TUGAS AKHIR – RM184831

ANALISIS *ANGULAR RESOLUTION* DAN *RANGE RESOLUTION* PADA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* R2 SONIC 2020 DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

RR. NANDA AZIZAH OKTAVIA
NRP 03311640000009

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

TUGAS AKHIR – RM184831

ANALISIS *ANGULAR RESOLUTION* DAN *RANGE RESOLUTION* PADA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* R2 SONIC 2020 DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

RR. NANDA AZIZAH OKTAVIA
NRP 03311640000009

Dosen Pembimbing
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.
Khomsin, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

TUGAS AKHIR – RM184831

ANALYSIS OF ANGULAR RESOLUTION AND RANGE RESOLUTION ON MULTI*BEAM* ECHOSOUNDER R2 SONIC 2020 IN PORT OF TANJUNG PERAK (SURABAYA)

RR. NANDA AZIZAH OKTAVIA
NRP 03311640000087

Supervisor
Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D.
Khomsin, S.T., M.T.

GEOMATICS ENGINEERING DEPARTEMENT
Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ANALISIS *ANGULAR RESOLUTION* DAN *RANGE RESOLUTION* PADA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* R2 SONIC 2020 DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

Nama : Rr. Nanda Azizah Oktavia
NRP : 03311640000009
Jurusan : Teknik Geomatika
Pembimbing : 1. Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D
2. Khomsin S.T., M,T.

ABSTRAK

Pemilihan *multibeam echosounder* harus memperhatikan beberapa faktor sebelum digunakan, hal ini dapat dilihat dari spesifikasinya, seperti frekuensi dan *swath angle* yang dapat diatur. Hal tersebut dikarenakan agar penggunaan *multibeam* lebih efisien dan dapat digunakan dalam keadaan apapun. Pada penelitian ini akan diletakkan dua objek berbentuk kubus dengan ukuran sisi berturut - turut 30 cm dan 50 cm, kedua objek diletakkan pada kedalaman laut yang berbeda. Hal tersebut dilakukan agar mengetahui kemampuan *Multibeam echosounder* dalam mendeteksi objek (*object detection*) yang berukuran kecil. Penelitian ini mengambil data secara langsung pada 15 November 2019. *Multibeam echosounder* memiliki fitur *selectable frequency* dan *selectable swath angle*. Frekuensi yang digunakan saat akuisisi data yaitu 400 kHz dan *swath angle* yang digunakan yaitu 110°. Kedua objek kubus berencana diletakkan pada koordinat 692.161,26; 9.204.979,67 m dan 691.927,45; 9.204.997,04 m dan memiliki jarak sejauh 234,48 m. Pada saat pengolahan, objek berukuran 50 cm ditemukan pada koordinat 692.014,80; 9.204.975,60 m dikedalaman 24,93 m dan objek kubus 30 cm ditemukan pada koordinat 692.225,50; 9.205.023,43 m dikedalaman 23,14 m. Kedua objek tersebut memiliki jarak sejauh 216,05 m.

Pengukuran dimensi objek terdiri dari dua bagian, yaitu bagian sisi atas (panjang dan lebar) dan sisi tinggi. Pengukuran dimensi objek kubus 30 cm dengan sisi atas dan sisi tinggi berturut-turut memiliki nilai RMS *Error* sebesar 0,019 m dan 0,024 m. Pada pengukuran dimensi objek kubus 50 cm dengan sisi atas dan sisi tinggi berturut-turut memiliki nilai RMS *Error* sebesar 0,008 m dan 0,014 m. *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 memiliki nilai resolusi spasial, yaitu resolusi jarak dan resolusi sudut. Pada perhitungan dipenelitian ini, didapatkan nilai resolusi jarak sebesar 0,013 m dan nilai resolusi sudut sebesar 0,034 m.

Kata Kunci : *Range Resolution, Angular Resolution, Object Detection, Multibeam Echosounder.*

ANALYSIS OF ANGULAR RESOLUTION AND RANGE RESOLUTION IN MULTIBEAM ECHOSOUNDER R2 SONIC 2020 IN PORT OF TANJUNG PERAK (SURABAYA)

Name	: Rr. Nanda Azizah Oktavia
NRP	: 03311640000009
Department	: Geomatics Engineering
Supervisior	: 1. Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D 2. Khomsin S.T., M,T.

ABSTRACT

Utilizing a multibeam echosounder considers several factors based on its specifications, such as selectable frequency and selectable swath angle. It is done for multibeam efficiency and being usable in any situation. In this research, 30 cm and 50 cm cuboid objects will be placed at different depths. The purpose is to determine the ability of Multibeam echosounder in detecting small objects. Data is taken on November 15th, 2019. Multibeam echosounder R2 Sonic 2020 has a selectable frequency and selectable swath angle features. The frequency used for data acquisition is 400 kHz, and the swath angle used is 110°. The two cube objects are placed at coordinates 692,161.26; 9,204,979.67 m and 691,927.45; 9,204,997.04 m and have a distance of 234.49 m. Object 50 cm was detected in coordinates 692,014.80; 9,204,975.60 m at a depth of 24.93 m and objects 30 cm cube was detected in coordinates 692,225.50; 9,205,023.43 m at a depth of 23.14m. Both of these objects have a distance of 216.05 m. Measurement of object dimensions is divided into two parts, the upper side (length and width) and the height side. Measuring dimensions of a 30 cm cube object with the upper and height sides respectively have an RMS Error value of 0.0198m and 0.0245m. Measuring dimensions of 50 cm cube object with the upper and height side respectively have an RMS Error value 0.008m and 0.014m. Multibeam echosounder R2

Sonic 2020 has spatial resolution values, which are range resolution and angular resolution. This study's result obtained a value of range resolution of 0.012m and an angle resolution value of 0.033m.

Keywords : Range Resolution, Angular Resolution, Object detection, Multibeam Echosounder.

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS *ANGULAR RESOLUTION* DAN *RANGE RESOLUTION* PADA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* R2 SONIC 2020 DI PELABUHAN TANJUNG PERAK SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program Studi S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Rr. Nanda Azizah Oktavia
03311640000009

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Danar Guruh Pratomo S.T., M.T., Ph.D. (.....)
19800507 200312 1 001

Khomsin S.T., M.T (.....)
19750705 200012 1 001

SURABAYA, AGUSTUS 2020

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul "**Analisis *Angular Resolution* Dan *Range Resolution* Pada *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 Di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya"** ini dengan baik dan lancar.

Selama pelaksanaan Tugas Akhir, ada banyak pihak yang telah memberikan bantuan baik secara moral maupun material sehingga Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua atas doa dan dukungan yang diberikan selama ini.
2. Bapak Danar Guruh Pratomo, S.T., M.T., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Geomatika FTSPK ITS dan Pembimbing Pertama.
3. Bapak Khomsin S.T., M.T selaku pembimbing kedua penulis yang selalu membimbing dan memberi arahan selama pelaksanaan Tugas Akhir.
4. Bapak Wawan Sulistiawan selaku Direktur Utama dan seluruh pegawai PT. Alur Pelayaran Barat Surabaya yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian tugas akhir di lingkungan perusahaan.
5. Seluruh rekan seperjuangan Teknik Geomatika ITS angkatan 2016 (G18) yang telah banyak membantu dan berjuang bersama selama 4 tahun ini.
6. Semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, yang telah membantu peulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam pembuatan laporan kerja praktik ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca sangat kami harapkan untuk perbaikan laporan

ini. Penulis berharap semoga laporan ini bisa bermanfaat, khususnya bagi penulis dan bagi pembaca umumnya.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK v
ABSTRACT vii
LEMBAR PENGESAHAN ix
KATA PENGANTAR xi
DAFTAR ISI xiii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR TABEL xvii
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan 3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Survei Hidrografi 5
2.1.1 Survei Batimetri 6
2.1.2 Peta Batimetri 7
2.2 *Multibeam echosounder* (MBES) 7
2.2.1 Prinsip Kerja *Multibeam Echosounder* 8
2.2.2 Kalibrasi *Multibeam Echosounder* 11
2.3 Pasang Surut 16
2.3.1 Tipe Pasang Surut 17
2.3.2 Penentuan Referensi Pasang Surut 19
2.4 Penentuan Posisi Titik Pengukuran Kedalaman Perum 20

2.5 Lajur Pemeruman 22
2.5.1 Lajur perum utama 22
2.5.2 Lajur perum silang..... 22
2.6 Resolusi dan Akurasi..... 23
BAB 3 METODOLOGI 27
3.1 Lokasi Penelitian 27
3.2 Data dan Peralatan..... 28
3.1.2 Data 28
3.2.2 Peralatan 28
3.2 Metodologi Pelaksanaan Pekerjaan..... 32
3.2.1 Tahapan Pelaksanaan 32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 41
4.1 Hasil 41
4.1.1 Pelaksanaan investigasi objek bawah laut..... 41
4.2 Pembahasan..... 48
4.2.1 Objek yang Terdeteksi dan Pengukuran Objek 48
4.2.2 Resolusi sudut dan resolusi jarak 57
4.2.3 Peta Batimetri di Area Peletakan Objek..... 58
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 61
5.1 Kesimpulan..... 61
5.2 Saran..... 62
DAFTAR PUSTAKA..... 63
LAMPIRAN 67
BIODATA PENULIS..... 75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Survei Hidrografi 6
Gambar 2.2 Cakupan *Multibeam Echosounder* 8
Gambar 2.3 Geometri Waktu *Transducer* 9
Gambar 2.4 Kalibrasi *Offset* Statik 11
Gambar 2.5 *Roll*, *Pitch*, dan *Yaw* 12
Gambar 2.6 *Time Latency* 13
Gambar 2.7 Kalibrasi *Pitch* 14
Gambar 2.8 Kalibrasi R*oll* 14
Gambar 2.9 Kalibrasi *Yaw* 15
Gambar 2.10 Grafik Pasang Surut *Diurnal* 18
Gambar 2.11 Grafik Pasang Surut Semi *Diurnal* 18
Gambar 2.12 Grafik *Mixed Tide*, *Prevailing Diurna*l 19
Gambar 2.13 Metode DGPS 21
Gambar 2.14 Diagram Kapal 21
Gambar 2.15 Lajur Pemeruman 23
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian 27
Gambar 3.2. Diagram Alir Tahapan Pengerjaan 33
Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan 35
Gambar 4.1 Ilustrasi Objek 42
Gambar 4.2 Pengukuran Dimensi Tali dan Bola 43
Gambar 4.3 Pengukuran Objek Berukuran 30 cm 43
Gambar 4.4 Pemilihan *Swath Angle* 44

Gambar 4.5 Pemilihan Frekuensi 45
Gambar 4.6 Uji Akurasi Dari Alat Penentuan Posisi Horisontal 46
Gambar 4.7 Grafik Pengamatan Pasang Surut 47
Gambar 4.8 Grafik Prediksi Pasang Surut..... 47
Gambar 4.9 Tampak Atas Objek Berukuran 30 cm 49
Gambar 4.10 Tampak Samping Objek Berukuran 30 cm 49
Gambar 4.11 Pengukuran Sisi Objek 31cm 50
Gambar 4.12 Pengukuran Sisi Objek 32cm 50
Gambar 4.13 Pengukuran Sisi Objek 33cm 50
Gambar 4.14 Pengukuran Sisi Objek 31cm 51
Gambar 4.15 Pengukuran Sisi Objek 35cm 51
Gambar 4.16 Pengukuran Sisi Objek 33cm 51
Gambar 4.17 Tampak Atas Objek 50cm 52
Gambar 4.18 Tampak Samping Objek 50cm 52
Gambar 4.19 Pengukuran Sisi Objek 49 cm 53
Gambar 4.20 Pengukuran Sisi Objek 50cm 53
Gambar 4.21 Pengukuran Sisi Objek 50cm 53
Gambar 4.22 Pengukuran Sisi Objek 51cm 54
Gambar 4.23 Pengukuran Sisi Objek 51cm 54
Gambar 4.24 Pengukuran Sisi Objek 51cm 54
Gambar 4.25 Peta Batimetri Area Peletakan Objek 59

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Spesifikasi GPS 29
Tabel 3.2 Spesifikasi *Multibeam Echosounder* 30
Tabel 4.1 *Offset* masing-masing instrumen pada MBES 41
Tabel 4.2 Hasil pengukuran objek 30 cm 52
Tabel 4.3 Hasil pengukuran objek 50 cm 55
Tabel 4.4 Perhitungan objek 30 cm 55
Tabel 4.5 Hasil perhitungan objek 50 cm 56

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemeliharaan kolam pelabuhan penting dilakukan untuk memelihara kedalaman suatu kolam atau alur pelayaran yang disebabkan adanya proses pergerakan dan pengendapan lumpur (*sediment transport*). Salah satu cara pemeliharaan kolam pelabuhan adalah dengan dilakukan pengerukan. Kramadibrata (1989) menyatakan bahwa pelabuhan – pelabuhan di Indonesia yang memerlukan pengerukan pemeliharaan yang besar adalah Belawan, Palembang, Tanjung Priok, Surabaya, dan Pontianak. Hal ini diakibatkan letak pelabuhan-pelabuhan tersebut di dekat muara sungai.

Proses pengerukan ini dilakukan agar pada alur pelayaran dapat dilalui kapal – kapal besar. Sebelum dilakukan pengerukan pada alur pelayaran diperlukan data-data pendukung berupa kondisi morfologi bawah laut. Data kondisi morfologi perairan diperoleh dari hasil survei batimetri dan digambarkan dalam bentuk peta batimetri. Pemetaan batimetri untuk perencanaan pengerukan alur pelayaran dilakukan menggunakan alat akustik *Multibeam Echosounder*.

Penggunaan *Multibeam Echosounder*s (MBES) telah berkembang dalam berbagai aplikasi karena efisiensi dan resolusinya yang tinggi, memungkinkan area besar untuk disurvei dengan sangat cepat. Dalam pemilihan *Multibeam Echosounder*, terdapat beberapa faktor yang dilakukan sebelum menggunakan alat tersebut yang dilihat dari spesifikasinya, seperti frekuensi yang dapat diatur, *swath angle* yang dapat diatur, dapat mendeteksi objek yang berukuran kecil pada laut yang dalam, memiliki daya yang kecil dan fitur-fitur lainnya yang dimiliki *Multibeam Echosounder*. Hal tersebut dikarenakan agar penggunaan *multibeam* lebih efisien dan dapat digunakan dalam keadaan

apapun, dalam hal ini untuk laut dalam dan laut dangkal. Pada laut dalam, biasanya terdapat objek – objek yang berukuran kecil yang tidak terbaca oleh *Multibeam Echosounder*, hal tersebut dapat mengakibatkan hilangnya informasi yang mungkin dibutuhkan. Maka dari itu, diperlukan sebuah objek yang berukuran kecil untuk memeriksa apakah *Multibeam Echosounder* yang digunakan dapat membaca objek yang berukuran kecil tersebut.

Pada penelitian ini akan diletakkan objek berbentuk kubus dengan ukuran 30cm x 30cm x 30cm dan objek yang berukuran 50cm x 50cm x 50cm dan diletakkan pada kedalaman laut yang berbeda. *Multibeam* akan merekam kedua objek tersebut di kedalaman yang berbeda pada satu jalur dan dengan diatur frekuensi dan *swath angle*, lalu dilakukan identifikasi mengenai kedua objek tersebut.

Adapun analisis resolusi sudut (*angular resolution*) dan resolusi jarak (*range resolution*) pada *multibeam* ini juga akan ditentukan sehingga akan dihasilkan nilai resolusi sudut dan resolusi jarak dari *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan peta batimetri di lokasi pelaksanaan investigasi objek bawah laut menggunakan *Multibeam Echosounder* 2020 di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.
2. Bagaimana identifikasi objek menggunakan resolusi jarak dan resolusi sudut dengan menggunakan *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Multibeam* yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan *Multibeam Echosounder* R2 Sonic 2020
2. Data yang dibutuhkan dalam penelitian yaitu data pemeruman *Multibeam Echosounder*, data pasang surut, data GPS yang digunakan merupakan data yang diperoleh dari GPS Veripos.
3. Kapal survei yang digunakan yaitu kapal Pandu 047.
4. Lokasi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terletak di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi objek menggunakan resolusi jarak dan resolusi sudut dengan menggunakan *Multibeam Echosounder* R2 Sonic 2020.
2. Menghasilkan peta batimetri di lokasi pelaksanaan investigasi objek bawah laut menggunakan *Multibeam Echosunder* R2 Sonic 2020 di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

Adapun beberapa dasar teori yang mendukung dan berkaitan dengan penelitian mengenai *object detection*, teori – teori dibawah ini dapat bersumber dari buku ataupun jurnal ilmiah. Berikut merupakan dasar teori yang digunakan.

2.1. Survei Hidrografi

Pada dasarnya, hidrografi secara sederhana bertujuan untuk menggambarkan relief dasar laut, mencakup semua unsur alam dan buatan manusia yang pada prinsipnya hampir sama dengan peta darat yang dalam hal ini topografi (Ingham 1984). Namun demikian dengan perkembangan jaman dan kemajuan teknologi, survei hidrografi mempunyai pengertian yang lebih luas lagi.

Dalam perkembangannya, menurut *International Hydrographic Organization* (*IHO*) mendefinisikan bahwa hidrografi sebagai berikut: "*that branch of applied science which deal with measurement and description of the feature of the seas and coastal areas for the primary purpose of navigation and all other marine purpose and activities, including-inter alia- offshore activities, research, protection of the environment, and prediction services*". Apabila diamati lebih lanjut, tak hanya pengukuran serta navigasi akan tetapi mencakup perencanaan jalur pipa, pembangunan lepas pantai serta dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pengembangan tersebut dan keperluan rekayasa laut lainnya.

Untuk itu diperlukan data-data yang diperoleh dari proses survei antara lain (Soeprapto 2001) :

- Survei penentuan posisi (*positioning*)
- Survei *bathymetric*
- Pengamatan pasang surut
- Arus

- Gelombang
- Temperatur sedimen
- Salinitas
- Seismik
- Survei magnetis dan survei gravimetri

Gambar 2.1 Survei Hidrografi
(Djunarsjah dan Poerbandono 2005)

2.1.1 Survei Batimetri

Survei Batimetri merupakan salah satu survei di bidang hidrografi yang dilakukan untuk mengetahui topografi permukaan dasar laut, yaitu *Echosounder*. *Echosounder* bekerja dengan prinsip gelombang suara. Gelombang yang dipancarkan akan diterima oleh *receiver* dengan fungsi matematis menghitung jarak menggunakan kecepatan gelombang suara dan waktu yang dibutuhkan. Ada dua jenis *echosounder*, yaitu *Singlebeam Echosounder* dan *Multibeam Echosounder*. *Singlebeam Echosounder* hanya memancarkan satu buah gelombang pada satu kali pancaran, sedangkan *Multibeam Echosounder* memancarkan banyak gelombang dengan sudut tertentu saat sekali pancaran (Sasmita 2008).

2.1.2 Peta Batimetri

Peta Batimetri dibuat untuk menyajikan keakurasian, hasil pengukuran, dan penjelasan secara visual dari dasar laut. Penggabungan dari Peta Batimetri dan Peta Topografi dengan skala dan sistem proyeksi yang sama dengan area geografi yang sama akan terlihat lebih baik. Peta Batimetri berbeda dengan Peta Hidrografi dalam hal penyajian keakurasian dari fitur dasar laut, dalam hal ini digunakan untuk keselamatan navigasi dalam persyaraan Peta Hidrografi. Peta Batimetri dibuat untuk mendukung keselamatan navigasi di atas permukaan laut atau di bawah permukaan laut. Peta Batimetri ini biasanya menggambarkan relief bawah laut atau medan yang digambarkan dengan garis kontur (kontur kedalaman), *sounding*, dan biasanya menyediakan informasi navigasi permukaan (Soeprapto 2001).

2.2 *Multibeam echosounder* (MBES)

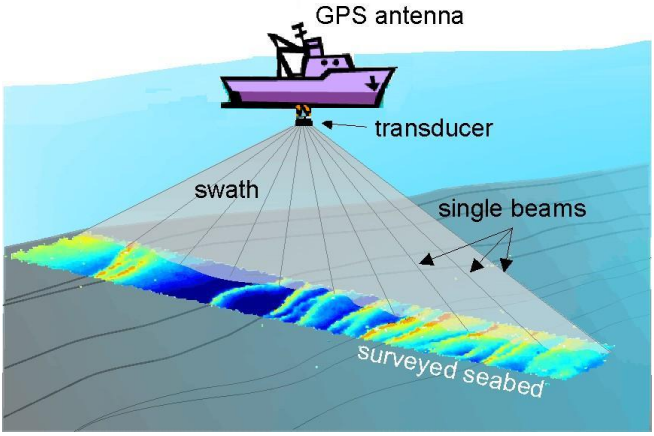
MBES merupakan suatu instrument hidro-akustik yang menggunakan prinsip yang sama dengan SBES. Perbedaan utama SBES dengan MBES adalah pada jumlah *beam* yang dipancarkan. SBES hanya memancarkan satu *beam* sehingga mendapatkan satu titik kedalaman sedangkan MBES memancarkan lebih dari satu *beam* sehingga mendapatkan banyak titik kedalaman untuk satu kali pancaran gelombang akustik. Berbeda dengan S*ide Scan Sonar* pola pancaran yang dimiliki MBES ini melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap *beam* memancarkan satu pulsa suara dan memiliki penerimaannya masing-masing. Saat kapal bergerak hasil sapuan MBES tersebut menghasilkan suatu luasan area permukaan dasar laut (Moustier 2005).

Transducer yang terdapat di dalam *multibeam sonar* 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 *transducer* menerima kembali pulsa suara yang dipantulkan

tergantung kepada metode kalibrasi terhadap gerak kapal yang diterapkan (Hammerstad 2000).

MBES ini memiliki ketelitian yang sangat baik dalam pengukuran kedalaman. Selain memiliki ketelitian yang sangat baik, keuntungan penggunaan MBES ini yaitu cakupan area pengukuran yang luas (Moustier 2005).

Cakupan area dasar laut yang mampu disurvei oleh kapal menggunakan *multibeam* dalam satu kali sapuan disebut dengan *swath*. S*wath* untuk setiap jenis *Multibeam echosounder* dapat berbeda-beda. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat pancaran *beam* yang dihasilkan oleh *Multibeam Echosounder* (Mann dan Godin 1998).

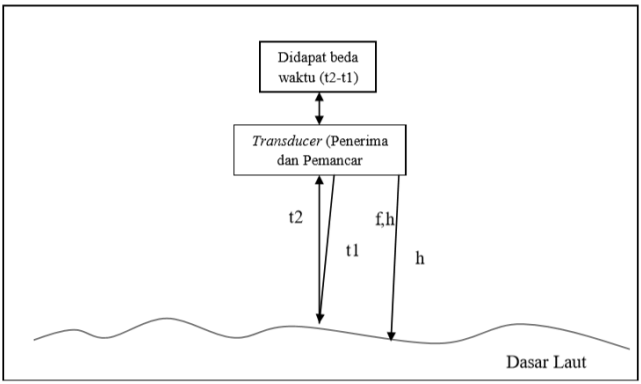


Gambar 2.2 Cakupan *Multibeam Echosounder*
(Mann dan Godin 1998)

2.2.1 Prinsip Kerja *Multibeam Echosounder*

Prinsip kerja MBES secara garis besar hampir sama dengan alat pengukuran yang menggunakan gelombang akustik, seperti SBES dan S*ide Scan Sonar*, yaitu secara sederhananya dengan memancarkan gelombang akustik melalui alat pemancar gelombang atau sering disebut *transducer*, dan menangkap kembali gelombang pantulnya. Kemudian mengukur perbedaan waktu antara gelombang saat awal dipancarkan hingga pantulan

gelombang tersebut ditangkap kembali oleh sensor. Dengan sebelumnya telah ditentukan juga kecepatan rambat suara di dalam daerah penelitian, sehingga dapat dihitung jarak kedalaman suatu dasar laut. Konfigurasi tranduser merupakan gabungan dari beberapa *projector* yang tersusun seperti *array* (*matriks*). *Projector* merupakan bagian *transducer* MBES yang berfungsi sebagai saluran untuk memancarkan pulsa akustik menuju dasar laut. Semua sinyal akustik dari segala arah hasil pantulan objek – objek di dasar laut akan diterima kembali oleh rangkaian *hydrophone* (*hydrophone array*). Seluruh sinyal akustik akan diterima oleh masing-masing *hydrophone* secara simultan dengan selisih beda waktu penerimaan 4/3 sampai 8/3 *milisecond* tergantung pada panjang dan durasi dari sinyal akustik. Gelombang akustik yang dipantulkan dari dasar laut selanjutnya dianalisis oleh *transducer* sehingga dapat dibedakan gelombang pantul yang datang dari arah yang berbeda. Untuk mendeteksi arah datangnya sinyal yang dipantulkan oleh dasar laut, *transducer* pada MBES menggunakan tiga metode pendeteksian, yaitu pendeteksian *amplitude*, fase, dan interferometrik atau sudut (Djunarsjah dan Poerbandono 2005).



Gambar 2.3 Geometri Waktu *Transducer* (Djunarsjah dan Poerbandono 2005).

Pendeteksian interferometrik digunakan untuk menentukan sudut sinyal datang. Dengan menggunakan akumulasi sinyal akustik yang diterima pada dua *array* yang terpisah, suatu pola interferensi akan terbentuk. Pola ini menunjukkan hubungan fase tiap sinyal yang diterima. Berdasarkan hubungan yang ada suatu arah akan dapat ditentukan. Bila informasi ini dikombinasikan dengan jarak, akan dihasilkan data kedalaman. Gambar geometri gelombang akustik yang dipancarkan MBES dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Penentuan kedalaman dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, salah satunya yaitu penggunaan frekuensi pada *Multibeam Echosounder*. Penggunaan frekuensi pada perairan dangkal akan berbeda dengan penggunaan frekuensi pada perairan dalam. Penentuan kedalaman terdiri dari beberapa parameter, yaitu kecepata gelombang suara di dalam air dan waktu tempuh gelombang. Dengan rumus kecepatan suara di dalam air adalah sebagai berikut (Hammerstad 2000).

$$v = \lambda \cdot f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.1)$$

Keterangan:

v = kecepatan gelombang suara di dalam air (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

f = frekuensi (Hz)

Pada persamaan 2.1, kedalaman dapat ditentukan dengan dengan menggunakan varibel frekuensi. Sehingga dalam sebuah survei dapat menentukan frekuensi yang akan digunakan dengan memperhatikan kedalaman perairan yang akan disurvei. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam penentuan frekuensi (Hammerstad 2000).

$$f = \frac{2 \cdot d}{\lambda \cdot t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.2)$$

d = kedalaman (m)

λ = Panjang gelombang (m)

t = waktu tempuh gelombang (s)

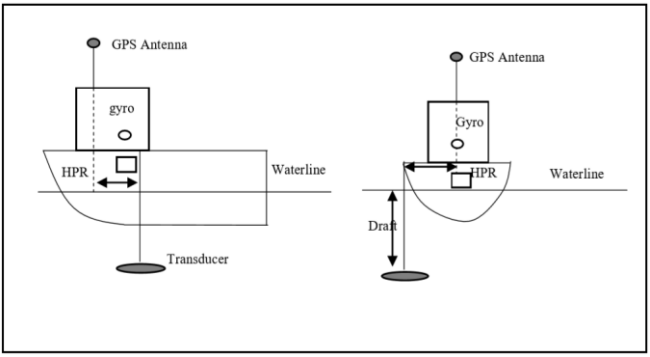
Penggunaan frekuensi pada kedalaman area survei dapat mempengaruhi resolusi yang dihasilkan, jika frekuensi yang digunakan tepat, pada kedalaman survey maka resolusi yang dihasilkan akan semakin baik.

2.2.2 Kalibrasi *Multibeam Echosounder*

Proses kalibrasi yang dilakukan meliputi proses kalibrasi *offset* statik, uji keseimbangan kapal (*roll*, *pitch*, *gyro*) serta kecepatan rambat akustik (Mann dan Godin 1998). Proses kalibrasi dilakukan untuk mendapatkan ketelitian survei batimetri yang baik dan meminimalkan tingkat kesalahan.

1. Kalibrasi *Offset* Statik

   Kalibrasi ini merupakan kalibrasi yang dilakukan untuk melakukan penyesuaian jarak dari sensor-sensor yang digunakan terhadap "*centerline*" (titik nol) dari kapal dan *transducer*. Proses penyesuaian ini meliputi beberapa komponen yaitu kapal itu sendiri, antena GPS kapal, *transducer*, *gyro compass*, dan *Motion Reference Unit* (MRU).

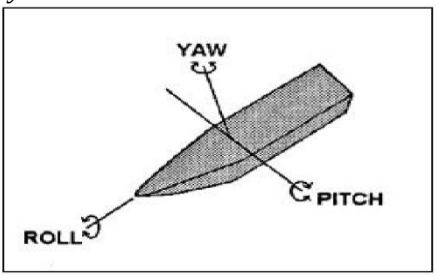


Gambar 2.4 Kalibrasi *Offset* Statik
(Mann dan Godin 1998)

2. Kalibrasi *Patch test*

   Patch test merupakan suatu kalibrasi yang memiliki parameter berupa waktu tunggu (*time delay*), *roll*, *pitch*, dan

yaw (Lekkerkerk dan Huibert 2006). Ilustrasi keadaan *roll, pitch*, dan *yaw*.



Gambar 2.5 *Roll, Pitch*, dan *Yaw*
(Mann dan Godin 1998).

Keselarasan dari *sonar multibeam echosounder* terhadap sensor gerak dan *gyro* sangat berpengaruh di akurasi pengambilan data kedalaman. Tidak mungkin untuk pemasangan *sonar* tepat lurus dengan sensor gerak dan *gyro*. Pengkoreksian terhadap waktu GPS juga diperlukan sewaktu pengambilan data kalibrasi. Masalah dari kalibrasi *multibeam* harus dilakukan untuk mengukur koreksi sudut dari *sonar*, sensor gerak, *gyro* dan waktu yang tidak sinkron (Mann dan Godin 1998).

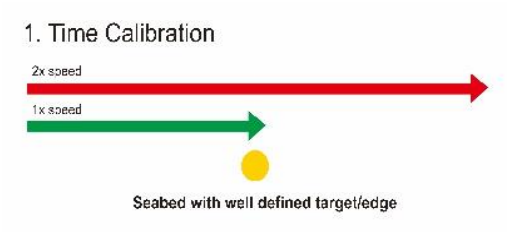
Patch test termasuk mengumpulkan data dari berbagai tipe permukaan dasar laut dan pemprosesan data sampai pada ke proses *patch test* nya. Ada dua metode untuk memproses data yang digunakan: yaitu dengan pendekatan model dan pendekatan dari permukaan berulang yang sama. Setiap metode ini mepunyai kekurangan dan kelebihan tergantung pada tipe permukaan yang disurvei. Semua perangkat lunak modern untuk pengumpulan data *multibeam* sudah memiliki fitur *patch test*. Pada perangkat lunak EIVA Navisuite fitur *patch test* meliputi *time latency, pitch, roll,* dan *yaw*.

a. *Time Latency* (keterlambatan waktu)

   Keterlambatan waktu pada MBES adalah keadaan dimana pengambilan data kedalaman oleh *transducer*

tidak sinkron dengan pengambilan data oleh DGPS. Kesalahan waktu tunggu lebih kecil dari 2 detik akan sangat berarti jika kedalaman area survei lebih kecil dari 100 m karena akan mempengaruhi tingkat akurasi (simpangan baku) penentuan posisi hingga 0.1 sampai 3 m. Kecepatan kapal juga berpengaruh terhadap besarnya kesalahan waktu tunggu (Mann dan Godin 1998).

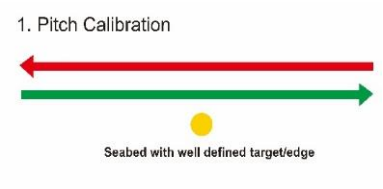
Pada kalibrasi untuk mengkoreksi keterlambatan waktu dalam pengambilan data kedalaman adalah dengan jalur kapal yang sama, tetapi dengan kecepatan kapal yang berbeda. Dibutuhkan sebuah objek didasar laut yang mudah untuk diidentifikasi seperti batu besar atau lereng. Kemudian menjadi data pembanding untuk menentukan keterlambatan waktu sewaktu survei (Brennan 2009).



Gambar 2.6 *Time Latency*
(Brennan 2009).

b. *Pitch*

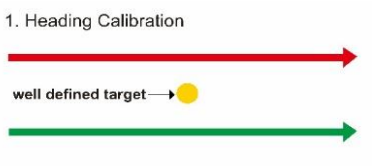
Dalam pengambilan data *pitch*, hampir sama dengan tipe permukaan dasar laut pada *latency test*. Perbedaan dengan *latency test* adalah pada kecepatan kapal. Dalam pengambilan data *pitch* kecepatan kapal sama. Kesalahan pada *pitch* ini semakin besar seiring dengan kedalaman (Brennan 2009).



Gambar 2.7 Kalibrasi *Pitch*
(Brennan 2009).

c. *Roll*

Pengambilan data untuk *roll* harus dipermukaan dasar laut yang relatif datar dan diambil 2 kali pulang pergi dalam satu jalur. Ketika data ditampilkan dalam potongan memanjang, maka terlihat perbedaan antara kedua permukaan. Banyak program *patch test* akan melakukan iterasi untuk mengukur perbedaan terkecil antara kedua permukaan ini (Brennan 2009).



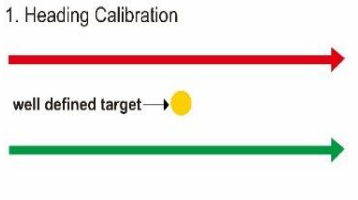
Gambar 2.8 Kalibrasi R*oll*
(Brennan 2009).

Roll mungkin menjadi kesalahan yang fatal dalam *patch test*. Tetapi, dalam perhitungan untuk menentukan koreksi *roll* adalah yang termudah dan biasanya nilainya konsisten.

d. Yaw

Pengambilan data *yaw* sangat sulit jika dibandingkan dengan tes lainnya. Dibutuhkan sebuah objek didasar laut yang diambil bukan tepat dibawah kapal, tetapi di tepi dari jangkauan *beam* yang dipancarkan, memungkinkan untuk mengetahui

bahwa slope tidak tepat tegak lurus terhadap badan kapal. Untuk pengambilan data *yaw*, digunakan 2 jalur pararel dengan sama arah. Koreksi pada *yaw* akan meningkat seiring dengan semakin jauhnya objek yang terdeteksi dari nadir kapal (Brennan 2009).



Gambar 2.9 Kalibrasi *Yaw*
(Brennan 2009)

3. Kalibrasi Kecepatan Rambat Akustik

Adanya perbedaan parameter seperti salinitas, suhu dan tekanan di setiap kolom air laut mengakibatkan adanya perbedaan kecepatan rambat akustik di setiap kolom tersebut. Untuk itu dilakukan pengukuran kecepatan rambat akustik menggunakan alat *Sound Velocity Profiler* (SVP) atau menggunakan *CTD* (*Conductivity Temperature and Depth*). SVP didapat dari menggunakan alat *Sound Velocity Surface* (SVS) yang memiliki keterkaitan dengan 5 parameter, yaitu : kedalaman laut (m), kecepatan suara (m/s), temperatur (°C) dan konduktivitas (mmho/cm) dengan mengabaikan parameter yang lain (tekanan, densitas dll). Kegiatan ini dilakukan sebelum melakukan kalibrasi dan pemeruman dengan pengamatan sifat fisis air laut. Bahwa kesalahan pada kedalaman hasil ukuran terjadi karena perambatan gelombang mengalami rintangan sehingga harus dikoreksi.

Cepat rambat gelombang akustik dapat ditentukan melalui penggunaan *velocimeter*. Bahwa prinsip *sound velocimeter* adalah mengukur selang waktu rambat

gelombang akustik dengan pulsa pendek antara sumber gelombang bunyi (saat pulsa akustik dipancarkan oleh *transmitter* dan diterima kembali oleh *receiver*). Kemudian selang waktu tersebut diubah menjadi kecepatan gelombang akustik dengan persamaan berikut (Moustier 2005):

$$V = \frac{S}{\Delta t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.3)$$

dengan :

V = Cepat rambat gelombang akustik

S = Jarak antara *transmitter* dan *receiver* sudah ditentukan oleh alat *velocimeter*

Δt = Selang waktu cepat rambat gelombang akustik dari *transmitter* ke *receiver* (diukur).

2.3 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi permukaan laut yang disebabkan oleh daya tarik benda langit, terutama matahari dan bulan ke air laut bumi. Dalam hal ini, bulan memiliki pengaruh yang lebih besar pada pasang surut, dibandingkan dengan matahari. Ini karena jarak antara bulan dan Bumi relatif lebih dekat daripada jarak antara Bumi dan matahari. Menurut Ongkosongo (1989), pembentukan pasang surut dipengaruhi oleh beberapa gerakan, termasuk:

- Revolusi bulan melawan bumi, di mana orbitnya berbentuk bulat panjang dan membutuhkan 29,5 hari untuk menyelesaikan revolusi.
- Revolusi bumi melawan matahari dengan orbitnya yang elips, periode yang dibutuhkan adalah 365,25 hari.
- Rotasi bumi ke arah porosnya, periode yang diperlukan untuk gerakan ini adalah 24 jam. Dari pengolahan, pengamatan pasang surut akan diperoleh oleh beberapa komponen.

2.3.1 Tipe Pasang Surut

Tipe pasut yang akan ditentukan dengan menggunakan metode *least square* ini dilakukan dengan cara menghitung bilangan formzahl (F) dengan ketentuan sebagai berikut:

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.4)$$

dengan:

F : Formzahl atau konstanta pasang surut

AK1 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal ratarata yang dipengaruhi oleh deklinasi bulan dan matahari

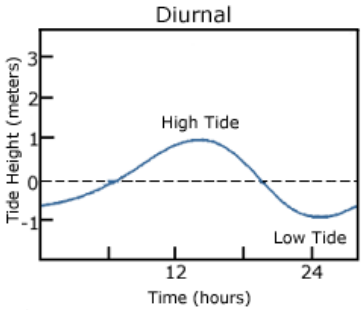
AO1 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian tunggal ratarata yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari

AM2 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda rata-rata yang dipengaruhi oleh bulan

AS2 : Amplitudo dari anak gelombang pasang surut harian ganda ratarata yang dipengaruhi oleh matahari

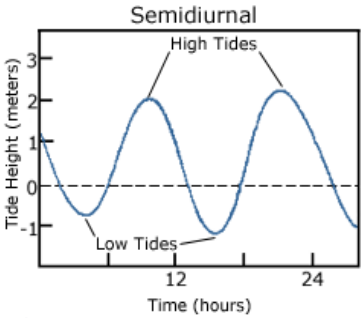
Secara umum, pasang surut dapat dibagi menjadi empat jenis, yaitu:

- Pasang harian tunggal (pasang *diurnal*)
  Pasang surut di mana dalam satu hari terjadi sekali pasang dan satu surut. Tipe periode pasang surut ini adalah 24 jam dan 50 menit. Pasang surut ini biasanya ditemukan di Selat Karimata.



Gambar 2.10 Grafik Pasang Surut *Diurnal*
(Pariwono 1985)

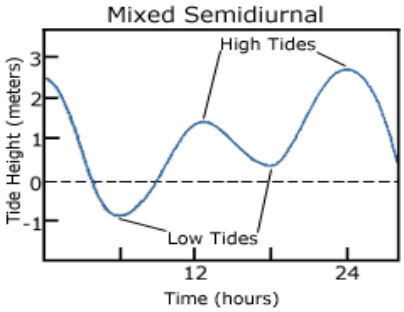
- Pasang harian dua kali (Pasang Surut Semi *Diurnal*)
  Ini adalah pasang yang terjadi dua kali, pasang dua kali yang tingginya hampir sama dalam satu hari. Masa pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit. Pasang surut biasanya terjadi di Selat Malaka hingga Laut Andaman.



Gambar 2.11 Grafik Pasang Surut Semi *Diurnal*
(Pariwono 1985)

- Campuran pasang surut dari condong harian tunggal (*Mixed Tide, Prevailing Diurnal*)

  Pasang surut ini terjadi satu pasang dan satu surut tetapi kadang-kadang dengan pasang naik dan turun dua kali sangat berbeda dalam ketinggian dan waktu. Pasang surut biasanya ditemukan di Pantai Selatan Kalimantan dan Pantai Utara Jawa Barat.



Gambar 2.12 Grafik *Mixed Tide, Prevailing Diurna*l (Pariwono 1985)

2.3.2 Penentuan Referensi Pasang Surut

Dalam mengamati pasang surut, akan mendapatkan beberapa referensi ketinggian. Referensi ketinggian ini dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti referensi ketinggian pada peta, serta panduan dalam pembuatan atau perencanaan pembangunan pantai. Terdapat tujuh referensi ketinggian yang diperoleh menurut Triadmodjo (1999), yaitu:

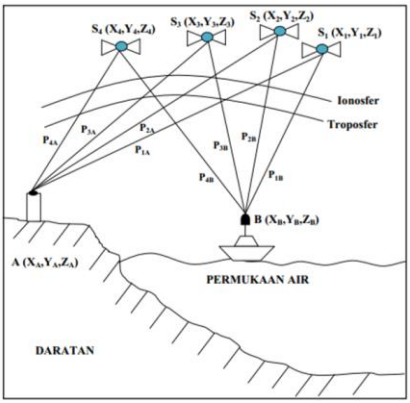
- *High Water Level* (HWL), ketinggian air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- *Low Water Level* (LWL), tingkat air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.

- *Mean High Water Level* (MHWL), adalah rata-rata tingkat air tinggi pada periode tertentu.
- *Mean Low Water Level* (MLWL), adalah rata-rata tingkat air rendah untuk periode tertentu.
- *Mean Sea Level* (MSL) adalah ketinggian air rata-rata antara rata-rata air tertinggi dan rata-rata air terendah.

2.4 Penentuan Posisi Titik Pengukuran Kedalaman Perum

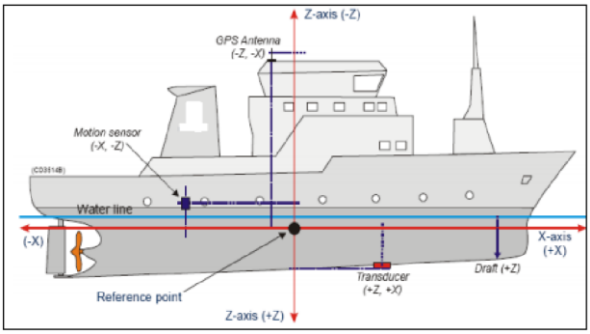
Penentuan posisi titik kedalaman dalam survei hidrografi khususnya untuk pekerjaan pemetaan laut merupakan peran yang sangat penting. Penentuan koordinat horizontal titik di laut untuk keperluan survei hidrografi pada dasarnya sama saja dengan survei topografi di darat. Perbedaan yang nyata adalah titik yang diamat di laut tidak dapat diam, tetapi target selalu dalam keadaan bergerak. Ada beberapa metode dalam penentuan posisi horizontal (X,Y) titik-titik kedalaman. Salah satunya dengan gelombang elektromagnetik (*satellite receiver*) yaitu dengan menggunakan satelit GPS yang dipasang pada kapal survei. Metode yang digunakan dapat berupa metode GPS *absolute* maupun metode *differential* GPS (Djunarsjah dan Poerbandono 2005).

Metode pengamatan *Differential Global Positioning System* (*D*GPS) diperlukan minimum dua *receiver* GPS yaitu di stasiun acuan dan lainnya di stasiun pengamat. Stasiun acuan adalah yang telah diketahui koordinatnya sedangkan stasiun pengamat adalah stasiun yang akan ditentukan posisinya dengan DGPS.



Gambar 2.13 Metode DGPS
(Djunarsjah dan Poerbandono 2005)

Sistem koordinat kapal seperti yang terdapat pada Gambar 2.13, digambarkan menggunakan sistem yang saling tegak lurus (siku-siku) yang dibentuk oleh sumbu X, Y, dan Z. Untuk membuat sistem koordinat *transducer* relatif terhadap posisi kapal, maka pusat sistem koordinat kapal adalah salib sumbu antara kapal (*heading*) sebagai sumbu X, serta arah tegak lurus kearah dasar laut sebagai sumbu Z.



Gambar 2.14 Diagram Kapal
(Kongsberg 2006).

Penentukan posisi *transducer* yang terletak pada kapal maka *transducer* tersebut diikatkan dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh sensor antena GPS di kapal. Berdasarkan sistem koordinat kapal ini, maka gerakan kapal dapat dinyatakan gerak rotasi terhadap sumbu-sumbu sistem koordinat kapal. Demikian pula posisi titik-titik kedalaman yang diperoleh dari hasil pengukuran dengan alat MBES dapat ditentukan (Sasmita 2008).

2.5 Lajur Pemeruman

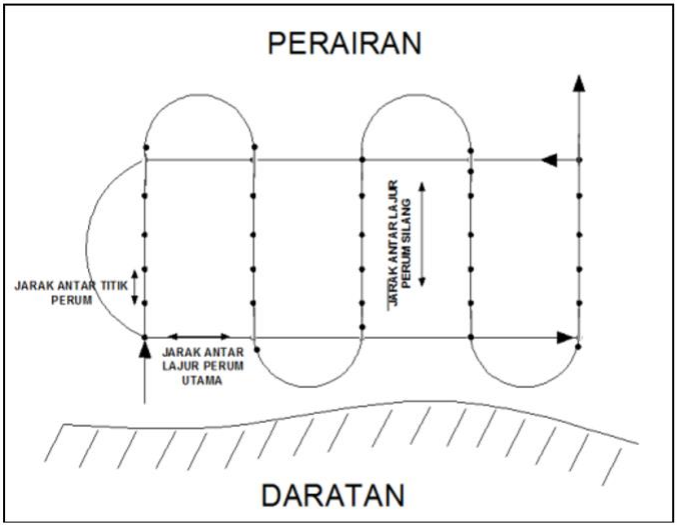
Berdasarkan fungsinya lajur pemeruman dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam yaitu lajur utama, lajur silang, dan lajur tambahan/investigasi.

2.5.1 Lajur perum utama

Lajur perum utama adalah lajur perum yang direncanakan sedemikian rupa sehingga seluruh daerah survei dapat tercakup dan dapat tergambarkan dasar perairannya (Soeprapto 2001). Lajur perum utama dibuat sedemikian rupa sehingga dapat tegak lurus garis kontur dari garis pantai atau mendekatinya.

2.5.2 Lajur perum silang

Lajur perum silang adalah lajur perum yang dibuat memotong lajur perum utama. Lajur silang dibuat untuk melakukan kontrol kualitas terhadap nilai kedalaman yang didapat dari lajur utama. Cara penentuan lajur silang yaitu lajur silang harus memotong lajur perum utama dengan sudut lebih besar dari 45° diusahakan mendekati 90°. Pada umumnya jarak antara lajur perum silang tidak lebih dari 10 kali jarak antara lajur perum utama. Ilustrasi lajur utama dan lajur silang dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Lajur Pemeruman
(Soeprapto 2001)

2.5.3 Lajur perum tambahan/ investigasi

Lajur perum tambahan/investigasi dibuat jika terjadi hal-hal diluar perencanaan misalnya adanya perubahan kedalaman yang terlalu signifikan, pusaran arus, atau mengisi gap akibat penyimpangan pengambilan data pada lajur utama yang terdapat antara dua lajur yang bersebelahan pada sistem lajur perum utama (Soeprapto 2001).

2.6 Resolusi dan Akurasi

Resolusi adalah ukuran untuk mengetahui seberapa dekat target satu sama lain, sementara masih dapat secara terpisah mendeteksi keduanya. Berdasarkan istilah, kemampuan resolusi adalah untuk memisahkan benda-benda yang berdekatan. Akurasi adalah ukuran seberapa besar toleransi untuk penentuan parameter, seperti jarak, kecepatan, dll.

Akurasi menjelaskan demikian, dengan kesalahan relatif atau absolut mana variabel yang diukur dapat ditentukan.

Resolusi sistem *sonar* diukur dari kemampuannya untuk memisahkan objek yang berjarak dekat dan membedakan ketinggian objek. Sistem *sonar* dengan resolusi 10 cm akan memisahkan *layer* yang terpisah setidaknya 10 cm. Dalam sistem *single-frequency* konvensional, batas resolusi ditentukan oleh panjang pulsa dari gelombang yang ditransmisikan. Dalam sistem *bandwidth* dari pulsa yang ditransmisikan yang menentukan resolusi sistem. Resolusi sistem *sonar* terdiri dari dua jenis, yaitu resolusi jarak (*range resolution*) dan resolusi sudut (*angular resolution*).

Resolusi jarak menjelaskan kemampuan *Multibeam echosounder* untuk membedakan ketinggian objek, penentuan nilai resolusi jarak menggunakan sungsi *beamwidth*. Resolusi jarak dihitung dengan mengalikan panjang gelombang (*pulse length*) dengan kecepatan suara, dan membagi dua untuk memperhitungkan waktu perjalanan pulang pergi ping. Berikut merupakan formula yang digunakan dalam penentuan nilai range resolution (Hansen 2012):

$$\textit{Range resolution} = \frac{pulse\ length\ .\ sound\ speed}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(2.5)$$

Durasi *pulse length* sama dengan kebalikan dari *bandwidth*.

$$\textit{Pulse length}\ (\lambda) = \frac{1}{Bandwidth} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.6)$$

Resolusi sudut akan memberikan nilai yang menunjukkan kemampuan *Multibeam echosounder* untuk membedakan objek-objek yang berdekatan. Resolusi sudut berbanding terbalik dengan panjang gelombang (λ) dan dimensi *transducer* (L), (Rayleigh 1879).

$$\textit{Angular resolution} = \frac{1{,}22 \times \lambda}{L} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ (2.7)$$

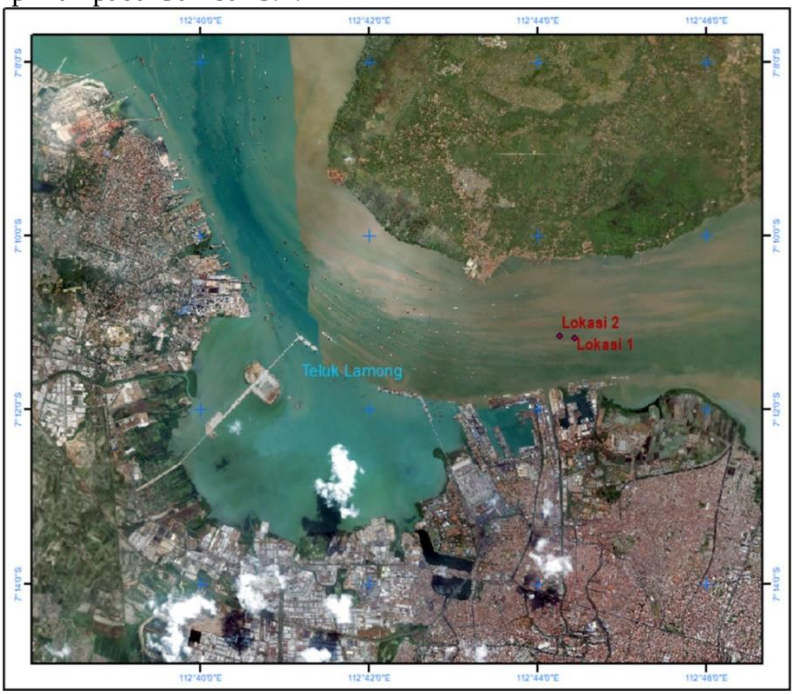
Kemampuan *Multibeam Echosounder* untuk mengidentifikasi suatu objek di dasar laut dapat ditentukan dengan menghitung nilai resolusi jarak dan resolusi sudut.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus di wilayah perairan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, secara geografis kedua objek terletak pada koordinat 7,186523° LS 112,758913° BT untuk lokasi objek 30cm x 30cm x 30cm dan 7,188238° LS 112,741118° BT untuk lokasi objek 50cm x 50cm x 50cm. Lokasi penelitian ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2 Data dan Peralatan

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Sedangkan untuk peralatan yang digunakan terdiri dari perangkat lunak dan perangkat keras

3.1.2 Data

Adapun data yang digunakan terdiri dari data primer dan data sekunder dengan rincian sebagai berikut:

a. Data Primer
   - *Raw* data *Multibeam Echosounder*
   - Data GPS Veripos
   - Data *offset* statik
   - Data pasang surut 15 November 2019

b. Data Sekunder
   - Data deskripsi titik BM G021-1004

3.2.2 Peralatan

Adapaun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak dengan rincian sebagai berikut:

a. Perangkat Keras
   1. Laptop
   2. Kapal Pandu 047
   3. *GNSS* Veripos LD8

      LD8 adalah penerima *GNSS* presisi tinggi yang menyediakan penentuan posisi yang andal dan akurat. Sinyal *L-Band* dapat diterima pada banyak saluran yang menyediakan akses ke layanan koreksi di seluruh dunia. VERIPOS menyediakan pemosisian yang akurat dan andal untuk semua aplikasi laut melalui layanan pemosisian berlebihan dan *multi-frequency Precise Point Positioning (PPP).* Dengan data koreksi tersedia secara bersamaan hingga tiga satelit koreksi, dampak masking satelit dapat diminimalkan untuk memastikan penerimaan data koreksi yang andal. LD8 mudah dipasang ke dalam eksplorasi seismik minyak dan gas,

survei hidrografi, dan aplikasi konstruksi lepas pantai (Veripos 2020).

1. Fitur dan Keuntungan
   - Mendukung penentuan posisi multi-konstelasi tingkat desimeter dengan VERIPOS Apex dan layanan koreksi Ultra *PPP*
   - Kompatibel dengan perangkat lunak VERIPOS *Quantum*
   - Dukungan WiFi bawaan
   - Multi-channel *L-Band* memungkinkan pelacakan secara simultan 3 satelit layanan koreksi VERIPOS.
2. Spesifikasi

   Pada Tabel 3.1 akan dijelaskan spesifikasi yang dimiliki *GNSS* Veripos.

Tabel 3.1 Spesifikasi GPS

(Veripos 2020)

Spesifikasi	Veripos LD8
Receiver Size	147 x 125 x 55 mm
Berat	500 g
Suhu Operasional	-40°C *to* +75°C
Tegangan input	+12 to +28 VDC
Konsumsi daya	6 W
GNSS Options	GPS GLONASS Galileo BeiDou QZSS NavIC (IRNSS) SBAS L-Band

4. *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020

R2 Sonic 2020 menyediakan operasi frekuensi yang dapat dipilih dari 200 kHz hingga 400 kHz, dengan fleksibilitas untuk mengoptimalkan kondisi lingkungan dan mengendalikan gangguan. Selain frekuensi yang dapat dipilih, R2 Sonic 2020 menyediakan *swath coverage* dari 10° hingga 130° (per *head*) serta kemampuan untuk memutar *swath* baik *port* atau *starboard* secara elektronik dan real-time.

Dengan fleksibilitas gabungan, cakupan kedalaman air hingga 12x atau lebih, dapat diperoleh dengan Sonic 2020 di air dangkal, tergantung pada tingkat kemiringan *head*, *beam overlap* yang dipilih, dan kondisi lingkungan. Opsional tinggi kinerja, sistem navigasi inersia terintegrasi (I2NS) terintegrasi, sensor kecepatan suara *real-time* terintegrasi ditawarkan untuk menyederhanakan instalasi, dan kalibrasi, menjadikan R2 Sonic 2020 aset yang sempurna untuk survei yang sangat produktif pada kapal. Spesifikasi *Multibeam echosounder* R2 Sonic akan dipaparkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Spesifikasi *Multibeam Echosounder* (R2 Sonic 2014)

Spesifikasi	R2 Sonic 2020
Applications	• Dengan level hidrografi yang sangat kecil • Kapal yang sangat kecil • ASV dan AUV kecil
Frekuensi yang dapat dipilih	200kHz - 400kHz *Optional* 700kHz
Frekuensi minimum	1 Hz

Spesifikasi	R2 Sonic 2020
Beamwidth, across track and along track	• 1° x 1° at 700kHz (*optional*) • 2° x 2° at 400kHz • 4° x 4° at 200kHz
Jumlah *sounding*	Hingga 1024 *sounding* dalam sekali *ping*
Maksimal kecepatan kapal	11.1 *knots* untuk *full coverage*
Fokus bidang dekat	Ya
Swathsector yang dapat dipilih (juga disebut sebagai Cakupan Maksimal)	10° hingga 130° Pengguna dapat memilih secara *real-time*
Pola *sounding*	• *Equiangular* • *Equidistant* • Mode tunggal / ganda / *quad* • *Ultra High Density* (UHD)
Kedalaman *sounding*	Hingga 200 meter+
Pulse length	15µs - 1ms
Pulse Type	*Shaped CW*
Ping rate	Hingga 60 Hz
Bandwidth	Hingga 60 kHz
Suhu operasional	-10° C to 40° C
Suhu penyimpanan	-30° C to 55° C
Dimensi *sonar*	140 x 161 x 133.5 mm
Massa sonar	4.4kg

b. Perangkat Lunak

Berikut merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini dari tahap pengukuran hingga pengolahan.

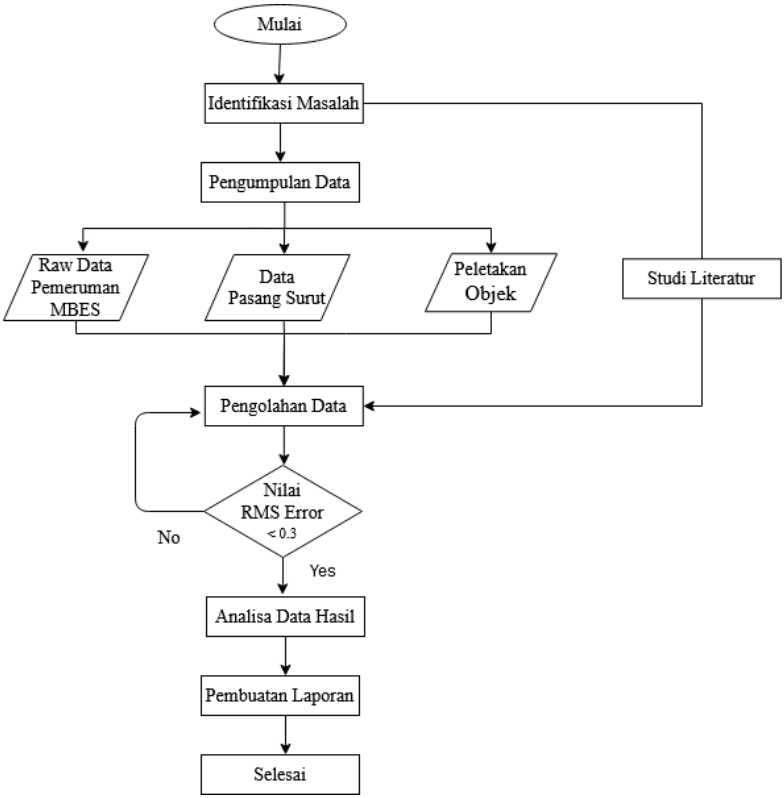
- NaviModel
- NaviEdit
- NaviPlot
- NaviPac
- Qimera
- Ms. Excel
- ArcGIS

3.2 Metodologi Pelaksanaan Pekerjaan

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua bagian, yaitu tahap pelaksanaan dan tahap pengolahan data. Alur penelitian secara garis besar akan dijelaskan pada tahap pelaksanaan. Sedangkan pada tahap pengolahan data, akan dijelaskan proses pengolahan data secara detil.

3.2.1 Tahapan Pelaksanaan

Berikut merupakan gambar diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.2. Diagram Alir Tahapan Pengerjaan

Penjelasan Diagram Alir

- Identifikasi Masalah

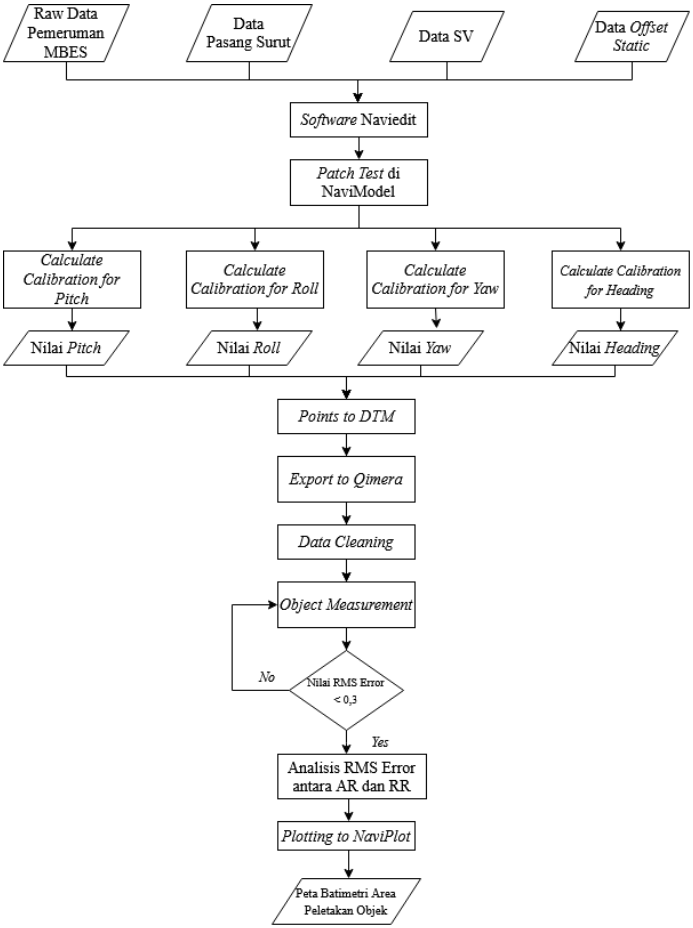
  Identifikasi masalah bertujuan untuk memberikan identifikasi mengenai permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini.

- Studi Literatur

  Mempelajari literatur yang mendukung penelitian yang dilakukan. Studi literatur dapat dilakukan dengan buku panduan maupun arahan dari pembimbing.
- Pengambilan Data

  Setelah dilakukan studi literatur, dilakukan pengambilan data sebagai dasar dalam melanjutkan tahap pengolahan data. Beberapa data yang akan diambil adalah *raw* data pemeruman *Multibeam Echosounder*, data GPS, data pasang surut dan data *offset* static.
- Pengolahan Data

  Data yang didapatkan selanjutnya diolah dengan menggunakan *software* pendukung seperti Eiva NaviSuite dan Qimera. Pada Gambar 3.3 akan dijelaskan proses pengolahan data dalam penelitian ini.



Gambar 3.3 Diagram Alir Pengolahan

Penjelasan Diagram Alir

Adapun data yang dibutuhkan pada tahap ini yaitu data pasang surut, *raw* data pemeruman *Multibeam Echosounder*, data GPS dan data *offset* statik.

1. Masukkan Data ke *Software* NaviEdit
   - Data Pemeruman *Multibeam Echosounder*
     Pengolahan data yang pertama adalah memasukkan data pemeruman *multibeam echosounder* dengan format data (.sbd) di *tool* NaviScan File menggunakan *software* NaviEdit, total jalur yang digunakan saat pengambilan data sejumlah 14 jalur.
   - Data *Offset* Statik
     Tahapan kedua yaitu memasukkan data *offset* statik, tahapan ini dilakukan dengan memasukkan nilai-nilai *offset* yang telah diukur diatas kapal secara manual di *tools instrument* di NaviEdit.
   - Data Pasang Surut
     Tahapan selanjutnya yaitu memasukkan data pasang surut. Data pasang surut yang digunakan merupakan data pasang surut tanggal 15 November 2019 yang disimpat dengan format (.txt). Urutan penulisan pada data pasang surut dimulai dari tanggal – bulan – tahun – jam – menit – detik – data pasang surut.
   - Data *Sound velocity* Profiler (SVP)
     Setelah memasukkan data pasang surut, Langkah selanjutnya yaitu masukkan data SVP. Data SVP ini merupakan data yang digunakan untuk koreksi data *Multibeam Echosounder*. Sebelum memasukkan data SVP, data ini harus diatur terlebih dahulu dengan format (.txt). adpaun urutan data yang digunakan yaitu kedalaman – nilai kecepatan suara.

2. *Patch test* di NaviModel
   Patch test bertujuan untuk menentukan sudut pemasangan *transduser* pada *multibeam* relatif terhadap tiga sumbu sistem koordinat lokal kapal. Ketiga sumbu ini sering disebut sebagai sudut *roll*, *pitch* dan *heading*.

- *Pitch*
  Dalam pengambilan data *pitch* kecepatan kapal sama dan harus dicatat jalur mana yang digunakan untuk *pitch* ini. Untuk sampel yang digunakan juga dapat dipilih dengan garis atau dengan poligon. Untuk menghitung nilai *pitch* dengan *Calculate* Calibration.
- *Roll*
  Pengambilan data untuk *roll* harus dipermukaan dasar laut yang relatif datar dan diambil 2 kali pulang pergi dalam satu jalur. Ketika data ditampilkan dalam potongan memanjang, maka terlihat perbedaan antara kedua permukaan dan juga seperti *pitch*, juga harus dicatat jalur yang digunakan. Untuk menghitung nilai *pitch* dengan *Calculate Calibration*.
- *Raw*
  Pengambilan data *yaw*, digunakan 2 jalur pararel dengan sama arah dan terdapat objek didasar laut. Untuk menghitung nilai *pitch* dengan *Calculate Calibration.*

3. *Points to DTM*
   Setelah tahap *patch test*, tahap selanjutnya yaitu memasukkan *points* menjadi *DTM*. Pada penelitian ini, untuk mendeteksi objek dilakukan dengan tampilan *DTM*. Agar objek terlihat jelas, pengaturan *cell size* sangat berpengaruh dalam tampilan *DTM*. Untuk objek yang berukuran 30cm x 30cm menggunakan *cell size* 15 cm, dan untuk objek yang berukuran 50 cm x 50 cm menggunakan *cell size* yang berukuran 35 cm.

4. *Points to Point Cloud*
   Untuk menampilan data pemeruman *multibeam echosounder* dengan bentuk berupa titik-titik.

5. *Data Celaning*
   Tahapan selanjutnya yaitu proses pembersihan data dari *noise*. Salah satu penyebab dapat terjadinya *noise* adalah tidak diambilnya data kecepatan suara. Dalam proses *data cleaning*, terdapat empat metode besar yang digunakan, yaitu *Automatic*, *Semi-Automatic*, *Manual* dan *Write-Back*. Metode *semi-automatic* dibagi lagi menjadi beberapa metode, seperti *Histogram Plane Cleaning*, *Histogram Spike Shooting*, *Distance to Surface Cleaning*, *Stencil Reject*, *Stencil Accept*. Pada penelitian ini metode yang digunakan yaitu metode *Semi-Automatic* dengan menggunakan *Histogram Plane Cleaning*.

6. Pendeteksian Objek
   Pada pendeteksian objek, koordinat yang telah dicatat pada proses pengambilan data dimasukkan kedalam NaviModel dengan *tools add waypoint*. Maka objek yang dimaksut akan terdeteksi di NaviModel.

7. Plotting to NaviPlot
   Setelah dilakukan proses deteksi objek, data dapat di-*export* ke NaviPlot untuk selanjutnya dilakukan *plotting*. Terdapat beberapa dana yang di*eksport*, seperti *Georeferenced Image* dengan format file (.tif), *Grid* dengan format file (.xyz), Points dengan format file (.xyz), Contours dengan format file (.xyz+, .nmc), *Bathy Plot* dengan format file (.bpl). Sebelum melakukan proses *plotting*, maka kertas yang digunakan harus diatur terlebih dahulu, lalu masukkan data-data ke dalam NaviPlot.

8. Analisa Hasil

   Hasil dari pengolahan data berupa terdapat ketelitian alat *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020.

9. Pembuatan Laporan

   Data laporan yang dibuat mencakup laporan kegiatan selama penelitian beserta teori yang mendukung serta pengolahan data. Format laporan mengacu pada buku Aturan Penyusunan Kerja Praktik & Tugas Akhir Teknik Geomatika ITS.

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Adapun hasil yang didapatkan dari tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

4.1.1 Pelaksanaan investigasi objek bawah laut

Pengambilan dilaksanakan pada tanggal 15 November 2019 di Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya.

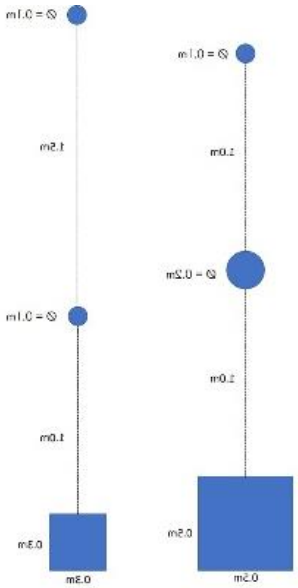
a. Proses Persiapan

Pada saat pengambilan data, *transducer* dari MBES dipasang secara miring dengan sudut sebesar 12 derajat. Hal tersebut dikarenakan terdapat mesin kapal disebelah *transducer*, sehingga diatur miring 12 derajat agar sinyal yang dipancarkan tidak terganggu oleh mesin kapal. Masing-masing instrumen ditempatkan di kapal dengan nilai *offset* terhadap *Center of Gravity (CoG)* yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 *Offset* Masing – Masing Instrumen Pada MBES

Instrumen	X (m)	Y (m)	Z (m)
Multibeam Echosounder	-2,36	-3,27	-1,50
MRU	-0,20	1,99	1,17
GNSS	0,00	-0,25	3,78
Heading Sensor	0,00	4,34	3,78

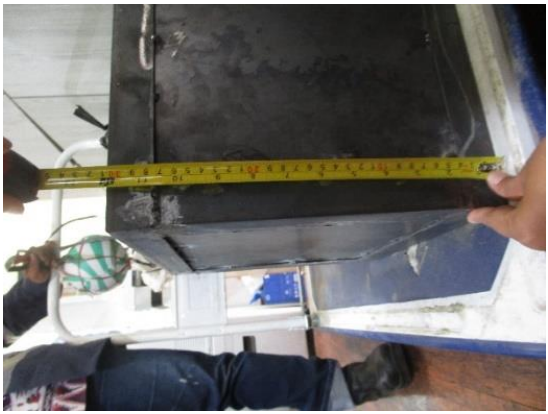
Untuk orde khusus *multibeam* harus bisa mendeteksi objek ukuran 1m x 1m x 1m pada kedalaman 40 meter. Pada uji ini, dimensi objek yang digunakan adalah 50cm x 50cm x 50cm dan 30cm x 30cm x 30cm yang diletakkan pada kedalaman kurang lebih 20m. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat ilustrasi dari objek yang digunakan untuk uji deteksi objek.



Gambar 4.1 Ilustrasi Objek

Pada objek yang digunakan, juga dipasang tali dengan desain seperti pada Gambar 4.1 Hal ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari data kolom air (*water column*) yang diakuisisi oleh *multibeam*. Pada Gambar 4.2 dan 4.3 dapat dilihat pengukuran tali dan bola yang dipasang pada objek – objek yang digunakan untuk uji.

Gambar 4.2 Pengukuran Dimensi Tali dan Bola



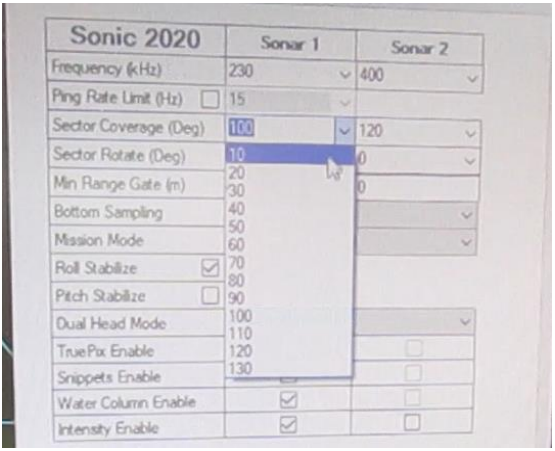
Gambar 4.3 Pengukuran Objek Berukuran 30 cm

b. Pengaturan *Swath angle* dan *Frequency*

Uji pada *Multibeam Echosounder* dilakukan dengan mengubah pengaturan baik frekuensi dan *swath angle*-nya.

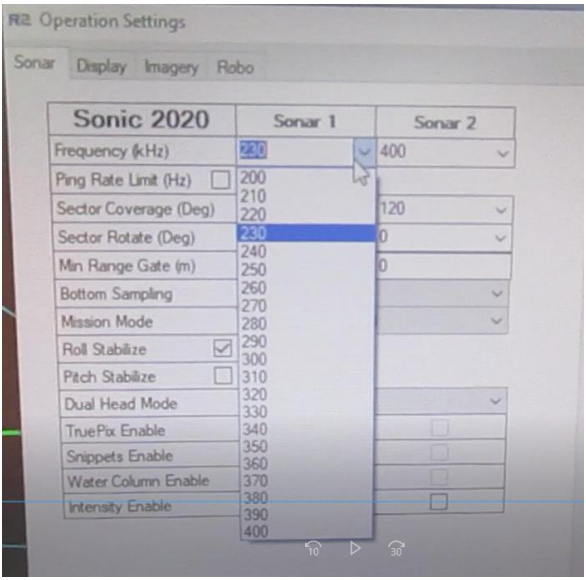
- *Multibeam* R2Sonic 2020 mempunyai fitur untuk pengaturan sudut *swath*baik pada port side maupun starboard side. *Swath angle* dapat diubah dari sudut 10

derajat hingga 130 derajat. Selain dengan memasukkan besar sudut yang diinginkan, pengaturan *swath angle* juga dapat dilakukan secara manual dengan mengarahkan garis batas *swath angle* tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Pemilihan *Swath Angle*

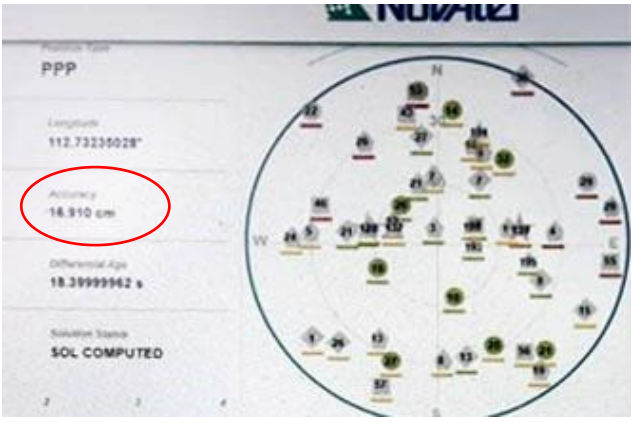
- Terdapat dua pilihan frekuensi yang terdapat pada *Multibeam* R2Sonic 2020 yaitu 200 kHz dan 400 kHz. Pada Gambar 4.5 juga dapat dilihat windows yang digunakan untuk pemilihan frekuensi yang digunakan pada saat survei. Berasarkan spesifikasi teknis, frekuensi 400 kHz dapat digunakan sampai dengan kedalaman lebih kurang 100 m dan frekuensi 200 kHz diklaim dapat digunakan sampai kedalaman 200 meter. Pada saat pengambilan data, frequensi yang digunakan sebesar 400 kHz untuk kedalaman dengan kisaran 25 meter.



Gambar 4.5 Pemilihan Frekuensi

c. *Accuracy Test*

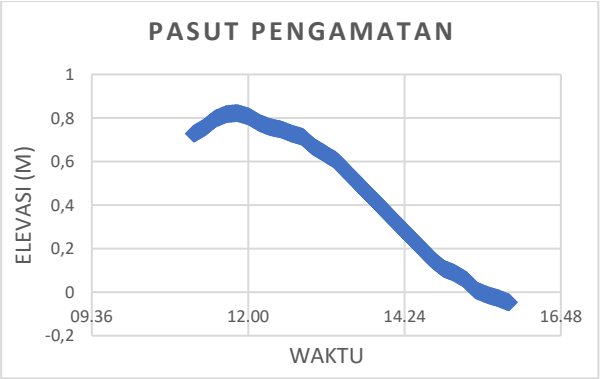
Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari alat *horizontal positioning system*. Uji ini dilaksanakan di darat. Lokasi untuk uji akurasi di darat berada di BMG021-1004 yang terletak pada Gapura Pelindo III Terminal Kapal, Perak Barat, Krembangan, Surabaya. Untuk alat yang digunakan adalah *GNSS* Veripos. Berdasarkan uji lapangan, nilai akurasi yang paling baik yang dapat dihasilkan oleh alat penentuan posisi horisontal yang digunakan adalah 17cm dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Uji Akurasi Dari Alat Penentuan Posisi Horisontal

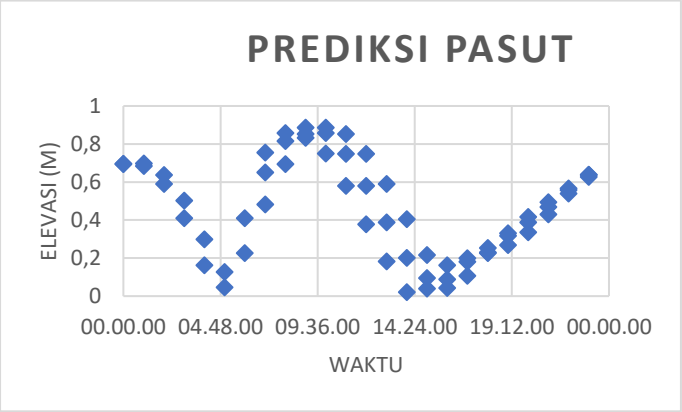
d. Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut dilakukan selama 5 jam, mulai pukul 11:00 hingga pukul 16:00 WIB. Pengambilan data pasang surut menggunakan *Valeport Tidemaster*. Alat ini diletakkan di Pelabuhan Nilam Tanjung Perak, Surabaya. Di wilayah tersebut memiliki nilai LWS sebesar 4,61 meter. Data pasang surut yang dihasilkan memiliki interval 15 menit, selanjutnya dilakukan interpolasi data pasang surut hingga memiliki interval 1 menit. Data pasut yang telah diinterpolasi selanjutnya digunakan untuk mengoreksi data kedalaman pada data *Multibeam Echosounder*. Berikut merupakan grafik pengamatan pasang surut di Pelabuhan Nilam Tanjung Perak, Surabaya. yang dilakukan selama kurang lebih 4 jam.



Gambar 4.7 Grafik Pengamatan Pasang Surut

Pada Gambar 4.7 terdapat grafik prediksi pasang surut yang diambil di web BIG dengan data prediksi pasang surut 15 November 2019 hingga 17 November 2019.



Gambar 4.8 Grafik Prediksi Pasang Surut

Tipe pasang surut di perairan utara Surabaya yang didapatkan pada proses pengolahan memiliki tipe pasang surut *Mixed Semidiurnal* (Haryono dan Narni 2004). Keadaan yang dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut

terjadi secara berurutan dan teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 25 menit.

Nilai bilangan Formzahl di Surabaya ialah sebesar 1,463 mengindikasikan bahwa jenis pasang surut laut di Surabaya ialah pasang surut laut campuran condong ke harian ganda (Haryono dan Narni 2004). Dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa penelitian tersebut sama dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Pariwono (1985) dan Wyrtki (l96l).

e. Pengukuran *Sound Velocity Profiler* (SVP)

Data SVP nantinya digunakan untuk mengoreksi data kedalaman *Multibeam Echosounder*. Pengambilan data *sound velocity profiler* diambil di koordinat 692.082,32; 9.205.132,17 m. *Sound velocity* diambil pada siang hari pukul 11.52 WIB dan disore hari pukul 15:55 WIB. Rata-rata kecepatan rambat suara di perairan Tanjung Perak Surabaya yaitu sebesar 1.548,4 m/s.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Objek yang Terdeteksi dan Pengukuran Objek

a. Lokasi Peletakan Objek

Terdapat 2 objek yang diletakkan dibawah laut, yaitu objek berbentuk kubus berukuran 50 cm dan 30 cm. Kedua objek tersebut berencana diletakkan pada koordinat 692.161,26; 9.204.979,67 m dan 691.927,45; 9.204.997,04 m dan memiliki jarak sejauh 234,49 m.

Pada saat realisasinya, objek berukuran 50 cm ditemukan pada koordinat 692.014,80; 9.204.975,60m dan objek berukuran 30 cm ditemukan pada koordinat 692.225,50; 9.205.023,43m. Kedua objek tersebut memiliki jarak sejauh 216,05m. Letak objek berukuran 50m memiliki selisih jarak sebesar 146,52m dengan rencana peletakan, sedangkan objek berukuran 30m memiliki selisih jarak 299,21m terhadap rencana peletakan. Kemungkinan adanya selisih jarak antara

rencana dengan realisasi dikarenakan arus laut di area tersebut. didapatkan nilai kecepatan arus rata-rata di area penelitian sebesar 0,27 m/s. Data arus 15 November 2019 diperoleh dari *website* Copernicus.

b. Pendeteksian Objek Menggunakan *Software*

Pengolahan ini dilakukan menggunakan dua *software* yaitu EIVA Navisuite dan Qimera. Pada *software* Naviedit, dilakukan koreksi data *sounding* dengan data pasang surut dan data *sound velocity*. Setelah itu dilakukan *patch test* pada Navimodel dan nilai *patch test*nya dimasukkan ke semua jalur pada *software* Naviedit. Lalu menampilkan *DTM* setiap jalur survei dan dilakukan *cleaning* pada Navimodel. Sehingga akan terlihat area survei tanpa *noise* dan akan terlihat objek di area rencana peletakan objek.

- Kubus berukuran 30cm

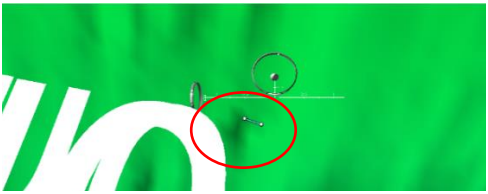
  Pada Gambar 4.9 dapat dilihat terdapat objek kubus berukuran 30 cm pada kedalaman 23,14m.

Gambar 4.9 Tampak Atas Objek Berukuran 30 cm

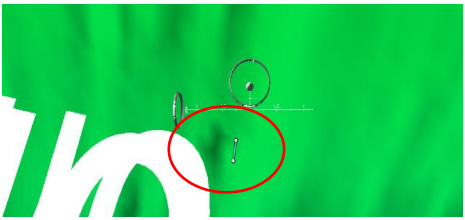
Gambar 4.10 Tampak Samping Objek Berukuran 30 cm

Pada Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa terdapat sebuah objek yang berada pada *slope*. Objek tersebut merupakan objek kubus berukuran 30 cm dengan hasil gambar tampak samping.

Setelah ditemukan objek, selanjutnya dilakukan pengukuran pada objek tersebut agar mengetahui ukuran objek. Proses pengukuran sisi-sisi objek menggunakan perangkat lunak Qimera. Pada gambar dibawah ini akan tampak proses pengukuran sisi tiap objek.

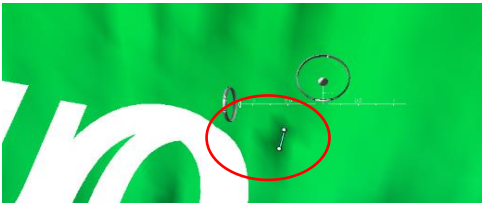


Gambar 4.11 Pengukuran Sisi Objek 31cm



Gambar 4.12 Pengukuran Sisi Objek 32cm

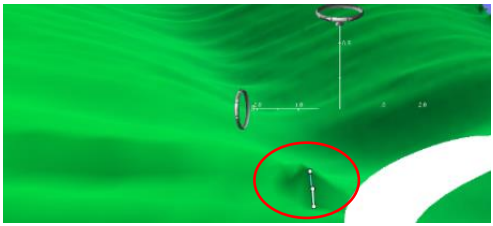
Gambar 4.13 Pengukuran Sisi Objek 33cm



Gambar 4.14 Pengukuran Sisi Objek 31cm

Pada Gambar 4.15 dan Gambar 4.16 merupakan pengukuran tinggi objek kubus 30 cm dari berbagai sisi.

Gambar 4.15 Pengukuran Sisi Objek 35cm



Gambar 4.16 Pengukuran Sisi Objek 33cm

Hasil dari pengukuran sisi atas dan sisi tinggi dari objek kubus 30 cm yang terletak pada *slope*, dapat disimpulkan bahwa pengukuran objek menggunakan perangkat lunak Qimera menghasilkan nilai yang tidak tepat dengan sisi objek sebenarnya (30cm untuk setiap sisinya). Adapun hasil pengukuran dapat disusun dalam sebuah tabel seperti Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Objek 30 cm

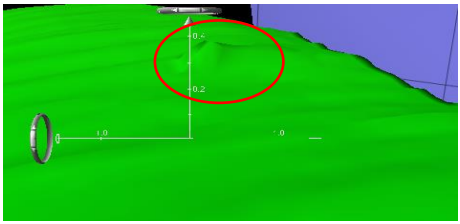
Ukuran sisi sebenarnya (cm)	Ukuran sisi pada Qimera (cm)	*Residual* (cm)
30	31	1
30	32	2
30	33	3
30	31	1
30	35	5
30	33	3
30	29	1

- Kubus Berukuran 50 cm

  Pada Gambar 4.18 dilihat bahwa terdapat objek kubus 50 cm pada kedalaman 24,93m.

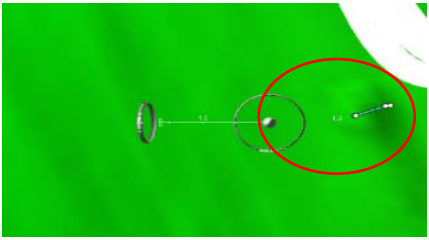
Gambar 4.17 Tampak Atas Objek 50cm

Pada Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa terdapat sebuah objek yang berada pada permukaan yang datar. Objek tersebut merupakan objek kubus berukuran 50 cm dengan hasil gambar tampak samping.



Gambar 4.18 Tampak Samping Objek 50cm

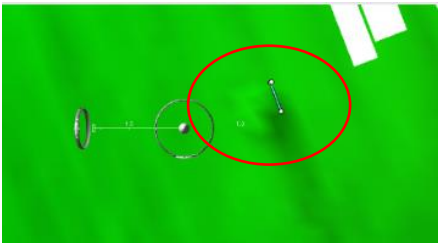
Setelah ditemukan objek, selanjutnya dilakukan pengukuran pada objek tersebut agar mengetahui ukuran objek. Proses pengukuran sisi-sisi objek menggunakan perangkat lunak Qimera. Pada gambar dibawah ini akan tampak proses pengukuran sisi tiap objek.



Gambar 4.19 Pengukuran Sisi Objek 49 cm

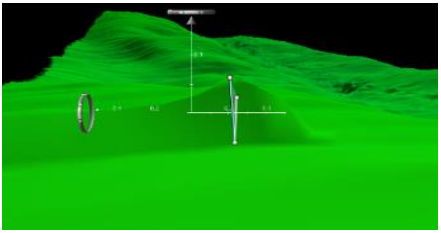
Gambar 4.20 Pengukuran Sisi Objek 50cm

Gambar 4.21 Pengukuran Sisi Objek 50cm

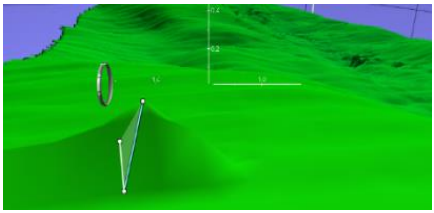


Gambar 4.22 Pengukuran Sisi Objek 51cm

Pada Gambar 2.24 dan Gambar 2.25 merupakan pengukuran tinggi objek dari berbagai sisi.



Gambar 4.23 Pengukuran Sisi Objek 51cm



Gambar 4.24 Pengukuran Sisi Objek 51cm

Hasil dari pengukuran objek kubus 50 cm sisi atas dan sisi samping dapat disimpulkan bahwa pengukuran objek menggunakan perangkat lunak Qimera menghasilkan nilai yang mendekati dengan sisi objek sebenarnya (50 cm untuk setiap sisinya). Adapun hasil pengukuran objek 50 cm dapat disusun dalam sebuah tabel dibawah ini.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Objek 50 cm

Ukuran sisi sebenarnya (cm)	Ukuran sisi pada Qimera (cm)	*Residual* (cm)
50	49	1
50	50	0
50	50	0
50	51	1
50	51	1
50	51	1

c. Nilai *RMS Error* Kedua Objek

Akar kesalahan kuadrat rata-rata (*root mean square Error*) merupakan suatu ukuran kesalahan yang didasarkan pada selisih antara dua buah nilai yang bersesuaian (Rodhita 2012)

$$RMS\ Error = \sqrt{\Sigma \frac{(y-\hat{y})^2}{n}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4.1)$$

Untuk menghitung nilai *RMS Error*, sebelumnya harus mengetahui nilai masing-masing variabel, tabel berikut merupakan nilai masing-masing variabel yang akan dimasukkan kedalam rumus *RMS Error*. Variabel yang dimaksud adalah hasil pengukuran objek pada perangkat lunak.

a. *RMS Error* Objek 30 cm

Tabel berikut merupakan hasil pengukuran dan perhitungan objek 30 cm.

Tabel 4.4 Perhitungan Objek 30 cm

Ukuran sisi sebenarnya (y)	Ukuran sisi pada Qimera (ŷ)	*Residual* (m)	*Squared Residuals* (m^2)
0,3 m	0,31 m	-0,01	0,0001
0,3 m	0,32 m	-0,02	0,0004
0,3 m	0,33 m	-0,03	0,0009
0,3 m	0,31 m	-0,01	0,0001
0,3 m	0,35 m	-0,05	0,0025
0,3 m	0,33 m	-0,03	0,0009
0,3 m	0,29 m	0,01	0,0001

Ukuran sisi sebenarnya (y)	Ukuran sisi pada Qimera (ŷ)	*Residual* (m)	*Squared Residuals* (m^2)
Total		-0,14	0,005

Adapun rumus untuk menentukan nilai *RMS Error* pada pengukuran objek kubus berukuran 30 cm adalah sebagai berikut (Rodhita 2012).

$$RMS\ Error = \sqrt{\Sigma \frac{(y-\hat{y})^2}{n}}$$

RMS Error = 0,027 m

Maka didapatkan nilai *RMS Error* pada pengukuran objek kubus berukuran 30cm pada perangkat lunak sebesar 0,027m.

b. *RMS Error* objek 50cm

Tabel berikut merupakan hasil pengukuran dan perhitungan objek 50cm.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Objek 50cm

Ukuran sisi sebenarnya (y)	Ukuran sisi pada Qimera (ŷ)	*Residual* (m)	Squared *Residuals* (m^2)
0,5 m	0,49 m	0,01	0,0001
0,5 m	0,5 m	0	0
0,5 m	0,5 m	0	0
0,5 m	0,51 m	-0,01	0,0001
0,5 m	0,51 m	-0,01	0,0001
0,5 m	0,51 m	-0,01	0,0001
Total		-0,02	0,0004

Adapun rumus untuk menentukan nilai *RMS Error* pada pengukuran objek kubus berukuran 30cm adalah sebagai berikut (Rodhita, 2012).

$$RMS\ Error = \sqrt{\Sigma \frac{(y-\hat{y})^2}{n}}$$

RMS Error = 0.0082 m

Maka didapatkan nilai *RMS Error* pada pengukuran objek kubus berukuran 30cm pada perangkat lunak sebesar 0,008 m. Dapat dilihat pada nilai *RMS Error* objek 30cm da objek 50cm yang memiliki *RMS Error* paling kecil yaitu objek yang berukuran 50cm.

4.2.2 Resolusi sudut dan resolusi jarak

Resolusi jarak (*range resolution*) merupakan jarak minimum yang diukur dari 2 gema (*echos*) yang terpisah. Adapun rumus yang digunakan dalam menentukan nilai *range resolution* adalah sebagai berikut (Hansen 2012):

$$RR = \frac{c}{2B}$$

RR= 0,01287 m

Maka didapatkan hasil *range resolution* pada *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 sebesar 12,9mm. Dapat dikatakan bahwa *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 memiliki kemampuan untuk membedakan ketinggian suatu objek hingga 12,9mm atau 0,0129m.

Variabel yang digunakan untuk perhitungan nilai *angular resolution* adalah panjang gelombang (λ) dan dimensi *transducer* (L). *Transducer* R2 Sonic 2020 memiliki dimensi 0,14m x 0,16m x 0,13m. Frekuensi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 400 kHz dan rata-rata kecepatan suara diarea survei sebesar 1.548,4m/s. Untuk menentukan nilai panjang gelombang (λ) diperlukan variabel frekuensi (f) dan kecepatan gelombang (c), dalam hal ini kecepatan gelombang yang digunakan yaitu kecepatan gelombang suara yang didapatkan dari *sound velocity profiler* (SVP). Berikut merupakan formula yang digunakan untuk menentukan nilai panjang gelombang (*wavelength*).

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

λ = 0,004m

Setelah mendapatkan nilai panjang gelombang (*wavelength*), selanjutnya nilai tersebut dimasukkan kedalam

rumus *angular resolution*. Adapun rumus dalam menentukan nilai resolusi sudut (*angular resolution*) adalah sebagai berikut (Rayleigh, 1879):

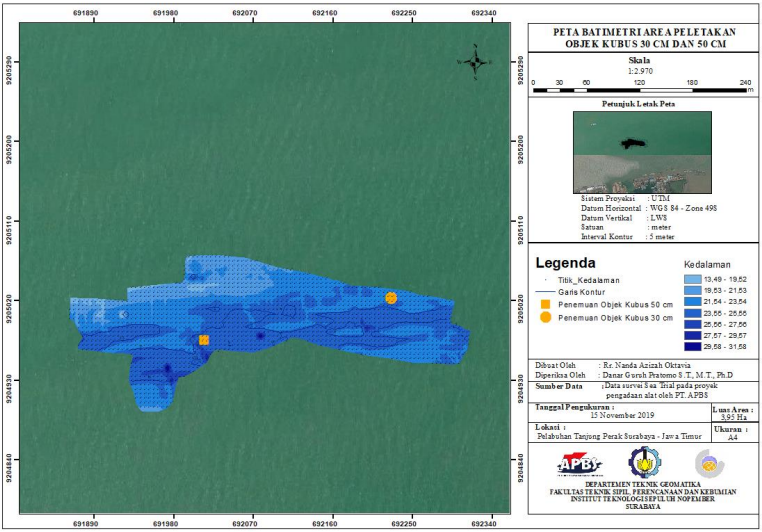
AR = $\frac{1,22\ x\ \lambda}{L}$ (untuk L > 4λ)

AR = 0,0337 m

Dapat dikatakan bahwa *multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 dengan frekuensi 400 kHz memiliki kemampuan untuk membedakan objek-objek yang berdekatan dalam 33,7mm atau 0,0337m. penggunaan frekuensi 200 kHz pada *Multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 dapat membedakan objek-objek yang berdekatan dalam 67,5mm atau 0,0675m.

4.2.3 Peta Batimetri di Area Peletakan Objek

Peta batimetri (hidrografi) dibuat untuk mendukung keselamatan navigasi di atas permukaan laut atau di bawah permukaan laut. Peta batimetri menggambarkan informasi kedalaman relief bawah laut dengan garis kontur (kontur kedalaman). Kedalaman rata-rata di area survei yaitu 24,37m dengan luasan area survei sebesar 3,95 Ha. Objek berukuran 50 cm ditemukan pada koordinat 692014,80; 9204975,60 m dikedalaman 24,93 m dengan kemiringan 7%. Objek kubus 30 cm ditemukan pada koordinat 692225,50; 9205023,43 m dikedalaman 23,14 m dengan kemiringan 30%. Kedua objek tersebut memiliki jarak sejauh 216,05 m. Berikut merupakan hasil peta batimetri dari survei peletakan objek bawah laut dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.25 Peta Batimetri Area Peletakan Objek

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penilitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Saat pelaksanaan survei diambil 2 titik sampel pengukuran *sound velocity*, yaitu pada siang hari pukul 11:52 WIB dan pada sore hari pukul 15:55 WIB. Didapatkan rata-rata kecepatan rambat suara menggunakan *Sound Velocity Profiler* di perairan Tanjung Perak, Surabaya sebesar 1.548m/s.
2. Terdapat 2 objek yang diletakkan dibawah laut, yaitu objek berbentuk kubus berukuran 50cm dan 30cm. Kedua objek tersebut berencana diletakkan pada koordinat 692161,26; 9204979,67 m dan 691927,45; 9204997,04 m dan memiliki jarak sejauh 234,49m. Pada saat realisasinya, objek berukuran 50 cm ditemukan pada koordinat 692014,80; 9204975,60 m dan objek berukuran 30cm ditemukan pada koordinat 692225,50; 9205023,43 m. Kedua objek tersebut memiliki jarak sejauh 216,05m. Letak objek berukuran 50m memiliki selisih jarak sebesar 146,52m dengan rencana peletakan, sedangkan objek berukuran 30m memiliki selisih jarak 299,21m terhadap rencana peletakan. Kemungkinan adanya selisih jarak antara rencana dengan realisasi dikarenakan arus laut di area tersebut.
3. Pengukuran panjang dan lebar objek kubus 30cm memiliki selisih antara 1 hingga 4 cm dan didapatkan nilai *RMS Error* sebesar 0,0198m atau 19,8mm. Sedangkan panjang objek 50cm memiliki selisih 0 dan 1 cm dan didapatkan nilai *RMS Error* sebesar 0,008m atau 8mm. Dari nilai kedua RMS *Error* tersebut, dapat dikatakan bahwa *multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 dapat mendeteksi panjang dan lebar objek kubus

30cm dan 50cm dengan nilai *angular resolution* sebesar 33,7mm.

4. Pengukuran ketinggian objek kubus 30cm memiliki selisih antara 1 cm hingga 3 cm dan didapatkan RMS *Error* sebesar 0,0212m atau 21,2mm. sedangkan pada pengukuran objek kubus 50cm memiliki selisih antara 0 cm hingga 2 cm dan dihasilkan nilai RMS *Error* sebesar 0,013 m atau 13mm. Dari nilai kedua RMS *Error* tersebut, dapat dikatakan bahwa *multibeam echosounder* R2 Sonic 2020 dapat mendeteksi ketinggian objek kubus 30cm dan 50cm dengan nilai *range resolution* sebesar 12,9 mm.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yakni antara lain :

1. Untuk pengukuran kolom air, sebaiknya *buoy* yang digunakan hingga ke permukaan air laut agar saat pencarian objek dapat lebih mudah
2. Jika ingin menentukan tipe pasang surut di suatu wilayah maka dibutuhkan pengamatan yang lama

DAFTAR PUSTAKA

Brennan, C.W. 2009. *Multibeam Calibration: The Patch Test*. R2Sonic LLC. USA

Djunarsjah, E., dan Poerbandono. 2005. Survei Hidrografi. PT. Refika Aditama, Bandung.

Hammerstad, E., 2000. *Backscattering and Seabed Image Reflectivity*. EM Technical Note. <URL:http://www.kongsberg.com>. Dikunjungi pada tanggal 12 Februari 2020, jam 14.00

Hansen, Edgar Roy. 2012. *Introduction to Sonar*. University od Oslo.

Haryono, Narni. Sri., 2004. Karakteristik Pasang Surut Laut di Pulau Jawa. Yogyakarta.

IHO Standards for Hydrographic Surveys. 5th Edition, February 2008. Monaco.

Kramadibrata, S. 1989. Perencanaan Pelabuhan. Ganexa Exact. Bandung. 480 pp.

Lekkerkerk dan Huibert. 2006. *Handbook of Offshore Surveying :Acquisition and Processing*. Fugro, Netherlands.

Mann, R., dan Godin, A. 1998. *Field Procedure for the Calibration of Shallow Water Multibeam Echo-Sounding System*. Canadian Hydrographic Conference. Canada.

Moustier, D., 2005. Course *Multibeam* Sonar Method. Publication Data. Inggris.

Ongkosongo, S.R., Otto, Suyarso. 1989. Project 1 : Tides and Tidal Phenomena, Pasang Surut, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.

Pariwono, J., 1985. Australian Cooperative Programmes In Marine Sciences: Tides And Tidal Phenontena In The ASEAN Region. Fl inders Universit. Flinders

R2 Sonic. 2014. *Sonic 2020 Broadband Multibeam Echosounder*. Austin. R2 Sonic

Ramdhan, Muhammad. 2011. Komparasi Hasil Pengamatan Pasang Surut di Perairan Pulau Pramuka dan Kabupaten Pati dengan Prediksi Pasang Surut Tide Model River. Jurnal Segara. ISSN: 1907 –0659. Vol. VII (1):1-10

Rayleigh Lord, F.R.S. 1879. Investigations in optics, with special reference to the spectroscope. Philosophical Magazine. 5. 8 (49): 261–274.

Rodhita, Muhamad. 2012. Rasionalisasi Jaringan Penakar Hujan Di Das Kedungsoko Kabupaten Nganjuk. Malang.

Sasmita, D. K., 2008. Aplikasi *Multibeam Echosounder* (MBES) untuk Keperluan Batimetrik. Skripsi, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Soeprapto. 2001. Survei Hidrografi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Subroto, R.Y. 2012. Pengolahan Data *Multibeam echosounder* Pada Survei Pra-Pemasangan Pipa Bawah Laut. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung. Tidak diterbitkan.

Triadmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

Veripos. 2020. LD8™ Receiver. Hexagon. Diakses pada 28 Juni 2020. https://veripos.com/products/ld8 .

Wijoyo, Pius Honggo. 2012. Pelabuhan Sebagai Prasarana Transportasi. http://e-journal.uajy.ac.id/159/3/2TA1.pdf. Diakses pada tanggal 21 November 2019.

Wyrtki, K., 1961. Physical Oceanography of Southeast Asian Waters, Naga report, Vol II, University of California, La Lolla.

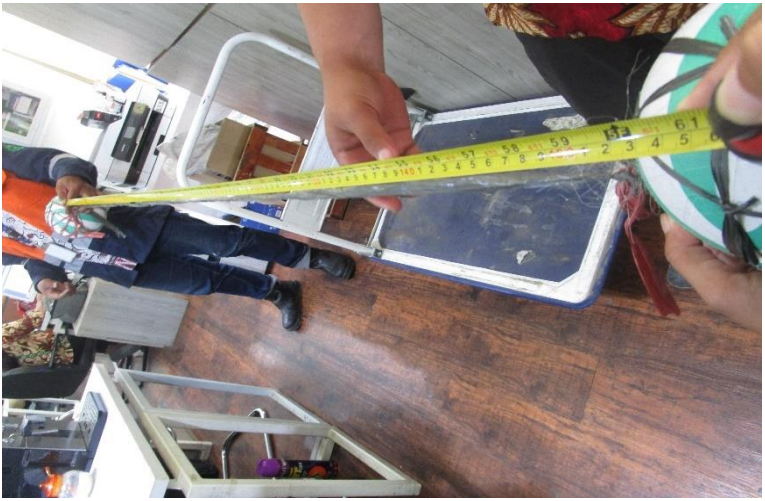
"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

1. Pengukuran Objek di Darat

Gambar 1. Pengukuran Tinggi Objek Kubus 50 cm

Gambar 2. Pengukuran Sisi Panjang Objek Kubus 50 cm



Gambar 3. Pengukuran Panjang Tali

Gambar 4. Pengukuran Tinggi Objek Kubus 30 cm

Gambar 5. Pengukuran Sisi Panjang Objek Kubus 30 cm

2. Peletakan Objek

Gambar 6. Mobilisasi Objek Menuju Kapal

Gambar 7. Mobilisasi Objek Kubus Menuju Kapal

Gambar 8. Peletakan Objek Kubus Kedalam Laut

3. Letak Instrumen

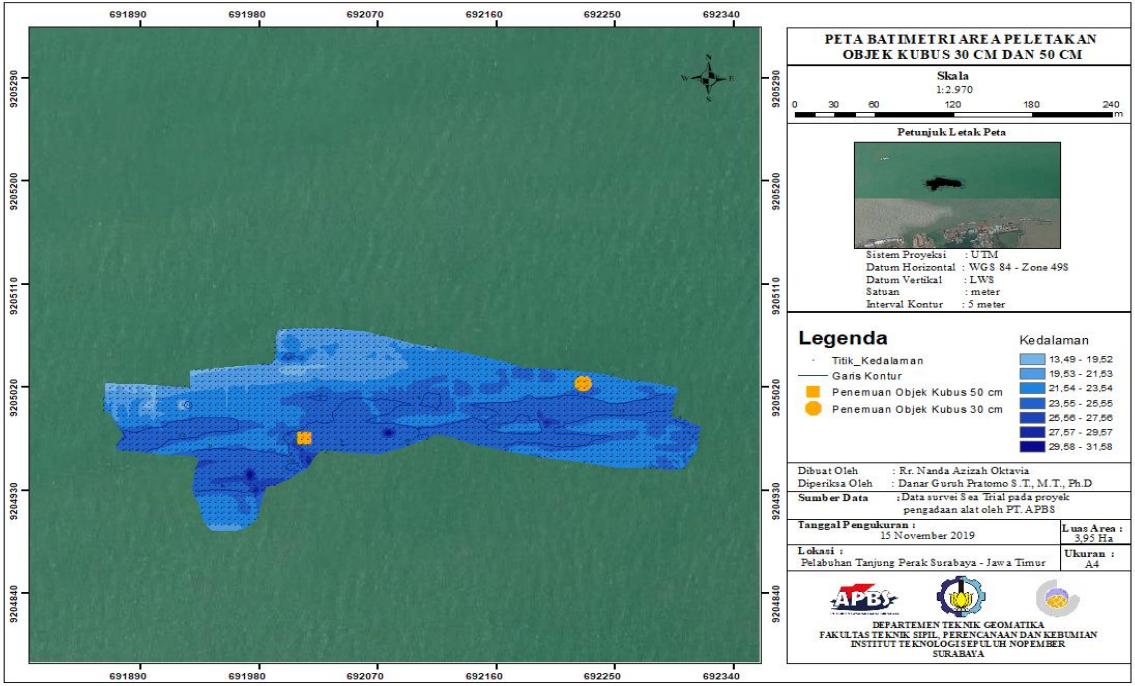
Gambar 9. Pengukuran Draft Kapal

Gambar 10. Letak MRU

Gambar 11. GNSS Veripos

Gambar 12. *Transducer Multibeam Echosounder* R2 Sonic

4. Peta Batimetri Area Peletakan Objek



Gambar 13. Peta Batimetri Area Peletakan Objek

BIODATA PENULIS

Penulis dilahirkan di Surabaya, 30 Oktober 1998, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Wachid Hasyim, SDN Menur Pumpungan, SMP IPIEMS dan SMAN 20 Surabaya. Penulis sejak SMA aktif di ekstrakulikuler *Modelling*. Prestasi yang pernah diraih saat di bangku SMA adalah sebagai Finalis Wajah Muslimah Indonesia 2015 dan Predikat Nilai Fisika Terbaik Ujian Nasional Tingkat Sekolah. Setelah lulus dari SMA memilih melanjutkan kuliah S-1 dengan mengikuti program SNMPTN dan diterima di Teknik Geomatika – FTSLK, ITS pada tahun 2016 terdaftar dengan NRP. 03311640000009. Di Teknik Geomatika penulis memilih bidang kajian Geomarin. Sedangkan di bangku kuliah aktif sebagai keanggotaan organisasi di HIMAGE. Pada tahun kedua, penulis tergabung dalam staf Hubungan Luar (Hublu), dan Sekertaris Departemen Hubungan Luar (Sekdep Hublu) pada tahun ketiga. Sedangkan dalam berbagai acara himpunan yang diselenggarakan oleh Program Studi beberapa kali ditunjuk sebagai Koordinator.