



## 3D Modeling and Volume Estimation of Riverbed Layers Based on Sub Bottom Profiler Measurement Data

Nurkhalis Rahili<sup>1</sup>, Bambang Kun Cahyono<sup>2</sup> \*

<sup>1</sup> Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

### Article History:

Received 23 October 2018

Received in revised form 31 May 2019

Accepted 11 June 2019

Available online 28 June 2019

### Keywords:

Acoustic survey, sub bottom profiler, 3D model, volume estimation.

### Corresponding Author:

Nurkhalis Rahili

Email: [kholis0715@gmail.com](mailto:kholis0715@gmail.com)

**ABSTRACT.** River is one of the transportation routes for human beings, as well as the pipelines for oil and gas distribution transport, or power cable and communications networks. In order to not disturb the pipe or cable due to the activity of the ship through the river, it is necessary to study the sediment of the river. This study aims to determine the type, the thickness, the depth and the volume of sediment. It can be done with acoustic measurements. The measurement of the acoustic survey in this activity uses a sub bottom profiler Strata Box HD type Chirp. By using this tool, it can obtain sediment layer up to a certain depth. The result of the measurement will be interpreted to obtain the travel time of the acoustic wave as it reflected on the sediment layer. The travel time than processed and corrected with the tidal measurement data which made over 14 days to obtain the actual depth value from the result with the sub bottom profiler. The depth data then were quality tested with Z table. This activity produces a 3D model of river layer, depth profile and sediment layer volume estimation. The result of the quality tested obtained corrected depth data has met the established standards. Using a 95% confidence level, the test results in the first layer is -0.210 and the second layer has a data quality test results -0.052 with a tolerance at  $\pm 1.96$ . The result of depth profile is a long section and cross section. The long section indicates that in the deflection of the river area there is a steep decline compared to the area before and after the river deflection. In addition, the river deflection area has a thinner sedimentary layer. The volume estimation of sediment layers obtained in the area of the activity is 4932752.739 m<sup>3</sup>.

© Author(s) 2019. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Sungai merupakan salah satu jalur transportasi yang masih sering digunakan oleh masyarakat. Khususnya masyarakat yang berada didaerah dengan aksesibilitas darat yang tidak memadai. Kondisi tersebut membuat masyarakat lebih condong untuk memilih menggunakan jalur sungai dengan alat transportasi menggunakan kapal bermesin ataupun kapal tradisional. Pada daerah-daerah dengan sungai lebar, sungai masih sering digunakan sebagai alur untuk berlayarnya kapal-kapal pengangkut dalam mendistribusikan berbagai bahan, mulai dari bahan kebutuhan pokok sehari-hari sampai bahan tambang.

Selain sebagai jalur transportasi, sungai juga sering dijadikan sebagai jalur yang dilalui pipa untuk penyaluran minyak dan gas, bahkan juga sebagai jalur kabel listrik maupun saluran telekomunikasi. Agar pipa ataupun kabel tidak mengalami gangguan seperti terjadinya kerusakan akibat kapal yang melalui jalur tersebut, perlu dilakukan penanaman terhadap pipa dan kabel. Tentunya untuk merencanakan jalur penanaman di sungai juga memerlukan perencanaan yang baik. Perlu dilakukan berbagai pengkajian, salah satu yang perlu dikaji adalah keadaan sedimen dari sungai itu sendiri.

Pengkajian akan sedimen ini tidak hanya sebatas pada jenis dari sedimen tersebut, namun juga berkaitan dengan tebal dari lapisan sedimen yang terbentuk. Dalam kegiatan

lain perlu dikaji jumlah volume sedimen yang ada pada suatu lokasi. Untuk mendapatkan volume dari lapisan sedimen perlu dilakukan pengukuran, yang salah satunya dengan menggunakan metode akustik.

Salah satu jenis pengukuran akustik khususnya untuk mengetahui lapisan sedimen adalah pengukuran menggunakan *Sub Bottom Profiler* atau biasa disebut SBP. Seperti yang dilakukan oleh Rohman dkk. (2015) dalam penelitiannya yang melakukan analisis dan klasifikasi sedimen. Hal tersebut dapat dilakukan dikarenakan pengoperasian sistem ini memanfaatkan frekuensi rendah yang merambat melalui medium air sampai pada permukaan dasar perairan dan dapat menembus kedalam lapisan-lapisan pada dasar perairan hingga kedalaman tertentu. Dengan melakukan survei ini nantinya akan didapatkan informasi yang terkait dengan tipe dasar perairan bahkan juga kedalaman serta ketebalan sedimen akan didapatkan.

Dalam kegiatan lain, SBP digunakan untuk melakukan survei terhadap keadaan dari jalur pipa gas bawah air yang telah dipasang pada permukaan dasar perairan (Levchenko, 2006). Selain itu dalam penelitian Kusuma dkk. (2016) hasil survei dengan SBP digunakan untuk mengidentifikasi lapisan material pada kedalaman berbeda-beda dari dasar perairan. Sehingga hasil survei dengan SBP ini akan dapat digunakan untuk menentukan dan merencanakan kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan keteknikan, baik pemasangan pipa, pemasangan kabel, dan sebagainya.

## 1.2 Tujuan

Tujuan kegiatan meliputi:

1. Mendapatkan model tiga dimensi lapisan sungai berdasarkan data hasil pengukuran menggunakan Sub Bottom Profiler.
2. Mendapatkan profil kedalaman dari lapisan berdasarkan data hasil pengukuran menggunakan *Sub Bottom Profiler*.
3. Melakukan perhitungan volume lapisan sungai.

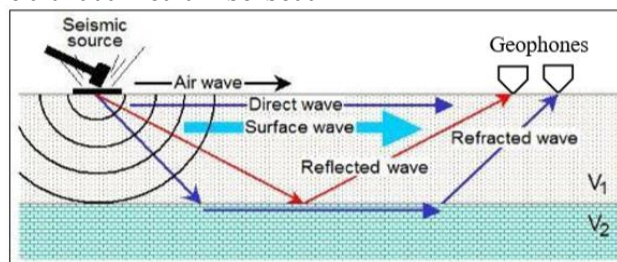
## 1.3 Landasan Teori

### 1.3.1 Survei Seismik

Survei seismik tidak lepas dari sebuah metode yang disebut metode seismik refleksi dan seismik refraksi. Kedua metode ini memanfaatkan gelombang seismik. Gelombang seismik sendiri merupakan gelombang elastik yang merambat di bumi, yang perambatannya bergantung pada sifat elastisitas medium perambatannya (Nurdiyanto dkk, 2011). Hal ini memungkinkan kita untuk mengetahui letak batas antara lapisan-lapisan yang dilalui oleh gelombang seismik. Menurut Kruk (2001), seismik pada geologi ditentukan menggunakan gelombang seismik, dengan tujuan untuk mengetahui struktur geologi, dan jika memungkinkan untuk mengetahui sifat dari material penyusun permukaan geologi.

Akuisisi data dalam survei seismik sendiri menggunakan beberapa peralatan. Peralatan tersebut diantaranya berupa pemancar gelombang seismik, dan *receiver* yang berfungsi untuk mencatat penjalaran waktu gelombang saat mulai dipancarkan sampai diterima kembali juga kedalaman dari pemantulan energi seismik

(Anderson dan Akingbade, 2002). Pada Gambar 1.1 menunjukkan prinsip kerja dari survei seismik yang melalui dua medium berbeda.



Gambar 1.1 Prinsip kerja survei seismik (dimodifikasi dari Park, 2008,

<http://parkseismic.com/Whatisseismic.html>).

### 1.3.2 Sub Bottom Profiler (SBP)

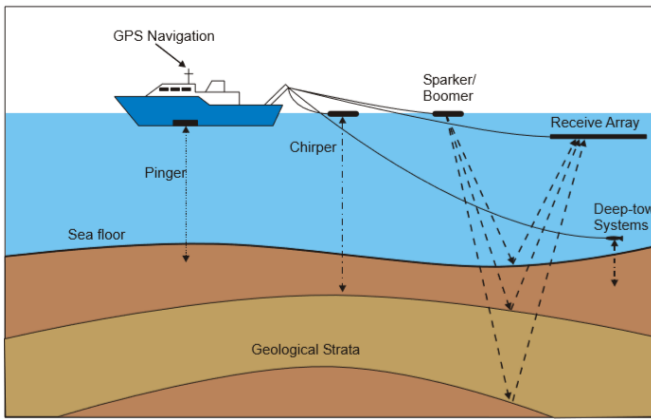
*Sub Bottom Profiler* merupakan salah satu alat untuk melaksanakan survei seismik bawah dasar perairan. Sama halnya seperti *single beam*, ataupun *multi beam*, alat ini juga menggunakan sistem akustik dalam melakukan perekaman dasar perairan. Bedanya terletak pada hasil, dimana SBP dapat melakukan penetrasi hingga menembus lapisan dasar perairan, sedangkan *multi beam* ataupun *single beam* hanya sampai permukaan lapisan dasar perairan.

Untuk dapat menembus lapisan dasar perairan, SBP menggunakan gelombang frekuensi yang rendah. Diantaranya *pinger*, dapat digunakan pada energi yang rendah, dengan frekuensi akustik yang digunakan untuk mengoperasikan pada 3 kHz sampai dengan 12 kHz (Kearey dkk., 2002). Dimana nantinya setiap melewati lapisan yang berbeda gelombang akan terpantulkan. Pantulan tersebut yang akan memberikan gambaran atau layer-layer pelapisan yang berbeda. Terpantulkannya gelombang terjadi akibat adanya perbedaan impedansi akustik yang terjadi antar lapisan. Proporsi energi gelombang yang dipancarkan dan terpantulkan sangat ditentukan dari impedansi akustik antar lapisan (Kearey dkk, 2002).

Hasil pemantulan gelombang kemudian diinterpretasi, tidak semua lapisan dapat diinterpretasi dengan baik oleh SBP. Kearey dkk. (2002) mengatakan pada alat jenis *pinger* akan memberikan penetrasi kedalaman terbatas pada beberapa meter untuk sedimen lumpur ataupun beberapa sedimen kasar, dengan tidak adanya penetrasi terhadap sedimen kasar. Namun tidak untuk jenis SBP lainnya seperti *boomer* dan *sparker* yang memerlukan energi lebih besar dalam penggunaannya. Tabel 1.1 menunjukkan pengklasifikasian dari SBP menurut Penrose dkk. (2005) dan Gambar 1.2 menunjukkan prinsip kerja dari setiap jenisnya menurut Penrose dkk. (2005).

Tabel 1.1. Klasifikasi dari berbagai jenis SBP (Sumber : Penrose dkk., 2005).

Sistem	Frekuensi (kHz)	Resolusi (m)	Penetrasi (m)	Pemasangan
<i>Sparker</i>	0,05 – 4	>2	500	<i>Towed</i>
<i>Chirp</i>	1 - 10	0,05	<100	<i>Hull or Towed</i>
<i>Boomer</i>	0,3 – 3	0,5 – 2	<200	<i>Towed</i>
<i>Pinger</i>	3,5 – 12	0,2	10 - 50	<i>Hull</i>



Gambar 1.2 Prinsip kerja SBP (Sumber : Penrose dkk., 2005).

### 1.3.3 Akustik Bawah Air

Akustik bawah air merupakan pemanfaatan gelombang akustik untuk melakukan pengukuran, khususnya pengukuran dengan memanfaatkan medium air. Hal tersebut dikarenakan gelombang akustik pada frekuensi 5 kHz akan dapat mempertahankan kehilangan intensitasnya hingga kurang dari 10% pada kedalaman 10 km, sedangkan untuk gelombang akustik dengan frekuensi 500 kHz akan mengalami kehilangan intensitas pada kedalaman kurang dari 100 m (Djunarsjah dan Poerbandono, 2005).

Gelombang akustik yang merambat hingga mengenai dasar perairan akan mengalami sifat fisis diantaranya pemantulan (refleksi), dan pembiasan (refraksi). Dalam pelaksanaan akuisisi data menggunakan *Sub Bottom Profiler*. Sifat fisis ini diterapkan sebagai dua metode seismik aktif untuk menentukan litologi batuan dan struktur geologi (Nurdiyanto dkk., 2011).

### 1.3.4 Seismik Trace

Pengukuran amplitudo dari pergerakan permukaan lapisan tanah dengan waktu yang terus berjalan dikenal dengan pengukuran Seismogram atau seismik *trace*. Seismik *trace* terbentuk dari sifat dari permukaan yang terkandung dalam setiap permukaan akustik *impedance* membentuk fungsi yang kemudian digabungkan dengan gelombang seismik, yang mana membuat *noise* menjadi bertambah (Kruk, 2001). Sehingga, untuk mengetahui jumlah sinyal yang terekam dalam pelaksanaan pengukuran survei seismik dalam satu jalur pengukuran, dapat dilakukan dengan melihat jumlah dari seismik *trace* yang terekam.

### 1.3.5 Pasang Surut

Pasang surut merupakan salah satu sifat fisis dari perairan yang tidak dapat dihilangkan. Pasang surut sendiri merupakan fenomena naik turunnya permukaan air secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari (Djunarsjah dan Poerbandono, 2005).

Tipe pasang surut pada setiap area, selain dipengaruhi oleh gravitasi benda-benda langit, juga dipengaruhi oleh posisi, kondisi perairan, dan bentuk topografi. Untuk itu perlu dilakukan pengamatan pasang surut guna mendapatkan bidang referensi. Bidang referensi dari

pengamatan pasang surut bisa dilakukan dengan menentukan sebuah acuan titik ketinggian, dimana acuan ini biasanya menggunakan muka air rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) (de jong dkk., 2002). Selain dengan dudukan tengah (MSL) juga dapat dengan menentukan muka surutan peta atau *chart datum*. Referensi ketinggian hasil pengukuran pasang surut nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan kedalaman sesungguhnya dari perairan yang diukur. Hal tersebut dilakukan dengan cara memberikan koreksi pasang surut sesuai dengan waktu pengukuran yang berlangsung.

### 1.3.6 Uji Kualitas Data Hasil Pengukuran

Pengukuran kedalaman menggunakan SBP, pada posisi horizontal yang sama antara lajur utama dan lajur silang seharusnya memiliki nilai kedalaman yang sama. Namun hal ini tidaklah terjadi, karena suatu pengukuran akan mengandung kesalahan. Sehingga perlu dilakukan uji kualitas dari data hasil pengukuran untuk mengetahui apakah perbedaan kedalaman tersebut signifikan atau tidak.

Uji kualitas data hasil pengukuran kegiatan ini menggunakan uji *Z*, dengan tingkat kepercayaan sebesar 95% dengan nilai *Z* table 1,96. Sedangkan untuk *Z* hitung ditentukan sesuai dengan Persamaan (1) (Brammadi dkk., 2017).

$$Z = \frac{\bar{x}_{lu} - \bar{x}_{ls}}{\sqrt{\frac{S^2_{lu}}{n_{lu}} + \frac{S^2_{ls}}{n_{ls}}}} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- $Z_o$  : Nilai *Z* hitung,
- $\bar{x}_{lu}$  : Rata-rata kedalaman pada jalur utama,
- $\bar{x}_{ls}$  : Rata-rata kedalaman pada jalur silang,
- $S^2_{lu}$  : Varian sampel pada jalur utama,
- $S^2_{ls}$  : Varian sampel pada jalur silang,
- $n_{lu}$  : Jumlah sampel pada jalur utama,
- $n_{ls}$  : Jumlah sampel pada jalur silang.

Jika data uji masih dalam toleransi nilai *Z* table 1,96, maka data uji dapat diterima dan dinyatakan lolos uji kualitas data, namun jika tidak maka data uji tidak lolos uji kualitas data.

### 1.3.7 Model 3 Dimensi

Model 3 Dimensi merupakan visualisasi model *virtual* 3D pada komputer, yang dilakukan setelah melakukan proses akuisisi data (Remondino dan Al-Hakim, 2006). Pembuatan model 3D diharapkan dapat memudahkan kita dalam memahami suatu objek. Untuk mewujudkan hal tersebut, maka model 3D harus mampu untuk merepresentasikan suatu objek dengan menyerupai bentuk sebenarnya. Salah satu cara untuk membentuk model 3D adalah dengan *mesh*.

*Mesh* merupakan model 3D yang strukturnya terbentuk dari titik-titik berdekatan yang terhubung satu dengan yang lainnya. Model 3D yang terbuat dari *mesh* dapat dilakukan perhitungan, ini dilakukan dengan terlebih dahulu mentransformasi model 3D *mesh* menjadi volumetrik (Zhang dan Chen, 2001).



### 1.3.8 Interpolasi Metode Krigging

Interpolasi merupakan proses mengestimasi nilai pada wilayah yang tidak diukur, sehingga didapatkan data pada keseluruhan wilayah (Pramono, 2008). Banyak metode yang dapat digunakan dalam melakukan interpolasi, diantaranya adalah metode *krigging*, metode *inverse distance weighted* (IDW), metode *ordinary*, dan berbagai metode lainnya. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Metode interpolasi yang digunakan pada pelaksanaan pekerjaan ini adalah metode *krigging*. Metode *krigging* adalah estimasi stokastik yang mirip dengan IDW dimana menggunakan kombinasi linear dari weight untuk memperkirakan nilai diantara sampel data. Metode ini juga mengasumsikan jarak dan orientasi antara sampel data yang akan menunjukkan korelasi spasial yang merupakan hal yang penting dalam hasil interpolasi (Pramono, 2008).

Metode *krigging* memiliki asumsi stasioner, yang bila mana hal ini dilanggar maka *krigging* akan menghasilkan nilai yang kurang presisi. Nilai presisi juga dapat terjadi pada hasil interpolasi dengan *krigging* jika terdapat data *outlier* diantara data yang digunakan (Fridayani, dkk., 2012).

### 1.3.9 Metode Perhitungan Volume 2 Permukaan

Perhitungan volume merupakan satu hal yang sering kita lakukan dalam kehidupan sehari-hari. Biasanya perhitungan volume digunakan untuk melakukan perbandingan dari suatu ukuran dengan ukuran yang lain. Dalam kegiatan rekayasa sendiri, perhitungan volume biasanya digunakan untuk membandingkan volume timbunan dan volume galian. Dalam kegiatan aplikatif ini, perhitungan volume dilakukan untuk mengetahui jumlah dari volume lapisan sedimen yang didapatkan dari hasil pengukuran menggunakan SBP.

Perhitungan volume yang paling mudah dilakukan adalah dengan mengambil rata-rata luas bidang awal dan bidang akhir dan diperbanyak dengan jarak antara kedua bidang (Tumewu, 1977). Terdapat beberapa cara perhitungan volume, salah satunya adalah metode grid.

Perhitungan volume dengan menggunakan metode grid ini dilakukan dengan terlebih dahulu membagi area yang akan dihitung volumenya dalam grid dengan ukuran tertentu. Tinggi dari grid sendiri adalah rata-rata dari elevasi sudut grid antara bidang awal dengan bidang akhir. Tumewu (1977) merumuskan perhitungan volume dengan metode grid seperti Persamaan (2).

$$V = \frac{h_1 + h_2 + h_3 + h_4}{4} \times A \dots \dots \dots (2)$$

keterangan :

- V : volume (m<sup>3</sup>),
- h<sub>1</sub>, h<sub>2</sub>, h<sub>3</sub>, dan h<sub>4</sub> : tinggi grid (m),
- A : luas permukaan grid (m<sup>2</sup>).

Persamaan (2) dijadikan dasar algoritma perhitungan volume dengan metode *grid*. Dimana nantinya dilakukan penentuan volume pada setiap permukaan kemudian dihitung jumlah volume *cut* dan *fill*, yang digunakan untuk menghitung volume total dari dua buah permukaan.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1 Data dan Lokasi

Dalam melakukan kegiatan aplikatif ini dilakukan pengolahan data hasil pengukuran *Sub Bottom Profiler* yang berlokasi di sungai Musi, Kabupaten Musi Banyuasin, diukur pada tanggal 15 September 2017 s/d 17 September 2017. Data pengukuran yang digunakan memiliki satu buah jalur silang dengan panjang ± 6 km dan jarak antar lajur utama 150 m seperti yang ditunjukkan Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Rencana Jalur Utama dan Jalur Silang.

Pembuatan karya ini menggunakan bahan-bahan berupa data hasil akuisisi pengukuran SBP model *Strata Box HD tipe CHIRP* 16 bit dengan frekuensi 10 kHz yang memberikan resolusi 6 cm dan memiliki penetrasi kedalaman sampai dengan 40 m.

Pengolahan dilakukan menggunakan perangkat lunak *StartaBox HD*, *The Kingdom Suite 2015*, *Microsoft Excel 2016*, *Microsoft Word 2016*, dan *Surfer 13*.

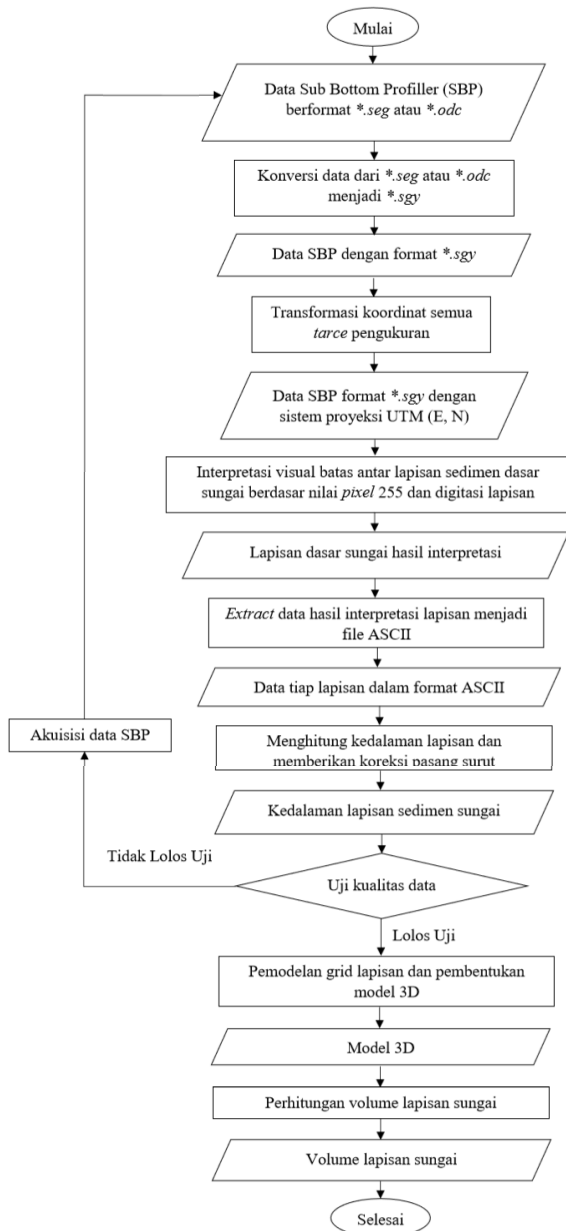
### 2.2 Metodologi

Hasil data akuisisi dengan menggunakan SBP masih dalam format data *\*.seg* ataupun *\*.odc*. format data tersebut masih perlu dilakukan pengkonversian menjadi format *\*.sgy* untuk dilakukan pengolahan dan transformasi koordinat *trace* yang semula memiliki koordinat geodetik menjadi koordinat dengan proyeksi UTM.

Data dalam sistem proyeksi UTM kemudian digunakan untuk melakukan interpretasi visual untuk menentukan lapisan sedimen. Hasilnya akan memberikan batas-batas dari masing-masing lapisan sedimen. Data batas antar lapisan tersebut kemudian digunakan untuk melakukan perhitungan kedalaman dari masing-masing lapisan yang didapatkan.

Dilakukan uji kualitas data dari hasil kedalaman masing-masing lapisan yang telah didapatkan. Dimana jika dinyatakan lolos uji kualitas data, maka dapat melanjutkan pada tahap pembuatan model 3D dengan interpolasi *krigging* dan perhitungan volume lapisan. Namun jika uji kualitas data tidak sesuai maka perlu dilakukan interpretasi kembali atau bahkan melakukan akuisisi data ulang. Dalam uji kualitas data diacu pada standart IHO SP-44 2008 orde 1a. Orde 1a dipilih dengan pertimbangan area tidak dilalui oleh kapal dengan *draft* besar, dan ketelitian dari alat penentuan posisi saat akuisisi data yang lebih dari 2 m.

Pelaksanaan kegiatan ini dijabarkan dalam bentuk diagram alir dalam Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram alir pelaksanaan kegiatan.

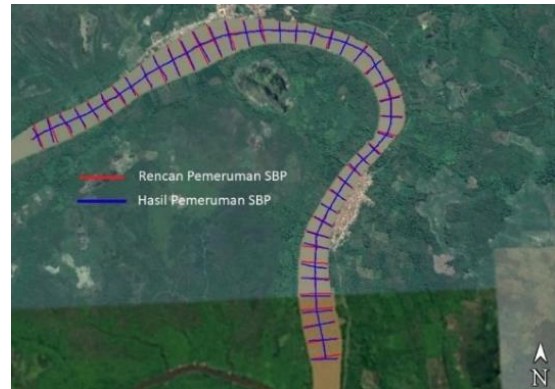
### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Pengukuran SBP

Pelaksanaan proses akuisisi data yang dilaksanakan menggunakan SBP dinilai sudah cukup baik. Ini dilihat dari hasil pengukuran menggunakan SBP yang mencakup seluruh area yang direncanakan.

Terlihat pada Gambar 3.1 ada beberapa perbedaan antara rencana lajur dengan aktualisasi saat pemeruman. Ini terjadi karena arus yang cukup kuat pada sungai sehingga cukup sulit untuk mempertahankan lajur pemeruman saat melakukan akuisisi data dengan rencana lajur yang telah dibuat. Terdapat juga lajur yang tidak diukur sesuai dengan panjang lajur rencana. Hal ini disebabkan karena pada area yang tidak terukur tersebut

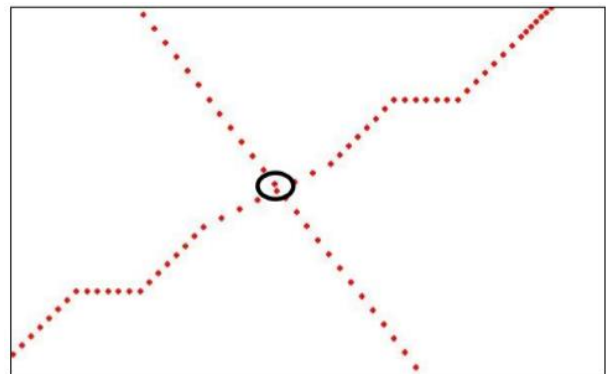
memiliki kedalaman yang cukup dangkal, tidak cukup untuk melakukan manuver kapal, ataupun arus yang cukup kuat yang tidak dimungkinkan untuk melakukan pengukuran. Sebagai akibatnya pemeruman dihentikan sebelum lajur yang direncanakan telah selesai diukur.



Gambar 3.1 Hasil dan rencana pemeruman dengan SBP.

#### 3.2 Uji Kualitas Data

Hasil dari interpretasi data pemeruman SBP didapatkan titik-titik perum dan nilai kedalaman lajur utama dan lajur silang. Dari 43 jumlah lajur utama dan sebuah lajur silang, digunakan 40 titik pemeruman yang saling bertampalan untuk digunakan sebagai sampel dalam menentukan kualitas data hasil pengukuran dan interpretasi SBP pada batas lapisan 1 dengan badan air juga batas lapisan 1 dengan lapisan 2.



Gambar 3.2 Contoh titik yang saling bertampalan.

Gambar 3.2, pada area yang dilingkari menunjukkan titik pemeruman yang saling bertampalan. Titik-titik yang dianggap saling bertampalan memiliki jarak antara titik sampel paling dekat adalah  $\pm 10$  cm, dan paling jauh pada jarak  $\pm 59$  cm.

Titik uji menunjukkan lapisan 1 dengan badan air (lapisan A) memiliki nilai simpangan baku sebesar 1,951 m pada lajur utama dan 1,930 m pada lajur silang, untuk nilai rata-rata selisih kedalaman didapatkan sebesar 0,196 m. Lapisan 1 dengan lapisan 2 (lapisan B) memiliki nilai simpangan baku sebesar 2,173 m pada lajur utama dan 2,151 m pada lajur silang, sedangkan nilai rata-rata selisih kedalaman didapatkan sebesar 0,325 m.

Nilai  $Z_0$  hitungan pada lapisan A didapat sebesar -0,210. Sedangkan nilai  $Z_0$  lapisan B sebesar -0,052. Kedua nilai  $Z_0$  tersebut masih berada didalam rentang -1,96 sampai

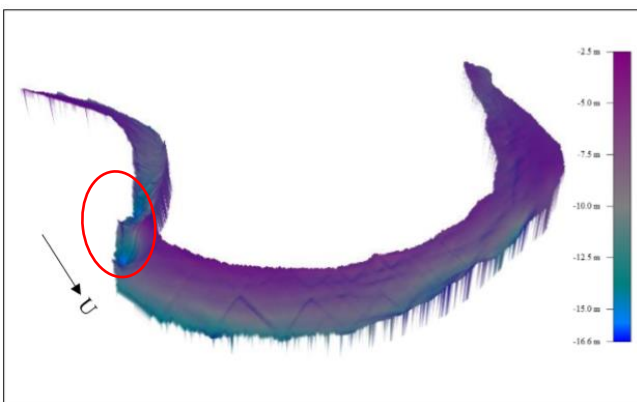
dengan +1,96, sehingga data kedalaman dari jalur utama dengan jalur silang pada lapisan A dan lapisan B tidak terdapat perbedaan yang signifikan.

### 3.3 Model 3 Dimensi

Hasil interpretasi data pengolahan SBP didapatkan dua batas permukaan, yaitu permukaan lapisan pertama dan permukaan lapisan kedua. Tiap model tiga dimensi permukaan lapisan ditampilkan secara terpisah. Hal ini bertujuan untuk mempermudah melakukan analisis terhadap lapisan-lapisan sungai yang telah diinterpretasi dari hasil pengukuran menggunakan SBP.

#### 3.3.1. Permukaan Lapisan Pertama

Hasil interpretasi permukaan lapisan pertama pengukuran menggunakan SBP, terlihat pada Gambar 3.3. Kedalaman pada permukaan lapisan pertama ini dapat dikatakan beragam, ini dibuktikan dengan rentang kedalaman permukaan lapisan pertama dimana berada pada kisaran -2,5 m sampai dengan -16,6.



Gambar 3.3 Model 3 dimensi permukaan lapisan pertama.

Terlihat pada Gambar 3.3, area sebelum pembelokan sungai memiliki bentuk permukaan yang relatif datar dengan sedikit. Memasuki area pembelokan sungai, mulai terjadi penurunan elevasi menuju arah timur laut yang merupakan arah pergerakan air. Pada area pembelokan sungai juga terjadi penurunan yang cukup curam, ditunjukkan oleh lingkaran berwarna merah pada Gambar 3.2 dengan kedalaman pada kisaran -4 m sampai dengan -16 m, dan lebar badan sungai  $\pm 161$  m. Hal tersebut dimungkinkan karena arah sungai yang membelok menyebabkan debit air menjadi lebih tinggi pada arah tikungan dan menimbulkan gaya sentripetal dan menyebabkan penggerusan di tikungan luar dan dasar sungai (Warnana, 2008). Area setelah pembelokan sungai juga terlihat cukup datar dengan sedikit gundukan dan terjadi penurunan kedalaman sungai menuju arah barat.

#### 3.3.2. Permukaan Lapisan Kedua

Hasil interpretasi permukaan lapisan kedua hasil pengukuran menggunakan SBP sama halnya dengan permukaan lapisan pertama, kedalaman pada permukaan lapisan kedua ini dapat dikatakan beragam. Ini dibuktikan dengan rentang kedalaman permukaan lapisan kedua dimana berada pada kisaran -5,0 m sampai dengan -21,6 m. Rentang kedalaman lapisan kedua lebih panjang dari lapisan pertama, dimana lapisan pertama pada rentang -2,5

m sampai dengan -16,6 m. Bentuk model permukaan lapisan kedua dapat dilihat pada Gambar 3.4.

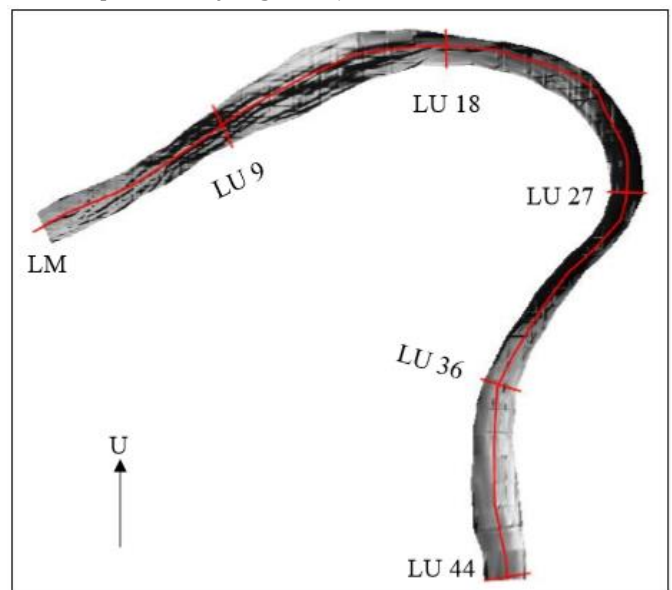


Gambar 3.4 Model 3 dimensi permukaan lapisan kedua.

Area sebelum pembelokan sungai memiliki bentuk permukaan yang relatif datar sama seperti lapisan permukaan sebelumnya. Terlihat pada lapisan permukaan kedua ini area sebelum pembelokan sungai memiliki gundukan kecil yang sedikit lebih banyak dibandingkan lapisan permukaan pertama. Penurunan elevasi kedalaman sungai yang signifikan mulai terjadi pada area sungai yang membelok, dimana arah aliran mengarah keluar menuju timur laut. Terjadi juga penurunan elevasi kedalaman yang cukup curam yang ditunjukkan dengan lingkaran merah pada Gambar 3.4. Area penurunan pada permukaan lapisan kedua ini memiliki kedalaman pada kisaran -5 m sampai dengan -20 m dengan lebar badan sungai  $\pm 161$  m. Area sungai setelah pembelokan memiliki karakteristik yang hampir sama dengan area sebelum pembelokan sungai yang cukup datar dengan sedikit gundukan.

#### 3.3.3. Profil Kedalaman

Profil kedalaman memberikan visualisasi dari kedalaman permukaan lapisan sungai. Penyajian ini dilakukan untuk memudahkan melakukan analisis bentuk dari lapisan sungai. Pada Bab ini akan ditunjukkan lima profil kedalaman sungai. Profil kedalaman yang disajikan terletak pada area yang ditunjukkan Gambar 3.5.



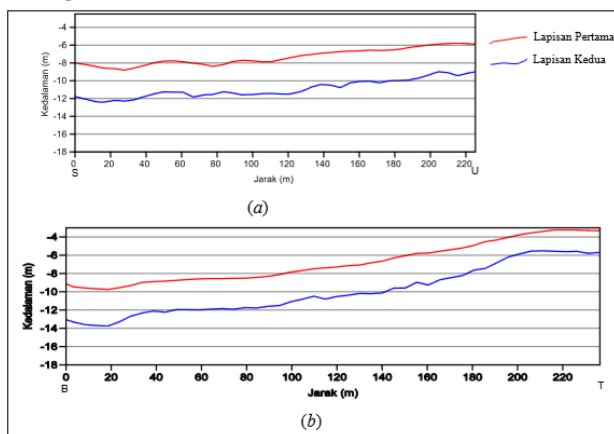
Gambar 3.5 Profil lajur utama dan lajur memanjang.



Pada profil kedalaman yang dibentuk, garis berwarna merah menandakan permukaan lapisan pertama, sedangkan garis berwarna biru menandakan permukaan lapisan kedua. Profil kedalaman pada Gambar 3.6 sampai dengan Gambar 3.9 menunjukkan bahwa lapisan sungai memiliki ketebalan rata-rata pada kisaran -4 m.

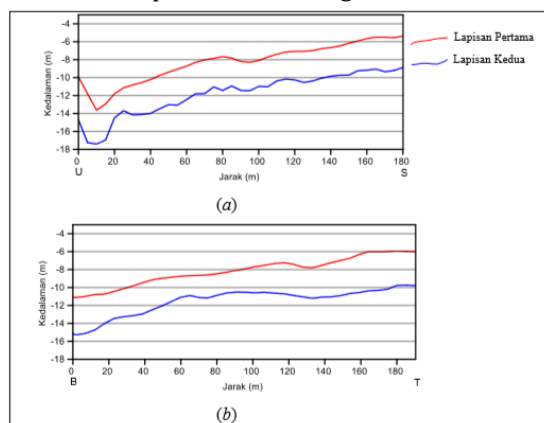
Profil kedalaman pada setiap lajur memiliki perbedaan yang dipengaruhi oleh adanya pembelokan aliran sungai. Semakin jauh suatu area dari pembelokan sungai maka akan memiliki bentuk yang relatif datar. Berbeda dengan area yang dekat atau berada pada belokan sungai yang cenderung akan mengalami penunjaman bentuk permukaan.

Gambar 3.6 (a) merupakan profil kedalaman pada area yang jauh dari pembelokan sungai, yaitu pada lajur utama 9 (LU 9). Terlihat bentuk dari profil kedalaman permukaan lapisan pertama dan permukaan lapisan kedua relatif datar dengan sedikit bergelombang. Ini juga terjadi pada lajur utama 44 (LU 44) pada Gambar 3.6 (b), lajur ini berada cukup jauh setelah pembelokan sungai terjadi. Namun lajur ini masih sedikit terpengaruh oleh adanya pembelokan sungai, sehingga pada bagian ujung mengalami pendangkalan.



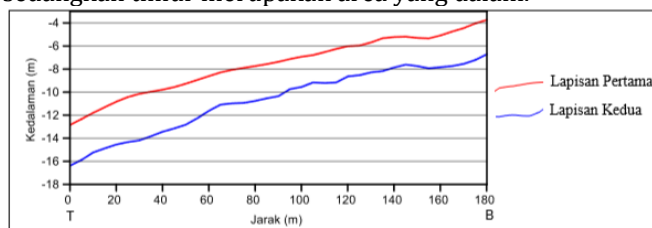
Gambar 3.6 Profil kedalaman pada lajur utama 9 dan 44.

Berbeda dengan lajur utama 9, pada lajur utama 18 (LU 18) yang ditunjukkan oleh Gambar 3.7 (a), sudah mulai terlihat penurunan kedalaman permukaan. Ini terjadi karena pada lajur utama ini dekat dengan pembelokan sungai yang ada. Bentuk ini juga mirip dengan lajur utama 36 (LU 36) yang ditunjukkan Gambar 3.7 (b), dimana lajur ini berada setelah pembelokan sungai.



Gambar 3.7 Profil kedalaman pada lajur utama 18 dan 36.

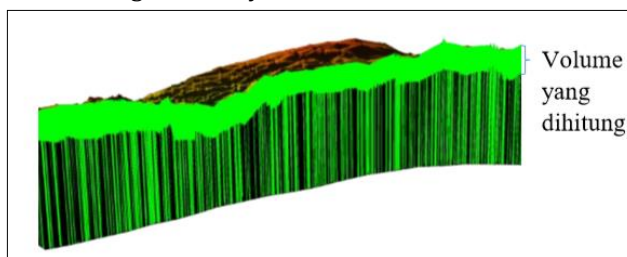
Area belokan sungai sendiri mengalami penurunan yang cukup dalam, seperti yang ditunjukkan Gambar 3.9. Pada sisi sebelah barat merupakan daerah yang dangkal, sedangkan timur merupakan area yang dalam.



Gambar 3.8 Profil kedalaman pada lajur utama 27.

### 3.4 Volume Lapisan

Volume lapisan dihitung menggunakan metode grid, pada perhitungan ini, permukaan lapisan pertama digunakan sebagai *upper surface* sedangkan *lower surface* menggunakan permukaan lapisan kedua. Pada Gambar 3.9 terlihat area dengan warna hijau merupakan area yang akan dihitung volumenya.



Gambar 3.9 Area perhitungan volume.

Dari hasil perhitungan volume, didapatkan volume pada lapisan sedimentasi pertama sungai sebesar 4932752,739 m<sup>3</sup>. Nilai ini sesuai dengan nilai volume total pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil perhitungan volume.

<b>Cut and Fill Volume</b>	<b>Nilai (m<sup>3</sup>)</b>
Volume Fill	4932752,739
Volume Cut	0
Volume Total (Fill - Cut)	4932752,739

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari pelaksanaan kegiatan ini, dapat disimpulkan:

1. Hasil pengolahan data SBP didapatkan dua permukaan, tanpa didapatkannya lapisan-lapisan permukaan dibawahnya. Hal ini disebabkan karena karakteristik lapisan dibawahnya yang berlumpur sehingga penetrasi kedalaman SBP yang didapatkan terbatas sampai lapisan sedimen pertama. Untuk model tiga dimensi yang didapatkan pada lapisan permukaan pertama dan lapisan permukaan kedua pada umumnya memiliki karakteristik yang sama.
2. Hasil profil kedalaman didapatkan ketebalan lapisan relatif sama, terkecuali pada area pembelokan sungai yang memiliki ketebalan yang lebih tipis dibandingkan area lainnya. Didapatkan juga profil pada pembelokan sungai memiliki penurunan yang lebih terjal dibandingkan dengan profil pada area lain.

3. Hasil volume sedimen yang didapatkan dari pengukuran lapisan menggunakan *sub bottom profiler* sebesar 4932752,739 m<sup>3</sup> pada volume total.

## 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

## 6. Referensi

- Anderson, N., dan Akingbade, A., 2002, *Overview Of The Shallow Seismic Reflection Technique*, The 2<sup>nd</sup> Annual Conference on the Application of Geophysical and NDT Methodologies to Transportation Facilities and Infrastructure, California.
- Brammadi S, Nugraha, A.L., Sudarsono, B., dan Mudita, I., 2017, *Analisis Pengolahan Data Multibeam Echosounder Menggunakan Perangkat Lunak MB-System dan Caris HIPS and SIPS Berdasarkan Standar S-44 IHO 2008*, Jurnal Geodesi Undip Vol. 6, No. 4, Universitas Diponegoro, Semarang.
- de Jong, C. D., Lachaoelle, G., Skone, S. dan Elema, I. A., 2002, *Hydrography*, Delft University Press, Delft, The Netherlands.
- Fridayani, N. M. S., Kencana, I P. E. N., dan Sukarsa, K. G., 2012, *Perbandingan Interpolasi Spasial Dengan Metode Ordinary dan Robust Kriging Pada Data Spasial Berpencilan*, e-Jurnal Matematika Vol. 1, No. 1, Universitas Udayana, Badung.
- Kearey, P., Brooks, M., dan Hill, I., 2002, *An Introduction to Geophysical Exploration. (Third Edition)*, Cornwall: Blackwell Science Ltd.
- Kusuma, Y.A., Djaja, R., dan Ibrahim, A.L., 2016, *Pembuatan Peta Batimetri Dan Peta Profil Lapisan Tanah Dengan Menggunakan Data Multibeam Echosounder Dan Sub Bottom Profiler*, Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Geodesi Vol. 1 No.1, Universitas Pakuan, Bogor.
- Kruk, Van Der, 2001, *Reflection Seismic 1*, Institut für Geophysik ETH, Zürich.
- Nurdiyanto, B., Hartanto, E., Ngadmanto, D., Sunardi, B., dan Susilanto, P., 2011. *Penentuan Tingkat Kekerasan Batuan Menggunakan Metode Seismik Refraksi*, Jurnal Meteorologi dan Geofisika Vol. 12, No. 3, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Jakarta.
- Levchenko, O. V., 2006, *Survey Of Underwater Gas Pipelines On The Ob River With Parametric Sediment Echosounder SES*, International Hydrographic Conference, Hydro'06-Evolutions in Hydrography, Belgium.
- Park, Choon, 2008, *What Is Seismic Survey?*, <http://parkseismic.com/Whatisseismicssurvey.html>, (akses tanggal 26 Juni 2018).
- Penrose, J. D. Siwabessy, P. J. W., Gavrilov, A., Parnum, I., Hamilton, L. J., Bickers, A., Brooke, B., Ryan, D. A., Kennedy, P., 2005, *Technical Reaport 32: Acoustic Technique For Seabed Classification*, CRC for Coastal Zone Estuary & Waterway Management.
- Pramono, Gatot H., 2008, *Akurasi Metode IDW dan Kriging Untuk Interpolasi Sebaran Sedimen Tersuspensi Di Maros, Sulawesi Selatan*, Forum Geografi Vol. 22, No. 1, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Djunarsjah, E., dan Poerbandono, 2005, *Survei Hidrografi*, Cetakan Ke-1, PT Refika Aditama, Bandung.
- Remondino, F. dan El-Hakim, S., 2006, *Image-Based 3D Modelling: A Review*, The Photogrammetric Record An International Journal of Photogrammetry, Vol. 21, No. 115, United Kingdom.
- Rohman, S., Manik, H.M., Hestirianoto, T., dan Mudita, I., 2015, *Analisis Dan Klasifikasi Sedimen Permukaan Dasar Laut Menggunakan Sub-Bottom Profiler*, Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan, Vol. 6, No. 1, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Warnana, Dwa D., 2008, *Identifikasi Scouring sebagai Potensi Kelongsoran Tanggul Sungai Bengawan Solo berdasar Survei GPR (Studi Kasus Desa Widang, Kabupaten Tuban)*, Jurnal Fisika dan Aplikasinya Vol. 4, No. 2, Institut Teknologi Speuluh Nopember, Surabaya.
- Tumewu, Lien, 1977, *Route Survey*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Zhang, Cha, dan Chen, Tsuhan, 2001, *Efficient Feature Extraction For 2D/3D Objects In Mesh Representation*, Carnegie Mellon University, USA.