

ANALISIS PERBANDINGAN DIGITAL TERRAIN MODEL DARI DATA *MULTIBEAM ECHOSOUNDER* YANG TERKOREKSI DATA *SOUND VELOCITY PROFILER* DAN TANPA KOREKSI

Irfan Firdaus¹⁾, Silvester Sari Sai²⁾, Yastin David Batara³⁾

email : irfanfirdaus990@gmail.com, ³⁾yastindavidbatara@poliban.ac.id

(^{1,2}) Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil & Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang

³⁾Prodi Teknik Rekayasa Geomatika Politeknik Negeri Banjarmasin

Ringkasan

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 laut baik dari segi angin dan gelombang di wilayah pengukuran. Koreksi ini antara lain koreksi pasang surut, profil kecepatan suara dan pergerakan kapal. Pada penelitian kali ini membahas tentang salah satu koreksi yaitu SVP (*sound velocity profiler*) pada *multibeam echosounder*. Untuk data yang digunakan adalah data pengukuran batimetri yang diambil pada bendungan Selorejo. Data diolah menggunakan software EIVA NaviSuite untuk memperoleh model visualisasi berupa digital terrain model dari data yang diolah menggunakan koreksi SVP dan data yang diolah tanpa koreksi. Dari data tersebut akan dianalisa untuk kualitas data berdasarkan standar IHO-S44 untuk mengetahui apakah data pengukuran layak digunakan. Lalu untuk analisis model digital terrain modelnya menggunakan slope (kelerengan). Dari hasil analisis kedalaman DTM tanpa koreksi diperoleh dan paling dangkal memiliki nilai -5,18 m dari permukaan air dan kedalaman paling dalam memiliki nilai -17,07 m. Sedangkan hasil DTM menggunakan koreksi di diperoleh nilai paling dangkal dari permukaan air yaitu -5,18 m dan nilai paling dalam adalah -17,13 m dari permukaan air. Pada hasil analisis didapatkan beberapa perbedaan dari kedua data yang mana pada penggunaan parameter slope, dtm yang menggunakan koreksi memiliki total luas 63688.1904 m² sedangkan yang tidak menggunakan koreksi memiliki nilai 64101.39 m², maka didapatkan selisih sebesar 413.2 m².

Kata Kunci : Batimetri, *Multibeam Echosounder*, SVP, Digital terrain model, EIVA.

1. PENDAHULUAN

Salah satu sarana pengambilan data batimetri adalah survei hidrografi. Kegiatan hidrografi bertujuan mengukur kedalaman badan air dari permukaan air atau batimetri melalui pengukuran survei akustik dan sonar untuk menghasilkan peta navigasi serta informasi dasar laut untuk berbagai keperluan seperti pembangunan fasilitas Pelabuhan ataupun untuk memperoleh situasi dari dasar laut. Pendukung dalam kegiatan survei hidrografi dapat menggunakan teknologi akustik bawah air atau *underwater acoustics* seperti *multibeam echosounder* (MBES)[1].

Data *multibeam echosounder* memiliki *output* berupa model visualisasi *Digital Terrain Model* (DTM). Dalam pengolahan data MBES, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akurasi dan kedalaman hasil pengukuran. Oleh karena itu, penting untuk membandingkan DTM yang dihasilkan dari berbagai sumber atau teknik pengukuran.

Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan data *multibeam echosounder* yang diolah menggunakan koreksi dari *sound velocity profiler* (SVP) dan data *multibeam* tanpa koreksi *sound velocity profiler* (SVP).

2. KAJIAN PUSTAKA

Hidrografi

Kata 'hidrografi' merupakan serapan dari bahasa Inggris '*hydrography*'. Secara etimologis, '*hydrography*' ditemukan dari kata sifat dalam bahasa Prancis abad

pertengahan *'hydrographique'*, sebagai kata yang berhubungan dengan sifat dan pengukuran badan air, misalnya: kedalaman dan arus. Fenomena dasar perairan yang disebut dalam definisi di atas meliputi: batimetri atau 'topografi' dasar laut, jenis material dasar laut dan morfologi dasar laut. Sementara dinamika badan air yang disebut dalam definisi di atas meliputi: pasut (dan muka air) dan arus. Data mengenai fenomena dasar perairan dan dinamika badan air diperoleh melalui pengukuran yang kegiatannya disebut sebagai survei hidrografi. Data yang diperoleh dari survei hidrografi kemudian diolah dan disajikan sebagai informasi geospasial atau informasi yang terkait dengan posisi di muka bumi. Sehubungan dengan itu maka seluruh informasi yang disajikan harus memiliki data posisi dalam ruang yang mengacu pada suatu sistem referensi tertentu [2][3]

Survei Batrimetri

Batrimetri merupakan ukuran tinggi rendahnya dasar laut dimana peta batimetri memberikan informasi mengenai dasar laut. Pemanfaatan peta batimetri dalam bidang kelautan misalnya dalam penentuan alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai, pembangunan jaringan pipa bawah laut dan sebagainya [4].

Istilah batimetri (kedalaman dasar laut) didefinisikan sebagai pengukuran dan pemetaan dari topografi dasar laut. Pemetaan batimetri menggunakan *echosounder* perlu adanya koreksi dengan kondisi pasang surut dan koreksi *sound velocity profiler* (SVP) untuk mendapatkan data cepat rambat gelombang di lokasi tersebut. Pasang surut merupakan fenomena naik turunnya permukaan air laut pada periode tertentu sedangkan *sound velocity profiler* merupakan alat untuk mendapatkan kecepatan suara dalam air diukur baik dengan menggunakan sinyal akustik kecil yang dikirim ke penerima pada jarak yang diketahui [5].

Kecepatan Rambat Akustik

Dalam kegiatan survei dan pemetaan Hidro-Oseanografi, kecepatan rambat suara termasuk bagian dari aspek Hidrografi maupun *Oseanografi*. Terutama pada saat Survei Batimetri, kecepatan rambat suara sangatlah berpengaruh terhadap koreksi dari hasil pemeruman, selain pasang surut. Kecepatan rambat suara dapat diukur dengan alat sensor yang disebut *Sound Velocity Profiler* (SVP) maupun dengan *Conductivity Temperature and Depth* (CTD) [6].

Profil kecepatan suara (SVP) adalah parameter penting yang diperlukan untuk survei batimetri *multibeam* yang akurat. Sistem MBES mentransmisikan gelombang suara dan menerima waktu pulang pergi dari refleksi atau hamburannya, dan dengan demikian dimungkinkan untuk menentukan kedalaman dan koordinat target yang terdeteksi menggunakan SVP. Secara umum, SVP ditentukan oleh perangkat atau model empiris kecepatan suara [7].

Pengaruh terbesar pada perambatan gelombang akustik disebabkan oleh kecepatan suara dalam kolom air. Kecepatan sinyal akustik yang melalui sepanjang kolom air dipengaruhi oleh kecepatan suara yang menyebabkan refraksi atau pembelokan gelombang, sehingga mempengaruhi nilai kedalaman [8].

Multibeam Echosounder

Multibeam echosounder (MBES) merupakan peralatan akustik yang banyak digunakan dalam pemetaan dasar perairan, terutama karena teknologi ini memiliki kemampuan yang lebih baik, terutama cakupannya yang luas dan resolusi yang tinggi untuk akuisisi data batimetri. *Multibeam echosounder* merupakan alat yang sangat cocok untuk memetakan dasar perairan karena memiliki *coverage area* yang luas resolusi hasil data yang tinggi dan memiliki rentang kedalaman yang lebar [9].

Multibeam Echosounder adalah pengembangan dari alat *singlebeam echosounder* yang telah ada sebelumnya, untuk menutupi kekurangan yang ada pada alat tersebut. 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 Salinitas (*conductivity*), Temperatur, Kedalaman (tekanan) [10].

Offset Static

Ketidaksejajaran *transducer* dapat diukur besarnya dengan metode statis maupun metode dinamis. Metode statis dilakukan dengan melakukan survei dimensional untuk mendapatkan sudut ketidaksejajaran *transducer* dengan VRF. Survei dimensional merupakan prosedur pengukuran dimensi kapal secara tiga dimensi (3D) guna mendapatkan kerangka 3D dari sistem koordinat kapal (VRF) sekaligus ketidaksejajaran *transducer* terhadap VRF. Survei dimensional dilakukan saat kapal berada dalam dok kering (*dry dock*), ketika kapal berada di atas penyangga yang mengakibatkan kapal dalam keadaan stabil, sehingga adanya ketidaksejajaran *transducer* (*roll*, *pitch* dan *yaw*) terhadap VRF dapat diketahui secara akurat [11].

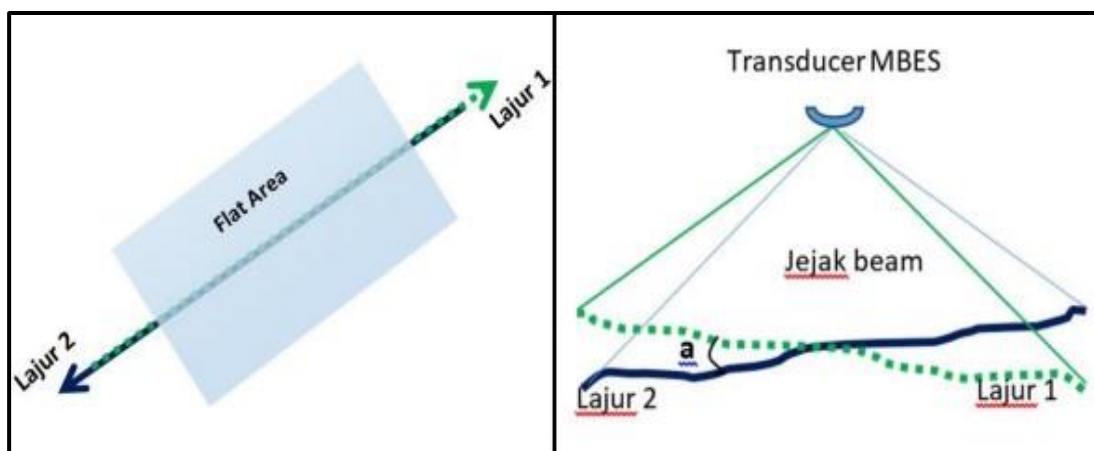
Metode dinamis untuk mendapatkan nilai *roll*, *pitch*, dan *yaw* akibat *transducer miss-alignment* adalah dengan kalibrasi *patch test*. Kalibrasi *patch test* dilakukan dengan merekam data MBES melewati beberapa lajur survei yang paralel dan *overlap* dengan kecepatan kapal, kedalaman, dan terrain dasar laut dengan spesifikasi tertentu [11].

Patch Test

Kalibrasi MBES atau *patch test* merupakan langkah yang utama untuk menentukan sudut simpangan antara *transducer*, sensor gerak dan sistem koordinat kapal. Sementara itu, setiap pemasangan baru *transducer* MBES atau apabila *transducer* MBES dipindahkan maka harus dilakukan *patch test*. Proses kalibrasi yang dilakukan meliputi proses kalibrasi *offset static*, *patch test* (*pitch*, *roll*, *yaw*) [11].

Kalibrasi Roll Test

Kalibrasi *roll* merupakan proses mengoreksi kesalahan akibat pergerakan rotasi kapal pada sumbu X atau gerak kanan/kiri sonar *multibeam* dengan sensor gerak (MRU). Proses *survey* untuk kalibrasi ini cukup dengan satu lajur perum pada dasar laut dengan kondisi yang datar (*flat*) [1]. Kesalahan *roll* (*roll offset*) menyebabkan dasar laut yang datar terlihat miring ketika kapal melewati lajur survei yang sama dengan arah berlawanan. *Roll offset* dapat diukur dengan memeriksa data kedalaman (*sounding data*) antara lajur survei yang sama, yang dijalankan dalam arah yang berlawanan pada kecepatan yang sama [11].

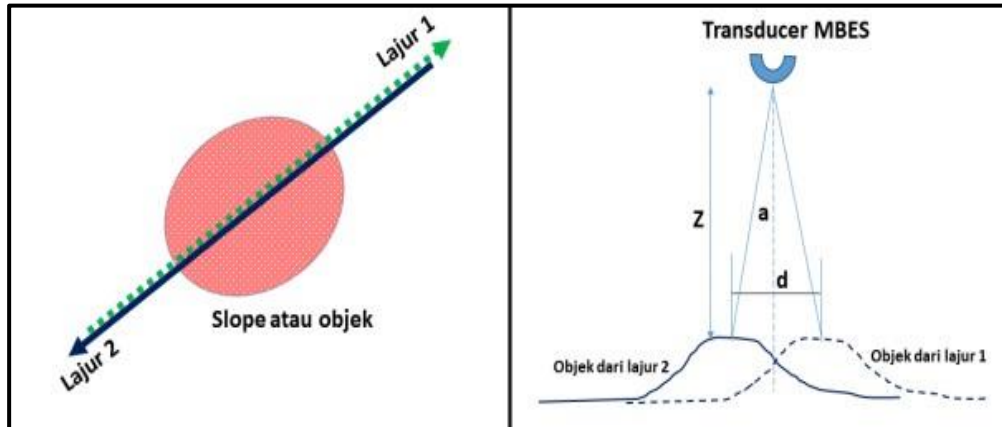


Gambar 1. Lajur survei yang berlawanan arah dan profil seabed dari dua lajur survei yang disebabkan adanya Roll offset

Kalibrasi Pitch Test

Kalibrasi *pitch* merupakan proses mengkoreksi kesalahan akibat pergerakan oleng/rotasi wahana atau kemiringan pemasangan *transducer* pada sumbu Y atau gerak depan/belakang sonar *multibeam* dengan sensor gerak (MRU).

Prosedur pengumpulan data *pitch test* adalah dengan menentukan lajur perum dengan kontur kemiringan (*slope*) dasar laut curam atau terdapat obyek terdefinisi di dasar laut [1]. *Pitch offset* dapat ditentukan dengan menjalankan lajur survei yang sama di atas fitur dasar laut yang menonjol atau yang memiliki kemiringan yang curam dengan lajur survei berlawanan arah dan pada kecepatan yang sama.

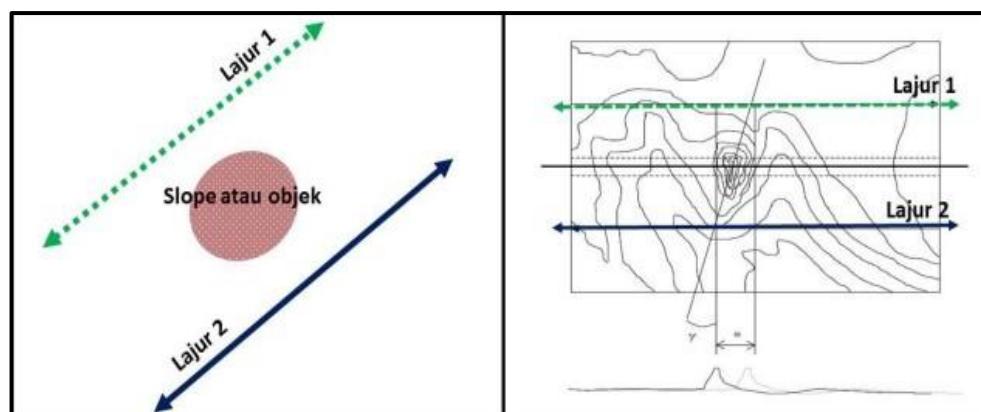


Gambar 2. Ilustrasi Kalibrasi Pitch Test

Kalibrasi Yaw Test (Heading)

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. Hal ini diterapkan untuk menentukan ketidaksejajaran sudut antara orientasi kepala sonar multibeam dengan antena GPS. Untuk menentukan *offset Yaw*, diperlukan dua lajur perum paralel diatas objek yang terdefinisi dengan baik atau tegak lurus terhadap kemiringan [1].

Untuk pengumpulan data *Yaw offset* dapat dikuantifikasi dengan memeriksa data kedalaman (*sounding data*) pada *area* yang tumpang-tindih (*overlap*) antara dua lajur survei yang saling berdekatan. Garis-garisnya harus berada dikedua sisi fitur dasar laut atau diatas lereng. Kesalahan yaw akan menghasilkan kesalahan posisi kedalaman, yang meningkat dengan jarak yang jauh dari titik nadir [12].



Gambar 2. 1 Ilustrasi Yaw Test [11]

Uji Kualitas Data

Untuk menjaga kualitas data hasil pengukuran dilakukan pengujian yang disebut kontrol kualitas data (*quality control*) untuk menentukan probabilitas nilai sebenarnya dari ketidakpastian suatu pengukuran kedalaman berdasarkan standar ketetapan yang dipublikasikan oleh *International*

Hydrographic Organization (IHO) dalam *IHO Standards for Hydrographic Surveys (S-44)* [1]. Data *multibeam* yang akan di uji kualitas orde berdasarkan standar IHO (Tabel 1 dan 2).

Tabel 2. 1 Klasifikasi Daerah Survei Hidrografi Berdasarkan Standar IHO S-44

| No | Kelas Orde | Deskripsi Area Survei |
|----|--------------|---|
| 1 | Orde Spesial | Pelabuhan tempat sandar dan alur kritis (berbahaya) dengan kedalaman hingga 40 meter. Area dengan cakupan batimetri 100% yang memetakan keseluruhan wilayah dibawah lunas kapal. Ketika jarak ruang bawah lunas dangkal maka dianggap tidak mungkin bahwa survei Orde khusus akan dilakukan di perairan yang lebih dalam dari 40 meter. Contoh daerah yang dapat menjamin survei Orde khusus adalah: daerah berlabuh, pelabuhan dan daerah dangkal dari alur pelayaran. |
| 2 | Orde 1a | Daerah-daerah di mana lautnya cukup dangkal dengan fitur alami atau buatan manusia di dasar laut. Cakupan batimetri 100% namun tidak harus terpetakan keseluruhan dibawah lunas kapal. Kedalaman 40 – 100 meter, biasanya digunakan untuk alur pendekatan pelabuhan dan alur pelayaran. |
| 3 | Orde 1b | Area yang lebih dangkal dari 100 meter di mana pencarian dasar laut penuh tidak diperlukan untuk jenis wilayah yang aman. Tidak diperlukan cakupan batimetri 100%. Orde survei ini hanya direkomendasikan di mana jarang ruang di bawah-lunas tidak dianggap masalah. Sebuah contoh akan menjadi daerah di mana karakteristik dasar laut sedemikian rupa sehingga kemungkinan ada terjadi fitur buatan manusia atau alam di dasar laut yang akan membahayakan jenis kapal permukaan sehingga diharapkan untuk mengurangi bernavigasi di daerah ini. |
| 4 | Orde 2 | Disarankan bahwa survei Orde 2 terbatas pada daerah yang lebih dalam dari 100 meter seperti pernah kedalaman air melebihi 100 meter adanya fitur buatan manusia atau alam yang cukup besar untuk mempengaruhi navigasi permukaan dan namun masih tetap tidak terdeteksi oleh survei Orde 2 dianggap tidak sesuai. Wilayah ini dapat diperhitungkan sebagai perairan laut dalam. |

Uji kualitas data dalam bidang vertikal (TVU) atau ketelitian kedalaman dilakukan pada daerah pertampalan dari lajur silang (*cross line*). Dalam navigasi kapal dibutuhkan data yang akurat tentang kedalaman air untuk sarana kegiatan lalu lintas pelayaran yang aman. Rumus yang digunakan dalam perhitungan standar toleransi batimetri ini sebagai *error value* (a) dan *limit error* (b) adalah sebagai berikut :

$$|S| = d_u - d_{cr} \dots\dots\dots (1)$$

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

Keterangan :

|S| = Error Value (m)

σ = Limit Error

d_u = Kedalaman laut utama / awal

d_{cr} = Kedalaman jalur silang / akhir

a = Konstanta kesalahan tidak bergantung pada kedalaman bersifat tetap

b = Koefisien dari kesalahan yang bergantung pada kedalaman dengan ketidak pastian bervariasi bersifat dependent/tidak tetap

d = Kedalaman (depth) terkecil dari lajur utama dan lajur silang (d_u d_{cr}).

Tabel 2. Standar Akurasi Pengukuran Kedalaman

| Orde | Orde Spesial | Orde 1a | Orde 1b | Orde 2 |
|--------------------|----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Nilai Maksimum TVU | a = 0.25 meter b = 0.007 5 | a = 0.5 meter b = 0.013 | a = 0.5 meter b = 0.013 | a = 1.0 meter b = 0.023 |

Berdasarkan DEM, kita dapat menggunakan analisis medan digital untuk mendefinisikan fitur medan dua dimensi atau tiga dimensi dan untuk membatasi batas DAS (watershed) dan/atau daerah tangkapan air dan jalur aliran air. Umumnya, parameter atribut medan yang dihapus dari DEM mencakup dua jenis: fitur primer dan sekunder. Menurut sumber data dan metode analisis, struktur data DEM, yang diperoleh melalui berbagai metode yang disebutkan di atas, dapat dibagi menjadi tiga jenis: grid, TIN, dan garis kontur [13].

Metode analisis medan dapat dikelompokkan menjadi empat jenis informasi : *Slope* , *Aspect* , *curvature* , *terrain variability*.

Slope

Kemiringan mendefinisikan intensitas proses morfologi kondisional gravitasi. Ini didefinisikan sebagai gradien vertikal (jatuh vertikal maksimal). Pada titik yang telah ditentukan, kemiringan adalah sudut bidang horizontal dan bidang medan singgung. Ini dapat dinyatakan dalam derajat, nilai persen dan unit per millimeter.

Aspect

Aspek ini penting untuk mencerminkan orientasi dasar laut di lokasi tertentu. Orientasi ini sangat relevan dengan arus lokal dan regional, serta memberikan informasi tentang paparan area tertentu terhadap pergerakan air tersebut. Kemiringan dan aspek secara intrinsik terkait karena kemiringan mencerminkan perubahan elevasi di sepanjang kemiringan paling curam dalam jendela analisis, ke arah mana pun yang mungkin dihadapi.

Curvature

Kelengkungan permukaan. Kelengkungan adalah turunan spasial kedua dari medan dasar laut. Ini adalah salah satu parameter medan dasar yang umumnya digunakan dalam analisis medan terestrial. Ini telah menemukan aplikasi rinci dalam ilmu tanah dan telah menjadi penting dalam klasifikasi bentang alam. Ini membantu menggambarkan signifikansi kelengkungan profil sebagai prediktor sifat tanah.

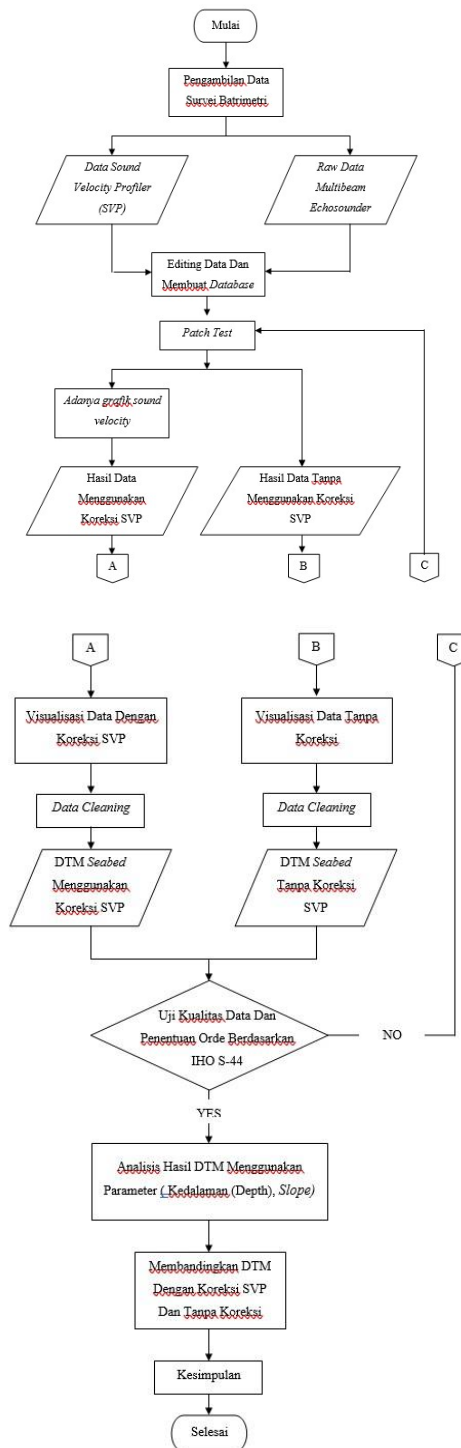
EIVA Navisuite

EIVA adalah perusahaan asal Denmark yang menyediakan perangkat lunak, perangkat keras dan jasa untuk mendukung keperluan pekerjaan *offshore survey* dan *construction industry*. EIVA *NaviSuite* adalah salah satu produk dari EIVA berlisensi, yang terdiri dari *Navipac*, *Naviscan*, *Naviedit*, *Navimodel* dan *Naviplot* [14].

3. METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir dari penelitian yang dilakukan :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Peralatan dan Bahan

Adapun peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain perangkat lunak (*Software*) dan perangkat keras (*Hardware*) :

(1) Perangkat keras (*Hardware*) :

1. Wahana kapal
2. *Multibeam Echosounder R2Sonic*
3. Transduser
4. GPS Veripos

5. Laptop

(2) Perangkat lunak (*Software*) :

1. *Software EIVA NaviSuite*
2. ArcGis 10.8
3. *Microsoft Office*
4. *Global Mapper*

Tahap Pengumpulan Data

Proses akuisisi data pada penelitian ini menggunakan 2 *software* dari produk *EIVA Navisuite* yang bernama *NaviPac* dan *NaviScan*. Kedua *software* ini saling berkesinambungan yang dimana fungsi dari *NaviPac* untuk mengatur *setting* navigasi sebelum dilakukannya pengukuran dan fungsi dari *NaviScan* adalah untuk proses pengambilan data.

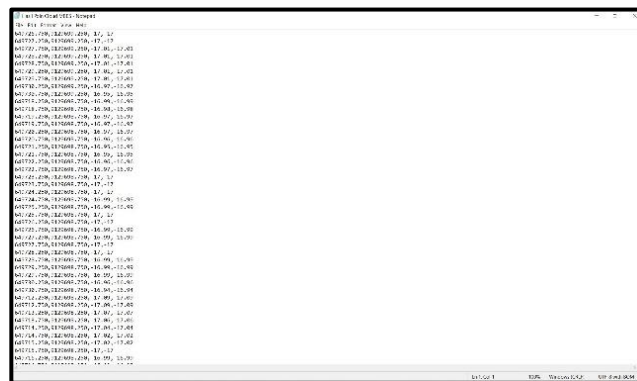
Tahap Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi 3 tahapan berdasarkan jenis perangkat lunak, yaitu pengolahan dengan *NaviEdit*, pengolahan dengan *NaviModel* dan pengolahan dengan *NaviPlot*. Serta analisis model DTM menggunakan *software Global mapper*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan *Multibeam Echosounder* menggunakan EIVA

Hasil dari pengolahan data berupa poin cloud dengan format file *SBD. Selanjutnya data di olah menggunakan EIVA yang dapat di *export* ke format *DTM. Setelah itu buka pada global mapper untuk merubah ke format csv agar mendapatkan koordinat XYZ nya.



Gambar 4. Koordinat hasil pengolahan

Hasil Uji Kualitas Data *Multibeam Echosounder*

Uji kualitas data menggunakan lajur-lajur yang saling bertampalan dari arah pengambilan data yang berbeda. Data pada titik koordinat yang bertampalan tersebut digunakan untuk mengetahui perbedaan kedalaman yang akan di tentukan batas toleransinya. Untuk hasil uji kualitas data dapat dilihat pada tabel dibawah :

| NO | Posisi | | Kedalaman (Depth) | | Selisih Atau Error Value | Orde Keteuntan IHO (limit Error) | | | Orde |
|----|-----------|------------|-------------------|---------------|--------------------------|----------------------------------|------------|--------|---------|
| | X | Y | ELEVASI DTM 1 | ELEVASI DTM 2 | | Orde Spesial | Orde 1A/1B | Orde 2 | |
| 1 | 649726.50 | 9129583.95 | -14.83 | -14.99 | 0.1600 | 0.2736 | 0.5359 | 1.0566 | Spesial |
| 2 | 649732.21 | 9129584.91 | -14.79 | -14.94 | 0.1500 | 0.2735 | 0.5357 | 1.0563 | Spesial |
| 3 | 649737.29 | 9129585.54 | -14.59 | -14.73 | 0.1400 | 0.2729 | 0.5348 | 1.0548 | Spesial |
| 4 | 649743.01 | 9129587.92 | -14.44 | -14.67 | 0.2300 | 0.2724 | 0.5341 | 1.0537 | Spesial |
| 5 | 649748.40 | 9129587.45 | -14.32 | -14.55 | 0.2300 | 0.2721 | 0.5335 | 1.0528 | Spesial |
| 6 | 649753.80 | 9129587.29 | -14.17 | -14.36 | 0.1900 | 0.2717 | 0.5329 | 1.0518 | Spesial |
| 7 | 649760.31 | 9129587.45 | -14.09 | -14.24 | 0.1500 | 0.2714 | 0.5325 | 1.0512 | Spesial |
| 8 | 649766.66 | 9129586.97 | -13.76 | -13.96 | 0.2000 | 0.2705 | 0.5310 | 1.0489 | Spesial |
| 9 | 649771.90 | 9129586.81 | -13.48 | -13.65 | 0.1700 | 0.2697 | 0.5298 | 1.0470 | Spesial |
| 10 | 649775.71 | 9129585.38 | -13.41 | -13.61 | 0.2000 | 0.2695 | 0.5295 | 1.0465 | Spesial |

Gambar 5. Hasil uji kualitas

Hasil uji kualitas menunjukkan bahwa Waduk Selorejo termasuk orde spesial. Hal ini dikarenakan lokasi survei memiliki kedalaman yang tidak lebih dari 40 meter, yang

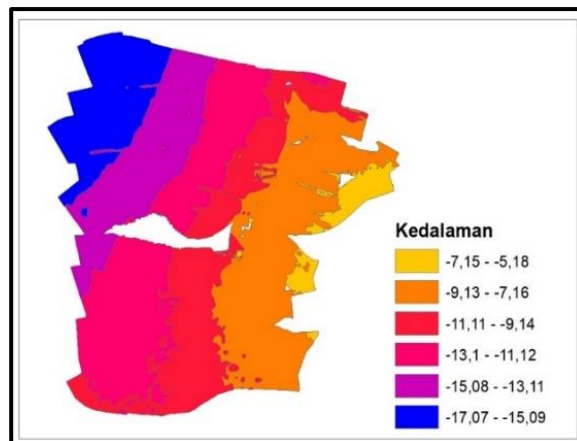
mana memiliki kedalaman berkisar 6 -17 meter. Dari kelesuruhan data sample yang diuji menunjukkan bahwa semua titik yang diambil dari **sample** lajur memenuhi batas toleransi yang sudah di ditetapkan namun beberapa titik menghasilkan orde yang bervariasi yang disebabkan selisih antara kedalaman kedua lajur lebih besar dari toleransi orde (pada kasus ini yaitu orde spesial) tetapi lebih kecil dari batas tandar orde lain. Seperti yang terlihat pada **table**, titik sample nomer 76 dan 78 memiliki nilai selisih yang lebih besar dari orde spesial tetapi tidak melebihi orde 1A/B maka dari itu data masih dikatakan memenuhi Standar.

Tabel 3. Hasil total persentase sample uji kualitas data

| Total Titik Sample | Persentase Orde | | |
|--------------------|-----------------|-------|----|
| | Spesial | 1A/1B | 2 |
| 97 | 97.94% | 2.06% | 0% |

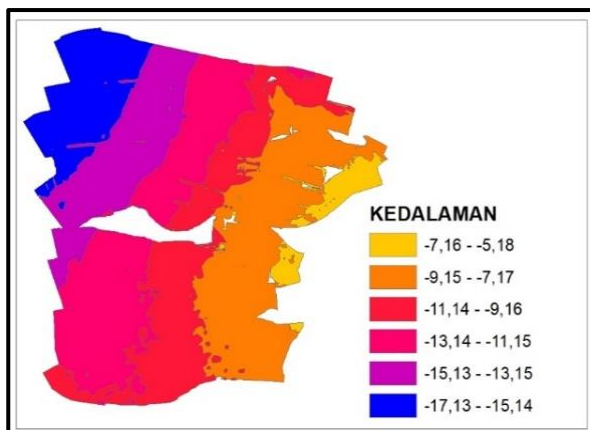
Hasil Perbandingan Visualisasi

Hasil visualisasi data tanpa koreksi kedalaman paling dalam memiliki nilai -17,07 m dari permukaan air. Sedangkan kedalaman tertinggi atau paling dangkal memiliki nilai -5,18 m dari permukaan air. Luas dari area tanpa koreksi sebesar 64994.268 m².



Gambar 6. Hasil kedalaman tanpa koreksi

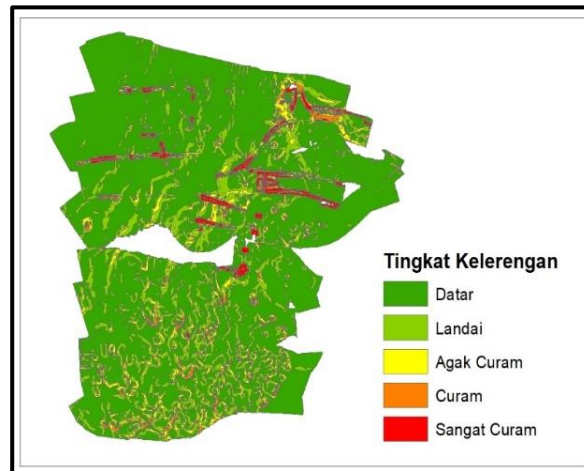
DTM menggunakan koreksi di diperoleh nilai kedalaman paling rendah dari permukaan air yaitu -5,18 m sedangkan nilai paling dalam adalah -17,13 m dari permukaan air. Untuk luas area dengan koreksi SVP memiliki nilai luas area sebesar 64659.408 m².



Gambar 7. Hasil kedalaman dengan koreksi svp

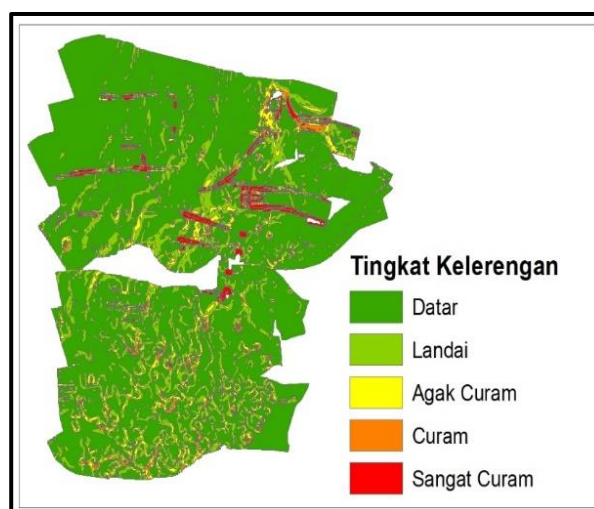
Hasil Visualisasi DTM Berdasarkan Slope

Hasil dari visualisasi dtm yang diolah menggunakan ArcGis 10.8 mendapatkan hasil Dari hasil analisis slope pada DTM menghasilkan luas dari masing-masing klasifikasi. Pada klasifikasi tingkat keterengn datar dengan rentang 0-8% memiliki total luas sebesar 45921.04 m² dengan persentase 72% dari total persentase seluruh luasan. Pada tingkat keterengn landai dengan rentang 8-15% memiliki luas sebesar 11774.02 m² dan memiliki persentase 18% dari keseluruhan luasan. Pada tingkat keterengn agak curam memiliki luasan 3856.022 m² dengan persentase 6 %. Pada kelas keterengn curam dengan rentang 25-40% memiliki total luasan 1349.689 m² dan memiliki 2% dari total luas keseluruhan. Selanjutnya keterengn sangat curam memiliki luas 1200.619 m² dan memiliki presentase 2% dari total keseluruhan.



Gambar 8. Hasil slope tanpa koreksi svp

Selanjutnya hasil dari analisis slope dengan koreksi svp Dari hasil analisis slope pada DTM menghasilkan luas dari masing-masing klasifikasi. Pada klasifikasi tingkat keterengn datar dengan rentang 0-8% memiliki total luas sebesar 45402.2719 m² dengan persentase 71% dari total persentase seluruh luasan. Pada tingkat keterengn landai dengan rentang 8-15% memiliki luas sebesar 11788.3275 m² dan memiliki persentase 19% dari keseluruhan luasan. Pada tingkat keterengn agak curam memiliki luasan 3960.9101 m² dengan persentase 6%. Pada kelas keterengn curam dengan rentang 25-40% memiliki total luasan 1383.4986 m² dan memiliki 2% dari total luas keseluruhan. Selanjutnya keterengn sangat curam memiliki luas 1153.1822 m² dan memiliki presentase 2% dari total keseluruhan.



Gambar 9. Hasil slope menggunakan koreksi SVP.

5. KESIMPULAN DAN SARAN-SARAN

Kesimpulan

Setelah melakukan penelitian diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut.

1. Diperoleh perbedaan kedalaman pada titik paling dalam , pada hasil tanpa koreksi memiliki nilai kedalaman terdalam sebesar -17,07 sedangkan hasil dengan koreksi sebesar -17,13 terdapat selisih 0,06 m. **(Berikan analisis dari selisih data tersebut)**
2. Pada hasil analisis didapatkan beberapa perbedaan dari kedua data yang mana pada penggunaan parameter *slope*, dtm yang menggunakan koreksi memiliki total luas 63688.1904 m² sedangkan yang tidak menggunakan koreksi memiliki nilai 64101.39 m², maka didapatkan selisih sebesar 413.2 m². Lalu untuk kedalaman , dtm yang menggunakan koreksi memiliki nilai luas area sebesar 64659.408 m² sedangkan yang tidak menggunakan koreksi memiliki nilai 64994.268 m², maka selisih dari kedua data sebesar 334,86 m². **(berikan analisis selisih data)**

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Untuk analisis disarankan menggunakan beberapa aplikasi sebagai perbandingan untuk dapat melihat aplikasi mana yang lebih efisien untuk digunakan dalam melakukan analisis *terrain*.
2. Pada pengolahan data disarankan untuk mengolah dengan aplikasi lain yang dapat mengolah data multibeam agar output yang dihasilkan maksimal.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. C. Nugroho *et al.*, "Implementasi Multibeam Echosounder untuk Pengukuran dan Analisis Data Kedalaman Perairan Teluk Jakarta Berdasarkan International Hydrographic Organization Standards Implementation of Multibeam Echosounder for Measurement and Analysis of Jakarta Bay Seawat," vol. 12, no. 1, pp. 60–71, 2022, doi: 10.26418/positron.
2. Poerbondono and E. Djunasjah, "Survei Hidrografi," in *(R.Herlina, Ed.) (Cetakan Pe). Bandung, Indonesia: PT. Refika Aditama.*, R. Herlina S.St, Ed. Bandung: PT> Refika Aditama, 2005, pp. 1–2.
3. M. Zona spatial, "Autonomous Survey Vessel (ASV) Bagian III Alat Survey (SBES & MBES)," *Artikel Geospasial, Survey, Teknologi*, 2019. <https://zonaspasial.com/tag/survey-hidrografi/> (accessed Mar. 21, 2023).
4. R. Anzari, . H., and H. Surbakti, "Pemetaan Batimetri Menggunakan Metode Akustik Di Muara Sungai Lumpur Kabupaten Ogan Komering Ilir Provinsi Sumatera Selatan," *Maspari J. Mar. Sci. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–84, 2017.
5. S. Adiyatno, A. R. Muhammad, and I. P. Dewi, "Pemetaan Karakteristik Pasang Surut Dan Batimetri Di Selat Semau Provinsi Nusa Tenggara Timur," *Coast. Small Islands Journal)-Jurnal Kelaut. MCSIJ-JURNAL Kelaut.*, vol. 1, pp. 45–55, 2017, [Online]. Available: <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/mcs/article/view/3307>
6. E. Prakoso, S. P. Widodo, P. W. Ainun, and A. Dian, "Pengaruh Sound Velocity Terhadap Pengukuran Kedalaman Menggunakan Multibeam Echosounder Di Perairan Surabaya," p. Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, 2015.
7. Z. Wu, F. Yang, and Y. Tang, *High-resolution Seafloor Survey and Applications*. 2021. doi: 10.1007/978-981-15-9750-3.
8. S. J. Leeman, "Basic Acoustic Theory," *Phys. Princ. Med. Ultrason.*, pp. 1–40, 2005, doi: 10.1002/0470093978.ch1.
9. R. Ayu Fariyah, H. Munandar Manik, and G. Harsono, "Pengukuran Dan Analisis Hambur Balik Akustik Menggunakan Teknologi Multibeam Echosounder Untuk Klasifikasi Sedimen Dasar Laut Teluk Palu," *J.ilmu dan Teknol. Kelaut. Trop.*, vol. 12, no. August, pp. 439–456, 2020, doi:

- 10.29244/jitkt.v12i2.28465.
10. B. Sasmito, Y. Prasetyo, L. Sabri, and M. Awaluddin, "Kajian Jalur Pelabuhan 'Marine Science Techno Park UNDIP' Teluk Awur Jepara Menggunakan Multibeam Echosounder (MBES) Dan Sistem Informasi Geografis," *J. "Elipsoida,"* vol. 01, no. 02, pp. 1–6, 2018.
 11. D. Muljawan, D. Haryanto, and M. Ilyas, "Kalibrasi Patch Test Untuk Multibeam Echosounder Laut Dalam Di Kr . Baruna Jaya-I Pacth Test Calibration of Deep Water Multibeam Echosounder in Rv . Baruna Jaya-I," *Badan Pengkaj. dan Penerapan Teknol.,* no. October, p. 13, 2020.
 12. C. W. Brennan, "Multibeam Calibration : The Patch Test," *R2Sonic LLC Multibeam Train. - Patch Test,* pp. 1–10, 2009, [Online]. Available: http://www.r2sonic.com/pdfs/R2Sonic_ThePatchTest.pdf
 13. H. Bi, X. Li, M. Guo, X. Liu, and J. Li, "Digital terrain analysis based on DEM," *Front. For. China,* vol. 1, no. 1, pp. 54–58, 2006, doi: 10.1007/s11461-005-0002-4.
 14. D. Pambudhi, "Pengolahan Data Multibeam Echosounder untuk Mendeteksi Pipa Bawah Laut Menggunakan Perangkat Lunak Eiva Navisuite (Studi Kasus: Muara Bekasi)," 2017Mauluddin, M. S., & Ghozi, M. (2021, November). Rancang Bangun Sistem Informasi Jadwal Kegiatan Acara Di Dinas Komunikasi Dan Informatika (Dinkominfo) Demak Berbasis Web. In *Prosiding Seminar Sains Nasional dan Teknologi.*
 15. Muharir, M., & Alamsyah, N. (2019). Perancangan Sistem Informasi Penjadwalan Praktikum Berbasis Web Pada Fakultas Teknologi Informasi. *Technologia: Jurnal Ilmiah.*
 16. Pamungkas, D. (2020). RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI PENJADWALAN UJIAN TUGAS AKHIR (SIJUKIR) BERBASIS WEB (Studi Kasus: Prodi Informatika Universitas Teknologi Yogyakarta) (Doctoral dissertation, University of Technology Yogyakarta).
 17. Pinedo, M., 2016, *Scheduling: Theory, Algorithm, ans System, 5th Edition,* New York University, New York.
 18. Putra, N. D. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Kampung Sebagai Media Pelayanan Warga Berbasis Web. *J. Artif. Intell. Innov.*
 19. Ramsari, N., & Rifaldi, A. (2018). Rancang bangun aplikasi penjadwalan kegiatan akademik disertai sistem reminder berbasis responsive web design. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi.*
 20. Santoso, S., & Nurmalina, R. (2017). Perencanaan dan pengembangan aplikasi absensi mahasiswa menggunakan Smart Card guna pengembangan kampus cerdas. *Jurnal Integrasi,* 9(1), 84-91.
 21. Supono, dan Putratama Vidiandry, 2016, *Pemrograman Web dengan menggunakan PHP dan Framework Codeigniter,* BUDI UTAMA: Yogyakarta.
 22. Sutabri, & Sutinah. (2017).
https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/277786/File_10-Bab-II_Landasan-Teori.pdf. 250.
 23. Zulkarnaini, Z., Azima, M. F., & Laila, S. N. (2019). Rancang Bangun Sistem Informasi Arsip Dokumen LP4M IIB Darmajaya Menggunakan Agile Development Method