

PEMETAAN JENIS SEDIMEN DENGAN MENGGUNAKAN ANALISIS DATA KEDALAMAN DARI NORBIT IWBMS *MULTIBEAM ECHOSOUNDER SYSTEM (MBES)*

Mohamad Jorgie Prasetyo^{*)}, Bandi Sasmito, Fauzi Janu Amarrohman

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang Telp.(024)76480785, 76480788
Email : mohamadjorgie15.ipa3@gmail.com

ABSTRAK

Setiap perairan di Indonesia memiliki keanekaragaman yang berbeda-beda. Hal unik ini ditentukan oleh karakteristik dasar lautnya yang tersusun dari macam-macam endapan atau yang biasa disebut sedimen. Sedimen ini berupa krikil, pasir, atau pun juga lempung yang menjadi dasar tempat makhluk lautan hidup. Dewasa ini masih susah untuk mengetahui jenis-jenis sedimen yang ada di dasar laut dalam skala area yang luas. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk membuat peta jenis sedimen di suatu wilayah. Menggunakan alat Multibeam Echosounder System dapat dilakukan pemeruman untuk mengetahui bagaimana bentuk dasar laut berdasarkan gelombang-gelombang suara yang ditembakkan lalu diterima kembali oleh transduser. Data yang dihasilkan oleh pemeruman berupa kumpulan titik berisi data kedalaman yang menyusun bentuk topografi dasar laut. Data kedalaman ini kemudian dikombinasikan dengan data jenis sedimen yang didapat dari uji laboratorium sampel sedimen yang diambil untuk membentuk peta persebaran jenis sedimen. Hasil dari penelitian ini diketahui bahwa sedimen yang terdapat di perairan teluk awur yang diteliti oleh penulis memiliki 3 jenis sedimen yaitu pasir, lanau, dan lempung. Pengolahan sedimen berdasarkan skala wentworth dan menggunakan 2 metode yaitu metode sieving dan metode pipeting. Visualisasi peta persebaran sedimen menggunakan 3 kelas berdasarkan 3 jenis sedimen yang ada. Rentang kelas tersebut yaitu untuk pasir pada kedalaman 0,20m hingga 2,58m, lalu untuk lanau pada kedalaman 2,64m hingga 4,10m, sedangkan untuk lempung pada kedalaman 4,11m hingga 4,52m

Kata Kunci : Kedalaman, Multibeam Echosounder, Sedimentasi, Wentworth

ABSTRACT

Every coastal area in Indonesia has different diversity. This unique thing is determined by basic facts which are composed of various deposits or commonly called sediments. These sediments are in the form of gravel, sand, or also clay which forms the basis of living ocean creatures. Today it is still difficult to know the types of sediments that are on the seabed on a large scale. Further needed to map the type of sediment around. By using the Multibeam Echosounder System, a cast can be performed to find out how the shape of the sea floor is based on sound waves that are fired and then received back by the transducer. The data generated by the cast is in the form of a collection of points containing depth data which form the topography of the seabed. These depth data are then combined with sediment type data obtained from laboratory tests of sediment samples taken to form a map of the distribution of sediment types. The results of this research are known that the sediments found in the bay waters that were studied by the authors have 3 types of sediments, namely sand, silt, and clay. Sediment processing is based on the Wentworth scale and uses 2 methods, namely the sieving method and the pipetting method. Visualize the sediment distribution map using 3 classes based on 3 types of sediment available. The class range is for sand at a depth of 0.2m to 2.58m, then for silt at a depth of 2.64m to 4.1m, while for clay at a depth of 4.11m to 4.52m

Keywords : Depth, Multibeam Echosounder, Sedimentation, Wentworth

^{*)}Penulis Utama, Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki luas perairan yang lebih besar daripada daratannya. Sekitar dua per tiga bagian dari luas daerah negara ini adalah wilayah perairan. Wilayah perairan, khususnya wilayah laut di Indonesia memiliki potensi yang sangat besar. Keperluan budidaya perikanan, budidaya ekosistem laut, pelayaran, pembuatan bangunan patai merupakan beberapa sektor yang berhubungan langsung dengan laut dan perlu informasi topografi untuk mengoptimalkannya.

Pemanfaatan potensi laut harus optimal, untuk itu perlu dilakukan pemetaan yang lebih lanjut terkait data topografi dan jenis topografi itu sendiri. Kegiatan pemetaan yang bisa dilakukan dalam pekerjaan atau penelitian hidrografi yaitu survei batimetri dengan menggunakan Echosounder System baik itu dengan pancaran tunggal maupun pancaran ganda. Survei batimetri sendiri secara umum merupakan pekerjaan pengukuran kedalaman air danau atau dasar lautan.

Survei bathimetri dapat dengan mudah dilakukan menggunakan alat Multibeam Echosounder System menggunakan wahana apung berupa kapal atau perahu. Setelah melakukan instalasi alat ke kapal, lalu dilakukan akuisisi data mengikuti jalur perum yang telah dibuat sebelumnya. Survei pemeruman dilakukan untuk mengetahui topografi dasar laut beserta kedalamannya pada saat pengukuran. Pada prinsipnya pengukuran multibeam yang dilakukan adalah selisih fase pulsa.

Selain data kedalaman hal yang tidak kalah penting untuk diteliti adalah data sedimen penyusun topografi bawah laut. Telah disebutkan bahwa Indonesia memiliki sedimen yang beragam, namun informasi sebaran sedimen di laut masih tergolong minim. Penentuan jenis sedimen di lautan dapat dilakukan dengan cara pengambilan sampel sedimen di laut sesuai dengan lokasi tertentu. Kemudian dilakukan uji laboratorium dari sampel sedimen yang diambil untuk mengetahui jenis partikel dikombinasikan untuk penyusun sedimennya berdasarkan Skala Wentworth (Wentworth, 1922).

I.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah,

1. Bagaimana sebaran kedalaman dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder system*?
2. Bagaimana penentuan jenis sedimen di dasar perairan Teluk Awur dengan menggunakan data kedalaman dan sampel yang didapat dari *grap sampler*?
3. Bagaimana sebaran jenis sedimen di perairan teluk awur?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk :

1. Mengetahui topografi atau muka dasar laut di perairan teluk awur dengan kedalaman tertentu
2. Mengetahui macam-macam jenis sedimen yang terdapat di perairan teluk awur

3. Mengetahui persebaran jenis sedimen yang ada di perairan teluk awur

I.4. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian adalah

1. Daerah yang menjadi objek penelitian adalah wilayah perairan pantai *Marine Science Techno Park* Teluk Awur Kecamatan Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah dengan luas 400 m x 1000 m.
2. Alat yang digunakan ialah *Norbit iWBMS Multibeam Echosounder System*.
3. Aplikasi yang dipakai untuk visualisasi hasil pengolahan menggunakan *ArcGIS 10.4.0* dan *Global Mapper 19*.
4. Data hasil pemeruman berjumlah total sekitar 65juta titik koordinat kemudian direduksi titik-titik yang bertampalan menjadi 64.234 titik koordinat untuk memudahkan pengolahan visualisasinya.
5. Data pasang surut air laut wilayah perairan Jepara yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial selama 30 piantan pada periode waktu 14 April hingga 14 Mei 2018.
6. Pengolahan data pasang surut air laut menggunakan metode *least square* untuk menghitung MSL.
7. Data SVP yang didapat dari pengukuran langsung di lapangan pada tanggal 12 dan 13 Mei 2018 sebagai koreksi kecepatan suara dari gelombang yang ditembakkan.
8. Data SVP didapat menggunakan pengukuran dari alat *Valeport mini SVP*
9. Citra satelit resolusi tinggi sebagai tampilan dasar peta yang didapat dari bing.
10. Sepuluh sampel sedimen yang didapat dari pengambilan langsung di lapangan berdasarkan lokasi yang sudah ditentukan sebelumnya pada kedalaman terukur tertentu.
11. Uji jenis sedimen dilakukan di Laboratorium Geologi Laut Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro menggunakan 2 metode uji yaitu Metode Pengayakan dan Metode Pemipetan.
12. Pembuatan kelas rentang jenis sedimen didapat murni berdasarkan sampel yang diambil dari wilayah studi di perairan pantai *Marine Science Techno Park*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1. Sedimen

Sedimen adalah bahan utama pembentuk morfologi (topografi dan batimetri) pesisir. Sedimen berasal dari fragmentasi (pemecahan) batuan. Pemecahan tersebut terjadi karena pelapukan yang dapat berlangsung secara fisik, kimiawi atau biologis, berubahnya morfologi peisist terjadi sebagai akibat berpindahannya sedimen yang berlangsung melalui mekanisme eorsi, pengangkutan (transport) dan pengendapan. Sedimen yang dipindahkan adalah

sedimen yang terletak yang terletak pada permukaan dasar perairan. Agen yang berperan dalam perpindahan sedimen ini adalah arus. Sebagian besar kandungan sedimen di bumi adalah kuarsa dengan massa jenis rata-rata $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$. Angka tersebut lazim dipakai untuk berbagai aplikasi kajian sedimentasi (Poerbondono dan Djunasjah, 2005).

Tabel 1 Data Jenis Sedimen

Stasiun	Lokasi		Titik Sampling	Jenis Sedimen
	Bujur Timur	Lintang Selatan		
1.	110.639403°	-6.617350°	Sedimen 1	Sand
2.	110.643946°	-6.618536°	Sedimen 2	Sand
3.	110.647255°	-6.616460°	Sedimen 3	Sand
4.	110.650900°	-6.611885°	Sedimen 4	Sand
5.	110.653773°	-6.606984°	Sedimen 5	Gravelly Sand
6.	110.653470°	-6.600696°	Sedimen 6	Gravelly Sand
7.	110.654692°	-6.596846°	Sedimen 7	Silty Sand
8.	110.652362°	-6.592645°	Sedimen 8	Gravelly Sand
9.	110.649261°	-6.597641°	Sedimen 9	Sandy Gravel
10.	110.642378°	-6.609447°	Sedimen 10	Sand

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa mayoritas sedimen penyusun dasar pantainya adalah pasir, pasir berkerikil, pasir berlumpur, dan kerikil berpasir. Hal ini selaras seperti yang diungkapkan Nursanti (2003) pada penelitiannya bahwa “Subtrat dasar perairan Teluk Awur dan Bandengan sebagian besar berupa substrat pasir, pasir berlumpur, dan pecahan karang”.

II.2. Skala Wentworth

Dikenal umum dengan nama Skala Wentworth, skema ini digunakan untuk klasifikasi materi partikel sedimen (Wentworth, 1922). Pembagian skala dibuat berdasarkan faktor 2 : contoh butiran pasir sedang berdiameter 0,25 mm – 0,5 mm, pasir sangat kasar 1 mm – 2 mm, dan seterusnya. Skala ini dipilih karena pembagian menampilkan pencerminan distribusi alami partikel sedimen, sederhananya blok besar hancur menjadi dua bagian dan seterusnya.

Tabel 2 Skala Wentworth

NAMA PARTIKEL		DIAMETER PARTIKEL (mm)
Kerikil (gravel)	<i>Boulders</i>	>256
	<i>Cobbles</i> (bongkah)	64 - 256
	<i>Pebbles</i> (kerikil)	4-64
	<i>Granules</i> (Butir)	2-4
Pasir (Sand)	<i>Very coarse sand</i> (sangat keras)	1-2
	<i>Coarse Sand</i> (kasar)	0.5 - 1
	<i>Medium sand</i> (sedang)	0.25 - 0.5
	<i>Fuse sand</i> (halus)	0.125 - 0.25
	<i>Very fine sand</i> (sangat halus)	0.00625 - 0.125
Lanau (silt)		0.004 - 0.0625
Lempung (clay)		<0.004

Berikut adalah ukuran yang terdapat dalam skala Wenworth :

1. Gravel, terbagi atas 4 bagian yakni : Bolders/Bongkah (>256mm), Cobble/Berangkal (64-256mm), Pebble/Kerakal (4-64mm), dan Grit/Granule/Butiran (2-4mm).

2. Sand, Pasir Sangat Kasar (1-2mm), Pasir Kasar (1/2-1mm), Pasir Sedang (1/4-1/2mm), Pasir Halus (1/8-1/4mm), dan Pasir Sangat Halus(1/16-1/8mm)

3. Mud, terbagi atas 2 : Silt/Lanau (1/256-1/6mm) dan Clay/Lempung (<1/256mm)

II.3. Multibeam Echosounder System (MBES)

Multibeam Echosounder System (MBES) adalah alat yang digunakan dalam proses pemeruman dalam suatu survei hidrografi. Pemeruman sendiri adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (seabed surface). Sedangkan survei hidrografi adalah proses penggambaran dasar perairan tersebut, sejak pengukuran, pengolahan, hingga visualisasinya (Poerbandono dan Djunarsah, 2005).

Menurut Moustier (1998) Multibeam Echosounder menggunakan prinsip yang sama dengan singlebeam namun jumlah gelombang yang dipancarkan adalah lebih dari satu pancaran. Pola pancarannya melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap gelombang akan mendapatkan satu titik kedalaman hingga jika titik-titik kedalaman tersebut dihubungkan membentuk profil dasar laut.

Menurut Wijonarko (2016), wahana survei tidak pernah berhenti bergerak saat melakukan survei baik karena factor dinamika lautan ataupun cuaca. Oleh karena itu perlu dilakukan kalibrasi untuk menentukan besarnya kesalahan yang dilakukan akibat pergerakan wahana yang tidak stabil dan tidak beraturan. Ada 2 jenis kalibrasi yaitu kalibrasi offset statis dan juga patch test.

Kalibrasi ini dilakukan dengan cara menentukan letak dari masing-masing alat dan juga sensor yang ada saat melakukan akuisisi data di lapangan. Alat-alat ini meliputi tranducer, gyrocompass, GPS, IMU (Inertia Motion Unit). Keluaran dari proses ini adalah denah yang didalamnya terdapat koordinat x,y,z dari masing-masing alat dengan acuan titik referensi yang sudah ditentukan sebelumnya. Titik referensi kapan ini harus dapat diakses dengan mudah sehingga memudahkan pengukuran ke masing-masing alat pun lebih mudah. Dengan begitu maka setelah kalibrasi akan didapatkan suatu kelurusan untuk meminimalkan pengaruh gelombang.

Setelah menentukan offset statis maka selanjutnya perlu dilakukan patch test sebagaimana dijelaskan Kurniawan (2003), yaitu bahwasanya pada suatu area tertentu yang memiliki beberapa bentuk dasar laut dengan gradien kedalaman yang berbeda-beda. Untuk penentuan lokasi ini sebaiknya dilakukan quick survey sebelum melakukan patch test. Patch test sendiri bertujuan untuk memeriksa dan mengkoreksi kesalahan kesalahan yang diakibatkan oleh vessel attitude atau pergerakan kapal ketika akuisisi data. Kesalahan ini meliputi *pitch, roll, yaw*.

II.4. Sound Velocity Profiler

Gelombang suara merambat baik dalam air. Dalam air laut yang bersifat konduktif dan keruh, kebanyakan gelombang elektro magnetik (gelombang cahaya dan radio) akan berkurang energinya (teratenuasi) dengan cepat dalam jarak beberapa ratus bahkan puluh meter saja. Penetrasi cahaya praktis hanya dapat mencapai beberapa puluh meter di bawah lapisan permukaan, sementara gelombang suara dapat mencapai dasar laut dengan kedalaman ribuan meter dan dapat merambat puluhan ribu meter melintasi samudra luas (Jaya, 2011).

Kecepatan suara merupakan faktor yang sangat penting dalam survei batimetri. Hal ini disebabkan kecepatan suara dalam air memiliki nilai yang tidak selalu sama untuk setiap wilayah, sehingga langkah awal untuk melakukan pemetaan dasar laut adalah melakukan perhitungan terhadap kecepatan suara di wilayah tersebut. Pengambilan data kecepatan suara dapat dilakukan menggunakan *Conductivity Temperature and Depth (CTD)* ataupun *Sound Velocity Profiler (SVP)*.

II.5. Global Positioning System (GPS)

Pada penggunaan GPS adalah pengukuran jarak secara bersama-sama ke beberapa satelit sekaligus. Untuk menentukan suatu koordinat suatu titik di bumi, receiver setidaknya membutuhkan 4 satelit yang dapat ditangkap dengan baik. Secara default, posisi atau koordinat yang diperoleh berefrensi pada global datum yaitu World Geodetic System 1984 atau disingkat WGS'84. Secara garis besar penentuan posisis dengan GPS ini dibagi menjadi dua metode, yaitu metode *absolut* dan *relative*.

Masing-masing metode kemudian dapat dilakukan dengan cara *real time* dan *Post-processing*. Apabila obyek yang ditentukan posisinya diam maka metodenya disebut Statik. Sebaliknya apabila obyek yang ditentukan posisinya bergerak maka metodenya disebut kinematik. Selanjutnya lebih detail lagi kita akan menemukan metode-metode seperti SPP, DGPS, RTK, Survei GPS, Rapid statik, pseudo kinematik, dan *stop and go*, serta masih ada beberapa metode lainnya.

II.6. Pasang Surut Air Laut

Menurut Poerbondono dan Djunasjah (2005), pasang surut laut (pasut) adalah fenomena pergerakan naik dan turunnya permukaan air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi benda-benda langit terutama bulan dan matahari. Pengaruh benda angkasa lainnya dapat diabaikan karena jaraknya lebih jauh atau ukurannya lebih kecil. Pengaruh gravitasi benda-benda langit terhadap bumi tidak hanya menyebabkan pasut laut, tetapi juga mengakibatkan perubahan bentuk bumi (*bodily tides*) dan atmosfer (*atmospheric tides*).

Berkaitan dengan fenomena pasut, gaya Coriolis mempengaruhi arus pasut. Faktor gesekan dasar dapat mengurangi tunggang pasut dan menyebabkan keterlambatan fase (phase lag) serta mengakibatkan persamaan gelombang pasut menjadi non linier.

Semakin dangkal perairan maka semakin besar pengaruh gesekannya. Selain itu juga terdapat beberapa faktor lokal yang dapat mempengaruhi pasut di suatu perairan seperti, topografi dasar laut, lebar selat, bentuk teluk, dan sebagainya, sehingga berbagai lokasi memiliki ciri pasang surut yang berlainan (Wyrcki, 1961).

Terdapat beberapa tipe dasar pasut yang didasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu :

1. Pasang surut harian (*diurnal tides*), yaitu bila dalam sehari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut. Biasanya terjadi di laut sekitar khatulistiwa.
2. Tengah harian (*semidiurnal tides*), yaitu bila dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang hampir sama tingginya.
3. Campuran (*mixed tides*), yaitu gabungan dari tipe 1 dan tipe 2, bila bulan melintasi khatulistiwa (deklinasi kecil), pasutnya bertipe semi diurnal, dan jika deklinasi bulan mendekati maksimum, terbentuk pasut diurnal.

II.7. Nilai Intensitas Hambur Balik

Nilai hambur balik merupakan kunci untuk mengetahui karakteristik dasar perairan. Kuat lemahnya intensitas menjadi informasi awal mengenai jenis tipe dasar laut.

Perekaman nilai intensitas merupakan representasi sebagai nilai hambur balik. Intensitas yang diperoleh merupakan rasio dari energi yang dipancarkan (*transmit*) terhadap energi yang diterima (*receive*). Metode perekaman nilai hambur balik (*logging Backscatter*) tidak sama antara satu dan lainnya dalam sebuah instrumen akustik yang digunakan. Setidaknya terdapat lima metode yang menjelaskan mengenai hal ini (Micallef et al, 2012).

Nilai-nilai hambur balik secara spasial yang berasal dari line survei mengandung sebuah nilai utama pembawa informasi mengenai karakteristik dasar perairan. Nilai tersebut dibuat dalam satu citra dan dikelaskan secara learning machine. Pembagian warna tersebut dilihat dari kedekatan nilai digital number dari tiap lokasi. Nilai-nilai yang berada pada rentang tertentu akan masuk dan menjadi satu kelas warna. Demikian juga dengan nilai hambur balik lainnya. Semakin luas rentang yang diberikan, maka jenis warna yang dihasilkan akan sedikit. Semakin kecil rentang yang diberikan, akan menghasilkan jenis warna yang makin beragam.

II.7. Uji Ketelitian Data Pemeruman

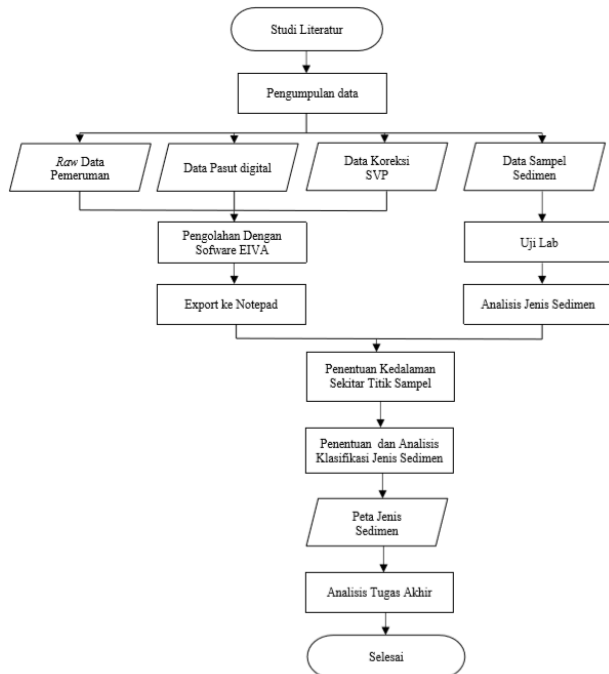
Uji ketelitian data dilakukan pada daerah pertampalan dari masing-masing lajur dengan lajur di sampingnya dengan arah yang berlawanan, asumsinya titik-titik kedalaman pada lajur yang bertampalan atau berdekatan memiliki nilai kedalaman yang sama, namun kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa nilai kedalaman 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 dengan tingkat kepercayaan 95% (IHO, 2008).

III. Metodologi Penelitian

III.1. Diagram Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan pengumpulan data. Pengumpulan data terbagi menjadi 2, yaitu data pemeruman dan sedimen. Data-data tersebut kemudian diolah dan digabungkan dengan metode *buffer* dan *intersect* untuk mengetahui rentang kedalaman sedimen untuk selanjutnya dilakukan analisis dan visualisasi data akhir.

III.2. Peralatan dan Data Penelitian

Alat dalam penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu alat berupa perangkat keras dan perangkat lunak.

1. Perangkat Keras : Laptop G40-70
2. Perangkat Lunak
 - a. Ms. Office dan Excel 2013 untuk menyusun laporan penelitian
 - b. Software EIVA Navisuite untuk pengolahan data multibeam echosounder
 - c. Software ArcGIS 10.4.1 untuk proses pengolahan data SIG hingga hasil akhir berupa peta
 - d. Software Global Mapper untuk pengolahan kontur.
3. *Smartphone* untuk dokumentasi

Data-data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Raw data *multibeam echosounder*
2. Data *sound velocity profiler*
3. Data model pasang surut (BIG)
4. Data sampel sedimen

III.3. Pengolahan Data

III.3.1. Pembuatan Database

Pembuatan database adalah penggabungan data-data mentah hasil akuisisi di lapangan yang keluarannya masih data per jalur untuk dijadikan satu data agar memudahkan dalam mengaksesnya. Data-data yang masuk dalam basis data ini diantaranya data pemeruman 29 jalur di teluk awur, data datum vertikal, data *sound velocity profiler*, data kalibrasi.

III.3.2. Pengolahan Data SVP

Input data SVP dilakukan sebagai koreksi cepat rambat air terhadap kecepatan suara yang dipancarkan oleh transducer. Hal ini perlu dilakukan karena dalam prakteknya, transducer menembakkan gelombang suara ke dasar laut sedangkan di laut itu sendiri terdapat perbedaan suhu, intensitas air, jenis air, salinitas yang berbeda di tiap kedalaman sehingga bias menyebabkan gelombang suara yang ditembakkan transducer menjadi tidak tegak lurus ke dasar laut, untuk itu perlu dilakukan koreksi untuk menghilangkan gangguan-gangguan tersebut.

Data SVP yang telah ada harus disesuaikan dengan system koordinat lokal yang terdapat di lokasi penelitian. Apabila tidak disesuaikan dengan system koordinat lokal maka koordinat yang akan terbentuk tidak sesuai dengan lokasi penelitian sesungguhnya. Seperti yang telah kita ketahui bahwa penentuan system koordinat yang kita gunakan pada penelitian kali ini terikat dengan chart datum internasional yang artinya ketinggian laut yang digunakan telah disamakan dengan ketinggian laut yang ada di seluruh dunia.

III.3.3. Pengolahan Data Pasang Surut

Pasang surut air laut ialah fenomena perubahan muka air laut yang disebabkan oleh gaya gravitasi bulan dan matahari. Pasang surut air laut mengakibatkan adanya perbedaan kedalaman yang terjadi pada saat survey bathimetri dilakukan. Oleh karena itu kita perlu mengetahui ketinggian rata-rata muka air laut saat melakukan survey, kita menggunakan stasiun pasang surut untuk mendapatkan data pasang surut milik Badan Informasi Geospasial. Dalam melakukan survey bathimetri, pasut yang digunakan minimal 29 piantan, yaitu pada tanggal 14 April hingga 14 Mei.

III.3.4. Pengolahan Sedimen

Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel-sampel dasar laut untuk mendapatkan identifikasi jenis sedimen yang ada di dasar perairan. Pengambilan sampel dilakukan secara acak pada kedalaman yang berbeda beda sesuai pada daerah penelitian. Pengambilan sampel dilakukan pada 10 lokasi yang berbeda dan tiap lokasinya ditandai di software Mobile Topographer untuk mendapatkan lokasi pasti dari setiap sampel.

Total sampel yang didapat adalah 10 sampel dengan 7 diantaranya merupakan sedimen tipe halus dan 3 sisanya merupakan sedimen tipe kasar. Karena terdapat 2 tipe, maka perlakuan untuk pengujiannya pun menggunakan metode yang berbeda. Pada sedimen tipe kasar dilakukan metode *sieving* dan metode *pipetting* untuk sedimen tipe halus.

Metode *Sieving* atau metode pengayakan menggunakan mesin ayakan yang didalam ayakan tersebut terdapat berbagai ukuran mesh sedimen, diantaranya ada yang berukuran 2mm , 0,5 mm, 0,3mm, 0,125mm, dan paling bawah dari ayakan yaitu 0,0625mm. Ketelitian dari sieve shaker hanya mampu mengayak sampai pada ukuran 0,0625mm.

Metode *Pipetting* merupakan teknik analisa sedimen dengan memisahkan ukuran butir berdasarkan massanya. Tujuan dari pipetasi adalah untuk mengukur ukuran butir sedimen yang lebih kecil dari 0,0625 gram. Dan untuk bisa mengetahui nilai massa dari sedimen dari berbagai ukuran yang lebih kecil dari 0,0625 gram sehingga kita mengetahui ukuran yang paling dominan dari suatu sampel.

III.3.5. Klasifikasi Jenis Sedimen

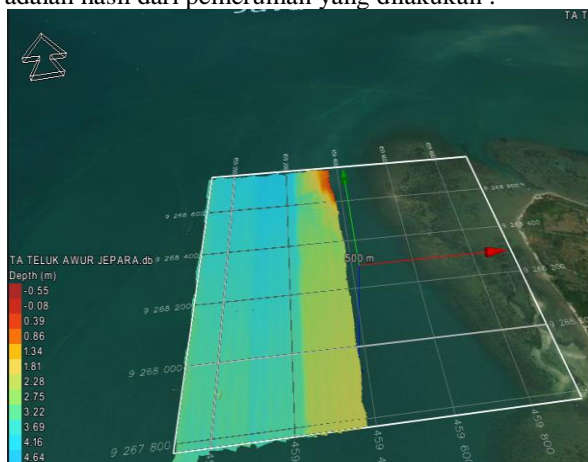
Setelah didapatkan data titik yang berisi informasi koordinat (x,y), data kedalaman (z), data intensitas dari pengolahan dengan software EIVA dan juga data jenis sedimen per-sampel sesuai lokasi pengambilannya maka selanjutnya adalah mencari rentang kedalaman per-jenis sedimen yang ada di wilayah pantai teluk awur dengan mencari kedalaman sekitar lokasi seluruh sampel yang ada.

Proses *buffer* dilakukan dengan rentang sejauh 5 meter. Proses ini dilakukan agar mengetahui variasi kedalaman di sekitar titik sampel dapat diketahui rentangnya dengan asumsi masih dalam satu jenis sedimen yang sama. Selanjutnya dilakukan proses *intersect* data titik sedimen yang sudah dilakukan proses *buffer* terhadap data titik keseluruhan lokasi penelitian.

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1. Hasil Sebaran Kedalaman

Pemeruman dilakukan pada daerah perairan Marine Science Techno Park (MSTP) atau yang biasa dikenal dengan daerah teluk awur dengan luasan 400m x 100m. Pemeruman menggunakan multibeam dilakukan sejauh 600m dari daerah pantai karena factor keamanan, yaitu untuk menghindari barisan karang yang terdapat pada daerah dangkal yang berpotensi menggores maupun merusak lunas kapal. Berikut adalah hasil dari pemeruman yang dilakukan :

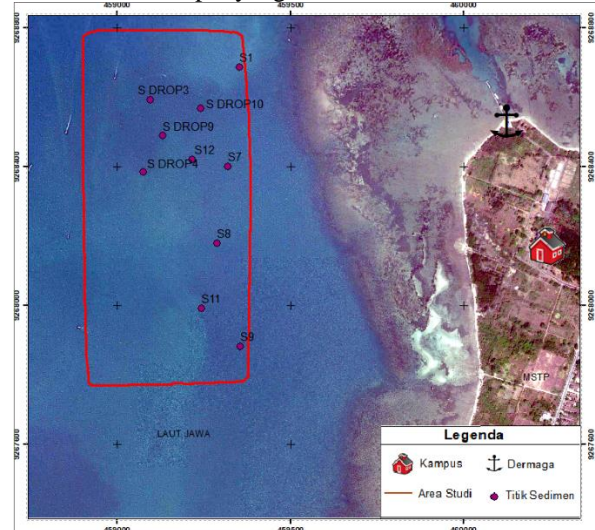


Gambar 2 Hasil Pemeruman

Hasil visualiasi 3D seperti yang ditampilkan pada Gambar 2 dari hasil pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan EIVA secara keseluruhan memiliki rentang kedalaman dari 0,55 meter hingga 4,64 meter.

IV.2. Pengolahan Sampel Sedimen

Berikut ini adalah tampilan dari data sedimen yang diambil di wilayah Pantai Teluk Awur pada Gambar 2. Total ada 10 sampel yang diambil.



Gambar 3 Sebaran Sampel Sedimen

Lokasi pengambilan sampel secara acak namun juga mempertimbangkan sampel dapat mewakili kenyataan yang sebenarnya dengan menggunakan metode *purposive sampling*. Penentuan pengambilan sampel ini diambil masing masing 2 kali tiap perbedaan kedalaman 1 meter. Data total titik koordinat ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Data Titik Koordinat Sampel Sedimen

Nama	X (m)	Y (m)
S DROP4	9268383.622	459076.42
S DROP3	9268592.143	459097.051
S DROP9	9268487.921	459132.578
S12	9268420.705	459218.107
S DROP10	9268566.844	459242.875
S9	9267881.573	459355.684
S11	9267991.237	459243.615
S1	9268684.873	459354.288
S8	9268178.949	459288.8
S7	9268399.478	459320.474

Pengolahan sedimen dilakukan dengan cara uji laboratorium langsung terhadap semua jenis sampel. Dan dilakukan di Laboratorium Geologi milik Fakultas Perikanan dan Kelautan. Pengolahan ini dilakukan menggunakan Metode *Pipetting* dan *Sieving*. Metode ini dilakukan berdasarkan metode yang ditetapkan oleh Buchanan (1984) dalam penelitiannya mengenai sedimen klastik. Metode *Pipetting* atau lebih dikenal dengan metode pipetasi dengan menggunakan gelas ukur, air, dan sampel sedimen. Metode *Sieving* dilakukan dengan alat pengayak yang diatur dengan kekuatan ayak sebesar 60 amplitudo.

1. Metode Sieveing

Tabel 4 Hasil Uji Metode Sieving

Ukuran Butir (mm)	Berat Sedimen		% Kumulatif	Klasifikasi Ukuran	%Fraksi
	gr	%			
2	81,3	81,9	81,9	Sand	99,956
0,5	10,73	10,814	92,74		
0,3	6,87	6,92	99,66		
0,125	0,32	0,322	99,982		
0,0625	-	-	-	Silt	-
0,0312	-	-	-		
0,0156	-	-	-		
0,0078	-	-	-	Clay	-
0,0039	-	-	-		
Jumlah gram	99,22				

Berdasarkan **Tabel 4** berat sedimen tiap ukuran butir didapat dari menimbang hasil sedimen setelah dilakukan metode sieving pada alat *sieve shaker* yang didalamnya sudah terdapat kolom kolom untuk menampung sedimen sesuai dengan ukuran butirnya. Terdapat 5 kolom dalam alat tersebut yang memiliki rentang ukuran dari 2mm, 0.5mm, 0.3mm, 0.125mm, dan 0.625mm.

Hasil pengolahan menggunakan metode sieving untuk perlakuan pada sampel 9 menunjukkan bahwa didalamnya terkandung secara dominan sedimen yang memiliki ukuran butir 2mm dan yang paling dominan kedua adalah ukuran 0.5mm dengan berat 81.3 gram dan juga 71.3 gram. Hasil tersebut selanjutnya dicocokkan dengan Skala Wentworth pada **Tabel 2** dimana untuk ukuran butir 2mm dan juga 0.5mm masuk ke dalam kategori jenis sedimen Pasir.

2. Metode Pippeting

Tabel 5 Hasil Uji Metode Pippeting

Ukuran	Jarak Tenggelam (cm)	Waktu	Berat Gelas		Volume Air Sedimen (ml)	ρ Air Sedimen (gr/ml)	Nilai m	Masa Sedimen (gram)
			Sampel (gram)	Sampel + Sedimen (gram)				
0,0625	20	58 detik	7,11	26,36	20	0,962	50	2,314
0,0312	10	1 menit 56 detik	7,46	26,76	20	0,965	53	2,453
0,0156	10	7 menit 48 detik	7,71	27,00	20	0,964	52	2,407
0,0078	10	30 menit	7,49	25,63	20	0,907	-5	0
0,0039	10	2 jam 30 menit	7,75	27,21	20	0,973	61	2,824

Pemipetan dilakukan pada rentang waktu tertentu dan kedalaman yang berbeda pula untuk mendapatkan campuran air dan sedimen dengan ukuran butir tertentu. Untuk hubungan antara waktu pemipetan, jarak, dan ukuran yang didapat dari pemipetan pada waktu tersebut sudah diatur dalam ketentuan oleh Buchanan (1979) dalam McIntre dan Holme (1984).

Hasil pengolahan menggunakan Metode *Pippeting* menunjukkan hasil bahwa sedimen dengan ukuran butir 0,0039mm paling dominan dengan berat 2,824gram dan masuk dalam kategori jenis lempung.

IV.3. Analisa Klasifikasi Jenis Sedimen

Dalam penentuan rentang kelas jenis sedimen dilakukan klasifikasi berdasarkan kedalaman karena

jenis sedimen yang ada di laut mendapat pengaruh paling besar oleh kedalaman. Dari proses klasifikasi yang sudah diuraikan pada bab 3 maka didapat data seperti yang ditampilkan pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8**.

Tabel 6 Sedimen Lempung

X (m)	Y (m)	I	Z (m)	JENIS SEDIMEN
459092.960	9268592.770	679	-4.27	CLAY / LEMPUNG
459101.900	9268593.230	134	-4.23	
459095.020	9268591.980	264	-4.21	
459098.300	9268591.130	131	-4.19	
459095.860	9268589.500	222	-4.11	

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kedalamannya -4,11m hingga -4,27m dengan variasi intensitas nya yaitu 222, 131, 264, 134, dan 679. Jenis sedimen ini hanya dapat ditemui pada sampel S drop 3.

Tabel 7 Sedimen Lanau

X (m)	Y (m)	I	Z (m)	JENIS SEDIMEN
459247.410	9268565.590	1681	-3.36	SILT / LANAU
459244.190	9268571.070	2135	-3.35	
459243.670	9268566.410	423	-3.34	
459242.210	9268566.820	914	-3.34	
459245.280	9268566.000	376	-3.32	
459238.870	9268567.590	254	-3.3	
459240.700	9268567.240	331	-3.3	
459242.070	9268562.030	633	-3.26	
459242.650	9268571.490	1676	-3.26	
459245.950	9268570.770	697	-3.24	
459246.630	9268569.310	167	-3.16	
459243.270	9268565.140	199	-3.07	
459239.950	9268569.970	336	-3.06	
459247.140	9267991.160	1976	-2.95	
459239.630	9267992.280	151	-2.55	
459242.780	9267991.550	93	-2.5	
459244.520	9267986.520	180	-2.44	
459247.230	9267989.050	236	-2.44	
459242.260	9267993.110	351	-2.44	
459214.490	9268418.160	195	-3.92	
459216.620	9268420.460	226	-3.91	
459218.290	9268417.340	305	-3.9	
459218.790	9268419.700	229	-3.89	
459219.560	9268421.840	327	-3.89	
459222.580	9268418.780	133	-3.88	
459220.500	9268416.670	348	-3.88	
459220.990	9268424.640	169	-3.87	
459214.980	9268421.140	253	-3.87	
459222.820	9268420.680	520	-3.87	
459213.600	9268421.810	918	-3.87	
459217.010	9268422.560	181	-3.86	
459217.910	9268425.450	215	-3.86	
459221.370	9268421.260	483	-3.84	
459215.810	9268424.010	564	-3.65	
459221.730	9268421.950	479	-2.95	
459290.830	9268181.550	70	-2.66	
459288.580	9268177.810	82	-2.66	
459286.340	9268178.270	109	-2.65	
459284.820	9268178.730	128	-2.65	
459287.500	9268182.060	151	-2.65	
459293.310	9268180.920	86	-2.64	

Tabel 7 Sedimen Lanau (Lanjutan)

X (m)	Y (m)	I	Z (m)	JENIS SEDIMEN
459079.520	9268381.740	333	-3.92	SILT / LANAU
459072.600	9268386.720	181	-3.86	
459072.830	9268381.880	546	-3.85	
459074.290	9268381.210	501	-3.84	
459074.210	9268386.130	389	-3.83	
459075.560	9268385.510	757	-3.82	
459075.620	9268380.560	656	-3.78	
459078.730	9268379.190	423	-3.77	
459076.900	9268384.880	430	-3.77	
459077.000	9268379.910	313	-3.75	
459076.770	9268383.510	266	-3.72	
459080.650	9268383.520	274	-3.72	
459078.460	9268384.250	354	-3.71	
459075.730	9268382.380	1756	-3.54	
459129.070	9268488.990	159	-4.1	
459131.350	9268490.260	297	-4.07	
459133.390	9268489.610	365	-4.07	
459133.030	9268487.880	123	-4.06	
459136.420	9268488.500	529	-4.04	
459132.080	9268490.150	1183	-3.8	
459243.890	9268568.530	656	-4.06	

Dari sampel yang telah diambil lalu diuji di laboratorium untuk mengetahui jenisnya. Tercatat sedimen berjenis lanau mendominasi sampel dengan jumlah 6 sampel dari total 10 sampel yang diambil. Sedimen ini memiliki karakteristik lembut seperti lumpur.

Untuk sedimen jenis pasir pengkelasannya berdasarkan pada kedalaman dari rentang -0,20 hingga -2,63. Sedangkan intensitas dari jenis ini bervariasi nilainya mulai dari 56 hingga 967. Jenis sedimen ini ditemukan pada 3 sampel yaitu S 7, S 9, S 1. Ketiga jenis sampel ini diambil pada wilayah yang berdekatan dengan pesisir. Yaitu berkisar pada jarak 400-500m dari tepi pantai.

Lalu yang terakhir untuk sedimen pasir memiliki hasil data seperti ini yang ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Sedimen Pasir

X	Y	I	Z	JENIS SEDIMEN
459350.880	9268688.300	138	-0.75	PASIR SANGAT KERAS
459353.720	9268682.490	239	-0.73	
459354.160	9268686.570	260	-0.72	
459354.840	9268686.130	351	-0.71	
459353.530	9268687.020	474	-0.7	
459356.750	9268680.690	135	-0.69	
459355.670	9268685.710	189	-0.69	
459353.000	9268682.990	82	-0.68	
459354.370	9268682.050	155	-0.68	
459355.020	9268681.590	266	-0.68	
459352.120	9268687.920	56	-0.66	
459352.900	9268687.490	373	-0.65	
459356.920	9268685.290	205	-0.64	
459355.710	9268681.170	105	-0.63	
459351.630	9268687.720	133	-0.2	

Tabel 8 Sedimen Pasir (Lanjutan)

X (m)	Y (m)	I	Z (m)	JENIS SEDIMEN
459321.870	9268396.430	84	-2.58	PASIR SANGAT KERAS
459319.330	9268401.410	120	-2.49	
459323.790	9268400.900	125	-2.54	
459322.640	9268395.840	104	-2.63	
459319.760	9268396.390	225	-2.43	
459323.000	9268401.320	967	-2.57	
459354.230	9267882.190	174	-2.29	
459352.020	9267878.850	211	-2.28	
459352.850	9267882.750	133	-2.27	
459353.200	9267878.270	140	-2.27	
459356.200	9267881.540	142	-2.27	
459354.740	9267882.960	155	-2.27	
459351.290	9267880.070	158	-2.27	
459352.320	9267879.410	167	-2.27	
459353.290	9267878.750	219	-2.27	
459353.680	9267883.620	179	-2.26	
459352.680	9267884.260	215	-2.26	
459355.400	9267886.090	111	-2.25	
459354.700	9267877.640	153	-2.25	
459355.760	9267877.300	154	-2.25	
459354.350	9267878.070	163	-2.25	
459356.020	9267882.290	160	-2.24	
459351.700	9267883.270	262	-2.24	
459357.040	9267876.890	142	-2.23	
459357.930	9267881.490	163	-2.23	
459358.340	9267885.360	69	-2.21	
459359.940	9267880.670	108	-2.21	
459353.760	9267884.450	582	-2.17	
459351.470	9268684.690	234	-0.97	
459352.220	9268680.660	56	-0.85	
459349.430	9268685.180	141	-0.8	
459350.210	9268683.880	98	-0.78	
459355.720	9268683.740	122	-0.78	
459351.950	9268683.420	147	-0.76	

Dari semua data hasil pengolahan kemudian dihitung rata-rata intensitas dan juga simpangan bakunya untuk mengetahui jika antar jenis sedimen memiliki perbedaan yang signifikan.

Hal ini dilakukan untuk melihat rerata nilai intensitas tiap jenis sedimen yang sudah dikelaskan apakah bernilai relative sama atau ada perbedaan di dalamnya. Ternyata dari hasil yang sudah ada dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan antar tiap jenis sedimen walaupun perbedaan antara lanau dan lempung relative kecil karena sedimen penyusun lempung dan lanau sendiri hampir sama dan tergolong sedimen lumpur.

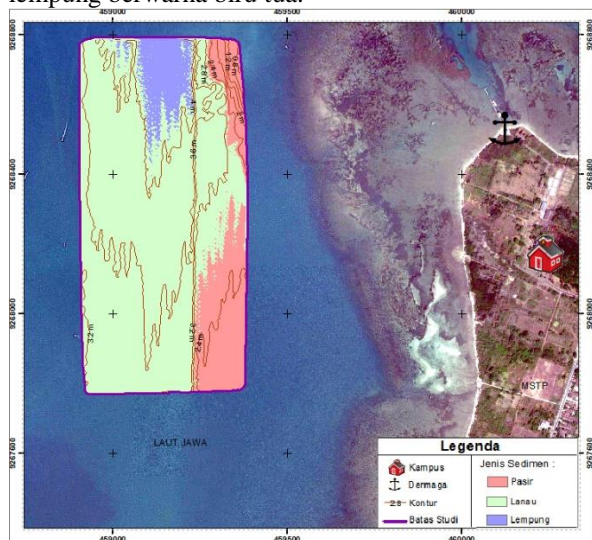
Tabel 9 Statistik Intensitas

Jenis Sedimen	Rata-rata Intensitas	Simpangan Baku
Pasir	265.2878617	302.0802256
Lanau	402.4522812	416.9425732
Lempung	456.9935815	435.9015844

IV.4. Peta Persebaran Jenis Sedimen

Setelah melakukan pengolahan visualisasi di ArcMap 10.4.1 dengan mengubah *point cloud* menjadi data raster menggunakan metode *Nearest Neighbor* maka didapat hasil tampilan dari persebaran sedimen yang ada di wilayah Pantai Teluk Awur. Sedimen yang terdapat di wilayah tersebut diantaranya pasir, lanau, dan lempung. Untuk sedimen pasir

berwarna kuning, lanau berwarna biru muda, dan lempung berwarna biru tua.



Gambar 4 Tampilan Persebaran Sedimen

Luas daerah yang disurvei adalah 471981,350 m² dari total luas daerah rencana survei yang hanya sekitar 400000 m². Dari total luas keseluruhan tersebut terlihat di gambar bahwa sedimen lanau memiliki area persebaran yang paling luas di perairan Teluk Awur yaitu sekitar 322398,028 m². Lalu sedimen pasir memiliki area persebaran paling luas kedua dengan total area yaitu 104211,048 m². Sedangkan lempung memiliki area paling sempit yaitu 45372,275 m².

IV.5. Analisa Ketelitian Hasil Pengolahan Multibeam Echosounder

Uji ketelitian data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan nilai kedalaman hasil pengolahan data *multibeam echosounder* yang bertampalan. Sesuai dengan rencana yang telah dibuat sebelumnya untuk akuisisi data pemeruman menggunakan total 29 jalur. Tiap jalurnya selalu terikat satu sama lain dengan jalur lain atau saling *overlay* dalam perekaman datanya. Dengan adanya *overlay* ini, secara teknis terdapat beberapa titik koordinat yang memiliki koordinat yang sama. Dari beberapa koordinat yang sama ini pada tiap jalur, dapat kita lihat perbedaan kedalaman yang terjadi pada jalur ini seberapa besar. Dengan menggunakan perangkat lunak ARCGIS 10.4 dan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel, kita dapat menentukan ketelitian tersebut dengan menggunakan fungsi *overlay spatial join* yang mana mencari koordinat X dan Y yang sama lalu mengambil nilai kedalamannya yang kemudian dihitung dengan rumus seperti yang sudah dijelaskan pada Bab 2 dengan perhitungan yang mengacu pada IHO, kemudian dicari nilai kesalahannya.

Tabel 10 Standar Deviasi Uji Ketelitian

Lajur	St dev	1,96 St dev	Toleransi IHO	Keterangan
1 dan 2	0.079	0.154	0.388	Diterima
2 dan 3	0.085	0.167	0.358	Diterima

Tabel 10 Standar Deviasi Uji Ketelitian (Lanjutan)

Lajur	St dev	1,96 St dev	Toleransi IHO	Diterima
3 dan 4	0.081	0.160	0.395	Diterima
21 dan 22	0.050	0.098	0.304	Diterima
22 dan 23	0.070	0.137	0.322	Diterima
23 dan 24	0.041	0.081	0.301	Diterima

Uji kualitas ini dilanjutkan dengan menghitung nilai kesalahan data beda kedalaman dengan tingkat kepercayaan 95% yang mengacu pada IHO SP-44 tahun 2008 yaitu sebesar $1,96\sigma$. Jika nilai kesalahan data beda kedalaman masih dalam batas toleransi kedalaman yang diperoleh dengan persamaan $I.10$, maka kualitas sampel data kedalaman masuk dalam toleransi yang merujuk pada IHO SP-44 tahun 2008. Sedangkan jika nilai kesalahan data beda kedalaman diluar batas toleransi kedalaman, maka kualitas sampel data kedalaman tidak masuk dalam toleransi. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan toleransi IHO didapat bahwa semua sampel masuk dalam toleransi atau bisa dikatakan diterima.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diuraikan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut,

1. Berdasarkan pengolahan yang telah dilakukan didapatkan bahwa daerah tersebut memiliki variasi kedalaman yang berkisar antara 0,55 m hingga 4,64 m dengan topografi dasar laut yang unik dimana kedalaman yang paling dalam berada di tengah area studi karena terdapat cekungan di daerah tersebut.
2. Pantai teluk awur khususnya yang berada pada daerah area penelitian memiliki variasi jenis sedimen di dasar perairannya. Diantaranya terdapat Sedimen Pasir, Lanau, dan juga Lempung. Penentuan sedimen ini dilakukan dengan uji laboratorium menggunakan metode *sieving* dan metode *pipetting*. Metode ayak atau *sieving* untuk sedimen kasar dan metode *pipetting* untuk sedimen halus.
3. Sebaran sedimen yang ada di Perairan Teluk Awur cukup beragam. Dimana sedimen pasir berada dekat dengan bibir pantai dengan jarak sekitar 600-700m dari bibir pantai dengan kedalaman berkisar antara 0,2 meter hingga 2,63 meter. Lalu untuk sedimen lanau kebanyakan berada lebih dekat ke laut dengan jarak 700-1000m dari bibir pantai dengan kedalaman 2,64 meter hingga 4,1 meter. Sedangkan untuk sedimen lanau berada pada cekungan yang terjadi pada dasar perairan dengan kedalaman 4,11 hingga 4,52 meter

V.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya agar dapat dilaksanakan dengan lebih baik berikut merupakan saran yang perlu diperhatikan yaitu,

1. Perlunya penelitian lebih lanjut terkait tentang hubungan kedalaman dan jenis sedimen untuk mendukung penelitian ini.
2. Pastikan bahwa data hasil pemeruman bisa dibuka di aplikasi lain selain dengan aplikasi yang terintegrasi dengan alat. Hal ini dilakukan untuk memudahkan dalam pengolahan jika terdapat kendala menggunakan satu aplikasi.
3. Sebaiknya mengambil sampel sedimen lebih banyak di lapangan untuk mendapat variasi data yang lebih beragam

Daftar Pustaka

- Holmes, N.A., and McIntyre, A.D., 1984, *Method for the Study of Marine Benthos* and Blackwell Scientific, Publication Oxford, 387.
- IHO. 2008. *Special Publication no 44 5th Edition*. Monaco : International Hydrographic Bureau.
- Jaya I. 2011. *Penginderaan jauh sumberdaya dan dinamika laut dengan teknologi akustik untuk pembangunan benua maritim Indonesia*. Orasi Ilmiah Guru Besar FPIK-IPB. IPB-Press. Bogor.
- Kurniawan, Akbar dan Ramanda Aji Pradana. 2016. *Pemodelan Aliran Material Sedimen Akibat Arus Pasang Surut untuk Pemeliharaan Kedalaman Perairan Pelabuhan*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Micallef A, Le Bas TP, Huvenne VAI, Blondel P, Hühnerbach V, Deidun A. 2012. A multi-method approach for benthic habitat mapping of shallow coastal areas with high-resolution multibeam data. *Continental Shelf Research*. 39-40(14-26). 10.1016/j.csr.2012.03.008.
- Moustier, D., 2005, *Course Multibeam Sonar Method*. Publication Data, Inggris.
- Nugroho, A.P., Windupranata, W., Haryanto, D. 2011. *Pemetaan Dasar Laut Menggunakan Multibeam Echosounder untuk Penelitian Laut Dalam*. Skripsi, Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Nursanti, Riniatsih, I., Satriadi., A. 2013. *Studi Hubungan Kerapatan Lamun dengan Laju Sedimentasi di Perairan Teluk Awur dan Bandengan Jepara Pada Periode Juni – juli 2012*. Jurnal, Semarang: Universitas Diponegoro Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Poerbondono dan Eka Djunasjah. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: PT. Refika Aditama
- Rohman, S., 2012. *Aplikasi Multibeam dan Side Scan Sonar untuk Mendeteksi Target Runtuhnya Jembatan Kartanegara di Kutai Kalimantan Timur*. Skripsi, Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Saputra, L.R., Awaluddin, M., Sabri, L.M. 2011. *Identifikasi Nilai Amplitudo Sedimen Dasar Laut pada Perairan Dangkal Menggunakan Multibeam Echosounder*. Skripsi, Semarang : Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- Wentworth, C.K., 1922. *The journal of Geology : A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments*. Jurnal, Iowa : University of Iowa.
- Wijonarko, W., W. 2016. *Kajian Pemodelan Dasar Laut Menggunakan Side Scan Sonar dan Singlebeam Echosounder*. Skripsi, Semarang. Universitas Diponegoro.
- Wyrtki, K., 1961, *Physical Oceanography of the South East Asian Waters*, Naga Report Vol.2 Scripps, Institute Oceanography, California.