

BAB 2

PEMETAAN BATIMETRI

2.1 Survei Batimetri

Batimetri terdiri dari dua suku kata yaitu 'Bathy' yang berarti kedalaman dan 'Metry' yang berarti ilmu pengukuran. Oleh karena itu secara harfiah, kata batimetri dapat diartikan sebagai ukuran kedalaman laut, baik mengenai ukuran tentang elevasi, maupun mengenai depresiasi dasar laut, yang merupakan sumber informasi dan gambaran dari dasar laut, serta memberikan petunjuk tentang struktur laut (Defrimilsa, 2003). Survei batimetri sendiri, dapat diartikan sebagai kegiatan pemetaan yang menggambarkan bentuk konfigurasi dasar laut, yang dinyatakan dengan angka-angka kedalaman serta garis-garis kedalaman atau kontur. Survei batimetri adalah sebuah proses penggambaran garis-garis kontur kedalaman dasar laut, yang meliputi pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya. Pada survey batimetri, akan didapatkan garis-garis kontur kedalaman, dan garis-garis tersebut diperoleh dengan membuat interpolasi titik-titik pengukuran kedalaman yang tersebar pada lokasi (Djunarsjah, 2001).

Peta batimetri adalah hasil visualisasi dari survey batimetri, yang memiliki informasi kedalaman dan posisi. Hasil pengukuran survei, dapat divisualisasikan dalam bentuk tampilan 2 dimensi (2D) maupun 3 dimensi (3D).

2.2 Konsep Dasar Multibeam Echosounder

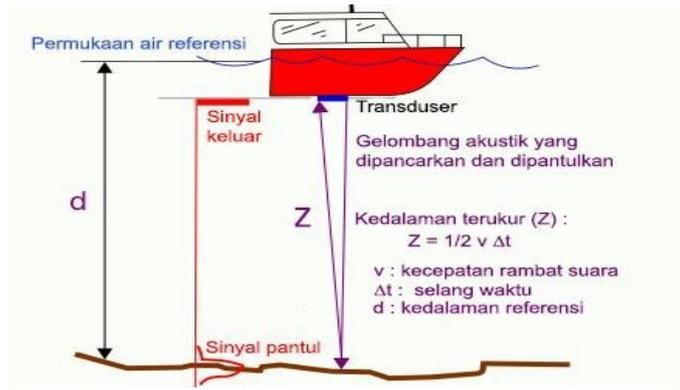
Multibeam Echosounder (MBES) merupakan salah satu alat perekaman dalam kegiatan survei batimetri yang memanfaatkan konsep gelombang akustik untuk mengukur kedalaman perairan. Konsep pengukuran dari MBES yakni, memberikan data kedalaman perairan dengan perhitungan selisih waktu saat gelombang dipancarkan hingga dipantulkan kembali. Nantinya, dalam satu kali pemancaran, MBES mampu menghasilkan kumpulan titik kedalaman yang membentuk sebuah koridor dengan lebar tertentu sesuai dengan spesifikasi atau kemampuan alat MBES itu sendiri.

Pada dasarnya, *Multibeam Echosounder* menggunakan prinsip yang hampir sama dengan *Singlebeam Echosounder*, namun jumlah *beam* yang

dipancarkan jauh lebih banyak dari *Singlebeam Echosounder* yang notabeneanya hanya memancarkan satu *beam*. Sedangkan pola pancaran *Multibeam Echosounder* melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap *beam* yang memiliki nilai posisi, akan mendapatkan banyak titik kedalaman yang jika dihubungkan akan membentuk profil dasar laut. Jika kapal bergerak maju hasil sapuan *Multibeam Echosounder* atau sudut *Swath* tersebut menghasilkan suatu luasan yang menggambarkan permukaan dasar.

Pada *Multibeam Echosounder* terdapat transduser yang berfungsi sebagai sarana pemancar gelombang akustik ke arah dasar laut atau perairan. Transduser adalah bagian dari alat pemeruman yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (untuk membangkitkan gelombang suara) dan sebaliknya (Poerbandono, Djunarsjah, Bachri, Abidin, & Adil, 2005). Pada transduser terdapat beberapa *stave* yang berfungsi sebagai saluran yang memancarkan maupun menerima pulsa akustik yang dipancarkan dan dipantulkan kembali oleh objek dasar laut (*stave transceiver beam*). Tiap-tiap *stave* pada MBES akan memancarkan gelombang akustik dengan kode tertentu yang berbeda dengan *stave* lain, untuk memisahkan data gelombang pantul dari arah yang berbeda walaupun dengan frekuensi yang sama serta menghindari kesalahan refraksi sudut pancaran *beam* terluar.

Untuk mendeteksi arah datangnya sinyal pantul, alat transuder *Multibeam Echosounder* menggunakan metode pendeteksian amplitude, fase dan interferometrik (sudut). Pendeteksian interferometrik digunakan untuk menentukan sudut sinyal datang dengan cara 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 (Sasimta, 2008). Teknik pengukuran yang digunakan selisih waktu saat pemancaran pulsa dan penerimaan pulsa akustik serta sudut datang dari setiap sinyal transduser. Berikut geometri waktu transduser saat sinyal diterima dan dipancarkan :



Gambar 2.1 Geometri Waktu Transduser (Irdam, 2005)

Gambar 2.1 Menunjukkan bahwa kedalaman merupakan fungsi dari selang waktu dan perpindahan posisi kapal saat mengirim gelombang dan menerima gelombang kembali :

$$Z = \frac{V \cdot \Delta t}{2} \quad (2.1)$$

dimana : Z = Kedalaman yang diukur

V = Kecepatan rambat gelombang akustik ($\pm 1500\text{m/s}$)

Δt = Selang waktu saat gelombang dikirim dan dipantulkan

$$D = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} \quad (2.2)$$

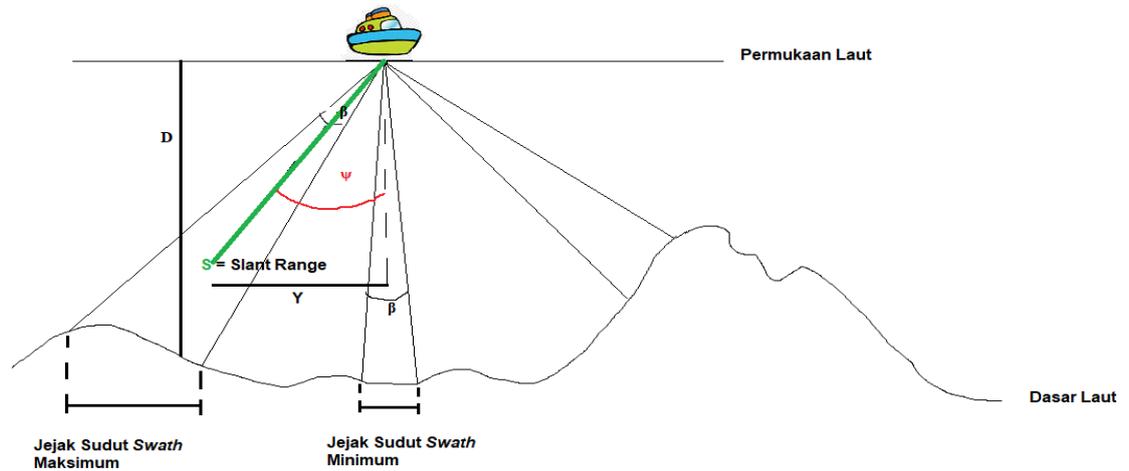
dimana : D = Perpindahan posisi kapal

X = Nilai Absis

Y = Nilai Ordinat

Selisih fase pulsa dalam MBES artinya sebagai fungsi dari selisih fase waktu pemancaran dan waktu penerimaan. Kemudian perhitungan waktu tempuh dan arah sudut pancaran setian *stave* yang ditentukan dari pengukuran selusuh fase pulsa MBES.

Secara teknis, Sistem swath *pada* MBES mampu memancarkan banyak *beams* dari satu transduser, sedangkan sistem *sweep* memancarkan beams dengan cara gabungan transduser *Singlebeam Echosounder* yang dipasangkan pada permukaan kapal survei secara konsisten dan sejajar (Brennan, 2009).



Gambar 2.2 Ukuran Jejak MBES Dari Sudut Swath ψ (de Jong dkk, 2002)

Gambar 2.2 Menunjukkan konsep dasar penentuan kedalaman oleh MBES, dimana akurasi kedalaman (D) dan posisi silang atau posisi *offset* (y) dipengaruhi oleh *swath angle* atau sudut *swath* (ψ) dan *beam angle* atau sudut *beam* (β). Perbedaan waktu pantulan balik *beam* menjadi parameter utama konsep ini, sehingga dapat ditentukan *slant range* atau jarak miring dari *beam* ke target pancaran. Dimana *slant range* berguna untuk menghitung kedalaman yang didapat oleh MBES. Sedangkan untuk posisi *offset* ke arah sumbu y dapat dihitung berdasarkan *slant range* dengan nilai sinus *swath angle*.

2.2.1 Sistem Pendukung Multibeam Echosounder

Dalam pengoperasian alat *Multibeam Echosounder* diperlukan beberapa sistem pendukung untuk mengoptimalkan kinerja dari *Multibeam Echosounder* itu sendiri. Berikut sistem pendukung pada *Multibeam Echosounder*:

➤ Sensor Gerak (*Motion Sensor*)

Sistem ini berfungsi untuk mengukur nilai *pitch*, *roll* dan *heave* pada kapal survei.

➤ Kompas Gyro (*Gyro Compass*)

Sistem ini berfungsi untuk mengukur nilai *Yaw* pada kapal survei.

- Sistem Posisi (*Positioning System*)
Sistem ini berfungsi untuk menentukan nilai dari posisi Bujur dan Lintang (X,Y) MBES dan nilai kedalaman yang didapatkan pada kapal survey.
- Profil Kecepatan Suara (*Sound Velocity Profile*)
Sistem ini berfungsi untuk mengukur kecepatan suara pada kedalaman kolom air di area survei.
- Perangkat Lunak (*Software*)
Perangkat lunak sangat dibutuhkan dalam proses pemetaan batimetri, baik saat akuisisi data maupun saat pengolahan data hingga menghasilkan peta batimetri. Pada saat ini, peneliti menggunakan dan memanfaatkan perangkat lunak dari Eiva NaviSuite.

2.2.2 Koreksi Kedalaman Multibeam Echosounder

Setiap pengukuran pasti mengandung unsur kesalahan atau ketidakpastian yang menyebabkan perubahan nilai hasil pengukuran. Sehingga, untuk melakukan koreksi kedalaman pada *Multibeam Echosounder*, harus memperhatikan faktor-faktor berikut :

2.2.2.1 Pasang Surut

Pasang surut laut (*ocean tide*) 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. Periode rata-rata pasang surut sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam. Gravitasi bulan adalah tenaga pembangkit utama untuk pasang surut, meskipun massa matahari jauh lebih besar dibanding massa bulan tetapi jarak matahari ke bumi lebih jauh dibanding jarak bulan ke bumi sehingga pengaruh bulan jauh lebih besar dibanding pengaruh matahari (Poerbandono, Djunarsjah, Bachri, Abidin, & Adil, 2005).

Pada survei batimetri, pasang surut merupakan suatu komponen penting dalam penentuan nilai kedalaman sebenarnya. Tujuannya adalah untuk menentukan bidang referensi kedalaman seperti duduk tengah atau muka surutan (*Chart Datum*) dan penentuan koreksi hasil pengukuran kedalaman agar dapat mengacu pada salah satu bidang referensi vertical. Duduk tengah merupakan bidang permukaan laut rata-rata yang diperoleh dari merata-ratakan pengamatan tinggi muka air laut pada selang waktu tertentu atau sering disebut dengan *Mean Sea Level* (IHO Dictionary, S-32 5th edition). Sedangkan, muka surutan merupakan bidang referensi vertical yang dipilih berada di bawah permukaan air terendah berdasarkan pengamatan pasang surut. Muka surutan atau *Chart Datum* merupakan bidang referensi vertical yang dipilih sedemikian rupa sehingga hampir tidak pernah terjadi keadaan ketika angka kedalaman yang tercantum di peta lebih kecil dari kedalaman aktual (Poerbandono dan Djunarsjah, 2005). Dalam setiap pekerjaan survei batimetri, pengamatan pasang surut harus sesuai dengan waktu yang saat perekaman nilai kedalaman, atau dapat pula memanfaatkan data pada stasiun pengamatan pasang surut terdekat dalam kurun waktu yang sama dengan pada saat pekerjaan survei dilakukan.

2.2.2.2 Profil Kecepatan Suara

Ketika *Multibeam Echosounder* menembakkan gelombang akustik ke dalam perairan, akan terjadi gangguan kecepatan suara pada kolom air yang dilaluinya, baik gelombang yang dikirim maupun gelombang yang diterima. Kecepatan sinyal akustik yang melalui sepanjang kolom air dipengaruhi oleh kecepatan suara yang menyebabkan refraksi atau pembelokan gelombang, sehingga mempengaruhi nilai kedalaman (Brennan, 2009). Kecepatan suara tiap kedalaman selalu berubah tergantung pada salinitas, suhu, dan kedalaman. Semakin besar nilai kedalaman suatu perairan, semakin cepat pula kecepatan rambat suara dan nilai frekuensinya.

Pengukuran kecepatan gelombang suara bertujuan untuk mengetahui nilai kecepatan suara pada sepanjang kolom air, yang dipengaruhi oleh salinitas, suhu dan kedalaman (Hansen, 2010). Pengukuran ini menggunakan alat Sound Velocity Profiler (SVP) dengan memanfaatkan reflektor yang diletakkan di dasar laut dan kemudian dipantulkan sinyal akustik dari SVP yang terpasang di kapal selama selang waktu tertentu. Pemasangan alat svp berada pada lokasi yang tidak terlalu dekat dengan bibir pantai karena aktivitas pantai akan memengaruhi nilai CTD. Kecepatan tersebut kemudian dirata-ratakan untuk mendapatkan profil dan koreksi dari kecepatan rambat akustik di setiap kolom air laut di area survei (Sasmita, 2008).

Koreksi kecepatan suara pada *Multibeam Echosounder* diperlukan untuk meminimalisir kesalahan kedalaman dalam pembersihan data akibat pembelokan atau refraksi dari kecepatan suara yang dipancarkan. Koreksi kecepatan suara tidak harus dilakukan pada seluruh lajur survei yang diukur kedalamannya cukup dilakukan pada satu titik yang dianggap mewakili seluruh daerah yang dilakukan pemeruman. Pada penelitian ini, cakupan radius SVP mencapai 6 km. Pengukuran dapat dilakukan lebih dari satu kali apabila daerah pemeruman cukup luas dan membutuhkan waktu pengukuran yang lama, sehingga kecepatan suara tiap kedalaman dapat berubah seiring berjalannya waktu karena perubahan tingkat salinitas akibat perbedaan tingkat penguapan air.

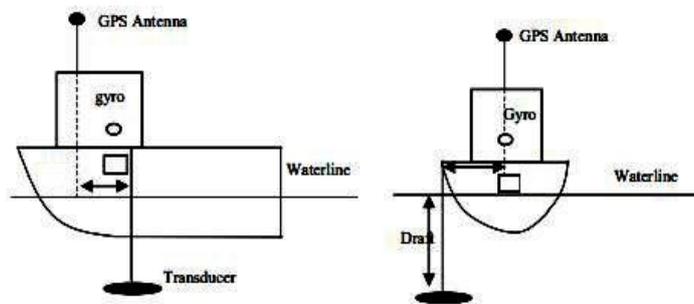
Visualisasi profil sapuan akibat kesalahan SVP dimana kecepatan suara pada kolom air yang dilalui oleh *beam*, berbanding lurus dengan besar refleksi yang diterima oleh *swath beam*.

2.2.3 Kalibrasi Pada Multibeam Echosounder

Setiap pengukuran pasti mengandung unsur kesalahan atau ketidakpastian yang menyebabkan perubahan nilai hasil pengukuran. Sehingga, untuk melakukan koreksi kedalaman pada *Multibeam Echosounder*, harus memperhatikan faktor-faktor berikut :

2.2.3.1 Kalibrasi *Offset Statis*

Offset statis adalah suatu kegiatan penentuan posisi dan penyelarasan dari setiap alat atau sensor yang terpasang di wahana survei dan terhadap titik referensi wahana survey atau *Central Reference Point (CRP)*. Dengan kata lain, CRP menjadi acuan atau titik nol offset pada kapal, sehingga seluruh offset pemasangan harus diketahui jaraknya terhadap CRP/titik nol. Hasil yang didapat dari offset statis adalah suatu denah dengan koordinat x, y, dan z masing-masing sensor lainnya terhadap titik referensi wahana survei yang memiliki koordinat (0; 0; 0) (Mann & Godin, 1996).

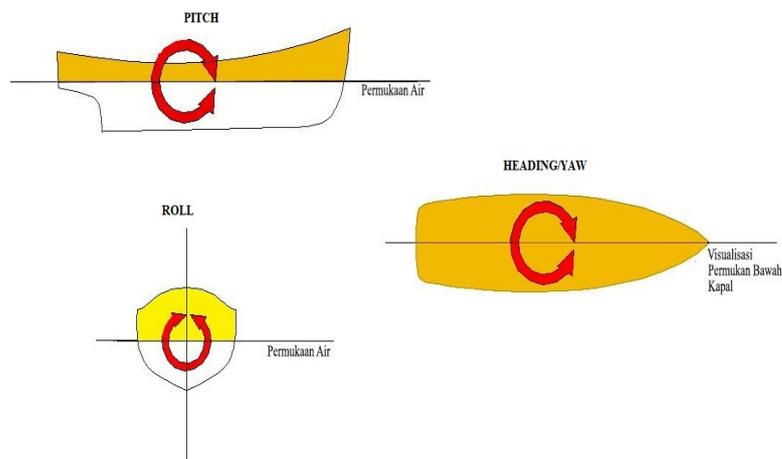


Gambar 2.3 Kalibrasi offset Alat Sensor Pada Kapal Survei (Mann & Godin, 1996)

2.2.3.2 Kalibrasi *Patch Test*

Patch test merupakan kegiatan penyelarasan antara sistem MBES dengan kapal untuk mendapatkan kesalahan sudut pemasangan transduser relatif terhadap tiga sumbu yang mengacu pada sistem koordinat lokal kapal. pada kapal selama pemeruman. Keselarasan dari sonar Multibeam Echosounder terhadap sensor gerak dan gyro sangat berpengaruh saat akurasi pengambilan data kedalaman. Selain itu dibutuhkan dibutuhkan koreksi untuk pemasangan sonar yang tepat lurus dengan sensor gerak

dan gyro. Pengkoreksian terhadap waktu GPS juga diperlukan sewaktu pengambilan data kalibrasi. Karena ketidakselarasan sistem tersebut akan mengurangi akurasi, maka penting untuk dilakukannya patch test sebelum akuisisi data dilakukan pada survei batimetri. Pada kalibrasi patch test juga didapatkan nilai ketidaksejajaran sensor gerak kapal terhadap gelombang air laut yang akan menghasilkan nilai *Pitch*, *Roll*, dan *Yaw / Heading*. (Brennan, 2009). Berikut rumus yang digunakan untuk memperoleh nilai Kesalahan sudut dari *Pitch*, *Roll*, dan *Heading*.



Gambar 2.4 Visualisasi Geometri Gerak Pitch, Roll dan Heading.

$$e = D \times \tan \theta \quad (2.3)$$

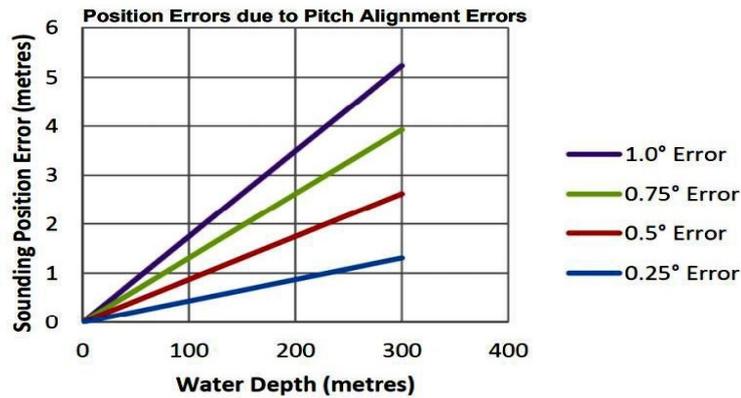
dimana : e = Nilai Kesalahan (m)

D = Kedalaman (m)

θ = Sudut Rotasi ($^{\circ}$)

➤ Kalibrasi Anggukan (*Pitch Calibration*)

Kalibrasi *pitch* bertujuan untuk menentukan nilai sudut kemiringan haluan kapal akibat pergerakan kapal yang dinamis. Persyaratan untuk melakukan kalibrasi *pitch* adalah melintasi lajur yang sama dengan kecepatan yang sama dan dalam arah yang berlawanan pada daerah yang memiliki objek atau perbedaan kedalaman yang signifikan.

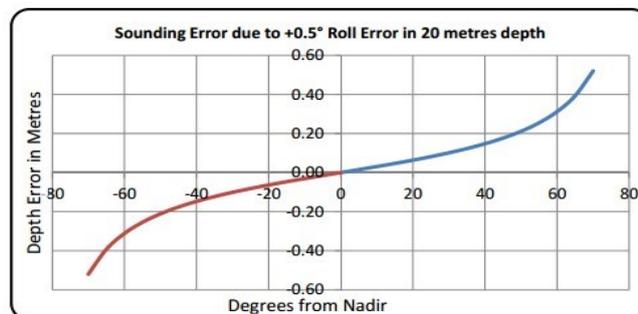


Gambar 2.5 Kesalahan Posisi Akibat Kesalahan Nilai Pitch (Brennan, 2009)

Hal yang penting pada kalibrasi *pitch* adalah sepanjang pergeseran lajur terhadap sumbu-Y sebanding dengan kedalaman air. Semakin dalam air semakin besar pergeserannya sehingga semakin kecil nilai *pitch* yang dikoreksi (Sasmita, 2008). Kesalahan pada *pitch* ini semakin besar seiring dengan kedalaman (Brennan, 2009).

➤ Kalibrasi Roll (*Roll Calibration*)

Kalibrasi *Roll* adalah rotasi miring kapal terhadap arah longitudinal atau sumbu-X kapal. 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 (Brennan 2009). (Gambar 2.6), dijelaskan bahwa kesalahan *roll* sebesar 60° dari nadir akan menyebabkan kesalahan kedalaman pengukuran sebesar 0.3 meter.

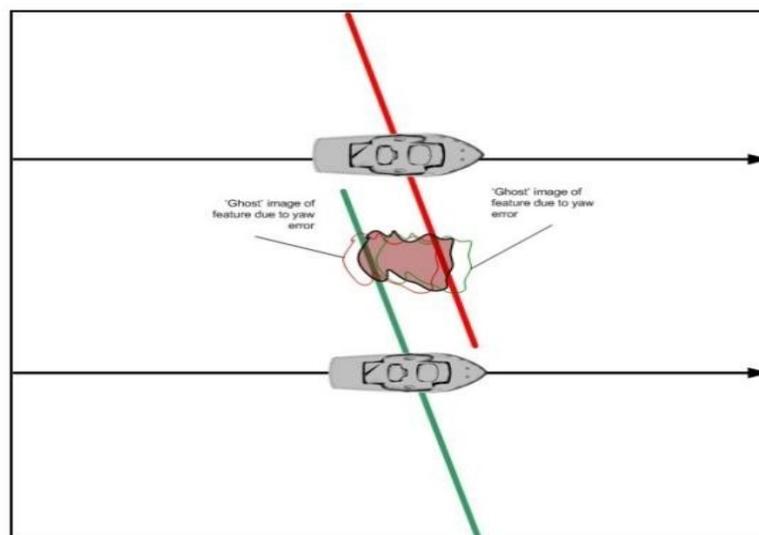


Gambar 2.6 Kesalahan Dari Roll (Brennan, 2009)

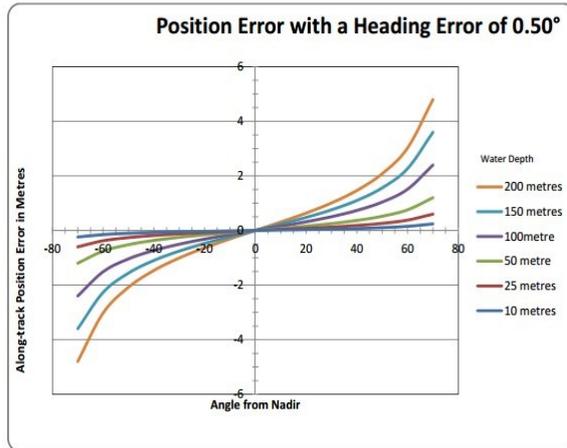
➤ Kalibrasi Yaw/ Heading

Gerakan *yaw* menyerupai sebuah ‘gelengan’ pada kapal, hal tersebut menyebabkan perubahan arah perekaman pada transduser, sehingga diperlukan kalibrasi *heading* mengoreksi arah haluan kapal terhadap sumbu-Z. Prinsip dasar dari kalibrasi *heading* adalah menggunakan dua jalur paralel dengan sama arah. Koreksi pada *yaw* akan meningkat seiring dengan semakin jauhnya objek yang terdeteksi dari nadir kapal (Brennan 2009). Jarak antar lajur kurang lebih dua hingga tiga kali dari kedalaman yang terukur. Kesalahan akibat perubahan heading dapat menyebabkan kesalahan posisi yang sebanding dengan jarak.

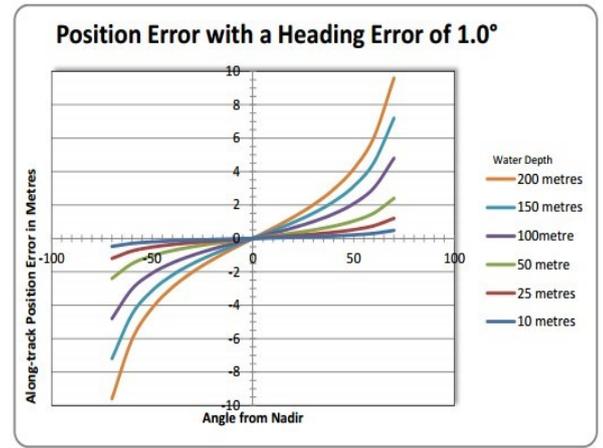
Pada Gambar 2.7 menjelaskan kesalahan *yaw/heading* terhadap kedalaman. Gambar 2.8 menjelaskan untuk kesalahan *yaw* 0.50° pada kedalaman 200 m mempunyai kesalahan kedalaman 7 m dan mempunyai sudut sebesar 70° dari nadir. Sedangkan untuk Gambar 2.9 menjelaskan bahwa untuk kesalahan 0.1° *yaw* pada kedalaman 200 m mempunyai kesalahan 0.5 m dan memiliki sudut sebesar 70° dari nadir.



Gambar 2.7 Iustrasi Pengambilan Data Yaw (Brennan, 2009)



Gambar 2.8 Iustrasi Pengambilan Data Yaw (Brennan, 2009)



Gambar 2.9 Kesalahan 1.0° Pada Yaw (Brennan 2009)

2.3 Pengolahan Data

Pada tugas akhir ini data yang digunakan adalah data hasil akuisisi penelitian MBES yang dilakukan di Pantai Teluk, Jakarta, yang terdiri dari :

- a. Raw data hasil pemeruman menggunakan *Multibeam Echosounder* R2Sonic 2020 yang terdiri dari 6 lajur utama dan 1 lajur silang.
- b. Data pengukuran kecepatan suara menggunakan SVP di satu titik pada lokasi $x = 707860,9005$ m, $y = 9325746,81$ m menggunakan proyeksi UTM zona 48S.
- c. Data pengamatan pasut di dermaga Pulau Pramuka yang diukur dengan Automatic Pressure Tide Gauge selama 8 jam 5 menit, dengan interval waktu 1 menit.

2.3.1 Koreksi Data

➤ Koreksi Gyro

Koreksi *gyro* dilakukan untuk mengukur nilai sudut *yaw* dan sudut penyimpangan antara utara bumi dengan utara lokal dari sistem koordinat kapal atau biasa disebut *heading* kapal. Koreksi *gyro* ditentukan agar hasil pemeruman yang didapat memiliki tingkat keakurasian yang tinggi.

➤ Koreksi Kecepatan Suara

Koreksi kecepatan suara bertujuan untuk mengoreksi pantulan balik *beam*, serta refraksi yang dihasilkannya. Kecepatan suara dipengaruhi salinitas, suhu dan kedalaman. Koreksi kecepatan suara pada MBES dilakukan untuk meminimalisir kesalahan kedalaman dalam pembersihan data akibat kecepatan suara yang dipancarkan.

➤ Koreksi Pasang Surut

Tujuan dari koreksi pasut adalah untuk mereduksi nilai ketinggian pasut terhadap kedalaman yang diperoleh dari pemeruman, sehingga didapatkan nilai kedalaman yang sebenarnya dan terikat pada suatu bidang referensi vertikal yang dibutuhkan seperti *Mean Sea Level* (MSL) atau *Chart Datum* (CD).

➤ Pembersihan Data (Cleaning Data)

Pada saat melakukan kegiatan pemeruman, tentunya akan menjumpai beragam gangguan, sehingga tidak ada data akuisisi luput dari kesalahan seperti refraksi, refleksi, *absorpsi* dan *noise*. Proses *cleaning data* bertujuan untuk menghilangkan *noise* pada data akuisisi sehingga dapat menghasilkan nilai kedalaman yang lebih akurat. Pada prosedur pengolahan data yang dikeluarkan oleh IHO S-44 edisi ke-5 membahas tentang 2 (dua) jenis *cleaning*, yaitu *Automatic Cleaning* dan *Manual Cleaning*.

➤ Attitude Data

Yang dimaksud dengan *Attitude* adalah ketidakselarasan antara sudut pemasangan transduser dengan sumbu kapal, yang berakibat data kedalaman yang tidak akurat, bahkan pergerakan transduser terhadap sumbu kapal pun akan mempengaruhi nilai kedalaman. Sehingga perubahan sikap kapal ini perlu diketahui dengan melakukan *patch testing*. Penentuan nilai *patch test* dapat

mendeskrripsikan kondisi kapal yang digunakan selama survei batimetri berlangsung dengan mendapatkan nilai sudut pemasangan transduser (*pitch, roll, yaw*).

2.4 Standar IHO S-44 Edisi ke-5 (2008)

Dalam kegiatan survei batimetri harus dilakukan dengan memenuhi standar resmi yang telah ditetapkan oleh IHO. Standar tersebut digunakan untuk menjaga kualitas data pengukuran dan peta navigasi yang akurat. Standar yang ditentukan oleh IHO S44 edisi ke-5 terdiri dari empat orde, yaitu orde spesial, orde 1a, orde 1b, dan orde 2 (Tabel 2.1).

Dalam pelaksanaannya, pihak yang melakukan survei batimetri harus memilih orde yang cocok berdasarkan persyaratan keselamatan navigasi. Koreksi kedalaman dilakukan dengan membandingkan selisih hasil perhitungan Standar IHO terhadap nilai selisih 2 titik kedalaman yang bertampalan. Nilai perhitungan Standar IHO harus lebih besar daripada nilai selisih titik yang bertampalan. (IHO, 2008).

Tabel 2.1 Standar IHO S-44 Edisi ke -5 (2008)

Orde	Spesial	1a	1b	2
Daerah survei	Pelabuhan, tempat sandar dan daerah yang kritis (berbahaya bagi keselamatan navigasi) dengan cakupan batimetri 100% dan kedalaman hingga 40 m	Perairan cukup dangkal hingga kedalaman 100 m dengan cakupan batimetri 100% namun tidak sekritis orde spesial	Area perairan dengan kedalaman hingga 100 m yang tidak memerlukan cakupan batimetri 100% karena karakteristik dasar laut tidak kritis	Area perairan dengan kedalaman lebih dari 100 m dan tidak dibutuhkan cakupan batimetri 100%
Toleransi ketidakpastian horisontal (tingkat kepercayaan)	2 meter	5 meter + 5% kedalaman	5 meter + 5% kedalaman	20 meter +10% kedalaman
Toleransi ketidakpastian vertikal (tingkat kepercayaan)	a = 0,25 m; b = 0,0075	a = 0,5 m; b = 0,013	a = 0,5 m; b = 0,013	a = 1,0 m; b = 0,023

Jarak maksimum antar lajur	Tidak digunakan	Tidak digunakan	3 x kedalaman rata-rata atau 25 m, dan spasi spot untuk LIDAR 5m x 5m	4 x kedalaman rata-rata
----------------------------	-----------------	-----------------	---	-------------------------

2.5 Uji ketelitian Data

Untuk mengetahui kualitas data kedalaman hasil pengolahan, perlu dilakukannya uji ketelitian data berdasarkan IHO S-44 edisi 5. Uji ketelitian pada data MBES dapat dibagi menjadi 2 (dua) metode, antara lain internal dan eksternal, untuk metode eksternal menggunakan data bantuan, yaitu data SBES hasil ekstrasi MBES (*Singlebeam Echosounder* hasil ekstrasi dari *Multibeam Echosounder*) sedangkan internal menggunakan data MBES itu sendiri dengan menggunakan wilayah yang saling bertampalan (Brammadi, Arief, Bambang, & Imam, 2017).

Daerah yang bertampalan atau daerah yang diukur lebih dari satu kali diasumsikan bahwa nilai kedalaman pada daerah yang bertampalan bernilai sama, namun pada kenyataannya nilai kedalaman pada daerah tersebut bisa saja terjadi perbedaan. Menurut standar yang telah ditetapkan oleh IHO (2008), batas toleransi maksimal kesalahan nilai kedalaman pada lajur yang bertampalan seperti yang tercantum pada Tabel 2.1. Nilai toleransi maksimal kesalahan memiliki tingkat kepercayaan 95% yang mengacu pada estimasi kesalahan dari gabungan kesalahan acak dan koreksi dari kesalahan sistematis.

Berikut tahapan verifikasi kedalaman untuk menentukan ketelitian data yang dihasilkan, adapun tahapan tersebut antarlain:

2.5.1 Verifikasi Kedalaman Multibeam Echosounder

Tujuan pada tahap ini adalah, mengetahui nilai kedalaman *Multibeam Echosounder* yang bertampalan yang telah terkoreksi Untuk itu, data *Multibeam Echosounder* yang bertampalan tersebut terlebih dahulu dicari standar deviasinya (SD), untuk mengetahui variasi sebaran nilai selisih kedalaman pada lajur pertampalan. Setelah kita mendapatkan standar deviasi, kita akan mencari nilai kesalahan baku (SE) untuk nantinya membandingkannya dengan hasil toleransi setiap data yang

bertampalan. Nilai kesalahan baku diperoleh dengan menggunakan rumus :

$$SE = \frac{SD}{\sqrt{n}} \quad (2.4)$$

dimana : n = jumlah data

Setelah itu, kita mencari nilai toleransi kesalahan kedalaman dari 2 data yang bertampalan berdasarkan IHO S-44 edisi ke-5. Berikut rumus yang digunakan :

$$\text{Toleransi} = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \quad (2.5)$$

dimana : a = adalah faktor ketidakpastian yang tidak bergantung pada nilai kedalaman.

b = adalah faktor ketidakpastian yang bergantung pada nilai kedalaman.

d = Rata-rata nilai kedalaman titik yang bertampalan

2.5.2 Verifikasi Kedalaman Singlebeam Echosounder

Sebelum membandingkan data *Singlebeam Echosounder* dengan data *Multibeam Echosounder*, terlebih dahulu kita menentukan kualitas data SBES hasil ekstrasi MBES, sehingga layak digunakan untuk menjadi data pembanding ketelitian kedalaman MBES. Sama seperti data MBES, data SBES hasil ekstrasi MBES juga perlu mengetahui nilai standar deviasi data kedalaman SBES hasil ekstrasi MBES yang didapatkan dari selisih kedalaman titik-titik pada area pertemuan lajur utama dengan lajur silang, sehingga dapat merepresentasikan variasi sebaran nilai kedalaman pada data SBES hasil ekstrasi MBES. Setelah standar deviasi didapat, seluruh nilai kedalaman pada pertemuan lajur utama dan lajur silang diselisihkan, nilai selisih kedalaman antara lajur utama dan lajur silang pada tiap nilai kedalaman di pertemuan lajur utama dan lajur silang

dibandingkan terhadap ambang batas toleransi yang diberikan oleh IHO S-44 edisi ke-5 sesuai orde yang digunakan.

Setelah itu, kita mencari nilai toleransi kesalahan kedalaman dari 2 data yang bertampalan berdasarkan IHO S-44 edisi ke-5. Berikut rumus yang digunakan :

$$\text{Toleransi} = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \quad (2.6)$$

dimana : a = adalah faktor ketidakpastian yang tidak bergantung pada nilai kedalaman.

b = adalah faktor ketidakpastian yang bergantung pada nilai kedalaman.

d = Rata-rata nilai kedalaman titik yang bertampalan

2.5.3 Sampling Data

2.5.3.1 Penentuan Jumlah Sampel

Menurut Prof. Weyne W. Daniel (Daniel, 1999), sampel dapat didefinisikan sebagai bagian dari suatu populasi. Pada tahun 1999, Professor Weyne mengembangkan rumus penentuan jumlah sampel sebagai berikut :

$$\text{Sampel (n)} = N \times X / (X + N - 1) \quad (2.7)$$

$$X = (Z_{\alpha/2}^2) \times p \times (1-p) / \text{MOE}^2 \quad (2.8)$$

dimana : $Z_{\alpha/2}$ = nilai kritis distribusi normal (0.01/2)

MOE = Margin Of Error (1% atau 0.01)

N = Populasi

P = Proporsi (50% atau 0.5)

2.5.3.2 Penentuan Sebaran Sampel

Penentuan sebaran sampel dilakukan dengan menggunakan *Random Simple Sampling* menggunakan software Excel. *Random Simple Sampling* dilakukan dengan cara memberikan nilai atau bobot khusus setiap baris berdasarkan segala aspek (jumlah huruf, angka dan tanda baca). Lalu, penulis perlu mengurutkan data dari nilai terkecil hingga terbesar berdasarkan nilai bobot tersebut.

2.6 Teori Klasifikasi Kemiringan Lereng Van Zuidam

Berikut pembagian atau klasifikasi nilai kelerengan berdasarkan teori Van Zuidam (1985).

Tabel 2.2 Klasifikasi Nilai Kelerengan Dasar Laut Menurut Van Zuidam

Kelas Lereng	Proses, Karakteristik dan Kondisi lahan	Simbol warna .
0° - 2° (0 - 2 %)	Datar atau hampir datar, tidak ada erosi yang besar, dapat diolah dengan mudah dalam kondisi kering.	Hijau tua
2° - 4° (2 - 7 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, pengikisan dan erosi akan meninggalkan bekas yang sangat dalam.	Hijau Muda
4° - 8° (7 - 15 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng landai sampai curam, bila terjadi longsor bergerak dengan kecepatan rendah, sangat rawan terhadap erosi.	Kuning Muda
8° - 16° (15 - 30 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam, rawan terhadap bahaya longsor, erosi permukaan dan erosi alur.	Kuning Tua
16° - 35° (30 - 70 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang curam sampai terjal, sering terjadi erosi dan gerakan tanah dengan kecepatan yang perlahan - lahan. Daerah rawan erosi dan longsor	Merah Muda
35° - 55° (70 - 140 %)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, sering ditemukan singkapan batuan, rawan terhadap erosi.	Merah Tua
> 55° (> 140%)	Lahan memiliki kemiringan lereng yang terjal, singkapan batuan muncul di permukaan, rawan terdapat longsor batuan.	Ungu Tua

2.7 Perangkat Lunak Pengolahan Data (Eiva NaviSuite)

Pada proses pengolahan data *Multibeam Echosounder*, terdapat berbagai perangkat lunak yang tersedia, salah satunya EIVA. EIVA NaviSuite adalah perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data berupa *point cloud* terutama untuk data MBES. *Software ini* menyediakan beberapa produk terpisah yang dijalankan masing-masing, antara lain NaviPac dan NaviScan yang dipakai untuk melakukan akuisisi data, Editor untuk manajemen data, Modelling untuk pemodelan, dan NaviPlot untuk penyajian data.

Pada penelitian ini, hanya ada 2 modul yang digunakan dalam pengolahan data MBES pada Eiva NaviSuite yang akan dibahas. Modul untuk akuisisi data seperti NaviPac yang digunakan dalam proses akuisisi singlebeam echosounder dan NaviScan yang digunakan dalam proses akuisisi multibeam echosounder tidak dibahas. Adapun modul yang digunakan pada penelitian ini yaitu Editor, dan Modelling.

2.7.1 Editor

Editor merupakan modul perangkat lunak EIVA NaviSuite yang dibuat untuk melakukan editing terhadap data mentah hasil akuisisi, karena Editor bekerja pada tingkat sensor-level. Editor adalah perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan manipulasi pada data yang telah diakuisisi oleh SBES hasil ekstrasi, MBES, serta sensor sekunder seperti gyro, GPS, SVP dan sebagainya. Pengolahan data menggunakan Editor terbagi atas 3 tahapan, yaitu *import*, manipulasi dan *eksport*.

Pada tahap *import*, hal yang dilakukan adalah memasukkan berbagai raw data yang akan digunakan untuk pengolahan data. Data tersebut berupa data SBES hasil ekstrasi, MBES, dan sensor sekunder lainnya.

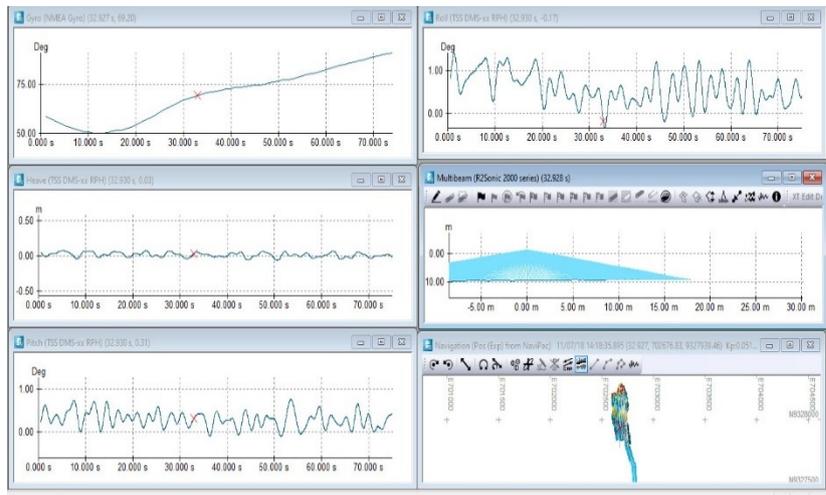
Tahap selanjutnya adalah tahap manipulasi data. Hal yang dilakukan adalah, yaitu :

- a. Header Editor adalah fitur pada Editor yang mampu melakukan pengeditan dan pengecekan parameter yang mengandung informasi umum mengenai data yang digunakan (Gambar 2.10) sehingga dapat digunakan untuk mengatur database sesuai dengan parameter yang diinginkan.

ument	X[m]	Y[m]	Z[m]	Roll[°]	Pitch[°]	Heading[°]
<ul style="list-style-type: none"> [-] Absolute offset <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Absolute [-] Motion <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> TSS DMS-xx RPH <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Roll <input type="checkbox"/> Pitch <input type="checkbox"/> Heave [-] Gyro <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> NMEA Gyro <input type="checkbox"/> Gyro [-] Navigation <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Pos (Exp) from NaviPac [-] Water Line <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Water Line (Ref. point -> Water surface) [-] Multibeam <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> R2Sonic 2000 series 	0.000	0.000	0.000	--	--	--
	0.000	0.000	0.000	--	--	--
	0.000	0.000	0.000	--	--	--
	0.000	0.000	0.000	1.784	19.208	-1.080

Gambar 2.10 Tampilan Header Editor

- b. Data editor digunakan untuk merepresentasikan data sensor yang telah dimasukkan menjadi grafik, untuk pengolahan lanjutan seperti melakukan cleaning, hingga smoothing data sensor (Gambar 2.11).



Gambar 2.11 Tampilan Data Editor

2.7.2 Modelling

Modelling adalah salah satu fitur perangkat lunak dari Eiva NaviSuite yang dapat menampilkan Digital Terrain Model (DTM) sebagai pemodelan dari hasil akuisisi data dalam bentuk point cloud. Modelling memungkinkan kita melakukan *cleaning* data, *patch testing*, *interpolating*, *smoothing* dan juga *exporting* data atau dengan kata lain kemampuan manipulasi data setelah Editor (Eiva, 2006). Pada penelitian ini, Modelling menjadi modul yang paling utama dalam pengolahan data sehingga menghasilkan exporting data berupa DTM dan nilai kedalaman (X, Y, Z).