

**sANALISIS PENGARUH DATA SVP (SOUND VELOCITY PROFILER)
PADA HASIL PENGOLAHAN DATA MULTIBEAM ECHOSOUNDER
MENGUNAKAN PERANGKAT LUNAK EIVA (STUDI KASUS :
MARINE STATION TELUK AWUR, JEPARA)**

Alfian Putra Setiadarma^{*)}, Bandi Sasmito, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : alfianputrasx4@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pengolahan data *multibeam echosounder* memiliki proses yang kompleks karena memerlukan beberapa koreksi untuk mendapatkan nilai kedalaman yang akurat, seperti koreksi pasut, koreksi SVP (*sound velocity profiler*), koreksi *pitch*, *heading*, *roll*, dan lain-lain. Masing-masing koreksi ini akan memberikan efek yang berbeda pada visualisasi data serta tingkat ketelitian data sehingga perlu dikaji pengaruh masing-masing koreksi tersebut. Dalam penelitian ini mengkaji pengaruh dari koreksi SVP (*sound velocity profiler*) pada pengolahan data *multibeam echosounder*. Pada penelitian ini menggunakan data pemeruman *multibeam echosounder* di Marine Station Teluk Awur, Jepara. Data yang telah didapatkan tersebut diolah menggunakan perangkat lunak EIVA kemudian dilakukan perbandingan visualisasi dan ketelitian antara data yang diolah menggunakan data koreksi SVP dan data yang diolah tanpa menggunakan data koreksi SVP. Kedua data tersebut kemudian dianalisa ketelitiannya menggunakan standar yang sudah ditetapkan IHO. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa kedua data yang diolah menggunakan data koreksi SVP maupun tidak menggunakan data koreksi SVP masih termasuk ke dalam orde spesial berdasarkan S-44 IHO sehingga hasil pengolahan dengan dua metode tersebut dapat dianggap mewakili keadaan topografi bawah laut sesungguhnya. Pada perbandingan visualisasi diketahui bahwa data yang diolah dengan data koreksi SVP memiliki kedalaman terdalam sebesar 6,05 m dan kedalaman terdangkal 1,23 m. Sedangkan data yang diolah dengan tidak menggunakan data koreksi SVP memiliki kedalaman terdalam sebesar 6,01 m dan kedalaman terdangkal 1,21 m. Terdapat selisih 4 cm pada kedalaman terdalam dan 2 cm pada kedalaman terdangkal.

Kata Kunci : EIVA, Hidrografi, *Multibeam Echosounder*, SVP

ABSTRACT

Processing of multibeam echosounder data is a very complex process because it requires several correction in order to obtain accurate depth reading, for example: tide correction, SVP correction (sound velocity profile), pitch, heading and roll correction and etc. Each of this correction will give different effect on the data visualization and data accuracy level that requires a further study on each of the correction. This research focus on the effect of SVP correction on multibeam echosounder data processing. This research used multibeam echosounder sounding data in Teluk Awur Marine Station Jepara. The data processed on EIVA software and the visualization and accuracy result will be compared between data using the SVP correction and data without SVP correction. Then both of the data accuracy is analyzed using IHO standard. The result obtained from this research is that the data processed using SVP correction or not using SVP correction is still categorized into special order based on IHO S-44 so it is safe to assumed that both the data is representing the actual underwater topography. In the visual comparison, the data processed using SVP correction shown that the deepest depth recorded is 6,05 m and the shallowest depth recorded is 1,23 m. While the data processed not using SVP correction, the data processed using SVP correction shown that the maximal depth recorded is 6,01 m and the shallowest depth recorded is 1,21 m. There's 4 cm difference on the deepest depth recorded and 2 cm difference on the shallowest depth recorded.

Keywords : EIVA, Hydrography, *Multibeam Echosounder*, SVP

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Kondisi geografis Negara Republik Indonesia yang dua pertiganya lautan membuat kebutuhan informasi akan sumber daya alam yang tersedia di laut menjadi hal yang sangat penting untuk membantu pengelolaan dan pemanfaatan sumber daya alam baik pada perairan pesisir ataupun lepas pantai. Pemetaan bawah laut pada kawasan perairan Indonesia menjadi salah satu langkah dalam menentukan dan mempelajari titik-titik potensi wilayah Indonesia di kawasan.

Pemetaan pada wilayah perairan dilakukan dengan menggunakan dua teknik survei, yaitu survei batimetri dan survei hidrografi. Survei batimetri adalah survei yang dilakukan untuk mengetahui dan mengukur nilai kedalaman dari dasar laut. Sedangkan survei hidrografi adalah proses penggambaran dasar perairan tersebut, sejak pengukuran dan pengolahan hingga visualisasinya (Poerbandono dan Djunarsah, 2005).

Pemetaan bawah laut digunakan dengan mengukur permodelan topografi bawah laut menggunakan alat berupa sounder. Ada dua tipe sounder yang dapat digunakan yaitu *Singlebeam Echosounder System* (SBES) dan *Multibeam Echosounder System* (MBES). SBES adalah suatu alat pemancar tunggal sinyal gelombang suara yang memiliki *transciever (transfer dan reciever)* yang terpasang di badan kapal. Sedangkan MBES adalah alat pemancar ganda sinyal gelombang suara yang memiliki *transciever (transfer dan reciever)* yang terpasang menyebar di badan kapal.

Pengolahan data *multibeam echosounder* memiliki proses yang rumit karena memerlukan beberapa koreksi yang akan digunakan untuk mendapatkan nilai kedalaman yang sebenarnya. Koreksi ini didapatkan dari pergerakan kapal selama pengukuran berlangsung dan karena faktor oseanografi di wilayah pengukuran. Koreksi ini antara lain koreksi pasang surut, profil kecepatan suara dan pergerakan kapal (Brammadi, 2017).

Setiap koreksi yang dimasukkan akan memiliki pengaruh tersendiri pada hasil pengolahan data *multibeam echosounder*, pada penelitian ini mengkaji pengaruh koreksi profil kecepatan suara/SVP pada visualisasi dan ketelitian data hasil pengolahan berdasarkan standar IHO. Pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak EIVA untuk membandingkan hasil dari pengolahan data yang menggunakan koreksi SVP dan data yang diolah tidak dengan menggunakan koreksi SVP.

I.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana perbandingan ketelitian dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP ?
2. Bagaimana perbandingan hasil visualisasi pengolahan data *multibeam echosounder* pada

data yang menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP ?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui ketelitian dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* yang menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP terhadap standar S-44 IHO 2008.
2. Mengetahui perbedaan visualisasi hasil pengolahan data *multibeam echosounder* yang menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP.

I.4 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data pemeruman *multibeam echosounder* di Teluk Awur, Jepara, data *Sound Velocity Profile (SVP)* pada saat pemeruman, data pasut dari tanggal 14 April – 14 Mei 2018 yang didapatkan dari Stasiun Pasut BIG di Teluk Awur, Jepara. Pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan perangkat lunak EIVA.
2. Metode yang digunakan adalah membandingkan hasil visualisasi dan ketelitian hasil pada pengolahan data yang menggunakan data SVP dan tidak menggunakan data SVP.
3. Ketelitian hasil pengolahan yang diuji adalah ketelitian vertikal atau kedalaman.
4. Kedalaman yang diuji merupakan kedalaman terukur dari transduser ke permukaan dasar laut.
5. Uji kualitas data mengacu pada standar IHO Special Publication 44 tahun 2008 dengan mengambil sampel pada titik-titik kedalaman yang berdekatan atau bertampalan.
6. Analisis akhir penelitian ini adalah perbandingan visualisasi dan ketelitian hasil pengolahan menggunakan data SVP dan tidak menggunakan data SVP.
7. Hasil keluaran dari penelitian ini adalah visualisasi 3D dan visualisasi 2D hasil pengolahan data *multibeam echosounder*.

II Tinjauan Pustaka

II.1 Hidrografi

Hidrografi menurut IHO adalah cabang ilmu yang berkepentingan dengan pengukuran dan deskripsi dari fitur-fitur yang ada pada laut dan daerah pantai yang memiliki tujuan untuk navigasi dan semua aktifitas di laut, termasuk aktifitas lepas pantai, penelitian, perlindungan lingkungan. Survei hidrografi menurut *International Hydrographic Organization (IHO)* adalah ilmu tentang pengukuran dan penggambaran parameter-parameter yang diperlukan untuk menjelaskan sifat-sifat dan konfigurasi dasar laut secara tepat, hubungan geografisnya dengan daratan, serta karakteristik-karakteristik dan dinamika-dinamika

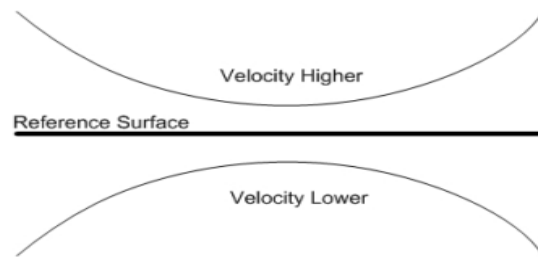
lautan. Dalam survei hidrografi ini, termasuk pula dengan pengukuran batimetri. Survei batimetri merupakan survei pemeruman, yaitu suatu proses pengukuran kedalaman yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan dasar perairan (*seabed surface*). Bentuk permukaan yang dimaksud hanya sebatas pada permukaannya saja, tidak sampai pada kandungan materialnya ataupun biota yang tumbuh di atasnya, semata-mata bentuk atau topografi (Poerbandono dan Djunarsah, 2005).

Survei hidrografi menurut IHO memiliki tujuan untuk mengumpulkan data georeferensi yang berkaitan dengan konfigurasi garis pantai (termasuk infrastruktur buatan untuk navigasi maritim yang akan digunakan untuk navigasi), kedalaman di daerah pelayaran (termasuk semua potensi bahaya navigasi dan kegiatan laut lainnya), eksplorasi dan eksploitasi sumber daya kelautan, perlindungan lingkungan dan pertahanan maritim. Sebelum melakukan kegiatan survei hidrografi ada beberapa persiapan yang perlu dilakukan seperti penentuan batas area survei; resolusi dan ketelitian dari data yang akan dihasilkan; sarana dan prasarana yang akan digunakan dalam survei seperti kapal yang akan digunakan, tipe *echosounder*, dan data pendukung lainnya; dan dana. Salah satu kegiatan dari survei hidrografi adalah pemeruman. Pemeruman adalah proses dan aktifitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran bentuk permukaan dasar perairan. Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasi) disebut dengan survei batimetri. Model batimetri (kontur kedalaman) diperoleh dengan menginterpolasikan titik-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang hendak dibuat (Hidayat, 2014).

II.1 Profil Kecepatan Suara

MBES memiliki prinsip kerja dengan cara memancarkan gelombang akustik kedalam air. Komponen terpenting dalam mekanisme perambatan gelombang akustik di dalam air adalah intensitas gelombang, frekuensi gelombang, panjang gelombang dan cepat rambat gelombang.

Kecepatan suara dalam air bervariasi baik secara horizontal maupun vertikal, akan tetapi hal ini tidak berarti bahwa kecepatan suara dalam air cenderung konstan pada area yang luas atau sepanjang hari di lokasi yang berbeda. Kecepatan suara dipengaruhi beberapa komponen sebagai berikut : salinitas, temperatur, dan kedalaman. Efek dari profil sapuan akibat kesalahan SVP dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1 Visualisasi profil sapuan akibat kesalahan SVP (Brennan, 2009)

II.2 Pasang Surut Laut

Pasang surut atau pasut laut (*ocean tide*) merupakan suatu fenomena naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik akibat pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari (Poerbandono dan Djunarsah, 2005). Periode rata-rata pasut sekitar 12,4 jam atau 24,8 jam. Gravitasi bulan adalah tenaga pembangkit utama untuk pasut, 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 dan Djunarsah, 2005).

Pada kegiatan survei batimetri, fungsi pasang surut adalah untuk mereduksi kedalaman dengan memberikan koreksi nilai kedalaman akibat perubahan tinggi muka laut yang dinamis, sehingga nilai kedalaman yang didapat tidak hanya nilai kedalaman sebenarnya tetapi juga terikat pada suatu bidang referensi vertikal. IHO (2008) dalam *Standard for Hydrographic Survey (S-44)* menyatakan bahwa pasang surut atau reduksi tinggi muka laut tidak perlu diberikan untuk kedalaman lebih dari 200m jika tidak memberikan perubahan yang signifikan terhadap TVU (*Total Vertical Uncertainty*) atau total nilai ketidakpercayaan vertikal.

II.3 Multibeam Echosounder (MBES)

Multibeam echosounder merupakan suatu alat hidro-akustik yang memancarkan lebih dari satu beam dalam satu kali pancaran sinyal. *Multibeam Echosounder* digunakan untuk mendapatkan cakupan area yang luas yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan hasil pemeruman yang maksimal. Sistem pancaran sinyal *multibeam echosounder* menggunakan sistem *swath*, sistem *swath* bekerja dengan satu pancaran sinyal yang memiliki lebar dan panjang yang membentuk sebuah kolom (de Jong, et al., 2003).

Multibeam echosounder memiliki kesamaan dalam prinsip kerja dengan *singlebeam echosounder*, akan tetapi akurasi kedalaman yang dimiliki *multibeam echosounder* tidak lebih baik dari *singlebeam echosounder* karena terpengaruh oleh sudut pancaran *beam*. Sinyal akustik *multibeam* akan memiliki jarak rambat lebih panjang sehingga menyebabkan kesalahan akibat refraksi sudut juga semakin besar. Semakin mendekati titik nadir maka akurasi data yang dihasilkan

oleh *multibeam echosounder* juga akan semakin baik, namun sebaliknya semakin jauh dari titik nadir maka ketelitian data kedalaman yang akan didapatkan semakin rendah sehingga memerlukan perlakuan khusus dengan memfilter data tersebut.

Kesalahan dalam kegiatan survei dapat terjadi karena banyak faktor. Kalibrasi digunakan untuk meminimalisir kesalahan dan merupakan tahapan yang harus dilakukan untuk memeriksa dan menentukan besarnya kesalahan yang ada dalam suatu peralatan. Kalibrasi MBES diperlukan untuk memperoleh data yang baik dan memiliki ketelitian yang baik, sehingga sistem perlu dilakukan kalibrasi untuk melakukan survei. Jenis-jenis kalibrasi MBES diantaranya adalah sebagai berikut :

a. Kalibrasi sensor *static (Sensor Static Offset)*

Transducer, Vertical Reference Unit (VRU), antena GPS dan sensor lainnya terkadang terpasang pada lokasi yang tidak sama pada sebuah kapal survei. Kalibrasi statik linier diukur dari suatu titik referensi pada kapal dan digunakan dalam transformasi koordinat pada pengukuran kedalaman. Sensor *static offset* ini pada dasarnya untuk menentukan posisi sebenarnya titik kedalaman, maka dari itu *Sensor static offset* ini akan dihitung posisi sebenarnya pada *transducer*, bukan pada titik GPS.

b. Kalibrasi *roll*

Afifudin (2016) mengungkapkan bahwa kalibrasi *roll* merupakan kalibrasi yang digunakan untuk mengkoreksi kesalahan akibat pergerakan atau rotasi kapal pada sumbu X. Kesalahan *roll* juga bisa terjadi akibat pemasangan *transducer* yang tidak rata antara kedua sisi. Kalibrasi *roll* dilakukan dengan cara mengukur jalur survei yang sama dari dua arah yang berbeda pada kondisi dasar laut yang relatif datar.

c. Kalibrasi *pitch*

Kalibrasi *pitch* adalah kalibrasi yang digunakan untuk mengkoreksi kesalahan akibat pergerakan rotasi kapal pada sumbu y yang berupa anggukan kapal. Kesalahan ini mengakibatkan pergeseran jalur akibat geometri jalur pengukuran yang tidak sesuai (Kurnia, 2014). Godin (1998) mengungkapkan bahwa kontribusi kesalahan *pitch* relatif kecil pada perairan dangkal dan pada kondisi topografi yang datar. Kesalahan akan semakin besar pada kedalaman yang semakin dalam dan kesalahan posisi akan terlihat pada daerah yang memiliki keterlerangan yang curam.

d. Kalibrasi *yaw*

Kalibrasi *yaw* disebut juga kalibrasi azimuthal atau kalibrasi *gyro* merupakan kalibrasi untuk mengkoreksi kesalahan yang disebabkan rotasi kapal pada sumbu Z atau *heading* kapal selama survei berlangsung. Kesalahan ini mengakibatkan adanya selisih sudut antara *gyro-compass heading* dengan sumbu X *transducer*, sehingga beam yang menyebar di kedua sisi garis nadir mengalami kesalahan posisi seiring menjauhnya beam dari garis nadir. Kesalahan *yaw* berbanding lurus dengan kedalaman dan sudut pancaran *beam* (Godin, 1998). Kalibrasi untuk mengkompensasikan kesalahan *yaw* dilakukan dengan

mengukur dari dua jalur yang bersebelahan dengan sebuah objek di dasar laut.

e. Kalibrasi *Time Delay*

Kalibrasi ini dilakukan untuk mengurangi kesalahan akibat adanya perbedaan waktu antara data posisi yang dikirimkan GPS dan pada saat sinyal akustik diterima oleh *transducer*. Hal ini akan menyebabkan posisi dari nilai kedalaman menjadi tidak akurat. Mann (1998) mengemukakan bahwa nilai waktu jeda ini dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran pada jalur pemeruman yang mengalami perubahan, dari sepasang jalur yang digunakan dilakukan pemeruman dengan kecepatan yang berbeda dan pada topografi yang memiliki kemiringan atau fitur yang menonjol.

II.4 Global Positioning System (GPS)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini di desain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga-dimensi serta informasi mengenai waktu, secara kontinu di seluruh dunia tanpa tergantung waktu dan cuaca (Poerbandono dan Djunarsah, 2005). Untuk penentuan posisi dalam penelitian di Teluk Awur menggunakan metode PPP (*Precise Positioning Point*), yaitu sebuah sistem pengolahan data GNSS, bisa dilakukan secara *real time* dan *post processing*. Perusahaan penyedia jasa PPP tersebut mempunyai *base* yang tersebar di seluruh dunia dan selalu aktif 24 jam/hari. Data yang direkam oleh *base* tersebut digunakan untuk mengkoreksi data hasil pengukuran. Jika tempat melakukan pengukuran tersedia jaringan *mobile data* atau internet maka kita bisa mendapatkan hasil secara *real time*, atau bisa juga menggunakan sinyal radio, tergantung spesifikasi GPS yang digunakan.

II.5 EIVA

EIVA adalah sebuah perangkat lunak yang berasal dari negara Denmark yang dapat digunakan untuk keperluan akuisisi dan pengolahan data survei batimetri, citra permukaan dasar laut dan kolom air. EIVA dapat memproses data *echosounder* baik *multibeam* ataupun *singlebeam* berbasis ROV, kapal, laser maupun sonar (EIVA, 2018).

II.6 Klasifikasi Ketelitian Survei Hidrografi

Kegiatan yang dilakukan dalam survei batimetri memiliki standar resmi yang digunakan untuk menjaga kualitas data hasil pengukuran. Ketentuan internasional mengenai survei hidrografi diatur oleh *International Hydrographic Organization (IHO)* melalui *Special Publication-44* tahun 2008, sedangkan di Indonesia sendiri memiliki standar survei hidrografi menggunakan *multibeam echosounder* pada SNI 7988:2014 yang isinya pun mengacu pada ketentuan dari IHO S-44 tahun 2008. Menurut IHO (2008) standar minimum dalam survei hidrografi dibagi menjadi 4 orde ketelitian yang dibagi dalam tabel 1 :

Tabel 1 Orde ketelitian survei hidrografi menurut IHO

Orde	Spesial	1a	1b	2
Deskripsi area	Area dimana wilayah di bawah lunas kapal harus terpetakan seluruhnya	Area yang lebih dangkal dari 100 meter dan wilayah di bawah lunas kapal tidak harus terpetakan seluruhnya.	Area yang lebih dangkal dari 100 meter dan objek halangan dari wilayah bawah kapal tidak terlalu perlu dipetakan.	Area yang lebih dalam dari 100meter dimana secara umum gambaran dasar laut dianggap memadai.
Nilai TVU maksimum pada tingkat kepercayaan 95%	a = 0,25 meter b = 0,0075	a = 0,5 meter b = 0,013	a = 0,5 meter b = 0,0013	a = 1 meter b = 0,0023
Pemeriksaan dasar laut	Diperlukan	Diperlukan	Tidak diperlukan	Tidak diperlukan

II.7 Uji Ketelitian Data Pemeruman

Uji ketelitian data dilakukan pada daerah pertampalan dari masing-masing lajur dengan lajur di sampingnya dengan arah yang berlawanan, asumsinya titik-titik kedalaman pada lajur yang bertampalan atau berdekatan memiliki nilai kedalaman yang sama, namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa nilai kedalaman pada lajur yang bertampalan atau berdekatan bisa saja memiliki nilai kedalaman yang berbeda. Mengacu pada standar IHO S-44 tahun 2008, nilai toleransi kesalahan pertampalan lajur kanan dan kiri dihitung menggunakan persamaan (1) dengan tingkat kepercayaan 95%. Konstanta a dan b yang digunakan harus sesuai dengan orde survei yang digunakan sesuai dengan tabel 1 yang telah dibahas pada sub bab sebelumnya.

$$Toleransi\ Kesalahan = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots (1)$$

Keterangan :

a = faktor kesalahan yang tidak bergantung pada kedalaman

b = faktor kesalahan yang bergantung pada kedalaman
d = rata-rata kedalaman ukuran

Pada uji ketelitian ini diambil data sampel dari titik-titik kedalaman yang bertampalan atau berdekatan menggunakan menu *overlay spatial join* dalam ArcGIS untuk mendapatkan titik-titik yang bertampalan atau berdekatan, jumlah sampel pada uji ketelitian ini dibatasi sejumlah 40 pasang titik.

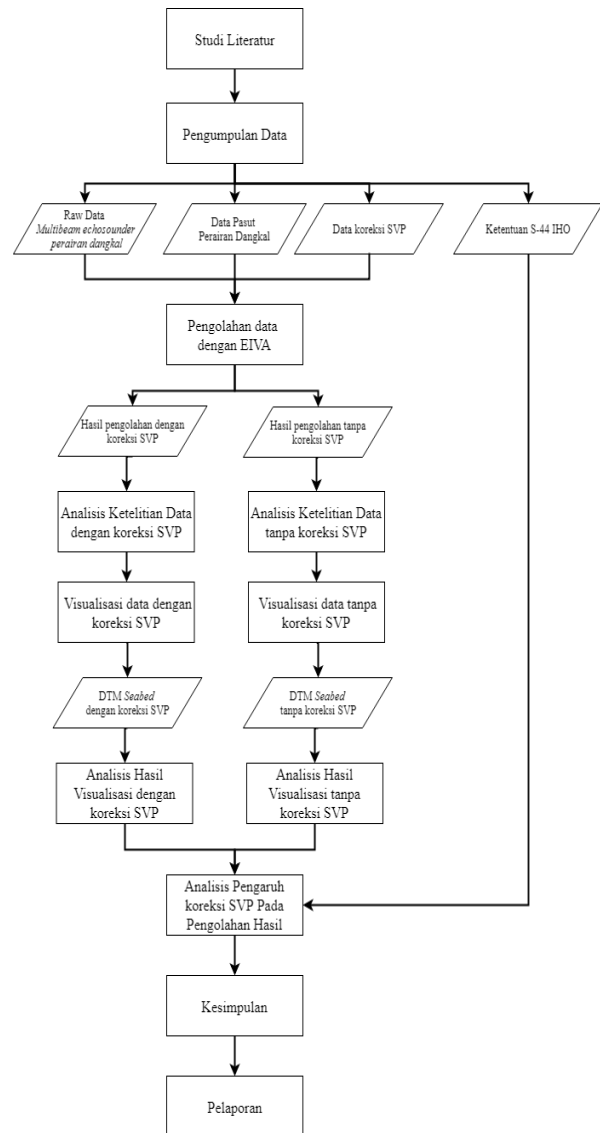
Dalam konteks standar IHO ini, dengan asumsi kesalahan distribusi normal maka tingkat kepercayaan 95% untuk kedalaman ditentukan sebesar 1,96 x standar deviasi, sehingga menurut acuan dari IHO data dapat diterima atau ditolak jika :

1. Ditolak jika : $1,96 \times \text{standar deviasi} > + \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$ atau $1,96 \times \text{standar deviasi} < - \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$
2. Diterima jika : $-\sqrt{a^2 + (b \times d)^2} < 1,96 \times \text{standar deviasi} < + \sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$

III Metodologi Penelitian

III.1 Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 2.



Gambar -2 Diagram Alir Penelitian

III.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Peralatan Pengolahan Data

Perangkat pengolahan data terdiri dari 2 (dua) perangkat, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*):

- 1) Perangkat Keras (*Hardware*)
 - a. Laptop ASUS : CORE i7, RAM 8 GB, NVIDIA GTX 1050Ti
 - b. *Multibeam echosounder* Norbit iWBMS
 - c. Valeport *mini SVP*
- 2) Perangkat Lunak (*Software*)
 - a. EIVA
 - b. Arcgis 10.3
 - c. Microsoft Office Word 2013
 - d. Microsoft Office Excel 2013
- 3) Data penelitian
 - a. *Raw data multibeam echosounder*
 - b. *Data sound velocity profile*
 - c. *Data model pasang surut*

III.3 Tahap Analisis Data

III.3.1 Pengolahan Data *Multibeam Echosounder*

Pengolahan data *multibeam echosounder* dilaksanakan dengan menggunakan perangkat lunak EIVA, koreksi yang diberikan yaitu koreksi pasut koreksi data SVP, koreksi *pitch*, koreksi *roll* dan koreksi *heading*. Untuk perbandingan, salah satu data *multibeam echosounder* tidak diolah dengan data koreksi SVP. Setelah itu kedua data dilakukan pembersihan *noise*. Hasil akhir pengolahan berupa file dengan ekstensi *.xyz.

III.3.2 Visualisasi Hasil Pengolahan Data *Multibeam Echosounder*

Proses penyajian hasil pengolahan data *multibeam* menggunakan perangkat lunak *NaviModel Producer* baik untuk secara 3D dan 2D. Perbandingan 2D dilakukan dengan melakukan perbandingan terhadap penampang melintang pada jalur yang sama untuk masing-masing data.

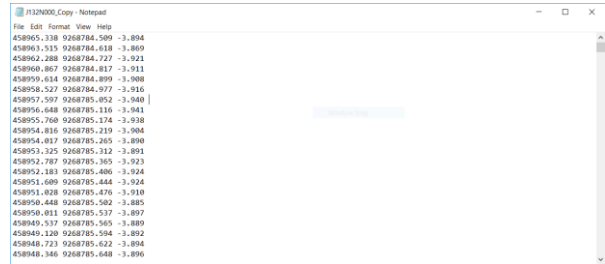
III.3.3 Uji Ketelitian Data *Multibeam Echosounder*

Uji ketelitian data *multibeam* dilakukan dengan mengambil 40 titik sampel dari pertamalan dua lajur. Sampel diambil dari titik-titik yang bertampalan atau berdekatan menggunakan menu *overlay spatial join* pada *ArcGIS*. Kemudian titik-titik ini dicari nilai rata-rata dan standar deviasinya. Selanjutnya nilai standar deviasi yang telah didapat digunakan untuk diuji ketelitiannya menggunakan standar dari IHO pada tingkat kepercayaan 95%, orde yang digunakan adalah orde spesial karena data hasil survei memiliki kedalaman kurang dari 10 meter. Nilai toleransi dihitung menggunakan persamaan (1) dan selanjutnya digunakan sebagai perbandingan dengan nilai hasil perhitungan 1,96x standar deviasi, jika nilai tersebut masuk dalam rentang toleransi maka ketelitian data diterima berdasarkan standar IHO S-44 2008.

IV Hasil dan Pembahasan

IV.1 Hasil Pengolahan Data *Multibeam Echosounder* Menggunakan Perangkat Lunak EIVA

Hasil dari pengolahan *raw data multibeam echosounder* ini berupa koordinat XYZ dengan ekstensi file *.xyz. File yang terbentuk merupakan hasil pengolahan dari masing-masing jalur pemeruman. File ini dapat dibuka menggunakan perangkat lunak *notepad*, masing-masing jalur memiliki jutaan koordinat sehingga membutuhkan beberapa waktu agar semua koordinat dapat dimuat pada *notepad*.



Gambar 3 Contoh koordinat hasil pengolahan *multibeam echosounder*

Hasil koordinat ini kemudian dapat digunakan untuk visualisasi pada perangkat lunak *NaviModel Producer* dan dapat membentuk DTM, *point cloud*, dan TIN. Pada penelitian ini hanya menghasilkan DTM karena dianggap paling mudah untuk divisualisasikan dan diinterpretasikan.

IV.2. Analisis Ketelitian Hasil Pengolahan Data *Multibeam Echosounder* yang Menggunakan Koreksi SVP dan Tidak Menggunakan Koreksi SVP

Uji ketelitian data pengukuran menggunakan lajur-lajur yang bertampalan dari arah pengukuran yang berbeda. Pengujian dilakukan dengan menggunakan standar IHO orde 2 dari data MBES yang telah diolah dengan nilai konstanta a sebesar 1 meter dan nilai konstanta b sebesar 0,075. Hasil uji ketelitian data MBES hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak pada EIVA baik untuk data yang menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 2 Hasil uji ketelitian data dengan koreksi SVP

Lajur	Deviasi Maks (m)	Deviasi Min (m)	Rata-rata kedalaman (m)	Standar Deviasi	1,96x standar deviasi	Toleransi IHO	Keterangan
1 dan 2	0.1860	0.0100	-3.94228	0.0718	0.14066	0.38720	Diterima
2 dan 3	0.2520	0.0050	-3.40504	0.0822	0.16103	0.25130	Diterima
3 dan 4	0.2580	0.0100	-4.04605	0.0781	0.15311	0.25183	Diterima
21 dan 22	0.4440	0.0620	-2.30351	0.0470	0.09211	0.25060	Diterima
22 dan 23	0.4200	0.0200	-2.70469	0.0697	0.13661	0.25082	Diterima
23 dan 24	0.2150	0.0560	-2.24459	0.0409	0.08019	0.30140	Diterima

Tabel 3 Hasil uji ketelitian data tanpa koreksi SVP

Lajur	Deviasi Maks (m)	Deviasi Min (m)	Rata-rata kedalaman (m)	Standar Deviasi	1,96 x standar deviasi	Toleransi IHO	Keterangan
1 dan 2	0.196	0.0100	-3.93528	0.08234	0.16139	0.25174	Diterima
2 dan 3	0.2610	0.0300	-3.40334	0.07739	0.15168	0.25130	Diterima
3 dan 4	0.2660	0.0050	-4.03859	0.07989	0.15659	0.25183	Diterima
21 dan 22	0.2610	0.0660	-2.30431	0.04696	0.09204	0.25060	Diterima
22 dan 23	0.4200	0.0200	-2.71420	0.07511	0.14722	0.25083	Diterima
23 dan 24	0.2290	0.0560	-2.24488	0.04360	0.08546	0.25067	Diterima

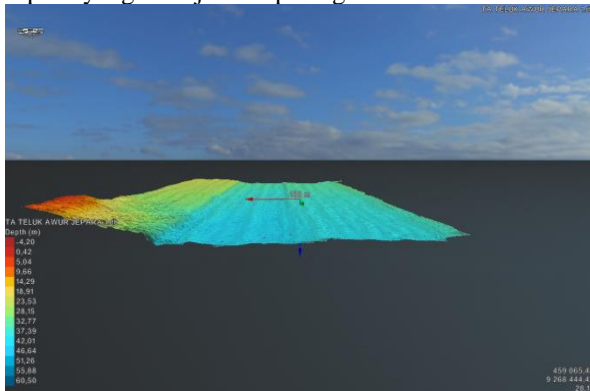
Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa standar deviasi terbesar terdapat pada jalur 2 dan 3 untuk data yang diolah dengan koreksi SVP dan pada jalur 1 dan 2 untuk data yang diolah tidak menggunakan koreksi SVP, sedangkan standar deviasi terkecil terlihat pada jalur 23 dan 24 untuk data yang diolah dengan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP. Dari tabel tersebut juga menunjukkan bahwa semua lajur yang dipilih sebagai sampel untuk uji ketelitian menunjukkan masih memenuhi batas toleransi yang ditetapkan oleh IHO.

IV.3 Analisis Visualisasi Hasil Pengolahan Data *Multibeam Echosounder* yang Menggunakan Koreksi SVP dan Tidak Menggunakan Koreksi SVP

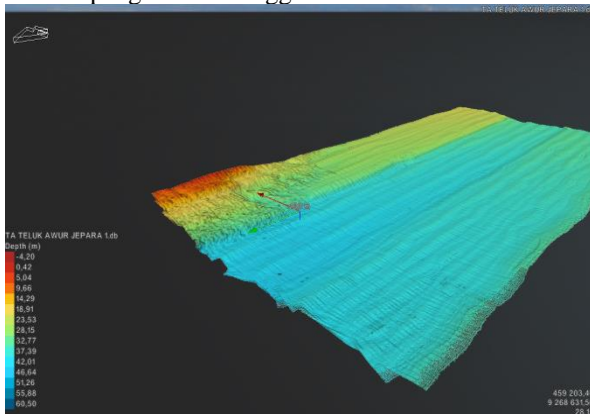
Hasil visualisasi 3D dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan perangkat lunak EIVA secara umum tidak memiliki perbedaan signifikan karena tidak terdapat perbedaan interpretasi objek dan perbedaan topografi yang berarti pada kedua visualisasi data tersebut. Visualisasi 3D dapat menampilkan keseluruhan data yang digunakan dalam penelitian ini dengan luas wilayah sebesar 1358,60m x 348,39m. Topografi dasar laut yang ditampilkan membentuk morfologi berupa dataran dan terdapat koloni terumbu karang pada pojok utara daerah penelitian.

IV.3.1 Visualisasi 3D Hasil Pengolahan Data yang Menggunakan Koreksi SVP

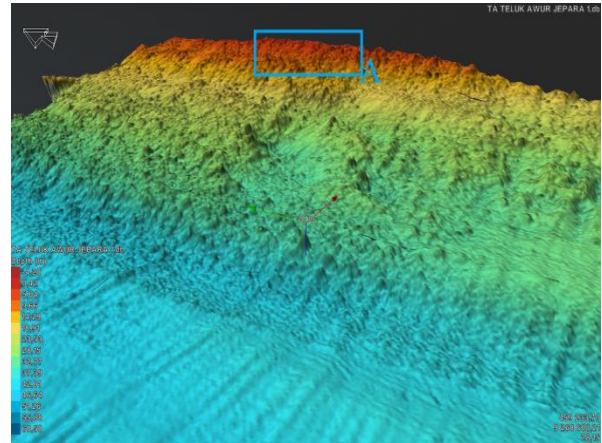
Pada hasil visualisasi 3D dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* yang menggunakan data koreksi SVP terdapat satu buah koloni karang di area kotak A daerah pemeruman seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Untuk topografi permukaan dasar laut pada data yang menggunakan SVP memiliki topografi yang relatif datar serta tidak ada objek lain yang terekam selain koloni terumbu karang di sebelah Utara seperti yang ditunjukkan pada gambar 4 dan 5.



Gambar 4 Tampak atas visualisasi 3D hasil pengolahan menggunakan koreksi SVP



Gambar 5 Tampak samping visualisasi 3D hasil pengolahan menggunakan koreksi SVP

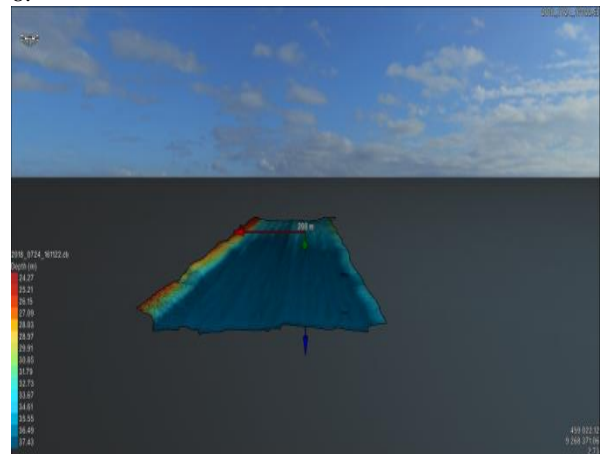


Gambar 6 Koloni karang pada data yang menggunakan koreksi SVP

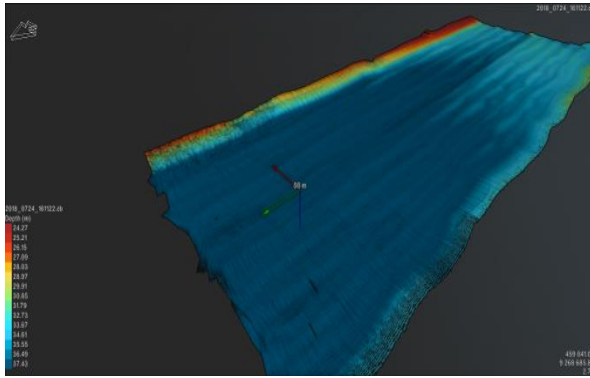
Pada hasil visualisasi 3D data *multibeam echosounder* yang menggunakan koreksi SVP terekam kedalaman maksimal sedalam 6,05 meter di bawah permukaan laut. Kedalaman yang paling dangkal terekam sedalam 1,23 meter di bawah permukaan laut seperti pada yang ditunjukkan kotak A pada gambar 6. Daerah yang memiliki kedalaman paling dalam terdapat di tengah daerah pemeruman, sedangkan kedalaman yang paling dangkal terdapat di koloni karang yang terdapat pada gambar 5.

IV.3.2 Visualisasi 3D Hasil Pengolahan Data yang Tidak Menggunakan Koreksi SVP

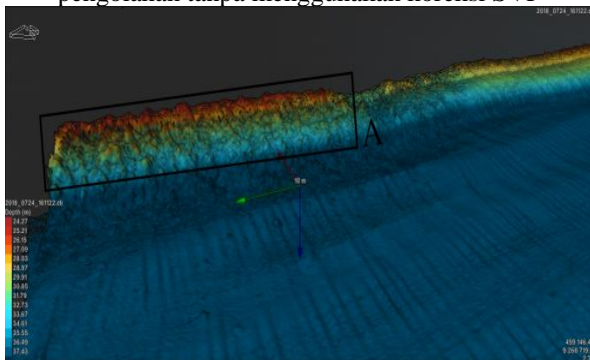
Pada hasil visualisasi 3D dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* yang tidak menggunakan data koreksi SVP terdapat satu buah koloni karang di kotak A daerah pemeruman seperti yang ditunjukkan pada gambar 9. Untuk topografi permukaan dasar laut pada data yang menggunakan SVP memiliki topografi yang relatif datar serta tidak ada objek lain yang terekam selain koloni terumbu karang di daerah yang berwarna merah yang ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.



Gambar 7 Tampak samping hasil 3D hasil pengolahan tanpa menggunakan koreksi SVP



Gambar 8 Tampak atas visualisasi 3D hasil pengolahan tanpa menggunakan koreksi SVP



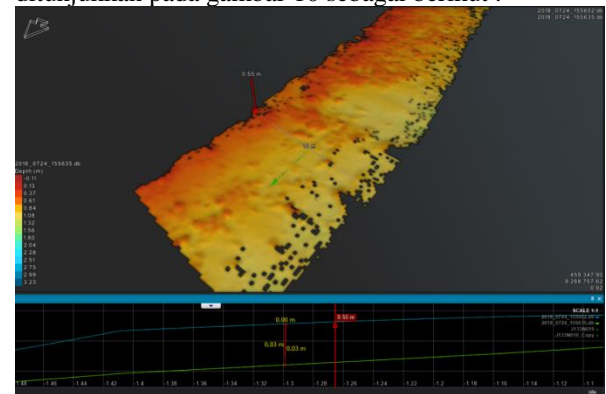
Gambar 9 Koloni karang pada datar yang tidak menggunakan koreksi SVP

Pada hasil visualisasi 3D data *multibeam echosounder* yang menggunakan koreksi SVP terekam kedalaman maksimal sedalam 6,01 meter di bawah permukaan laut. Kedalaman yang paling dangkal terekam sedalam 1,21 meter di bawah permukaan laut. Daerah yang memiliki kedalaman paling dalam terdapat di tengah daerah pemeruman, sedangkan kedalaman yang paling dangkal terdapat di koloni karang di kotak A daerah pemeruman.

IV.4 Perbandingan Penampang Melintang Hasil Visualisasi Data yang Menggunakan Koreksi SVP dan Tidak Menggunakan Koreksi SVP

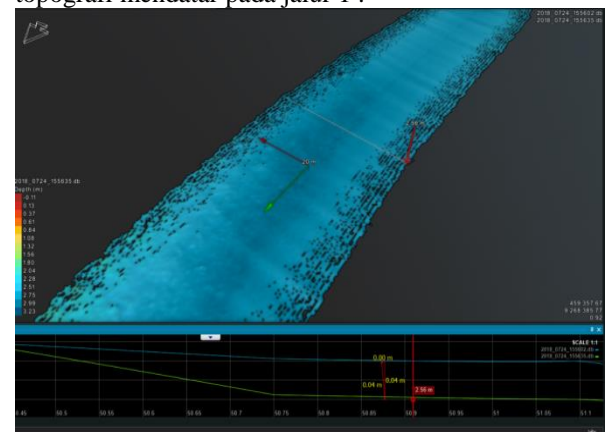
Perbedaan antara data yang menggunakan koreksi SVP dan tidak dapat dilihat lebih detail terlihat pada perbandingan data profil melintang jalur nomer 1 dan jalur nomer 29 dimana terdapat perbedaan kedalaman terukur tidak lebih dari 4 cm antara data yang menggunakan SVP dan tidak menggunakan SVP. Kedua jalur tersebut digunakan sebagai perwakilan data dari jalur lain karena pada jalur tersebut terekam data yang berupa koloni karang dan dataran landai. Dari data tersebut diambil masing-masing 3 titik sebagai perwakilan. Perbedaan kedalaman terukur ini akan lebih terlihat pada ujung samping jalur pemeruman karena efek sapuan dari *tranduser multibeam* yang membentuk garis melengkung pada ujung-ujungnya. Pada perbandingan profil melintang di jalur 1 ditunjukkan dengan garis biru yang merupakan profil melintang data yang tidak menggunakan koreksi SVP sementara garis hijau merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP. Seperti pada

perbandingan profil melintang salah satu jalur yang ditunjukkan pada gambar 10 sebagai berikut :



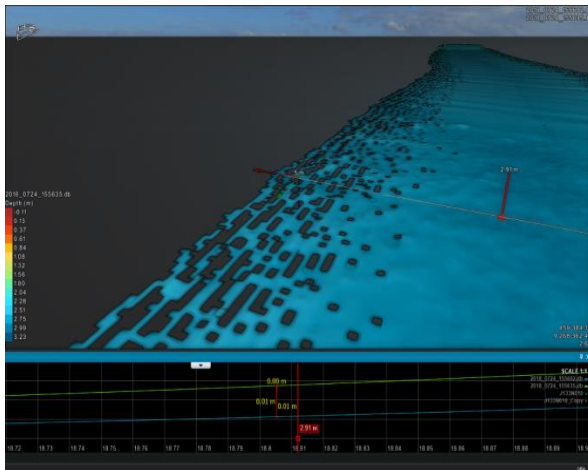
Gambar 10 Perbandingan penampang melintang jalur 1

Salah satu titik di jalur 1 yang berada di antara koloni karang menunjukkan perbedaan kedalaman terukur sebesar 3 cm. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*. Sedangkan pada gambar 11 menunjukkan perbedaan profil melintang area yang memiliki topografi mendatar pada jalur 1 .



Gambar 11 Perbandingan penampang melintang di tengah jalur 1

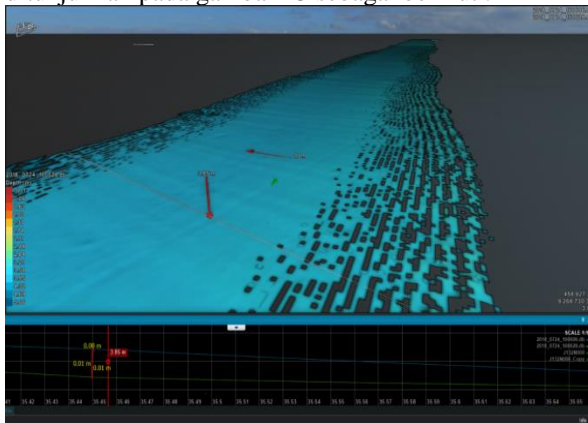
Terdapat perbedaan kedalaman terukur sebesar 4 cm. Garis biru merupakan profil melintang data yang tidak menggunakan koreksi SVP sementara garis hijau merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*. Pada gambar 12 menunjukkan perbedaan profil melintang area yang memiliki topografi mendatar pada ujung jalur 1.



Gambar 12 Perbandingan penampang melintang di ujung jalur 1

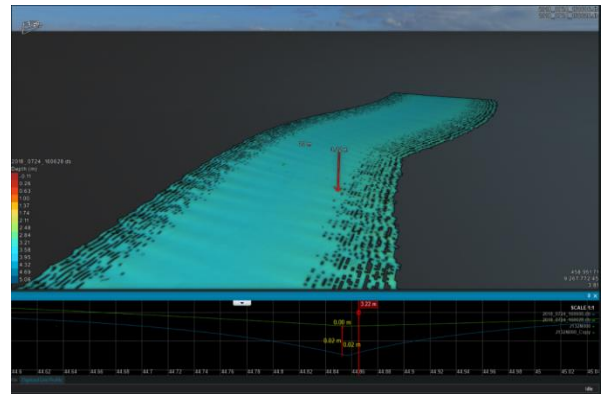
Ditemukan perbedaan kedalaman terukur sebesar 1 cm. Garis biru merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP sementara garis hijau merupakan profil melintang data yang tidak menggunakan koreksi SVP. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*.

Pada perbandingan profil melintang di jalur 29 ditunjukkan dengan garis hijau yang tidak merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP sementara garis biru merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP. Seperti pada perbandingan profil melintang salah satu jalur yang ditunjukkan pada gambar 13 sebagai berikut :



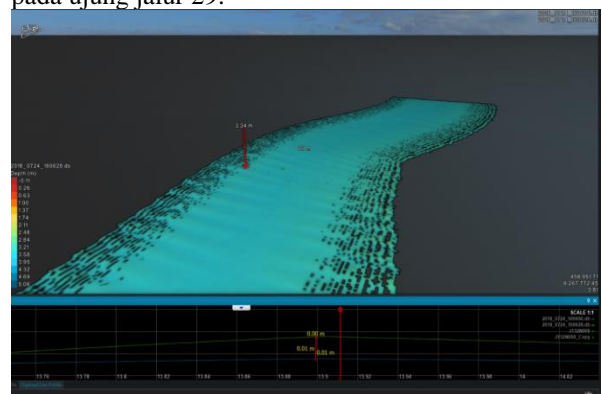
Gambar 13 Perbandingan penampang melintang di tengah jalur 29

Salah satu titik di jalur 29 yang berada di topografi yang relatif mendatar menunjukkan perbedaan kedalaman terukur sebesar 1 cm. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*. Sedangkan pada gambar 14 menunjukkan perbedaan profil melintang area yang memiliki topografi mendatar yang berada di pinggir jalur 29.



Gambar 14 Perbandingan penampang melintang di ujung jalur 29

Terdapat perbedaan kedalaman terukur sebesar 2 cm. Garis hijau merupakan profil melintang data yang tidak menggunakan koreksi SVP sementara garis biru merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*. Pada gambar 15 menunjukkan perbedaan profil melintang area yang memiliki topografi mendatar pada ujung jalur 29.



Gambar 15 Perbandingan penampang melintang di jalur 29

Ditemukan perbedaan kedalaman terukur sebesar 1 cm. Garis hijau merupakan profil melintang data yang tidak menggunakan koreksi SVP sementara garis biru merupakan profil melintang data yang menggunakan koreksi SVP. Perbedaan ini disebabkan karena kecepatan suara yang terukur oleh SVP lebih besar daripada kecepatan suara yang terukur oleh alat ukur cepat rambat gelombang suara yang terdapat dalam *transducer*.

V Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Setelah melakukan pengolahan data dan melakukan analisis, maka kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan perumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Ketelitian hasil pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP berada di dalam batas toleransi yang mengacu pada

standar yang ditetapkan oleh IHO melalui S-44 tahun 2008 pada orde spesial, sehingga data hasil pengolahan dapat diterima. Standar deviasi hasil pengolahan menggunakan data koreksi SVP dan tidak menggunakan data koreksi SVP secara umum memiliki nilai standar deviasi yang tidak terpaut terlalu jauh dengan nilai perbedaan antar pertampalan data yang menggunakan koreksi SVP dan tidak menggunakan koreksi SVP sebesar 0.01054 m untuk lajur 1 dan 2; 0.00481 m untuk lajur 2 dan 3; 0.000889 m untuk lajur 3 dan 4; 0.00004 m untuk lajur 21 dan 22; 0.00541 m untuk lajur 22 dan 23; dan 0.0027 m untuk lajur 23 dan 24. Hasil uji ketelitian kedua data juga sudah masuk dalam standar toleransi IHO, hal ini sudah dianggap mewakili kondisi permukaan dasar laut yang sebenarnya. Perbedaan kedalaman maksimal yang terdapat pada kedua model yaitu sebesar 4 cm dan perbedaan pada kedalaman minimum terukur yaitu sebesar 2 cm. Perbedaan akan semakin terlihat jelas setelah melihat profil penampang melintang 2 lajur pemeruman yaitu lajur 1 dan lajur 29 dimana terdapat selisih kedalaman terukur paling besar sebesar 4 cm. Lajur tersebut dipilih karena merupakan representasi bentuk morfologi landai pada lajur 29 dan objek berupa koloni karang pada lajur 1.

2. Hasil visualisasi pengolahan data *multibeam echosounder* yang menggunakan data koreksi SVP dan tidak ternyata tidak memiliki perbedaan yang mencolok atau signifikan. Visualisasi 3D yang ditampilkan pada perangkat lunak EIVA NaviModel Producer menghasilkan tampilan morfologi berupa dataran landai dengan koloni karang pada sebelah utara daerah penelitian. Mayoritas selisih kedalaman ini dapat ditemui pada ujung samping lajur pemeruman karena efek sapuan dari transduser. Hal ini disebabkan *beam* yang terpancar dari ujung sapuan transduser memiliki jarak tempuh dari transduser ke dasar laut yang lebih jauh dibanding *beam* yang terdapat pada titik nadir transduser.

V.2 Saran

Setelah melalui berbagai tahapan penelitian ini mulai dari persiapan hingga diperoleh hasil dan kesimpulan, untuk tujuan perbaikan penelitian dan hal-hal yang berkaitan dengan pengolahan data multibeam dan data koreksi SVP, maka penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Sebaiknya alat pengukur cepat rambat gelombang suara *built-in* pada transduser dimatikan terlebih dahulu sehingga semakin terlihat efek dari data koreksi SVP pada pengolahan multibeam
2. Sebaiknya penelitian dilakukan pada dasar laut yang memiliki morfologi berbukit atau ada objek yang terlihat di dasar laut seperti bangkai

kapal karam, pesawat tenggelam atau objek lainnya agar perbedaan visualisasi data dapat terlihat.

3. Dalam penelitian ini data yang digunakan merupakan data *multibeam echosounder* hasil pengukuran laut dangkal, sehingga perlu dilakukan penelitian pada laut dalam untuk membandingkan efek dari koreksi SVP pada hasil pengolahan multibeam agar semakin terlihat perbedaannya.

Daftar Pustaka

- <https://www.eiva.com/products/eiva-software/>. Diakses pada 5 Juni 2018
- Afifudin. 2016. *Perbandingan Data Batimetri Hasil Gridding Yang Dihasilkan Dari Pengukuran Multibeam Echosounder Dengan Metode Triangulasi, Nearest Neighbor, dan Continuous Curvature*. Skripsi. Yogyakarta: Departemen Teknik Geodesi UGM.
- Brennan, C.W. 2009. *Basic Acoustic Theory*. Austin: R2Sonic LLC.
- Brammadi, S; Nugraha, A.L; Sudarsono, B ; Mudita, I. 2017. Analisis Pengolahan Data *Multibeam Echosounder* Menggunakan Perangkat Lunak MB-System dan Caris HIPS and SIPS Berdasarkan Standar S-44 IHO 2008. Universitas Diponegoro.
- de Jong, C., Lachapelle, G., Skone, S., & Elema, I. 2003. *Hydrography 2nd Edition*. Delft: Delft University Press.
- Godin, A. 1998. *The Calibration Of Shallow Water Multibeam Echo-sounding Systems*. Fredericton: Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick.
- Hidayat, A; Sudarsono B; Sasmito, B. 2014. Survei Batimetri Untuk Pengecekan Kedalaman Perairan Wilayah Pelabuhan Kendal. Universitas Diponegoro.
- IHO. 2008. *Special Publication no 44 5th Edition*. Monaco : International Hydrographic Bureau.
- Kurnia, Q. T. 2014. *Visualisasi 3D Topografi Dasar Laut Berdasarkan Data Hasil Pengolahan Multibeam Echosounder Menggunakan Software MB-System*. Skripsi. Yogyakarta: Departemen Teknik Geodesi UGM.
- Mann, R. 1998. *Field Calibration Procedures for Multibeam Sonar Systems*. Alexandria: U.S. Army Topographic Engineering Center.
- Poerbandono, & Djunasjah, E. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: PT. Resika Aditma.