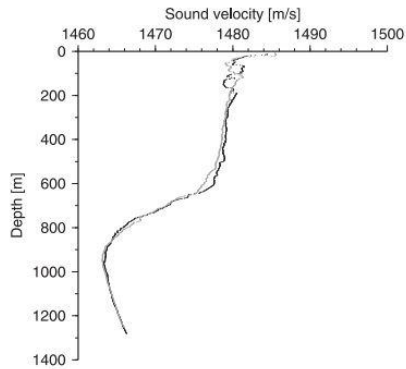


Gambar 2. 8 Ilustrasi Kesalahan *Yaw* (Nautik, 2009)

2.6.3.5 Kalibrasi Cepat Rambat Gelombang Suara

Kecepatan gelombang suara dalam air dipengaruhi oleh temperatur, salinitas, dan densitas air laut, sehingga menjadikan nilainya tidak selalu sama untuk setiap daerah survei. Profil kecepatan suara ini diambil menggunakan alat SVP (*Sound Velocity Profiler*).

Data profil kecepatan suara ini didapatkan dengan cara kapal melewati jalur survei sebanyak minimal dua kali dengan relief dasar laut yang relatif datar. Kemudian pada masing – masing titik dilakukan pengambilan data salinitas, suhu, tekanan dan kecepatan suara menggunakan *Sound Velocity Profiler*. Pengambilan data ini bertujuan untuk mengetahui waktu tempuh gelombang suara secara akurat (Hasanudin, 2009).



Gambar 2. 9 Contoh Profil Kecepatan Suara dalam air
(Beyer, 2006)

2.7 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.

2.7.1 Teori Operasi

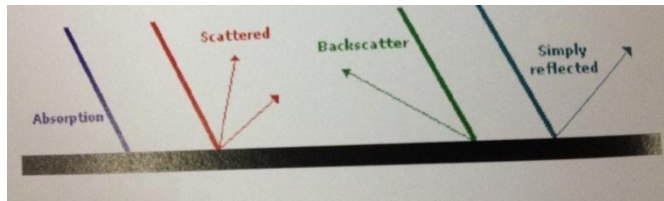
Side Scan Sonar adalah metode pencitraan bawah air yang didasarkan pada prinsip akustik bawah air. Instrumen ini sangat sensitif dan dapat mengukur fitur yang lebih kecil dari 10 cm. Kegunaannya termasuk:

- Pendeteksian obyek (ranjau, kapal karam, pipa, pesawat jatuh, kargo yang hilang).
- Klasifikasi dasar laut (tipe sedimen, lapisan batuan, riak pasir).
- 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. 10 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:

- Sudut datang dari gelombang akustik di depan dasar laut.
- Kekasaran permukaan.
- 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 dari pada lumpur atau pasir).
- 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 (Lekkerkerk, 2006).

2.8 Stabilitas *Sonar Fish*

Stabilitas *Sonar* di dalam air selama survei sangat penting untuk citra *Sonar* yang baik dan pemosisian yang akurat. Namun banyak faktor yang dapat menyebabkan

Sonar Fish tidak stabil. Terdapat beberapa jenis ketidakstabilan *Side Scan Sonar*:

1. *Heave* dan *Pitch*

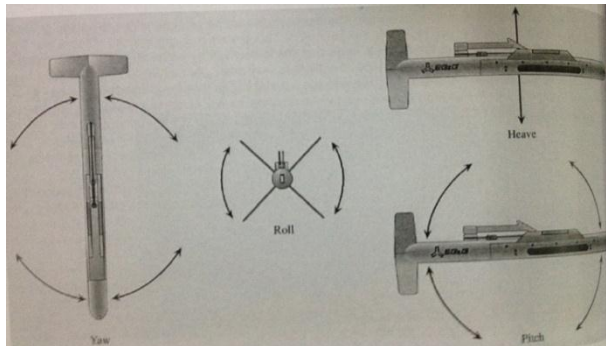
Walaupun merupakan gerakan yang berbeda, keduanya sering terjadi bersamaan. Menyebabkan berkurang dan bertambahnya ketinggian *Sonar Fish*. Hasilnya berdampak pada degradasi citra karena citra merepresentasikan target yang lurus dengan lengkungan. Ketika periode *heave* sangat panjang, degradasi citra menjadi terbatas. Sedangkan *pitch* dibuktikan dengan garis terang pada rekaman *Sonar*. Karena *pitch*, sorotan *Sonar* tidak selalu mengarah ke sisi samping dasar tetapi juga ke depan dan ke belakang. Hal ini mengurangi *backscatter* dan intensitas *echo* yang kembali.

2. *Roll*

Efek dari *roll* pada citra *Sonar* mirip dengan *heave* dan *pitch*. Namun tidak sering terlihat.

3. *Yaw*

Yaw adalah ketidakstabilan khusus yang disebabkan malfungsi sirip *Tow Fish*, instalasi yang buruk, atau *towcable* yang terlalu panjang ditambah pula dengan depresor yang tidak dipasang dengan benar. *Yaw* menyebabkan *Sonar* memindai satu sisi lebih lama dari seharusnya dan kemudian secara cepat bergerak maju dan memindai sisi lainnya dengan periode yang lebih pendek.



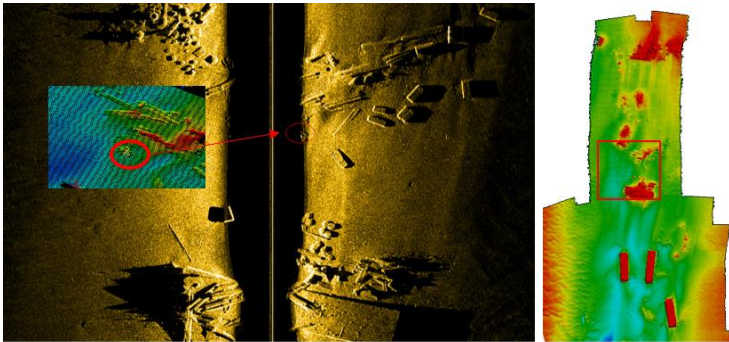
Gambar 2. 11 Ilustrasi Ketidakstabilan *Sonar Fish*
(Lekkerkerk, 2006)

2.9 EdgeTech 6205

Secara tradisional, *Multibeam Echosounder* (MBES) telah menjadi sistem baku untuk menyediakan peta batimetri. Tetapi dengan kemajuan teknologi terbaru dalam *Phase Differencing Bathymetric Sonars* (PDBS) sistem industri ini mungkin tidak lagi menjadi masalah. Sistem PDBS, juga dikenal sebagai *Inferometric Sonars* atau *Bathymetric Side Scan*, sudah lama menjadi pertimbangan untuk memenuhi kebutuhan survei tapi memiliki kekurangan, seperti ambiguitas kedalaman berlebih terkait dengan *noisy range* dan sudut pengamatan serta kurangnya cakupan di wilayah titik nadir secara signifikan terbatas oleh efektivitas teknologi. Selain itu, ukuran dan berat yang melekat pada desain sistem ini telah membatasi penerapannya dalam lingkungan survei perairan dangkal sesuai dengan desainnya.

Sistem PDBS dapat dianggap sebagai *Multi-Stave Side Scan*, luas *swath* dari batimetri dan data amplitudo sonar dengan sudut kedatangan kembali dari dasar laut ditentukan oleh perbandingan antar *receive stave*. Sistem PDBS mampu memperoleh data *Side Scan* resolusi tinggi terutama *co-registered* untuk titik data tiga dimensi (3D).

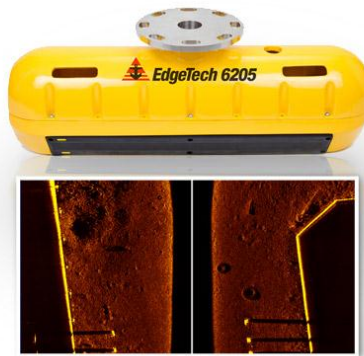
EdgeTech 6205 *Swath Batimetri dan Simultaneous Dual Frequency Side Scan Sonar* merupakan sebuah gabungan, sistem terintegrasi menghasilkan *real-time* peta 3D resolusi tinggi dari dasar laut sekaligus memberikan *co-registered simultaneous dual frequency Side Scan* dan data batimetri. Banyaknya jumlah kanal yang digunakan oleh sistem memungkinkan peningkatan penolakan efek *multi-path* serta gema dan akustik *noise*. EdgeTech *Full Spectrum* teknik pengolahannya telah terbukti menyediakan cakupan yang lengkap di wilayah titik nadir yang tetap memenuhi IHO SP No.44, *National Oceanic Atmospheric Administration* (NOAA) dan *United States Army Corps of Engineers* (USACE) spesifikasi untuk deteksi fitur.



Gambar 2. 12 Ilustrasi hasil citra *Side Scan Sonar* dan Batimetri Menggunakan EdgeTech 6205 (Brisson, Wolfe, & P.S.M, 2014)

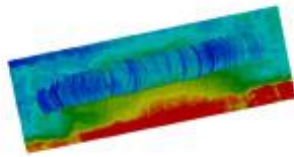
Edge Tech 6205 merupakan jenis pertama yang menggunakan teknik baru *Multi-Phase Echo Sounding* (MPES) dengan secara bersamaan mendapatkan kualitas data batimetri yang baik dengan *dual frequency side scan imagery* dengan jangkauan lebih panjang dibandingkan sistem tradisional, dengan bidang pandang lebih dari 200 derajat dan *swath* lebih lebar (Brisson, Wolfe, & P. S. M, 2014).

Lebar *compact swath sonar* yang dipasang di kapal kecil adalah sebuah solusi yang diterima untuk cakupan penuh survei resolusi tinggi di lingkungan dekat pantai di mana rancangan dangkal dan manuver kapal memungkinkan operasi yang lebih aman di sekitar garis pantai dan *hazards*. Di masa lalu *Multibeam Echosounder* dikembangkan untuk survei perairan dalam, telah digunakan dalam peran ini. Namun, sistem *Multibeam Echosounder* yang lebih kecil memiliki keterbatasan penyebaran *beam*, *membatasi efisiensi survei* dan membutuhkan kapal untuk menghabiskan waktu yang lama di daerah dangkal (Gostnell, Yoos, & Brodet, 2006).

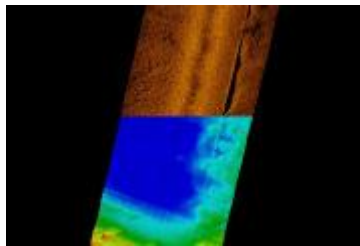


Gambar 2. 13 Instrumen EdgeTech 6205 (EdgeTech, 2016)

Berikut ini adalah beberapa contoh fitur yang terekam dalam instrumen Edge Tech 6205 beserta dengan interpretasi yang terlampir di dalam *Manual Book* nya.



Gambar 2. 14 Fitur *Dredged Channel* (EdgeTech, 2016)



Gambar 2. 15 Fitur *Pipeline* (EdgeTech, 2016)

Gambaran hasil akuisisi data batimetri dengan Edge Tech 6205 menghasilkan gambaran 3D yang secara langsung dapat diinterpretasikan dengan kombinasi hasil citra *Side Scan Sonar*.

2.10 Odom Echotrac MKIII *Singlebeam Echosounder*

MKIII adalah desain penggabungan teknologi mutakhir yang baru dan memiliki fitur yang kompak, paket portabel. Echotrac MKIII adalah satu-satunya survei *echo sounder* yang menawarkan pilihan dengan kertas perekam termal resolusi tinggi dan ukuran *full high-bright color LCD*. *Color LCD* menawarkan penyimpanan data (dalam format standard industri) dan pemutaran analog menjadi sinyal digital dengan resolusi 16-bit penuh. Kedua saluran tinggi dan rendah memiliki ketangkasan frekuensi frekuensi sehingga memungkinkan operator mencocokkan *transceiver* untuk semua transduser yang ada. Kemampuan mencocokkan

ini dapat meminimalkan dekat *noise surface* yang disebabkan oleh dering transduser ketika meningkatkan kekuatan gema. *Tuning* dicapai dengan langkah-langkah 1 kHz di kedua saluran/band tinggi dan rendah dari 750 kHz ke 10 kHz. Operator dapat memilih kurva TVG (10 log, 20 log, 30 log, 40 log, dan off) berfungsi untuk mengoptimalkan MKIII untuk deteksi bawah kedua perairan dangkal maupun dalam dan untuk operasi *Side Scan Sonar*. Fitur MKIII memiliki fleksibilitas antarmuka, menawarkan 4 serial port dan kecepatan tinggi *Ethernet LAN* untuk efisiensi pengumpulan data maksimum. Serial standard antarmuka untuk kompensator gerak dan tersedia DGPS *receivers* di MKIII sebagai sejumlah format keluaran kompatibel dengan *Echo soinder* string yang paling umum (NMEA, SDESO, Echotrac SBT, DBT, dan HEAVE).

Berikut ini adalah spesifikasi dari *Sinlgebeam Echosounder* Odom Echotrac MKIII:

Frekuensi

- Tinggi: 100 – 750 kHz
- Rendah : 10 – 50 kHz
- Pilihan 3-5 kHz *high power transmitter* (*Manual tuning in 1 kHz steps to match transducer characteristics*)

Akurasi

- 0,01 meter / 0,10 kaki \pm 0,1% kedalaman @ 200 kHz
- 0,10 meter / 0,30 kaki \pm 0,1% kedalaman @ 33 kHz
- 0,18 meter / 0,60 kaki \pm 0,1% kedalaman @ 12 kHz (Koneksi untuk *Sound Velocity*)

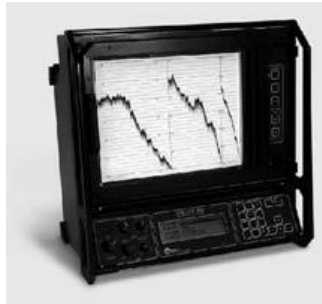
Rentang Kedalaman

- 0,2 – 200 meter / 1,0 – 600 kaki @ 200 kHz
- 0,5 – 1500 meter / 1,5 – 4500 kaki @ 33 kHz

- 1,0 – 6000 meter / 3,0 – 20000 kaki @ 12 kHz
(*excluding external influences*)

Sound Velocity

- 1370 – 1700 m/s
- Resolusi 1 m/s



Gambar 2. 16 Odom Echotrac MKIII

2.11 Interpretasi Citra *Side Scan Sonar*

Pengolahan citra *Side Scan Sonar* terdiri dari dua tahapan, yaitu *real time processing* dan *post processing*. Tujuan *real time processing* adalah untuk memberikan koreksi selama pencitraan berlangsung sedangkan tujuan *post processing* adalah meningkatkan pemahaman akan suatu objek melalui interpretasi (Mahyuddin, 2008 dalam Edi, 2009). Interpretasi pada *post processing* adalah sebuah proses kualitatif dalam mendefinisikan sebuah objek. Interpretasi dilakukan untuk mendapatkan sifat fisik material dan bentuk objek, baik dengan mengetahui derajat kehitaman (*hue saturation*), bentuk (*shape*) maupun ukuran (*size*) dari objek atau target. Secara umum, berdasarkan bentuk eksternalnya, target dapat dibedakan menjadi buatan manusia (*man made targets*) atau objek alam (*natural targets*). Pada umumnya, objek buatan manusia memiliki bentuk yang tidak beraturan (Klein Associates Inc, 1985).

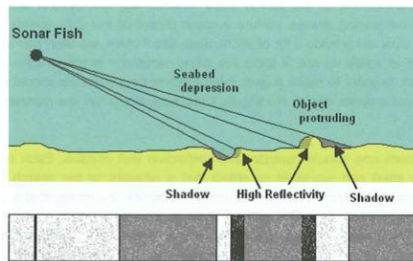
Sebuah rekaman SSS menampilkan intensitas *echo* yang kembali. Bagian gelap pada rekaman menunjukkan area permukaan dengan reflektivitas tinggi. Bagian terang menunjukkan area dengan reflektivitas rendah. Karena interpretasi adalah sebuah proses kualitatif, rekaman dibahas secara kualitatif. Umumnya intensitas berhubungan dengan (Lekkerkerk, 2006):

1. Sangat gelap: kondisi permukaan dasar laut yang sangat keras dan sangat kasar, seperti *rock outcrop*, *rock-dump*, konstruksi, pipa logam, barel minyak, kontainer kargo, dan bangkai kapal.
2. Gelap: kondisi permukaan yang keras dan kasar, seperti kerikil dan pasir yang sangat kasar, tanah gambut, tanah liat keras yang kasar, obyek buatan manusia yang kemungkinan besar logam, plastik, dan kayu.
3. Menengah: kondisi permukaan menengah, seperti pasir. Riak pasir kasar yang tidak terjadi pada permukaan sedimen yang lebih halus.
4. Terang: kondisi permukaan yang lembut dan halus, seperti tanah liat halus dan endapan lumpur.
5. Sangat terang: kondisi permukaan yang lembut dan sangat halus, bayangkan sebuah dasar seperti cermin dengan pantulan sempurna dan tanpa *backscatter*.

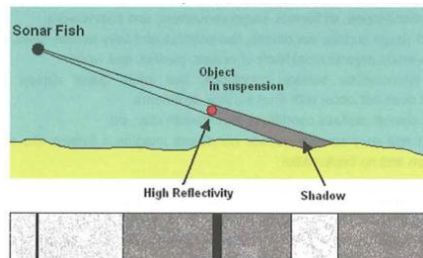
Ukuran dan bentuknya memberikan indikasi apakah benda tersebut alamiah atau buatan manusia. Ukuran dan bentuk dari sebuah kapal dapat dikenali dengan mudah. Untuk membedakan antara drum minyak yang rusak dan sebuah karang dengan ukuran yang sama akan lebih sulit dan lebih merupakan masalah interpretasi. Sebuah area yang luas dengan intensitas sama atau terdapat pola mengindikasikan bahwa dasar laut tersebut memiliki sedimen permukaan yang sama.

Variasi periodik pada reflektivitas mengindikasikan perubahan periodik dari dasar laut. Contoh terbaik dari hal ini adalah riak pasir (*sand ripples*). Riak pasir bervariasi

dalam bentuknya dari beberapa centimeter sampai ratusan meter dan disebabkan oleh arus. Adanya riak selalu berupa indikasi bahwa pasir adalah sedimen permukaan yang dominan. Jenis *soil* lainnya tidak membentuk riak yang dapat dideteksi. Obyek atau struktur dasar laut pada umumnya dapat menjadi reflektor yang kuat. Oleh karenanya, bayangan akustik sering diikuti oleh area dengan reflektivitas yang tinggi (Lekkerkerk, 2006).



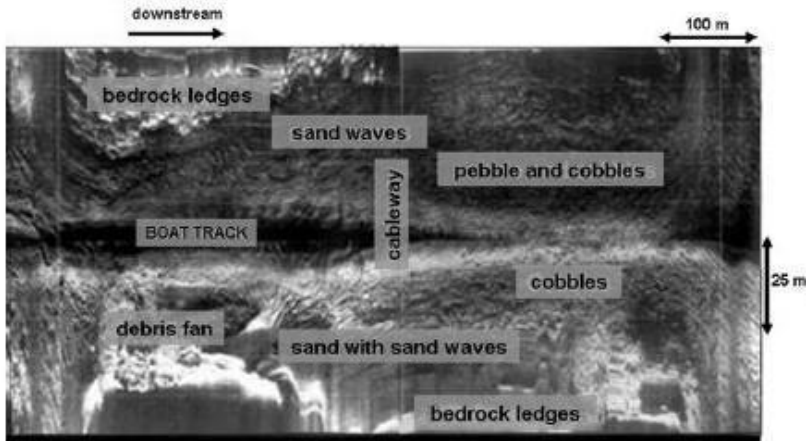
Gambar 2. 17 Proses Penggambaran Citra *Side Scan Sonar* (Lekkerkerk, et al., 2006)



Gambar 2. 18 Bayangan Objek Menggantung (Lekkerkerk, et al., 2006)

Bila *backscattering* semakin kuat maka rona pada citra *Side Scan Sonar* akan semakin gelap. Kekuatan *backscattering* berhubungan dengan tekstur objek, secara umum *backscattering* yang relatif tinggi berhubungan dengan objek kekerasan tinggi, *backscattering* yang relatif rendah

berhubungan dengan objek kekerasan rendah. Fenomena *bacscattering* permukaan dasar laut memiliki hubungan dengan kekasaran dan kekerasan permukaan (Blobdel, 2009).



Gambar 2. 19 Hasil Intrepretasi Citra *Side Scan Sonar* (Blobdel, 2009)

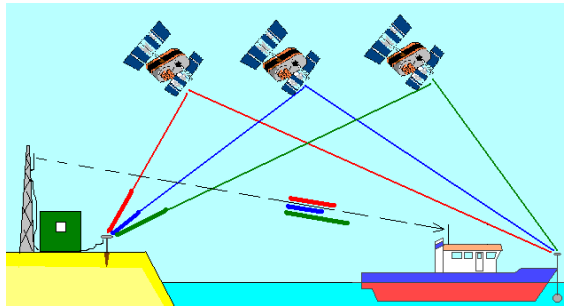
Setiap fitur dasar laut yang terdeteksi oleh instrumen yang digunakan mempunyai karakteristik khusus sehingga dapat membantu dalam proses interpretasi. Berikut ini adalah karakteristik beberapa fitur dasar laut (OGP, 2013):

- *Reefs*: Fitur sedimen, tercipta oleh interaksi organisme dan lingkungan mereka, yang memiliki relief sinopsis dan komposisi biotik yang berbeda dari yang ditemukan di atas maupun di sekitar dasar laut, misalnya terumbu karang (*Coral Reefs*).
- *Rock Dumps*: Gundukan batuan atau kerikil di tempatkan di dasar laut misalnya untuk menstabilkan kabel atau pipa.
- *Sandwaves*: Gundukan pasir bawah laut yang bergerak dikarenakan arus. Biasanya hingga kedalaman 10 meter bisa juga lebih tinggi.

- *Mud Flow/Slumps*: Gerakan massa sedimen di bawah pengaruh gravitasi. Contohnya adalah aliran sedimen dari dasar laut keluaran fitur dasar laut seperti gunung lumpur. Biasa disebut sebagai *Gravity Transport*.

2.12 Penentuan Posisi Global Positioning System

Penentuan posisi dengan menggunakan GPS dalam kaitannya dengan pemetaan laut biasanya digunakan sistem DGPS (*Differential Global Positioning System*). Hal ini disebabkan, sistem DGPS sangat umum digunakan untuk penentuan posisi objek – objek yang bergerak. Selain itu, ketelitian posisi yang dihasilkan oleh sistem DGPS yaitu sekitar 1 sampai 3 meter. Sistem ini menggunakan data *pseudorange* untuk penentuan posisi *real-time* secara differensial. Data *pseudorange* digunakan untuk aplikasi – aplikasi yang menuntut ketelitian level menengah. Oleh karena itu DGPS sangat umum digunakan pada survei – survei di bidang kelautan.



Gambar 2. 20 Prinsip Kerja DGPS (Lekkerkerk, et al., 2006)

Penentuan posisi dilakukan untuk semua titik – titik perum, alat bantu navigasi serta kenampakan – kenampakan yang ada. Metode *Real Time Kinematik* membantu kegiatan survei secara cepat dan tepat dibandingkan dengan memakai

metode konvensional. Tingkat akurasi yang didapatkan menggunakan metode ini, yaitu 1 sampai 3 meter.

2.13 Pasang Surut

2.13.1 Definisi Pasang Surut

Menurut Pariwono (1989), fenomena pasang surut diartikan sebagai naik turunnya muka laut secara berkala akibat adanya gaya tarik benda-benda angkasa terutama matahari dan bulan terhadap massa air di bumi. Sedangkan menurut Dronkers (1964) 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.

2.13.2 Tipe Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Disuatu daerah pada dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Menurut Wyrski (1961), pasang surut di Indonesia dibagi menjadi 4 yaitu :

1. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*). Dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut secara berurutan. Periode pasang surut rata-rata 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman.
2. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*). Dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan Laut Jawa.
3. Pasang surut campuran condong kehariian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*). Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat perairan Indonesia timur.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*). Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang – kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini biasa terdapat di daerah Selat Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.

2.13.3 Tujuan Pasang Surut

Tujuan pengamatan pasang surut secara umum adalah sebagai berikut (Djaja, 1989):

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

2.14 Penelitian Sebelumnya

Penelitian mengenai Aplikasi *Multibeam Echosounder* untuk Identifikasi Bangkai Kapal pernah dilakukan oleh Ozrindo (2013). Penelitian tersebut mengaplikasikan *Multibeam Echosounder* dalam mendeteksi bangkai kapal di dasar laut untuk diketahui

lokasi dan dimensi kapal tersebut. Banyak keperluan yang digunakan dalam mendeteksi bangkai kapal diantaranya adalah untuk keperluan penentuan jalur pelayaran, pembangunan infrastruktur bawah laut, dan dapat dijadikan objek wisata bawah laut. Pengolahan *Multibeam Echosounder* dengan menggunakan perangkat lunak QINSy tersebut dapat melakukan identifikasi terhadap koordinat lokasi keberadaan bangkai kapal. Koordinat yang didapat mengacu pada Datum WGS 84 dan hasilnya berupa bentangan koordinat posisi keberadaan kapal. Selain itu hasil pengolahan data dari *software* tersebut dengan instrumen yang sama dapat menghasilkan dimensi dari bangkai kapal yang berada di dasar permukaan laut. Hasilnya adalah berupa luas dan tinggi bangkai kapal. Kekurangan dari penelitian ini adalah tidak digunakan *Side Scan Sonar* sebagai data penunjang untuk mendapatkan hasil tampilan bangkai kapal yang lebih baik saat melakukan identifikasi.

Penelitian yang sama dengan menambahkan instrumen *Side Scan Sonar* sebagai data penunjang juga pernah dilakukan oleh Simbolon (2014) dengan judul Aplikasi Instrumen *Multibeam Sonar* dan *Side Scan Sonar* untuk Deteksi Kapal Karam dengan Studi Kasus Kapal Bahuga Jaya di Perairan Laut Jawa. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan posisi kapal karam KMP Bahuga Jaya yang mengalami kecelakaan di perairan Laut Jawa. Hasil yang didapatkan adalah koordinat posisi Kapal Bahuga Jaya, dimensi kapal berupa panjang dan lebar, serta nilai amplitudo kapal yang terdeteksi. Kekurangan dari penelitian ini tidak mengidentifikasi lingkungan sekitar kapal sehingga tidak ada nilai amplitudo yang dapat dibandingkan dengan nilai amplitudo kapal jadi tidak dapat membandingkan untuk penelitian yang cepat dalam menganalisa data amplitudo yang didapatkan.

Penelitian tentang studi kelayakan rencana lokasi peletakan *jack-up drilling rig* menggunakan hasil pencitraan *Side Scan Sonar* oleh Mandasari (2013) memberikan identifikasi fitur dasar laut untuk menganalisa kelayakan peletakan *jack-up drilling rig* sehingga tidak membahayakan dalam proses peletakannya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini berada di sekitar perairan Kepulauan Riau pada koordinat geografis antara $01^{\circ}05'11''$ - $01^{\circ}05'36''$ LU dan $103^{\circ}50'25''$ - $103^{\circ}51'25''$ BT.



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian (Google.com/maps)

3.2 Bahan dan Peralatan

3.2.1 Bahan

Data atau bahan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Data *Side Scan Sonar*.
- b. Data *Multibeam Echosounder*.
- c. Data *Singlebeam Echosounder*.
- d. Data pasang surut.
- e. Data *Sound Velocity Profile*.

3.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

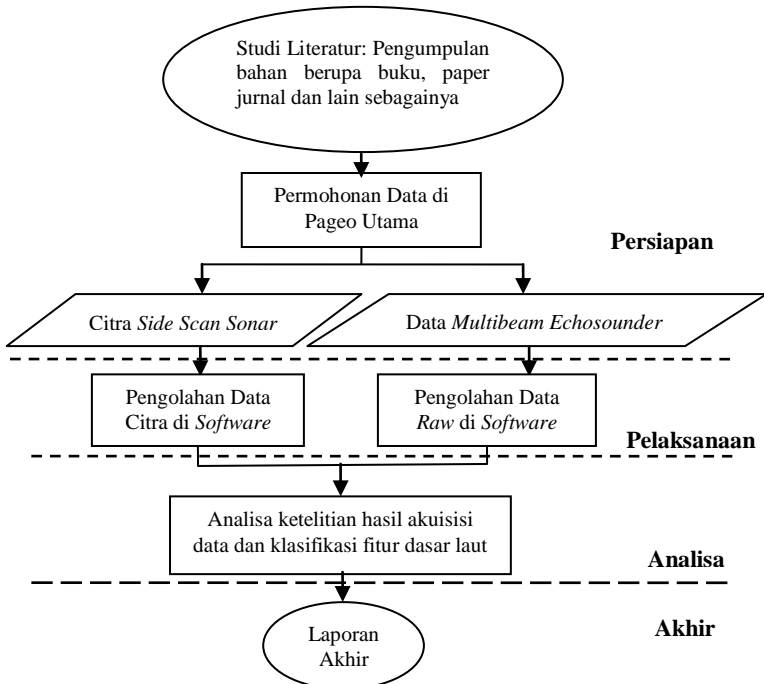
- a. Perangkat keras

- i. Komputer
- ii. Plotter
- b. Perangkat lunak
 - i. *Microsoft Office 2007*
 - ii. *Qinsy Console 8.1* milik PT. Pageo Utama
 - iii. *SonarWiz 5.0* milik PT. Pageo Utama
 - iv. *AutoCAD Map 3D 2012* milik PT. Pageo Utama
 - v. *ArGIS 10.3*

3.3 Metodologi Penelitian

3.3.1 Tahap Pelaksanaan

Adapun diagram alir penelitian Tugas Akhir:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Tahap Pelaksanaan

Penjelasan mengenai diagram alir tahap pelaksanaan di atas adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan

- Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dan mengumpulkan referensi dalam penelitian Tugas Akhir ini mengenai teori dan prosedur pengolahan data *Side Scan Sonar* serta cara interpretasi dan identifikasi dari data citra tersebut. Koreksi dan pengolahan data *Multibeam Echosounder* serta penelitian sebelumnya mengenai identifikasi fitur dasar laut melalui buku jurnal, dan juga *web site* terkait.

- Permohonan Data di Pageo Utama

Melakukan permohonan pengambilan data-data yang dibutuhkan, yaitu data citra *Side Scan Sonar*, data *Raw Multibeam Echosounder*, *Sound Velocity Profile*, data pasang surut, dan data *Singlebeam Echosounder* di perairan Kepulauan Riau. Data tersebut didapatkan dari PT. Pageo Utama.

2. Tahap Pelaksanaan

- Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk melakukan mozaik citra *Side Scan Sonar* dan pengolahan data *Multibeam Echosounder* yang selanjutnya divalidasikan dengan hasil kedalaman *Singlebeam Echosounder* dengan tujuan mendapatkan peta *seabed features* dan peta bathimetri yang selanjutnya akan dilakukan tahap analisa data fitur dasar laut yang didapatkan.

3. Tahap Analisa

- Analisa Data

Melakukan analisa ketelitian hasil akuisisi data *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* sesuai dengan Standard Nasional Indonesia (SNI) yang mengacu pada IHO SP-44 dan klasifikasi fitur dasar laut dari hasil interpretasi yang telah didapatkan.

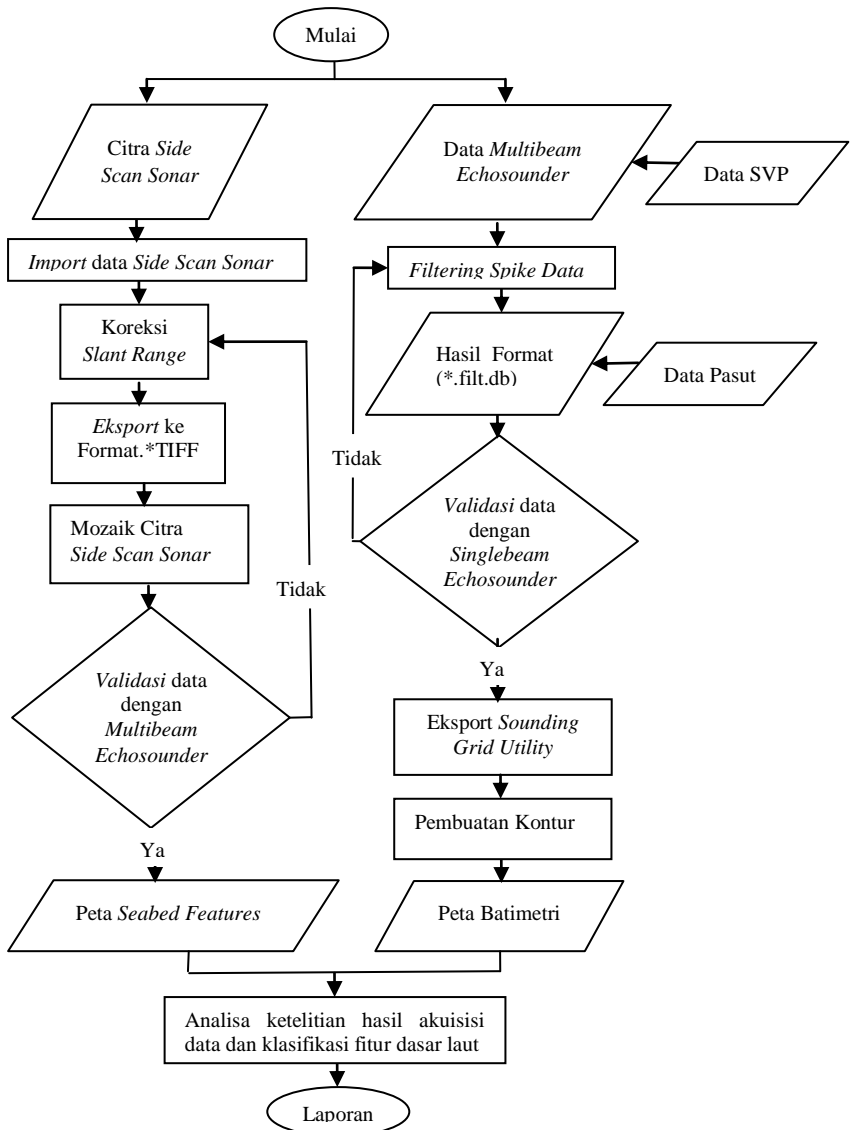
4. Tahap Akhir

- Penyajian Data

Kegiatan penelitian Tugas Akhir pada tahap akhir adalah melakukan penyajian data berupa laporan hasil dan peta yang berisikan informasi ringkas mengenai data yang didapatkan.

3.3.2 Tahap Pengolahan Data

Tahapan Pengolahan Data penelitian Tugas Akhir memiliki Diagram Alir sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data

Penjelasan mengenai diagram alir tahap pengolahan data. Tahap pengolahan data dibagi menjadi tiga bagian dalam penjelasannya, yaitu:

1. Pengolahan data *Side Scan Sonar*
 - a. *Importing* data *Side Scan Sonar* dan ditampilkan di dalam *software* untuk memastikan data dalam kondisi yang baik.
 - b. Koreksi jarak miring (*slant range*) untuk mengoreksi agar hasil rekaman citra dalam posisi datar serta pengaturan pencahayaan citra *Side Scan Sonar* agar memudahkan dalam proses interpretasi.
 - c. Melakukan *eksporting* citra *Side Scan Sonar* dalam bentuk *geotiff* data, yaitu *image* yang sudah tereferensi dengan koordinat.
 - d. Mozaik citra yang sudah didapat dalam bentuk *geotiff* kemudian dilakukan interpretasi dengan metode derajat kehitaman, bentuk maupun ukuran dari objek atau target sesuai karakteristik gelombang akustik yang diterima.
 - e. Hasil mozaik citra divalidasikan dengan hasil pengolahan *Multibeam Echosounder*, kemudian hasil interpretasi ditampilkan agar menghasilkan peta *seabed features*.
2. Pengolahan data *Multibeam Echosounder*
 - a. Melakukan filter data *Multibeam* terlebih dahulu dari data *spike* (anomali yang terjadi akibat loncatan kedalaman yang signifikan).
 - b. Data yang sudah dibersihkan akan muncul dengan format **filt.db*.

- c. Masukkan data *Sound Velocity Profile* dan Pasang Surut kedalam data yang sudah dihilangkan *spike* nya.
 - d. Melakukan *plotting* data *Multibeam Echosounder* dan validasi hasil kedalaman yang didapatkan dengan hasil akuisisi data *Singlebeam Echosounder*.
 - e. Kemudian setelah validasi data dilakukan pembuatan kontur untuk mendapatkan peta batimetri.
3. Analisa data
- a. Melakukan analisa *seabed features* dari data *Side Scan Sonar* dan *Multibeam Echosounder*.
 - b. Melakukan klasifikasi fitur dasar laut dari hasil interpretasi yang didapatkan.
 - c. Melakukan analisa ketelitian kedalaman hasil perbandingan akuisisi data *Multibeam Echosounder* dengan *Singlebeam Echosounder* sesuai dengan Standard Nasional Indonesia (SNI) yang mengacu pada IHO SP-44.
 - d. Membuat laporan akhir.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

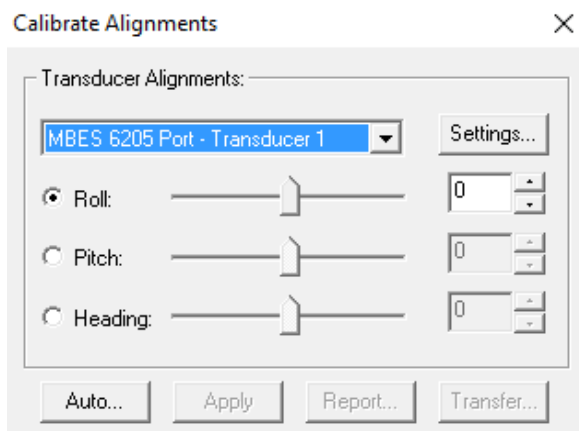
BAB IV HASIL DAN ANALISIS

4.1 Data Hasil Penelitian

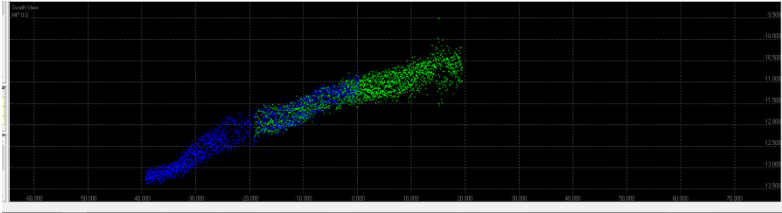
4.1.1 Batimetri

Batimetri didapatkan dari hasil akuisisi instrumen *Multibeam Echosounder* yang divalidasikan dengan *Singlebeam Echosounder*. Instrumen *Multibeam Echosounder* yang digunakan adalah *EdgeTech 6205* dan *Singlebeam Echosounder Odom Echotrack MKIII* dengan area survei yang memiliki panjang sekitar 3000 meter dan lebar 250 meter. Sistem *positioning* untuk pengukuran batimetri ini menggunakan *DGPS Veripos LD 4* yang memiliki referensi pada datum WGS 1984.

Ketika akan dimulai proses pengolahan data maka terlebih dahulu diperlukan kalibrasi untuk meminimalisir kesalahan. Kalibrasi yang dilakukan adalah *pitch*, *roll*, *yaw* (*heading*) dan *latency*.

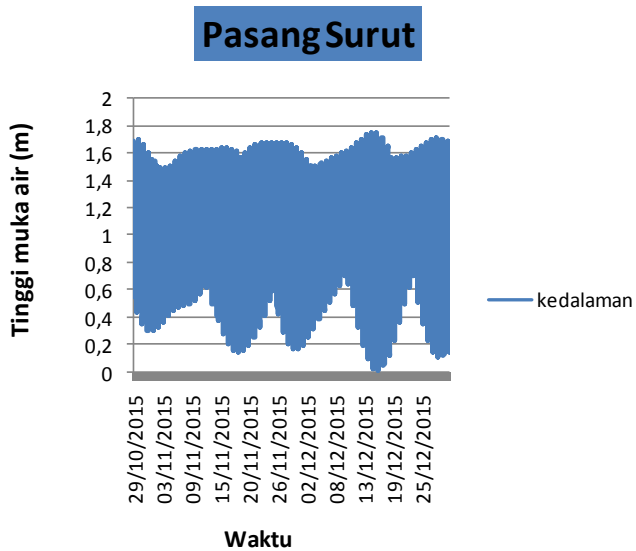


Gambar 4. 1 Pengaturan Sudut Kalibrasi



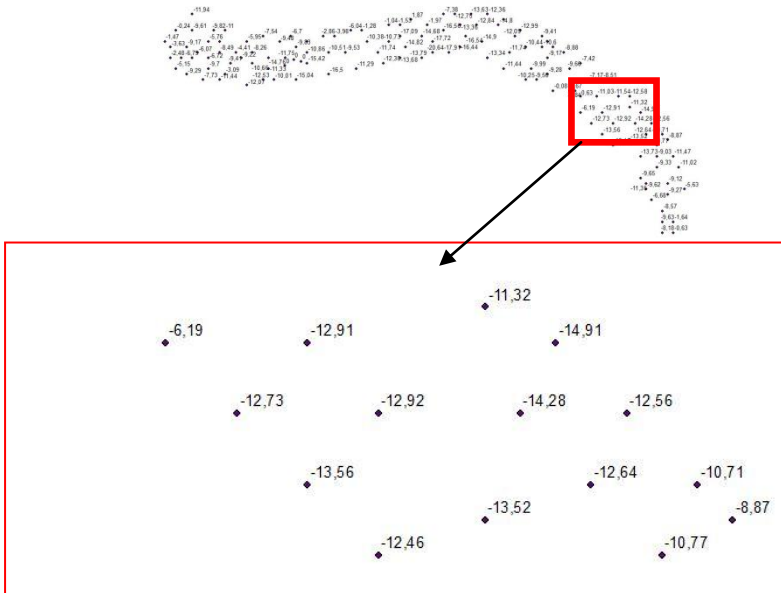
Gambar 4. 2 Data Pengolahan Hasil Keseluruhan Kalibrasi

Setelah dilakukan kalibrasi, data harus dikoreksikan untuk mengetahui nilai kedalaman sebenarnya. Koreksi yang diperlukan diantaranya pembersihan *spike* (loncatan nilai kedalaman), kemudian diperlukan data penunjang untuk koreksi selanjutnya seperti pasang surut yang digunakan untuk mereduksi kedalaman dan *Sound Velocity Profile* atau kecepatan suara dalam air. Pasang surut yang digunakan dalam penelitian ini adalah data prediksi dari buku *Admiralty Tide Table* jilid II yang mencakup wilayah Samudera Atlantik dan Samudera Indonesia dengan stasiun pasang surut berada di daerah Batam.



Gambar 4. 3 Data Pasang Surut *Admiralty Tide Table* dengan stasiun berada di daerah Batam

Data *Multibeam Echosounder* yang sudah dikoreksi selanjutnya akan dilakukan proses *gridding* untuk menentukan interval dari nilai kedalaman yang ingin ditampilkan.

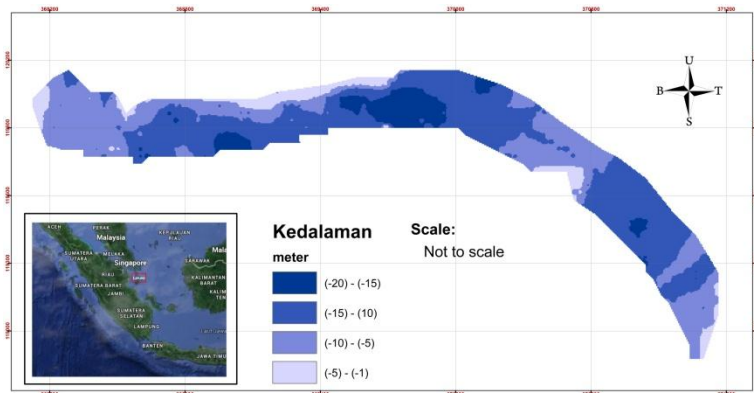


Gambar 4. 4 Hasil *Gridding* Data Batimetri pada Perangkat Lunak *AutoCAD*

4.1.2 Peta Batimetri Perairan Kepulauan Riau

Batimetri hasil pengolahan *Multibeam Echosounder* divalidasi dengan batimetri hasil pengolahan *Singlebeam Echosounder* untuk memastikan kedalaman yang dihasilkan sudah memenuhi standard pengukuran dari IHO SP-44.

Hasil dari akuisisi data *Multibeam Echosounder* yang sudah divalidasikan dengan *Singlebeam Echosounder* dibentuk kontur untuk membuat peta batimetri daerah Kepulauan Riau. Peta batimetri lokasi penelitian mempunyai rentang kedalaman mulai kedalaman paling dangkal yaitu -1,5 meter dan untuk kedalaman yang paling dalam adalah -22,0 meter. Kondisi dasar laut area survei memiliki topografi bergelombang atau berbukit dikarenakan batuan dasar laut yang dominan. Hal ini disebabkan karena lokasi penelitian merupakan perairan laut dangkal.

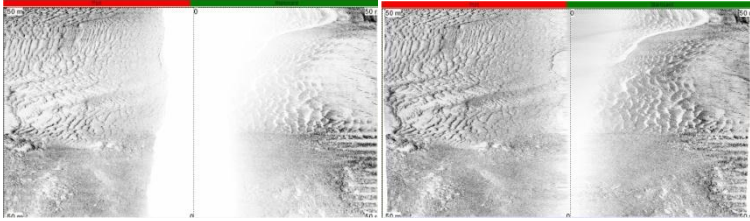


Gambar 4. 5 Peta Batimetri daerah Kepulauan Riau

4.1.3 Citra *Side Scan Sonar*

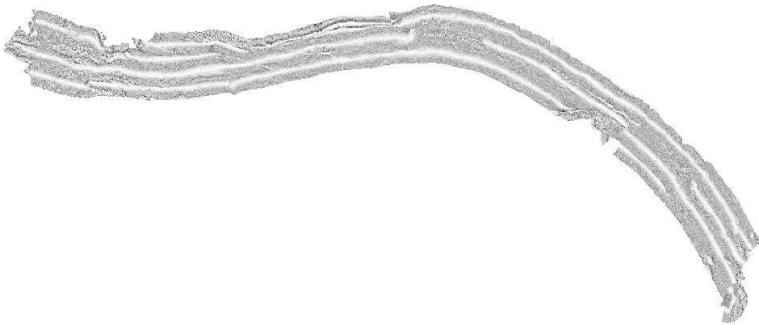
Citra gambaran permukaan dasar laut diperoleh dengan instrumen *Side Scan Sonar EdgeTech 6205* yang merupakan salah satu teknologi baru dengan menggunakan Sistem PDBS, juga dikenal sebagai *Inferometric Sonars* atau *Bathymetric Side Scan*. Berbeda dengan *Side Scan Sonar* biasanya yang harus ditarik dengan sistem *towing*, *EdgeTech 6205* menjadikan sistem *Multibeam Echosounder* kedalam satu instrumen yang dapat dipasang pada kapal.

Pengolahan citra dilakukan dengan koreksi jarak miring (*Slant Range Correction*) untuk menghilangkan area putih yang terekam atau *bottom track* yang berada pada tengah *line*. Kemudian dilakukan koreksi TVG (*Time Varied Gain*) yang mempengaruhi kecerahan *image*.



Gambar 4. 6 Citra yang Belum (kiri) dan Citra yang Sudah (kanan) dilakukan *Slant Range Correction*

Setelah proses koreksi citra selesai dilakukan, selanjutnya adalah melakukan mozaik citra pada semua jalur agar cakupan daerah penelitian dapat terlihat secara keseluruhan dan memudahkan dalam proses interpretasi fitur dasar laut yang ditemukan. Proses interpretasi citra dilakukan dengan digitasi untuk mengubah format tiff menjadi bentuk vektor. Hasil digitasi kemudian ditampilkan dengan batimetri sehingga terbentuk peta *seabed features*.

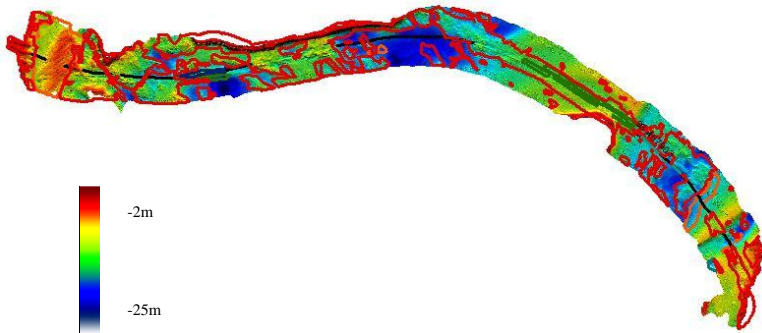


Gambar 4. 7 Hasil mozaik citra *Side Scan Sonar*

4.1.4 *Seabed Features*








Seabed features adalah peta kenampakan fitur dasar laut yang merupakan gabungan melalui proses pertampalan (*overlay*) antara hasil digitasi citra *Side Scan Sonar* dengan peta batimetri hasil validasi dari *Multibeam Echosounder*

dengan *Singlebeam Echosounder*. Peta *Seabed Features* adalah peta dengan tampilan 3D sehingga informasi mengenai objek-objek dasar laut dapat diketahui. Pada daerah penelitian ini didapatkan beberapa kenampakan fitur dasar laut.



Gambar 4. 8 Tampilan *Seabed Features*

Keterangan :

-  Gelombang pasit
-  Batuan dasar
-  Pipa
-  Pipa tertimbun
-  Galian parit
-  Galian
-  Tumpukan batuan

- Catatan: Untuk peta *Side Scan Sonar* dan *Seabed Features* lebih jelas dan informasi lebih lengkap dilampirkan pada lampiran.

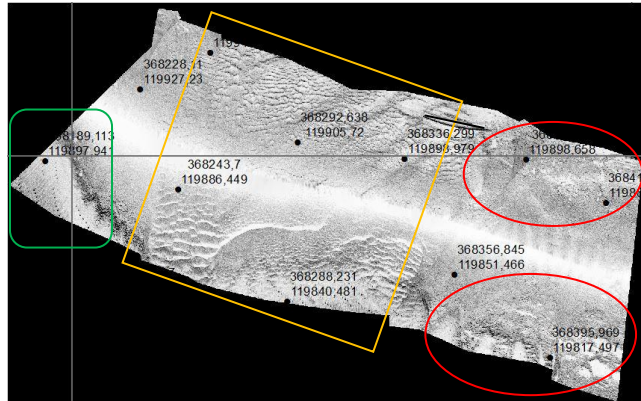
4.2 Pembahasan

4.2.1 Analisa Hasil Interpretasi Fitur Dasar Laut

Metode interpretasi dan klasifikasi pada penelitian ini menggunakan hasil akuisisi dari *Multibeam Echosounder*

dan *Side Scan Sonar*. Melalui proses interpretasi citra *Side Scan Sonar* dengan segmentasi visual didapatkan hasil fitur dasar laut yang terdapat di daerah Kepulauan Riau dengan panjang area survei 3 kilometer dan lebar area survei 1 kilometer.

Interpretasi awal dilakukan pada tiap-tiap lajur survei yang ada, sebelum dilakukan mozaik citra *Side Scan Sonar*. Hal ini diperlukan untuk melihat detail-detail fitur dasar laut yang ada, sehingga dapat dibandingkan dengan lajur survei yang bertampalan yang memiliki objek sama. Berikut ini merupakan hasil interpretasi citra *Side Scan Sonar* jalur survei ML-1.



Gambar 4. 9 Jalur Survei ML-1 Terdapat Fitur gelombang pasir dan batuan dasar

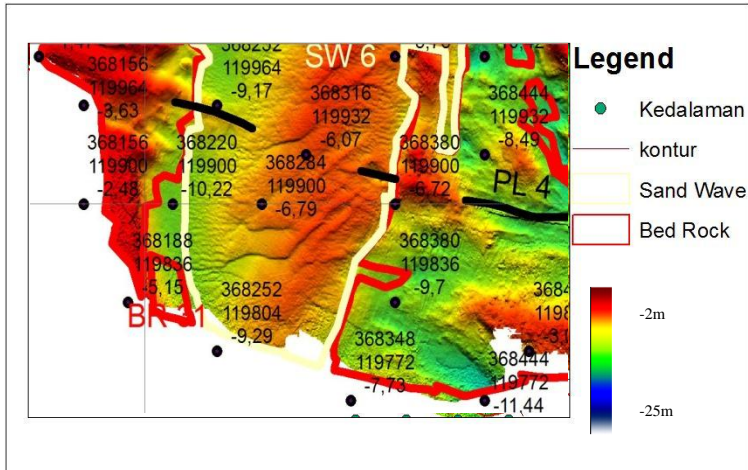
Pada citra jalur survei ML-I terlihat beberapa anomali yang menampilkan tekstur yang tidak rata dan variasi pola yang terbentuk sehingga mengindikasikan adanya beberapa fitur dasar laut yang ditemukan, diantaranya:

- Pasir bergelombang ditunjukkan dengan area kotak berwarna orange memperlihatkan pola bergelombang yang rapi dengan tekstur halus serta mempunyai reflektor lemah.

- Batuan dasar pada area yang diberi tanda lingkaran berwarna merah ditandai dengan gambaran hasil citra yang membentuk tekstur kasar dengan reflektor yang kuat dengan pola berkelompok.
- Pipa ditandai dengan garis hitam yang terlihat seperti garis lurus memanjang menghasilkan bayangan yang memiliki dimensi serta reflektor yang kuat dan mempunyai jarak dengan bayangannya yang disebut dengan *free span*.

Jalur survei ML-1 memiliki gangguan sinyal (*noise*) pada area yang diberi tanda berwarna hijau pada bagian citra yang berbentuk hitam dengan garis-garis diagonal dan transparan yang terdapat pada pojok kiri citra. *Noise* bisa disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah manuver kapal, gangguan gelombang dan lainnya.

Hasil verifikasi survei ML-1 pada peta *seabed features* hasil akuisisi *Multibeam Echosounder* ditemukan beberapa fitur, yaitu gelombang pasir, batuan dasar dan pipa. Setelah dilakukan mozaik citra ditemukan fitur yang sama di jalur yang berdekatan. Sehingga dapat digabungkan untuk dimasukkan dalam klasifikasi. Fitur gelombang pasir yang berada di radius jalur survei ML-1 diberikan ID SW 6 dengan area fitur berwarna putih, batuan dasar diberikan ID BR 50 pada area berwarna merah dan pipa diberikan ID PL 5 dengan tanda garis lurus berwarna hitam.



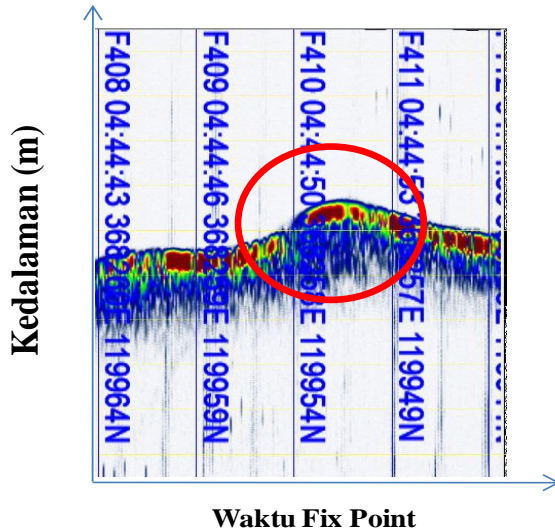
Gambar 4. 10 Verifikasi Jalur Survei ML-1

Kedalaman fitur gelombang pasir ID SW 6 berada di *range* antara -4,99 dan -10,48 meter gambaran tekstur pada fitur tidak jauh berbeda dengan citra *Side Scan Sonar* yang memiliki pola bergelombang akibat arus air laut. Letak koordinat fitur berada di posisi 368312,942367 E; 119962,101226 N dengan luasan 42378,731 m².

Fitur batuan dasar mempunyai tekstur yang kasar dengan perbedaan kedalaman yang lebih rendah dibandingkan dengan area sekitar. Kedalaman ID BR 50 ini berada di rentang antara -3,05 sampai -9,7 meter dengan bentuk topografi yang tidak rata atau berbukit. Letak koordinat fitur berada di posisi 368518,246829 E; 119897,45958 N dengan luasan 61379,489 m².

Untuk verifikasi pipa jalur ML-1 dikarenakan grid jarak titik batimetri tidak berdekatan maka sulit untuk mengidentifikasi pipa menggunakan titik *Multibeam Echosounder* pada peta batimetri. Untuk itu digunakan *Singlebeam Echosounder* dalam melakukan verifikasi sesuai dengan letak koordinat 358268 E ; 19954 N dengan rentang

kedalaman -9,3 sampai -10 meter dengan panjang pipa 25,940 meter. Indikasi pipa ditunjukkan pada area lingkaran berwarna merah dengan pola membentuk gundukan.



Gambar 4. 11 Verifikasi Pipa dengan profil melintang instrumen *Singlebeam Echosounder*

Fitur batuan dasar juga banyak ditemukan pada jalur survei lainnya, berikut ini adalah daftar tabel keberadaannya

Tabel 4. 1 Analisa Fitur batuan dasar

No	Luasan (m ²)	ID	X (m)	Y (m)
1	590,266	BR 1	370992,659	119110,212
2	13606,559	BR 2	371091,877	119017,205
3	4873,547	BR 3	371134,032	119169,212
4	188,144	BR 4	371065,390	119236,107
5	43,208	BR 5	371045,575	119253,282
6	628,014	BR 6	371099,399	119276,584
7	112,943	BR 7	371033,261	119288,894

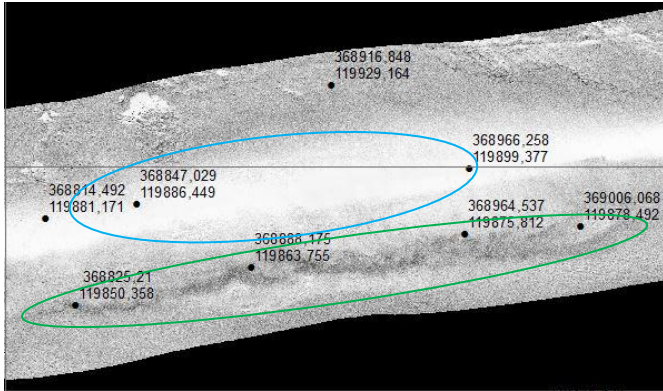
No	Luasan (m²)	ID	X (m)	Y (m)
8	60,472	BR 8	371087,280	119296,998
9	151,080	BR 9	371096,436	119316,433
10	3298,133	BR 10	370976,815	119279,856
11	142,060	BR 11	371045,013	119426,454
12	1383,401	BR 12	370756,490	119405,687
13	48,889	BR 13	370749,408	119522,866
14	1212,053	BR 14	370755,647	119500,201
15	748,739	BR 15	370616,700	119539,644
16	3201,637	BR 16	370713,123	119507,768
17	1278,680	BR 17	370683,237	119543,005
18	69,166	BR 18	370726,114	119581,258
19	92,371	BR 19	370679,604	119621,969
20	420,662	BR 20	370722,023	119614,205
21	190,394	BR 21	370629,424	119625,031
22	31507,328	BR 22	370865,288	119502,322
23	154,852	BR 23	370606,070	119654,173
24	306,291	BR 24	370695,220	119668,072
25	624,018	BR 25	370326,008	119768,292
26	185,674	BR 26	370608,788	119790,631
27	409,182	BR 27	370306,521	119813,551
28	2272,826	BR 28	368919,276	119810,390
29	239,174	BR 29	370548,121	119826,412
30	63,555	BR 30	370156,526	119845,961
31	839,676	BR 31	368216,921	119843,640
32	386,854	BR 32	370528,544	119855,914
33	4263,723	BR 33	369127,146	119852,141
34	195,867	BR 35	370364,572	119919,954
35	2807,967	BR 36	369416,806	119905,719
36	22179,144	BR 37	368750,955	119831,728
37	246,142	BR 38	370045,385	119936,707
38	1968,975	BR 39	368875,026	119924,734
39	4774,519	BR 40	369597,463	119929,641
40	213,562	BR 41	368758,546	119957,163

No	Luasan (m ²)	ID	X (m)	Y (m)
41	450,002	BR 42	369993,409	119937,610
42	3585,978	BR 43	369011,218	119939,428
43	1472,061	BR 44	369505,718	119974,122
44	4103,379	BR 45	369836,912	119964,520
45	1403,171	BR 46	369936,224	119968,385
46	155,942	BR 48	369501,365	120016,561
47	1860,622	BR 49	369580,121	120006,392
48	61379,489	BR 50	368518,246	119897,459
50	10097,695	BR 52	368192,594	119990,627
51	2817,073	BR 53	368255,904	120108,882
52	91160,115	BR 54	369255,753	119995,801
53	463,815	BR 55	369955,952	120142,932
54	77593,056	BR 56	370248,564	119907,574

Jumlah fitur gelombang pasir tidak sebanyak batuan dasar, akan tetapi terdapat beberapa sebaran fiturnya. Berikut adalah tabel analisa fitur gelombang pasir.

Tabel 4. 2 Analisa Fitur gelombang pasir

No.	Luasan (m ²)	ID	X (m)	Y (m)
1	575,926	SW 1	371027,869	119180,587
2	247,235	SW 2	371076,169	119225,341
3	8702,322	SW 3	370923,281	119368,657
4	278,866	SW 4	369588,205	119979,585
5	725,514	SW 5	369634,553	119986,522
6	42378,731	SW 6	368312,942	119962,101

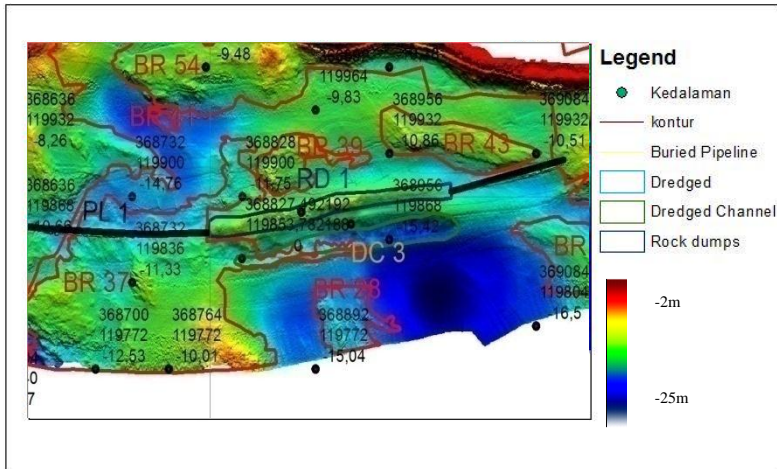


Gambar 4. 12 Jalur Survei ML-3 Menunjukkan Adanya Fitur Timbunan Batuan

Pada jalur survei ML-3 terlihat beberapa anomali pada permukaan dasar lautnya. Terlihat beberapa pola berkelompok dengan reflektor kuat yang termasuk sebaran dari *Bed Rock* dengan bentuk tekstur kasar. Kemudian terdapat beberapa fitur dengan karakteristik berbeda yang memiliki reflektor kuat akan tetapi berada di daerah *blind zone* walaupun demikian tetap terlihat bentuk dari teksturnya. Hal ini dapat dilakukan verifikasi dengan akuisisi *Multibeam Echosounder* setelah dilakukan interpretasi pada citra. Fitur yang ditemukan, yaitu:

- Tumpukan batuan, ditandai dengan lingkaran berwarna biru muda. Fitur ini sedikit terhalang oleh *blind zone* akan tetapi dapat diketahui dengan adanya reflektor yang kuat seperti pada interpretasi batuan tersusun rapi dalam satu baris kelompok batuan.
- Galian parit ditandai dengan lingkaran berwarna hijau, memperlihatkan suatu objek membentuk saluran dan bentuk polanya seperti garukan.

Verifikasi jalur survei ML-3 ditemukan beberapa fitur, akan tetapi fitur berada tepat di area *blind zone* sehingga pola atau bentuk dari fitur tidak terlihat jelas. Reflektor yang kuat terlihat secara visual dan tersusun rapi secara linear. Hasil interpretasi dengan citra *Side Scan Sonar* adalah fitur tumpukan batuan, yaitu fitur buatan manusia (*man made*) yang digunakan untuk menimbun objek yang pada umumnya adalah pipa. Sedangkan fitur lain yang ditemukan adalah galian parit, yang dapat diketahui dari pola fitur terlihat seperti kerukan yang tidak teratur dan membentuk parit.



Gambar 4. 13 Verifikasi Jalur Survei ML-3

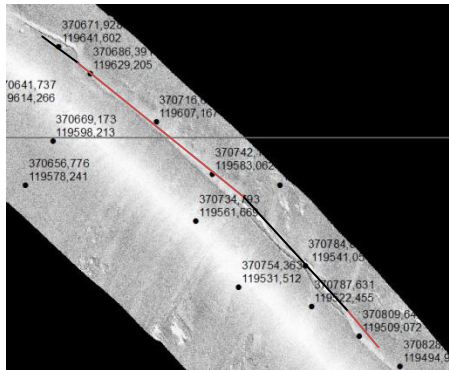
Pada peta *Seabed Features* terlihat beberapa fitur yang ada dalam satu area. Berdasarkan letak jalur survei ML-3 yang sudah dilakukan *overlay* menunjukkan fitur dengan permukaan kasar dengan pola tersusun rapi dalam satu garis sesuai dengan karakteristik dari tumpukan batuan. Pada jalur yang sama dengan fitur tumpukan batuan yaitu area yang diberi tanda berwarna biru terdapat pipa yang melintang, hal itu menandakan fitur tumpukan batuan yang dibuat untuk

menimbun pipa. Posisi koordinat dari fitur dengan ID RD, yaitu 368896,693129 E ; 119890,325051 N dengan luasan 2584,538 m². Rentang perbedaan kedalaman fitur tidak terlalu signifikan, yaitu antara -11,41 sampai dengan -11,49 meter.

Berikutnya adalah fitur galian parit yang terlihat pada area hijau dengan pola memanjang dan sempit dengan tekstur seperti garukan. Fitur ini mempunyai ID DC 3 dengan posisi koordinat berada di 368932,565074 E; 119868,981709 N. Ditandai dengan rentang kedalaman fitur yaitu mulai -13,23 hingga -16,37 meter memanjang ke arah timur dengan luasan 2624,914 m².

Tabel 4. 3 Analisa Fitur galian parit

No.	ID	Luasan (m ²)	X (m)	Y (m)
1	DC 1	442,856	370608,237	119692,891
2	DC 2	1127,875	370418,243	119815,999
3	DC 3	2624,914	368932,565	119868,981
4	DC 4	5566,918	370462,476	119812,457
5	DC 5	1729,437	370258,544	119913,199



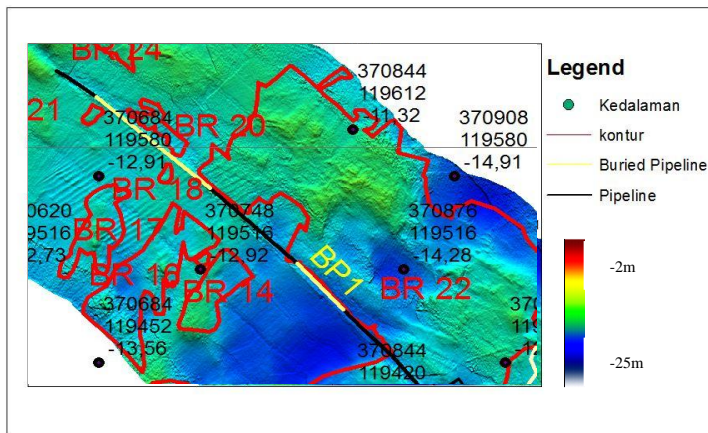
Gambar 4. 14 Jalur Survei ML-4 Terlihat Fitur Pipa dan Pipa Tertimbun

Berbeda dengan jalur-jalur survei sebelumnya dari hasil deteksi fitur dasar laut. Pada jalur survei ML-4 memperlihatkan sebuah fitur dengan garis memanjang dan membentang yang telah ditandai dengan garis hitam. Fitur-fitur tersebut adalah:

- Pipa ditandai dengan garis berwarna hitam yang terlihat dengan pola seperti garis berbentuk gundukan memanjang. Dapat diidentifikasi juga dari bayangan yang dihasilkan dari reflektor yang kuat dan mempunyai jarak antara objek yang berwarna hitam, yang diindikasikan sebagai *free span* akibat tinggi pipa yang menggantung sehingga membentuk bayangan dan adanya jarak dengan objek.
- Pipa tertimbun yang ditandai dengan garis berwarna coklat, bentuk atau pola yang dihasilkan sama dengan pipa akan tetapi pipa tertimbun tidak mempunyai bayangan seperti pipa yang terdeteksi dari instrumen *Side Scan Sonar*

pada umumnya. Hal ini dikarenakan pipa tertutupi oleh sedimen yang ada di dasar laut.

Terdapat indikasi pipa dan pipa tertimbun pada jalur survei ML-4 dengan ID masing-masing PL 9 dan 11 pada peta diberikan tanda garis berwarna hitam serta BP 1 dan 2 yang memiliki tanda garis berwarna kuning. Pola panjang membentang dan seperti gundukan merupakan beberapa karakteristik dan ciri khas pipa pada semua instrumen.



Gambar 4. 15 Verifikasi Jalur Survei ML-4

Berdasarkan dengan akuisisi *Multibeam Echosounder* terdapat pipa di jalur yang sama dengan hasil interpretasi pada citra *Side Scan Sonar*. Posisi dan panjang pipa dapat dilihat pada tabel analisa fitur pipa dan pipa tertimbun. Tidak ada perbedaan yang mencolok dari kedua fitur ini, jika dilihat dari tampilan *Seabed Features*.

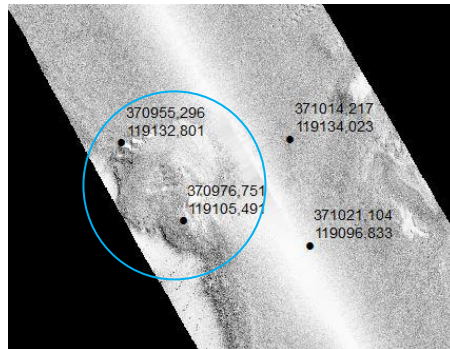
Tabel 4. 4 Analisa Fitur Pipa

No.	Panjang (m)	ID	X (m)	Y (m)
1	214,465	PL 1	368690,689	119874,611
2	22,583	PL 2	369291,642	119967,806

No.	Panjang (m)	ID	X (m)	Y (m)
3	101,001	PL 3	369058,949	119915,697
4	116,419	PL 4	368486,820	119891,501
5	25,940	PL 5	368367,520	119918,860
6	59,066	PL 6	368249,892	119960,246
7	79,740	PL 7	371032,964	119216,603
8	214,188	PL 8	370905,913	119406,821
9	75,805	PL 9	370781,282	119546,097
10	560,722	PL 10	369729,428	120038,012
11	30,884	PL 11	370669,884	119643,651

Tabel 4. 5 Analisa Fitur Pipa Tertimbun

No.	Panjang (m)	ID	X (m)	Y (m)
1	42,407	BP1	370823,100	119504,375
2	93,4678	BP2	370718,083	119603,384

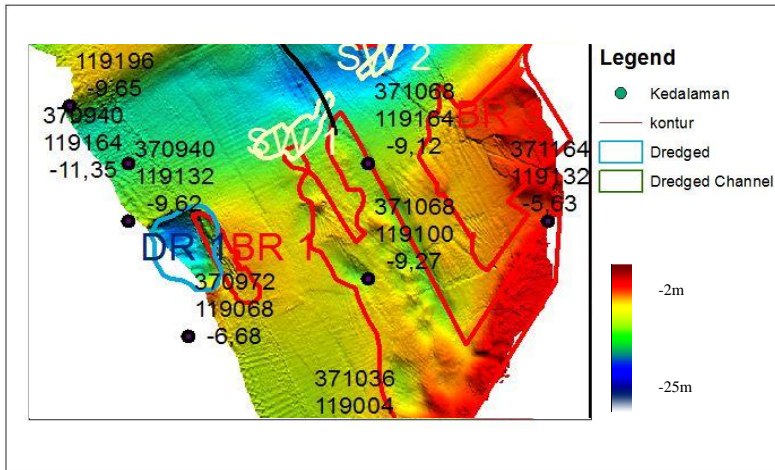


Gambar 4. 16 Jalur Survei ML-1A Terlihat Fitur Galian

Jalur survei ML-1A ini memperlihatkan sebuah fitur dasar laut berbentuk melingkar dengan bentuk pola seperti kerukan. Fitur dasar laut tersebut biasa disebut dengan galian yang diberi tanda lingkaran berwarna biru muda.

Setelah melakukan interpretasi awal terhadap jalur survei maka dilakukan proses mozaik untuk melihat keseluruhan tampilan citra sehingga fitur yang memiliki karakteristik dan pola yang sama dapat langsung diklasifikasikan untuk membuat Peta Klasifikasi Fitur Dasar Laut Perairan Kepulauan Riau.

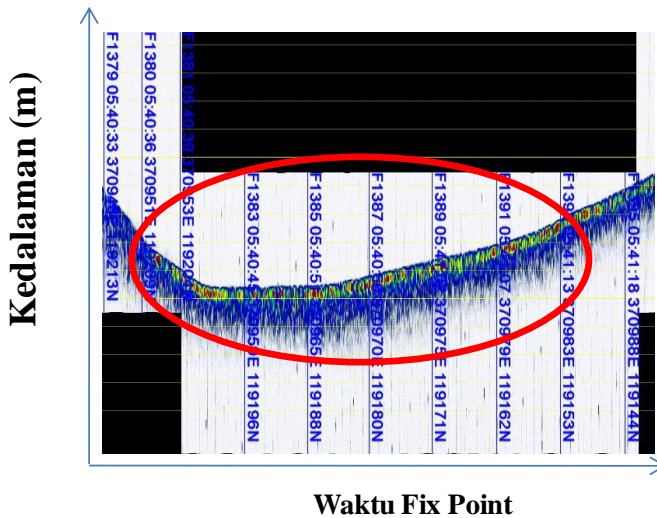
Verifikasi fitur terakhir berada di jalur ML-1A dengan ID DR 1 ditandai dengan area berbentuk lingkaran berwarna biru muda memiliki perbedaan kedalaman dengan area sekitar fitur. Posisi dari fitur ini terletak pada 370971,489957 E; 119117,603106 N dan luasan 1312,337 m².



Gambar 4. 17 Verifikasi Jalur ML-1A

Untuk melihat profil kedalaman maka dibutuhkan verifikasi dari hasil akuisisi *Singlebeam Echosounder* sehingga dapat terlihat perbedaan kedalaman pada fitur galian dengan ID DR 1. Dari gambar 4. 18 memperlihatkan bentuk profil fitur galian dengan *range* kedalaman yaitu antara -11 hingga -15 meter. Akan tetapi untuk area disekitar galian yang berbentuk datar kedalamannya mencapai -9

meter dan tidak tercantum dalam gambar profil *Singlebeam Echosounder*.



Gambar 4. 18 Verifikasi Fitur Galian dengan Profil Melintang pada Instrumen *Singlebeam Echosounder*

4.2.2 Analisa Ketelitian Kedalaman Instrumen *Multibeam 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 survei nya. Dengan spesifikasi standard tercantum dalam Bab II penelitian ini. Orde ketelitian batimetri dihitung dari selisih kedalaman silang antara lajur utama *Multibeam Echosounder* dengan lajur silang *Singlebeam Echosounder*. Pada

kenyataannya tidak semua data *Singlebeam Echosounder* bertampalan dengan *Multibeam Echosounder*, akan tetapi terdapat beberapa titik yang mempunyai koordinat berdekatan. Untuk itu diperlukan analisa *spatial join* dalam menentukan titik yang berdekatan dengan radius antar titik instrumen yaitu 0,1 meter. 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 terlampir dalam tabel 1. Berdasarkan data batimetri titik no. 2 dengan koordinat 368363 E ; 119831 N (d) *Multibeam Echosounder* = 9,25 meter dan batimetri (d) *Singlebeam Echosounder* = 9,00 maka didapatkan selisih kedalaman pada titik tersebut adalah 0,25 meter, kemudian didapatkan rata-rata titik tersebut adalah 9,125 meter. Selanjutnya dengan memasukkan nilai $a = 0,25$ dan $b = 0,0075$ serta kedalaman rata-rata maka didapatkan nilai σ sebesar $\pm 0,25919817$. Hasil perhitungan nilai toleransi yang didapatkan sesuai standard IHO SP-44 adalah $\pm 0,259$. Jadi dapat disimpulkan bahwa selisih kedalaman 0,250 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 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Ketelitian Orde Khusus IHO SP-44

No	<i>Easting</i> (X) meter	<i>Northing</i> (Y) meter	<i>Single</i> <i>beam</i> (Z) meter	<i>Multi</i> <i>beam</i> (Z) meter	Rata2 (Z) meter	Δ meter	Batas Toleransi (σ) meter
1.	368171	120001	2.990	3.000	2.995	0.010	± 0.251
2.	368363	119831	9.000	9.250	9.125	0.250	± 0.259
3.	368359	119877	7.000	6.960	6.980	0.040	± 0.255

No	<i>Easting</i> (X) meter	<i>Northing</i> (Y) meter	<i>Single beam (Z)</i> meter	<i>Multi beam (Z)</i> meter	<i>Rata2</i> (Z) meter	Δ meter	Batas Toleransi (σ) meter
4.	369959	119951	15.030	15.000	15.015	0.030	± 0.274
5.	369945	119955	14.870	15.000	14.935	0.130	± 0.274
6.	369909	119959	14.900	15.000	14.950	0.100	± 0.274
7.	369731	119967	18.000	18.120	18.060	0.120	± 0.284
8.	368699	119815	11.000	10.970	10.985	0.030	± 0.263
9.	368733	119815	11.000	11.010	11.005	0.010	± 0.263
11	369973	119947	15.000	15.150	15.075	0.150	± 0.274
12	369979	119945	15.000	14.890	14.945	0.110	± 0.274
13	370027	119933	14.000	13.790	13.895	0.210	± 0.271
14	369963	120101	14.000	13.730	13.865	0.270	± 0.270
15	370017	120091	13.000	12.900	12.950	0.100	± 0.268

Berdasarkan hasil perhitungan akurasi kedalaman sesuai standard IHO SP-44 pada tabel 1 di atas. Analisa pada tabel yang diberikan tanda berupa lingkaran merah menunjukkan bahwa semua perhitungan perbedaan kedalaman instrumen *Multibeam Echosounder* dan *Singlebeam Echosounder* tidak melebihi nilai toleransi hasil perhitungan spesifikasi orde khusus sesuai dengan faktor kesalahannya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Identifikasi fitur dasar laut di perairan Kepulauan Riau pada penelitian ini menggunakan metode yaitu dengan data interpretasi citra *Side Scan Sonar* yang kemudian diverifikasi dengan data *Multibeam Echosounder* menghasilkan beberapa kesimpulan, sebagai berikut :

1. Interpretasi fitur dasar laut pada citra *Side Scan Sonar* menggubangkan fitur-fitur yang memiliki karakter, pola dan reflektivitas yang sama, kemudian dijadikan acuan untuk membuat peta klasifikasi fitur dasar laut. Terdapat tujuh fitur dasar laut yang ditemukan di daerah penelitian. Hasil klasifikasi didapatkan total keseluruhan fitur dasar laut yang ditemukan mempunyai luasan 432136,32 m² dengan persentase masing-masing fiturnya yaitu, batuan dasar 84,195%, galian parit 2,659%, galian 0,304%, gelombang pasir 12,243%, tumpukan batuan 0,598%. Sedangkan total keseluruhan panjang pipa yaitu, 1636,689 meter dengan panjang pipa 1500,814 meter dan pipa tertimbun 135,875 meter.
2. Berdasarkan perhitungan ketelitian kedalaman sesuai dengan standard IHO SP-44 dengan menggunakan titik *Multibeam Echosounder* dan *Singlebeam Echosounder* yang koordinatnya berdekatan. Terdapat 159 titik perhitungan dan 96% titik memenuhi Orde khusus. Salah satu faktor penyebabnya adalah karena relief dasar laut variatif sehingga pergeseran sedikit jarak, mempengaruhi kedalaman. Nilai selisih kedalaman yang paling besar yaitu 0,5 meter.

5.2 Saran

Pada proses pengerjaan penelitian ini, peneliti mempelajari tentang Identifikasi fitur dasar laut dari instrumen

Multibeam Echosounder dan *Side Scan Sonar* akan memberikan saran untuk peneliti selanjutnya yang akan menggunakan bahasan yang sama agar hasil penelitian dapat disempurnakan. Ada beberapa aspek yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Penelitian dapat menggunakan metode bandingan untuk mengetahui lebih dalam tentang fitur dasar laut, misalnya menggunakan hasil *Side Scan Sonar* dan *Multibeam Echosounder* yang dibandingkan dengan data hasil survey menggunakan instrumen *ROV* untuk melihat kondisi dasar laut dalam bentuk video yang mempunyai referensi koordinat.
2. Untuk memverifikasi hasil interpretasi jenis sedimentasi dari *Side Scan Sonar* dapat dilakukan dengan pengambilan sampel secara langsung dengan menggunakan metode *grab sample* atau *coring*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. (2007). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Beyer, A. (2006). *Seafloor Analysis Based on Multibeam Bathymetri and Backscatter Data*. Bremerhaven : Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research.
- Blobdel, P. (2009). *The Handbook of Side Scan Sonar*. Springer: New York.
- Brisson, L. N., Wolfe, D. A., & P.S.M, M. S. (2014). *Interferometric Swath Bathymetri for Large Shallow Water Hydrographic Surveys*. Canada: Canadian Hydrographic Conference.
- BSN. (2010, Juli 10). Dipetik April 18, 2016, dari bakorsurtanal web site:
<http://www.bakorsurtanal.go.id/assets/download/sni/SNI/16.%20SNI%207646-2010%20Survei%20hidrografi.pdf>
- Djaja, R. (1989). Cara Perhitungan Pasang Surut Laut dengan Metode Admiralti. Dalam O. S. Ongkosongo, & Suyarso, *Pasang Surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi: Jakarta.
- EdgeTech. (2016). *EdgeTech Corporation*. Dipetik Mei 15, 2016, dari EdgeTech Corporation Web Site:
<http://www.edgetech.com/products/bathymetry/6205-combined-bathymetry-side-scan-sonar/>
- Gostnell, C., Yoos, J., & Brodet, S. (2006). NOAA Test and Evaluation of Interferometric Sonar Technology . *Proceeding of Canadian Hydrographic Conference, NOAA* .

- Hasanudin, M. (2009). Pemetaan Dasar Laut dengan Menggunakan Multibeam Echosounder. *Oseana, Volume XXXIV, Nomor 1* , 19-26.
- IHO. (2008). *IHO Standards for Hydrographics Surveys 5th Edition Special Publication No. 44*. Monaco: International Hydrographic Bureau.
- IHO. (2005). *Manual on Hydrography*. Monaco: International Hydrographic Bureau.
- Jong, D. (2002). *Hydrography* . Netherlands: Delft University Press.
- Klein Associate, I. (1985). *Side Scan Sonar*. USA: New Shampire.
- Lekkerkerk, H. J., Velden, R. V., Haycock, T., Jansen, P., Vries, R. D., Waalwijk, P. V., et al. (2006). *Handbook of Offshore Surveying Volume One: Preparation & Positioning*. London: Clarkson Research Service Limited.
- Mahyuddin, M. F. (2008). *Penggunaa Perangkat Lunak Sonar Pro Untuk Pengolahan Data Side Scan Sonar*. Bandung: Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung.
- Mandasari, S. (2013). *Studi Kelayakan Lokasi Rencana Peletakan Jack-Up Drilling Rig Menggunakan Hasil Pencitraan Side Scan Sonar*. Surabaya: Departemen Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nautik, L. C. (2009). *Calibration*. Germany: Kiel.
- Nugraha, I. M. (2014). *Multibeam Echosounder, Side Scan Sonar, And Sub-Bottom Profiler Application for Subsea Pipeline Free Span Detection* . Surabaya: Departemen Teknik Geomatika.

- Nur, M. (2015, Juli 8). Dipetik Mei 3, 2016, dari file.upi.edu:
http://file.upi.edu/Direktori/FPIPS/JUR._PEND._GEOGRAFI/194902051978031-DJAKARIA_M_NUR/DASAR__LAUT.pdf
- OGP. (2013). *Guidlines for the Conduct of Offshore Drilling Hazard Site Surveys*. Wales: Privisionally Slated.
- Ozrindo, R. (2013). *Aplikasi Multibeam Echosounder untuk Identifikasi Bangkai Kapal*. Bandung: PT Reftka Aditama.
- Pageo Utama. (2012). *Hasil Rekaman Citra Side Scan Sonar*. Jakarta.
- Penrose, J. D., Siwabessy, P. J., Gavrilov, A., Parnum, I., Hamilton, L. J., Bickers, A., et al. (2005). *Acoustic Techniques for Seabed Classification*. Cooperative Research Centre.
- SEtech. (2012, April 16). *Marine Environmental Data and Information Network*. Dipetik Desember 13, 2016, dari Marine Environmental Data and Information Network Web Site: <http://www.oceannet.com>
- TM1. (2005). *Geotechnical and Geophysical Investigations for Offshore and Nearshore Developments* . Perth: ISSMGE.
- Yuwono. (2005). Buku Ajar Hidrografi-1. Dalam Poerbandono, & E. Djunasjah, *Survei Hidrografi*. Surabaya: Teknik Geodesi ITS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PAGEO

Jakarta, 23 Mei 2016
063/PU-HR/05/2016

Re: Surat Rekomendasi

Dengan ini kami sampaikan bahwa, **Musdiyana Talif NRP: 3512 100 104**, mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Noverber Surabaya, telah melakukan pengumpulan / pengolahan data dan informasi di PT. Pageo Utama mulai tanggal 9 sampai dengan 23 Mei 2016, dalam rangka penyusunan tugas akhir yang berjudul : "Analisa Data Multibeam Echosounder dan Side Scan Sonar untuk Identifikasi Fitur Dasar Laut di Perairan Laut Jawa"

Selama proses tersebut, yang bersangkutan menunjukkan sikap dan perilaku yang baik, terorganisir dan tepat waktu.

Demikian surat rekomendasi ini kami buat agar dipergunakan semestinya.

Hormat Kami,



Marino Abubakar S.IP, MSMark.
HRD Manager

PT. PAGEO UTAMA www.pageo.co.id, survey@pageo.co.id
Jl. Tebet Timur Raya No. 54, Jakarta 12820
Ph. +62 21 828 2123, Fax. +62 21 828 2124



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Ketelitian Orde Khusus IHO SP-44

No.	SBES_Easting (m)	SBES_Northing (m)	ZSBES (m)	SBES_Easting (m)	MBES_Northing (m)	Z_MBES (m)	Z_Rata-Rata (m)	Z_Selisih (m)	σ (m)
1	370660,05	119892,54	-13,829	370660	119892,5	-13,886	13,858	0,057	0,261
2	370742,07	119548,54	-13,737	370742	119548,5	-13,856	13,797	0,119	0,261
3	370687,01	119599,44	-13,287	370687	119599,5	-13,323	13,305	0,036	0,260
4	370617,97	119655,47	-11,467	370618	119655,5	-11,375	11,421	0,092	0,257
5	370605,97	119663,49	-11,147	370606	119663,5	-10,949	11,048	0,198	0,257
6	370635,98	119665,97	-9,667	370636	119665,5	-9,527	9,597	0,140	0,255
7	370613,05	119697,51	-10,887	370613	119697,5	-10,852	10,870	0,035	0,257
8	370245,91	119932,52	-11,637	370246	119932,5	-11,632	11,635	0,005	0,258
9	369727,03	120022,53	-18,148	369727	120022,5	-17,887	18,018	0,261	0,268
10	369301,07	119960,45	-12,880	369301	119960,5	-12,766	12,823	0,114	0,259
11	369198	119944,41	-10,460	369198	119944,5	-10,292	10,376	0,168	0,256
12	368150,01	120013,59	-1,589	368150	120013,5	-1,730	1,660	0,141	0,250
13	368171,06	120011,53	-3,509	368171	120011,5	-3,459	3,484	0,050	0,251
14	368436,96	119936,53	-10,589	368437	119936,5	-10,398	10,494	0,191	0,256
15	368589,17	119940,04	-8,489	368589	119939,5	-8,514	8,502	0,025	0,254
16	368586,69	119942,37	-7,849	368587	119941,5	-7,863	7,856	0,014	0,253
17	368576,16	119942,8	-7,919	368576	119942,5	-7,853	7,886	0,066	0,253
18	368571,99	119945,02	-6,709	368572	119944,5	-6,855	6,782	0,146	0,253
19	368559,23	119950,51	-3,479	368559	119950,5	-3,565	3,522	0,086	0,251
20	368554,89	119948,68	-2,999	368554	119948,5	-3,074	3,037	0,075	0,251
21	368547,95	119940,74	-4,559	368547	119940,5	-4,380	4,470	0,179	0,251
22	368538,08	119935,71	-4,119	368538	119936,5	-4,369	4,244	0,250	0,251
23	368532,76	119935,51	-2,609	368532	119935,5	-2,654	2,632	0,045	0,250
24	368522,07	119936,91	-2,537	368522	119936,5	-1,597	1,793	0,382	0,250
25	368517,95	119939,9	-3,247	368518	119939,5	-3,275	2,539	0,003	0,250
26	368514,37	119942,8	-3,817	368514	119942,5	-4,177	3,997	0,360	0,251
27	368506,07	119948,39	-8,527	368506	119947,5	-8,422	8,475	0,105	0,254
28	368497,46	119952,2	-11,827	368497	119951,5	-11,388	11,606	0,442	0,258
29	368492,9	119953,16	-12,177	368493	119952,5	-11,946	12,062	0,231	0,258

No.	SBES_Easting (m)	SBES_Northing (m)	ZSBES (m)	SBES_Easting (m)	MBES_Northing (m)	Z_MBES (m)	Z_Rata-Rata (m)	Z_Sellish (m)	σ (m)
31	368487,6	119953,4	-11,927	368488	119952,5	-11,781	11,854	0,146	0,258
32	368477,27	119953,63	-10,547	368477	119953,5	-10,359	10,453	0,188	0,256
33	368472,01	119955,53	-10,117	368472	119955,5	-9,945	10,031	0,172	0,256
34	368459,45	119962,66	-10,157	368459	119962,5	-9,974	10,066	0,183	0,256
35	368445,15	119963,85	-9,127	368445	119963,5	-9,323	9,225	0,196	0,255
36	368439,64	119963,34	-9,727	368439	119962,5	-9,670	9,699	0,057	0,255
37	368434,71	119963,27	-9,057	368435	119962,5	-8,942	9,000	0,115	0,255
38	368429,94	119963,63	-8,077	368429	119963,5	-8,293	8,185	0,216	0,254
39	368424,66	119964,41	-8,347	368425	119963,5	-8,587	8,467	0,240	0,254
40	368419,57	119965,61	-7,957	368419	119965,5	-7,901	7,929	0,056	0,254
41	368414,71	119967	-7,547	368414	119966,5	-7,417	7,482	0,130	0,253
42	368410,29	119968,05	-6,807	368410	119967,5	-6,791	6,799	0,016	0,253
43	368405,03	119968,76	-5,667	368405	119968,5	-5,756	5,712	0,089	0,252
44	368385,3	119975,05	-7,157	368385	119974,5	-7,235	7,196	0,078	0,253
45	368381,45	119978,56	-6,937	368381	119978,5	-6,892	6,915	0,045	0,253
46	368378,47	119981,83	-6,677	368378	119981,5	-6,663	6,670	0,014	0,253
47	368374,96	119984,8	-6,557	368375	119984,5	-6,373	6,465	0,184	0,252
48	368370,49	119986,78	-6,117	368370	119986,5	-6,045	6,081	0,072	0,252
49	368365,86	119987,62	-5,737	368365	119987,5	-5,735	5,736	0,002	0,252
50	368360,5	119987,8	-5,257	368360	119987,5	-5,138	5,198	0,119	0,252
51	368354,91	119988,18	-5,517	368355	119987,5	-5,341	5,429	0,176	0,252
52	368349,68	119989,4	-5,657	368350	119988,5	-5,543	5,600	0,114	0,252
53	368345,21	119991,34	-5,497	368345	119990,5	-5,354	5,426	0,143	0,252
54	368340,76	119993,69	-4,467	368340	119993,5	-4,451	4,459	0,016	0,251
55	368336,35	119995,83	-5,027	368336	119995,5	-4,988	5,008	0,039	0,251
56	368332,19	119997,45	-5,617	368332	119996,5	-5,516	5,567	0,101	0,252
57	368327,28	119998,9	-6,057	368327	119998,5	-5,979	6,018	0,078	0,252
58	368322,32	119999,54	-6,587	368322	119999,5	-6,451	6,519	0,136	0,252
59	368317,62	119999,92	-6,837	368317	119999,5	-6,835	6,836	0,002	0,253
60	368312,15	120000,66	-7,247	368312	120000,5	-7,196	7,222	0,051	0,253

No.	SBES_Easting (m)	SBES_Northing (m)	ZSBES (m)	SBES_Easting (m)	MBES_Northing (m)	Z_MBES (m)	Z_Rata-Rata (m)	Z_Selisih (m)	σ (m)
61	368306,83	120001,94	-7,567	368306	120001,5	-7,528	7,548	0,039	0,253
62	368302,01	120004,05	-7,997	368302	120003,5	-7,930	7,964	0,067	0,254
63	368297,95	120006,63	-8,337	368297	120006,5	-8,444	8,391	0,107	0,254
64	368293,95	120009,65	-8,457	368293	120009,5	-8,497	8,477	0,040	0,254
65	368289,92	120012,61	-8,507	368289	120012,5	-8,574	8,541	0,067	0,254
66	368286,08	120015	-8,477	368286	120014,5	-8,553	8,515	0,076	0,254
67	368281,56	120017,18	-8,847	368281	120016,5	-8,846	8,847	0,001	0,254
68	368277,16	120018,56	-9,057	368277	120018,5	-8,989	9,023	0,068	0,255
69	368272,26	120019,18	-9,157	368272	120018,5	-9,131	9,144	0,026	0,255
70	368267,4	120019,27	-9,267	368267	120018,5	-9,271	9,269	0,004	0,255
71	368261,64	120019,53	-9,307	368261	120019,5	-9,321	9,314	0,014	0,255
72	368256,65	120020,54	-9,287	368256	120020,5	-9,298	9,293	0,011	0,255
73	368251,9	120022,72	-9,177	368251	120022,5	-9,228	9,203	0,051	0,255
74	368247,59	120025,63	-8,967	368247	120025,5	-8,916	8,942	0,051	0,254
75	368243,75	120029,28	-8,737	368244	120028,5	-8,808	8,773	0,071	0,254
76	368240,32	120032,54	-8,677	368240	120032,5	-8,649	8,663	0,028	0,254
77	368236,68	120036,25	-8,557	368237	120035,5	-8,583	8,570	0,026	0,254
78	368233,42	120039,96	-8,657	368233	120039,5	-8,607	8,632	0,050	0,254
79	368229,96	120042,95	-8,917	368230	120042,5	-8,856	8,887	0,061	0,254
80	368225,95	120045,76	-8,877	368225	120045,5	-8,830	8,854	0,047	0,254
81	368221,86	120048,2	-8,557	368222	120047,5	-8,612	8,585	0,055	0,254
82	368217,27	120048,77	-7,907	368217	120048,5	-7,933	7,920	0,026	0,254
83	368213,72	120045,43	-7,467	368214	120044,5	-7,516	7,492	0,049	0,253
84	368209,99	120041,71	-6,477	368210	120041,5	-6,542	6,510	0,065	0,252
85	368205,81	120038,98	-4,687	368205	120038,5	-4,388	4,538	0,299	0,251
86	368209,08	120035,25	-6,617	368209	120034,5	-6,602	6,610	0,015	0,252
87	368213,69	120034,09	-7,607	368213	120033,5	-7,365	7,486	0,242	0,253
88	368465,97	119894,58	-11,497	368466	119894,5	-11,567	11,532	0,070	0,257
89	368377,99	120040,43	-5,707	368378	120040,5	-5,476	5,592	0,231	0,252
90	368380,98	119859,56	-9,810	368381	119859,5	-9,699	9,755	0,111	0,255

No.	SBES_Easting (m)	SBES_Northing (m)	ZSBES (m)	SBES_Easting (m)	MBES_Northing (m)	Z_MBES (m)	Z_Rata-Rata (m)	Z_Selisih (m)	σ (m)
91	368427,01	119811,48	-9,700	368427	119811,5	-9,605	9,653	0,095	0,255
92	368184	119902,43	-1,725	368184	119902,5	-1,170	1,448	0,555	0,250
93	368263,99	120065,49	-8,885	368264	120065,5	-8,902	8,894	0,017	0,254
94	368253,93	120042,54	-8,755	368254	120042,5	-8,791	8,773	0,036	0,254
95	368243	120014,46	-9,275	368243	120014,5	-9,281	9,278	0,006	0,255
96	368204,01	119901,42	-8,225	368204	119901,5	-8,320	8,273	0,095	0,254
97	368282,94	119885,43	-7,874	368283	119885,5	-7,902	7,888	0,028	0,253
98	368318,98	120034,52	-8,034	368319	120034,5	-8,069	8,052	0,035	0,254
99	368271,93	120000,52	-8,884	368272	120000,5	-8,953	8,919	0,069	0,254
100	368258,98	119952,56	-7,984	368259	119952,5	-7,786	7,885	0,198	0,253
101	368293,93	119883,48	-7,055	368294	119883,5	-6,983	7,019	0,072	0,253
102	368356,08	119866,47	-9,075	368356	119866,5	-8,843	8,959	0,232	0,255
103	368536,06	119830,55	-10,785	368536	119830,5	-10,666	10,726	0,119	0,256
104	368551,06	119830,54	-11,255	368551	119830,5	-10,684	10,970	0,571	0,257
105	368580,95	119833,52	-14,165	368581	119833,5	-14,007	14,086	0,158	0,261
106	368680,04	119817,45	-10,465	368680	119817,5	-10,373	10,419	0,092	0,256
107	368708,98	119814,46	-12,455	368709	119814,5	-12,389	12,422	0,066	0,259
108	368621	119827,59	-12,940	368621	119827,5	-12,739	12,840	0,201	0,259
109	368858,93	119821,56	-15,320	368859	119821,5	-15,193	15,257	0,127	0,263
110	368908,05	119830,57	-14,940	368908	119830,5	-15,042	14,991	0,102	0,263
111	368971,97	119898,5	-12,027	368972	119898,5	-11,742	11,885	0,285	0,258
112	368985,06	119824,49	-22,457	368985	119824,5	-22,190	22,324	0,267	0,278
113	369125,06	119865,54	-12,337	369125	119865,5	-12,451	12,394	0,114	0,259
114	369398,9	119923,5	-12,759	369399	119923,5	-12,971	12,865	0,212	0,259
115	369781	119967,42	-19,109	369781	119967,5	-19,028	19,069	0,081	0,270
116	369959,01	119951,46	-15,959	369959	119951,5	-15,861	15,910	0,098	0,264
117	369968,96	119948,55	-16,139	369969	119948,5	-16,091	16,115	0,048	0,265
118	370157,08	119881,45	-12,309	370157	119881,5	-12,273	12,291	0,036	0,258
119	370289,97	119811,49	-10,209	370290	119811,5	-10,164	10,187	0,045	0,256
120	370442,98	119738,57	-8,963	370443	119738,5	-8,930	8,947	0,033	0,255

No.	SBES_Easting (m)	SBES_Northing (m)	ZSBES (m)	SBES_Easting (m)	MBES_Northing (m)	Z_MBES (m)	Z_Rata-Rata (m)	Z_Selisih (m)	σ (m)
121	370601	119647.45	-11.193	370601	119647.5	-10.630	10.912	0.563	0.257
122	370627.02	119587.55	-13.123	370627	119587.5	-12.869	12.996	0.254	0.260
123	370664.97	119550.48	-14.121	370665	119550.5	-14.104	14.113	0.017	0.261
124	370836.05	119376.52	-15.261	370836	119376.5	-15.011	15.136	0.250	0.263
125	371030.94	119074.54	-8.501	371031	119074.5	-8.461	8.481	0.040	0.254
126	371067	119061.51	-8.268	371067	119061.5	-8.152	8.210	0.116	0.254
127	371148.98	119156.47	-3.548	371149	119156.5	-3.398	3.473	0.150	0.251
128	371086.05	119159.45	-8.447	371086	119159.5	-8.514	8.481	0.067	0.254
129	371048.08	119216.53	-15.207	371048	119216.5	-15.104	15.156	0.103	0.263
130	371041.08	119230.51	-13.317	371041	119230.5	-13.319	13.318	0.002	0.260
131	371029.09	119257.49	-12.187	371029	119257.5	-12.318	12.253	0.131	0.258
132	370971.02	119343.54	-12.729	370971	119343.5	-12.647	12.688	0.082	0.259
133	370292.04	119981.53	-11.094	370292	119981.5	-11.131	11.113	0.037	0.257
134	370255.94	119997.49	-10.474	370256	119997.5	-10.556	10.515	0.082	0.256
135	370134.99	120051.57	-16.734	370135	120051.5	-16.552	16.643	0.182	0.266
136	370112.95	120063.49	-17.534	370113	120063.5	-17.487	17.511	0.047	0.267
137	369973.02	120098.56	-14.972	369973	120098.5	-14.899	14.936	0.073	0.263
138	369889.99	120113.43	-12.462	369890	120113.5	-12.373	12.418	0.089	0.259
139	369865.03	120114.51	-13.602	369865	120114.5	-13.470	13.536	0.132	0.260
140	369929.07	120075.44	-13.668	369929	120075.5	-13.517	13.593	0.151	0.260
141	369810.98	120085.42	-12.708	369811	120085.5	-12.839	12.824	0.231	0.259
142	369795.92	120084.44	-14.908	369796	120084.5	-14.894	14.901	0.014	0.262
143	369727.08	120062.51	-17.008	369727	120062.5	-17.166	17.087	0.158	0.266
144	369706.96	120062.57	-15.258	369707	120062.5	-15.483	15.371	0.225	0.263
145	369538.09	120066.46	-12.078	369538	120066.5	-12.256	12.167	0.178	0.258
146	369274.98	120005.58	-12.395	369275	120005.5	-12.510	12.453	0.115	0.259
147	368862.98	119947.49	-11.075	368863	119947.5	-10.925	11.000	0.150	0.257
148	368824.02	119938.55	-13.415	368824	119938.5	-13.396	13.406	0.019	0.260
149	368793.96	119938.5	-15.475	368794	119938.5	-15.223	15.349	0.252	0.263
150	368694.06	119934.51	-12.055	368694	119934.5	-11.902	11.979	0.153	0.258
151	368598	119949.43	-7.635	368598	119949.5	-7.855	7.745	0.220	0.253
152	368762.95	119918.53	-15.357	368763	119918.5	-15.581	15.469	0.224	0.263
153	368597.94	119912.42	-8.827	368598	119912.5	-8.834	8.831	0.007	0.254
154	369041.04	119936.47	-10.027	369041	119936.5	-9.991	10.009	0.036	0.256
155	369103.93	119952.56	-10.727	369104	119952.5	-10.806	10.767	0.079	0.257
156	370686.06	119766.56	-8.294	370686	119766.5	-8.453	8.374	0.159	0.254
157	370872.08	119559.55	-12.257	370872	119559.5	-12.247	12.252	0.010	0.258
158	370843.03	119553.46	-13.267	370843	119553.5	-13.210	13.239	0.057	0.260

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bogor tepatnya di Bojong Gede Provinsi Jawa Barat pada tanggal 7 September 1994. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Riwayat pendidikan formal penulis ditempuh dan diselesaikan, yaitu di TK Chairunnisa (1998-2000), SDN Menteng Atas 01 Pagi Jakarta (2000-2006), SMP Negeri 73 Jakarta (2006-2009) dan SMA Negeri 54 Jakarta (2009-2012). Setelah lulus SMA penulis melanjutkan Strata 1 di Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2012 dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta (NRP) 3512100104. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif di beberapa organisasi diantaranya Himpunan Mahasiswa Geomatika (HIMAGE) menjabat sebagai Ketua Biro Tarbiyah Divisi Geomatic Islamic Study (GIS) masa bakti 2013-2014. Kemudian diberikan amanah menjadi Ketua Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FTSP ITS masa bakti 2014-2015 dan sebelumnya pernah menjabat sebagai staff Departemen Pengembangan Sumber Daya Mahasiswa di organisasi yang sama pada tahun 2013-2014. Penulis juga aktif pada organisasi Tim Pembina Kerohanian Islam sebagai staff Departemen Kaderisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi (JMMI) ITS masa bakti 2013-2014. Penulis pernah menjalani Kerja Praktik di PT. Mahakarya Geo Survey (MGS) pada tahun 2015 dalam bidang Survei Hidrografi. Guna menyelesaikan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya, penulis mengambil Tugas Akhir dalam bidang keahlian hidrografi dengan judul “Analisa Data *Multibeam Echosounder* dan *Side Scan Sonar* untuk Identifikasi Fitur Dasar Laut di Perairan Kepulauan Riau” dengan menggunakan data dari PT. Pageo Utama.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”