

IDENTIFIKASI OBJEK BERDIMENSI KECIL MENGGUNAKAN SAPUAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER

Zainul Arif Akbar¹, Danar Guruh Pratomo², Adhi Kusuma Negara³, Nur Riyadi⁴

¹Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut

²Dosen Peneliti dari Institut Teknologi Sepuluh November, ITS Surabaya

³Peneliti dari Pusat Hidrografi dan Oseanografi Angkatan Laut, Pushidrosal AL

⁴Dosen Pengajar Prodi S1 Hidrografi, STTAL

ABSTRAK

Survei Hidrografi adalah ilmu pengukuran dan penggambaran fitur-fitur yang mempengaruhi navigasi maritim, konstruksi kelautan, pengerukan, eksplorasi / pengeboran minyak lepas pantai dan kegiatan-kegiatan lain yang terkait. Pada saat pelaksanaan survei, keselamatan personel, alat, data dan lingkungan sangat diutamakan. Resiko yang sering terjadi pada saat survei yaitu terjatuhnya peralatan survei pada saat pengambilan data dilaut. Penelitian ini menggunakan objek berdimensi kecil dengan ukuran kurang dari 1 meter sebagai target untuk diteliti karena alat survei milik Pushidrosal rata-rata berukuran di bawah 1 meter. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa MBES EM 2040 *dual head* milik SV KRI SPICA-934 dalam mengidentifikasi objek berdimensi kecil dengan cara memperbanyak jumlah sapuan. Pengambilan Data dilakukan pada tanggal 20 - 25 April 2018 di perairan dermaga pondok dayung baru, Teluk Jakarta Tanjung Priok, Jakarta Utara. Hasil pengolahan Data menggunakan *CARIS HIPS and SIPS 9.0* menyatakan bahwatarget dengan dimensi kurang dari 1 meter pada kedalaman 10 meter dapat dideteksi menggunakan 3 kali sapuan MBES.

Kata Kunci: Identifikasi, Objek Berdimensi Kecil, *Multibeam Echosounder*

ABSTRACT

Hydrographic surveys are the science of measuring and imaging features that affect maritime navigation, marine construction, dredging, offshore oil exploration / drilling and other related activities. At the time of the survey, the safety of personnel, tools, data and the environment was highly prioritized. The risk that often occurs at the time of the survey is the collapse of survey equipment at the time of retrieval of data at sea. This study uses a small dimension object with a size of less than 1 meter as a target to be investigated because Pushidrosal's survey tool has an average size of under 1 meter. The purpose of this study was to determine the performance of the MBES EM 2040 dual head owned by SV KRI SPICA-934 in identifying small dimension objects by increasing the number of strokes. Data collection was carried out on April 20-25, 2018 in the waters of the new pondok dayung dock, Jakarta Bay, Tanjung Priok, North Jakarta. The results of data processing using CARIS HIPS and SIPS 9.0 state that targets with dimensions less than 1 meter at a depth of 10 meters can be detected using 3 times the MBES sweep.

Keywords: *Identification, Small Dimensional Objects, Multibeam Echosounder*

PENDAHULUAN

Survei hidrografi adalah ilmu pengukuran dan penggambaran fitur-fitur yang mempengaruhi navigasi maritim, konstruksi kelautan, pengerukan, eksplorasi / pengeboran minyak lepas pantai dan kegiatan-kegiatan lain yang terkait (Kusuma, 2015). *Multibeam Echosounder* (MBES) adalah alat yang dapat digunakan untuk mengukur banyak sampel kedalaman secara bersamaan yang didapat dari suatu susunan transduser (*transducer array*) (Lekkerkerk, 2006). MBES merupakan alat yang digunakan dalam proses pemeruman suatu survei hidrografi. Survei yang dilakukan menggunakan MBES lebih efisien dan hasil yang didapat lebih cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi. MBES sebagai alat pengukuran suatu survei tidak bisa berdiri sendiri dalam melakukan pekerjaannya. Sistem pada MBES merujuk pada sekumpulan sensor yang dipasang pada suatu wahana survei yang digunakan secara bersamaan untuk mendapatkan pengukuran kedalaman seketika.

MBES menggunakan prinsip yang sama dengan *Singlebeam Echosounder* (SBES) akan tetapi MBES bisa mendapatkan banyak titik kedalaman dalam sekali pancaran. Pola pancarannya sempit namun melebar dan melintang terhadap badan kapal. Setiap *beam* menghasilkan sampel kedalaman, jika titik-titik kedalaman tersebut dihubungkan akan membentuk profil dasar laut. Jika kapal bergerak maju hasil sapuan MBES tersebut menghasilkan suatu luasan yang menggambarkan permukaan dasar laut (de Moustier, 1998). Selain untuk mengukur kedalaman, MBES juga digunakan untuk mencari objek di dasar laut. Objek adalah suatu benda yang dijadikan sasaran atau target. Penelitian ini menggunakan objek berdimensi kecil sebagai target.

Pada penelitian ini menggunakan objek dimensi kecil dengan ukuran kurang dari 1 meter sebagai target untuk diteliti karena alat survei milik Pushidrosal rata-rata berukuran di bawah 1 meter. Pada saat pelaksanaan survei, keselamatan personel, alat, data dan lingkungan sangat diutamakan. Resiko yang sering terjadi pada saat survei yaitu terjatuhnya atau hilangnya peralatan survei pada saat pengambilan data dilaut. Banyak faktor yang menyebabkan hilang atau jatuhnya alat survei tersebut ke laut, diantaranya keterbatasan personel yang mengawasi alat tersebut, lepasnya pengikat alat dan terbenturnya alat tersebut dengan benda lain.

Penelitian ini menitik beratkan pada identifikasi obyek berdimensi kecil yang berada di laut dengan cara merapatkan lajur perum sampai 6 kali *covered*, kemudian melakukan pengolahan data *tide / pasang surut* (pasut), *Sound Velocity Profiler* (SVP) dan batimetri MBES menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0 (Compute Analysis Research Information System Hydrographic Information Processing System and Sonar Imagery Processing System)* untuk mendapatkan dimensi dan posisi terhadap objek tersebut. Data penelitian diperoleh dari data primer MBES hasil pemeruman di Perairan Dermaga Pondok Dayung Baru, Teluk Jakarta Tanjung Priok, Jakarta Utara dengan menggunakan wahana sekoci atau *Sounding Vessel* (SV) milik KRI SPICA-934.

BAHAN DAN METODE

Desain Penelitian

Jenis Penelitian yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode kualitatif dengan pendekatan komparatif. Metode penelitian kualitatif adalah penelitian tentang riset yang bersifat deskriptif dan cenderung menggunakan analisis. Proses dan makna (perspektif subjek) lebih ditonjolkan dalam penelitian kualitatif. Landasan teori dimanfaatkan sebagai pemandu agar fokus penelitian sesuai dengan fakta di lapangan. Selain itu landasan teori juga bermanfaat untuk memberikan Gambaran umum tentang latar penelitian dan sebagai bahan pembahasan hasil penelitian. Penelitian ini menggunakan pendekatan komparatif yaitu suatu penelitian yang bersifat membandingkan. Disini variabelnya masih sama dengan variabel mandiri tetapi untuk sample yang lebih dari satu, atau dalam waktu yang berbeda (Sugiyono, 2003).

Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data primer. Hal ini karena data diambil sendiri dari hasil pengamatan dan pemeruman oleh anggota KRI SPICA-934 dan data tersebut belum pernah diolah sebelumnya. Data yang diambil dalam penelitian ini terdiri dari tiga data yaitu:

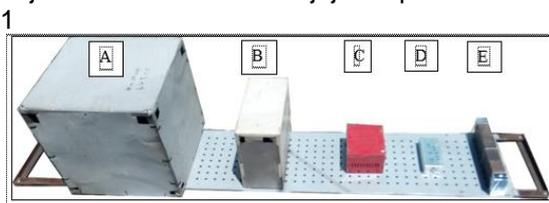
- a. Data batimetri.
- b. Data pasang surut.
- c. Data *Sound Velocity Profile* (SVP).

Subyek dari penelitian ini adalah anggota KRI SPICA-934 selaku pengawas sekaligus narasumber. Pengambilan data

dilaksanakan pada waktu hari pemanasan peralatan survey dan atas ijin dari Komandan KRI SPICA-934.

Objek Penelitian

Penelitian ini menggunakan objek berdimensi kecil yang terdiri dari 5 (lima) objek yang berukuran di bawah 1 meter, kelima objek tersebut disusun sejajar seperti Gambar 1



Gambar 1 Target Penelitian

Dari gambar 1 terlihat target disusun dan dirangkai menjadi satu agar mempermudah dalam proses identifikasi dan agar mudah dikenali. Dimensi dari target bervariasi yaitu :

- a. Target A : 50 x 50 x 50 (CM)
- b. Target B : 33,5 x 17,9 x 38 (CM)
- c. Target C : 21,1 x 20,2 x 16,2 (CM)
- d. Target D : 19 x 8 x 4,9 (CM)
- e. Target E : 40 x 5 x 10 (CM)

Total panjang rangkaian target dari target A ke target E yaitu 187,8 cm.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dalam kurun waktu yang bersamaan. Data terdiri dari tiga data yang berasal dari peralatan yang berbeda, diantaranya:

a. Pengambilan Data Batimetri dilakukan menggunakan SV KRI SPICA-934 dengan *instrument* MBES EM 2040 *dual head*. Dalam penelitian ini terdapat lima objek yang terangkai menjadi 1 (satu) kemudian ditenggelamkan pada kedalaman 10 meter. Kemudian objek tersebut diidentifikasi menggunakan MBES dengan cara merapatkan lajur hingga 6 kali sapuan, dan pengambilan data menggunakan *Hight Definition Equidistance*, sedangkan frekuensinya yang digunakan 400 KHz dan lebar sapuan MBES $\pm 60^\circ$. Lajur survei untuk identifikasi objek ini terdiri dari 6 lajur dengan spasi antar lajur yaitu $\frac{1}{2}$ dari kedalaman daerah survei.

b. Pengambilan Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh

dari Stasiun Pasut menggunakan Palembang Pasut dan *Mini Tide*. Pengamatan Pasang Surut dilaksanakan selama 6 hari. Lokasi Stasiun Pasut berada di dekat area survei yaitu di Dermaga Baru Pondok Dayung pada posisi 06-05.837S, 106-52.560E.

c. Pengambilan Data SVP diperoleh melalui sebuah alat yang disebut *MIDAS SVX2*. Pengambilan data SVP pada hari yang sama dengan pengambilan data batimetri yaitu sebelum pemeruman berlangsung. Instrumen ini memiliki beberapa sensor yang mampu merekam (*recorded*) parameter oseanografi seperti nilai konduktivitas, suhu dan tekanan. Salah satu keuntungan dari penggunaan instrumen ini adalah mampu dioperasikan secara *portable*.

Pengolahan Data

Pengolahan menggunakan *CARIS HIPS and SIPS 9.0* dan *dongle key*. Pengolahan data penelitian ini dilakukan di KRI SPICA-934 dan dikampus Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Teknik Hidrografi, Ancol, Jakarta Utara, DKI Jakarta.

Uji Kualitas Pengukuran Kedalaman

Pada setiap pengukuran kedalaman sering kali nilai kedalaman yang didapat bukanlah nilai kedalaman sebenarnya tetapi nilai *outlier (rata-rata)* sehingga perlu adanya uji kualitas (*Quality Control*). Batas toleransi kesalahan nilai beda kedalaman diatur dalam IHO SP 44 tahun 2008 dan SNI 7646-2010 dengan tingkat kepercayaan 95%.

Koreksi dilakukan dengan cara membandingkan nilai kedalaman pada titik perpotongan (*Cross Check*) antara lajur melintang (d_l) dengan lajur membujur (d_b), sehingga didapat nilai penyimpangan kedalaman (S). Sebelum dilakukan koreksi dilakukan *gridding* menggunakan metode *Weight Moving Average*. Perhitungan nilai penyimpangan kedalaman menggunakan persamaan:

$$S = d_l - d_b$$

Keterangan :

S : penyimpangan kedalaman

d_l : kedalaman pada lajur melintang/utama

d_b : kedalaman pada lajur membujur/silang

Standar minimum survei batimetri dinyatakan dengan Tabel 3.2. sesuai dengan standar IHO SP-44 tahun 2008.

Standart Minimum Survei Batimetri

Orde	Spesial	1a	1b	2
Konstanta	a=0.25 m	a=0.5 m	a=0.5 m	a=1.0 m
	b=0.0075	b=0.013	b=0.013	b=0.023

Menurut IHO SP-44 edisi 5 tahun 2008, pelabuhan dan alur pelayaran yang kritis berhubungan dengan kedalaman air di bawah lunas yang sangat minim menggunakan orde spesial dengan konstanta nilai a = 0.25 dan nilai b = 0,0075. Perhitungan batas toleransi kesalahan (*limit error*) untuk pengukuran kedalaman perairan secara matematik dapat diperoleh persamaan :

$$(2\sigma) = \pm\sqrt{a^2 + (b \times d)^2}$$

Keterangan :

2σ : nilai batas toleransi ketelitian kedalaman (m).

a : konstanta kesalahan kedalaman (m).

b : faktor pengganti kesalahan kedalaman.

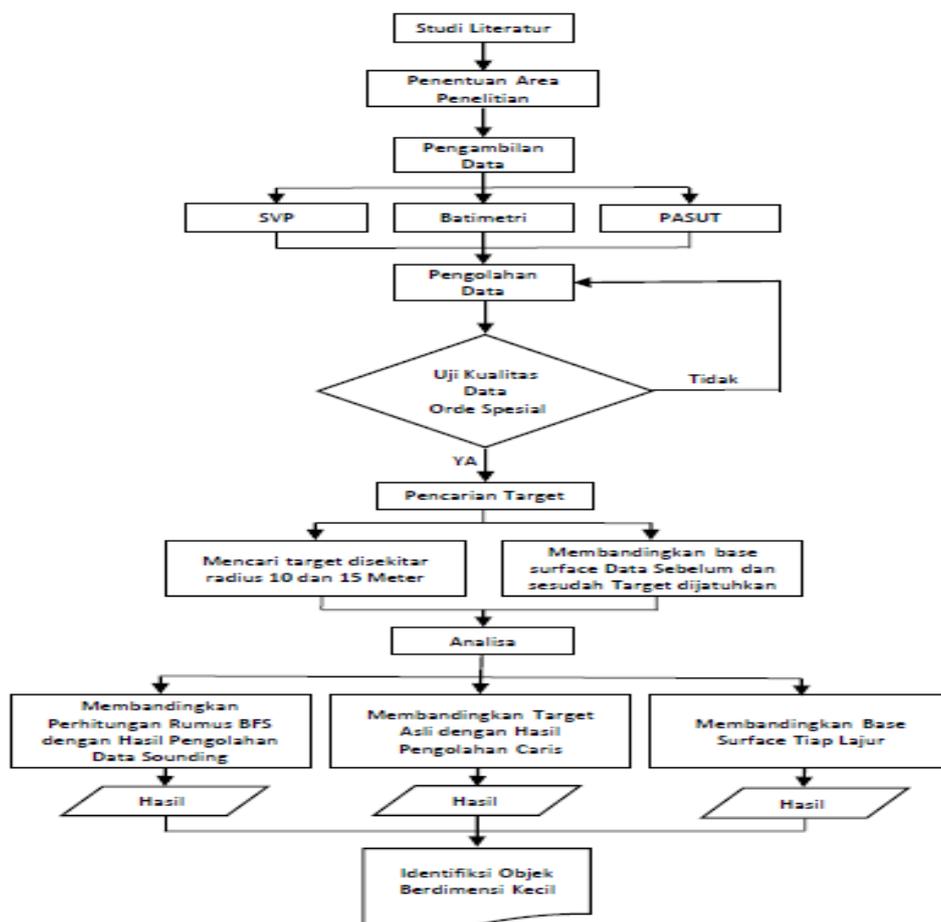
d : kedalaman (m).

Identifikasi Target

Setelah dilaksanakan uji kualitas data langkah berikutnya yaitu mengidentifikasi target. Identifikasi dilakukan dengan 2 (dua). Cara pertama yaitu mengidentifikasi target disekitar lokasi terakhir target diketahui. Lokasi terakhir target yang tercatat yaitu pada saat kapal berhenti dilokasi sesaat setelah target di jatuhkan yaitu 06 05 654 S,106 52 519 E. Cara kedua yaitu membandingkan data sebelum target dijatuhkan dan data setelah target dijatuhkan.

Diagram Alir

Secara keseluruhan proses pengolahan dan analisis pada penelitian ini digambarkan pada diagram alir berikut ini :



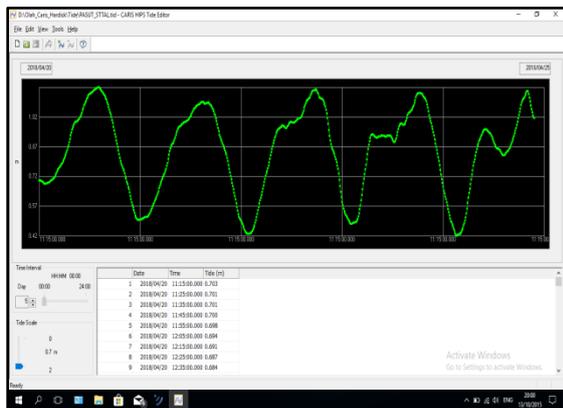
Gambar 2 Diagram Alir

Dari Gambar 2 diagram alir di atas bisa dilihat proses keseluruhan dari tahap awal sampai akhir pelaksanaan penelitian

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Data Pasut

Hasil *smoothing* data tide dalam format tide pada *software CARIS HIPS and SIPS 9.0*

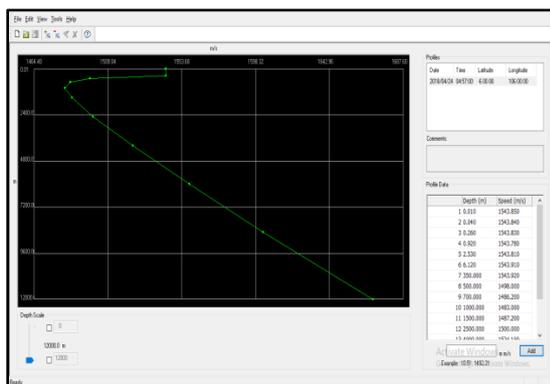


Gambar 3 CARIS HIPS Tide Editor

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa pasang surut di area survei selama lima hari merupakan tipe pasut campuran condong harian tunggal. Pasut inilah yang digunakan untuk mengoreksi hasil *sounding*

Hasil Pengolahan Data SVP

Profil kecepatan suara ini menunjukkan data kecepatan tiap kedalaman kolom perairan. Pada saat pengolahan data koreksi kecepatan suara ini dimasukkan sesuai dengan hasil pengukuran nilai SVP di lokasi penelitian.

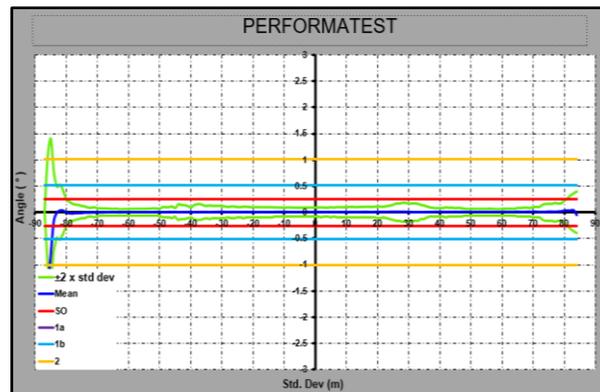


Gambar 4 CARIS HIPS SVP Editor

Dari Gambar 4 Data SVP hasil pengolahan pada *CARIS HIPS SVP Editor* didapat bahwa SVP dipermukaan sampai di kedalaman 6 meter relative sama yaitu dari 1543.85 m/s sampai 1543.91m/s seperti yang terlihat pada *profile data*.

Hasil Pengolahan Performance Test

Hasil Grafik performance test di area penelitian.

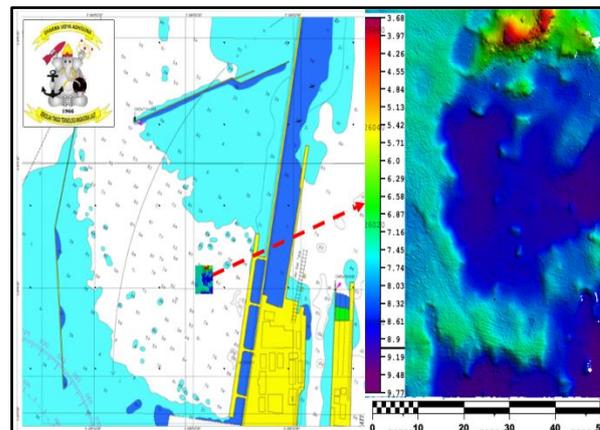


Gambar 5 Grafik Performance Test

Dari Gambar 5 hasil Performance Test dapat dilihat berapa sudut bukaan yang masuk dalam orde spesial. Hasil grafik Performance Test

Hasil Pengolahan Data Batimetri

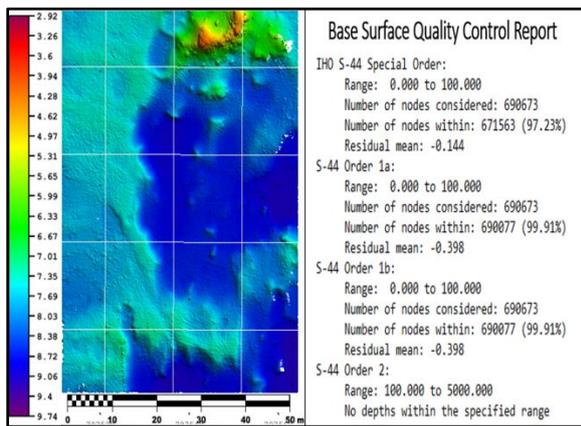
Hasil Pengolahan data batimetri menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0*.



Gambar 6 Base Surface Hasil Sounding Menggunakan Software CARIS HIPS and SIPS 9.0

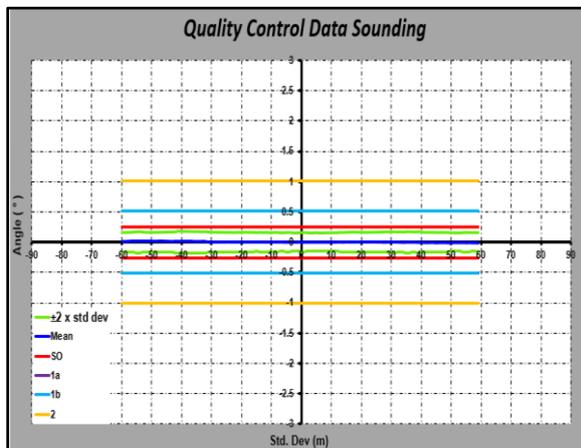
Hasil Uji Kualitas Data

Uji Kualitas Data dilakukan untuk mengetahui berapa persen tingkat kepercayaan data hasil pengolahan setelah mendapat koreksi data pasut dan data SVP.



Gambar 7 Base Surface QC Report

Gambar 7 dapat dilihat hasil *quality control report* dari *base surface*. Sesuai standar IHO hasil QC *report* menyatakan data masuk dalam orde spesial 97.23%.

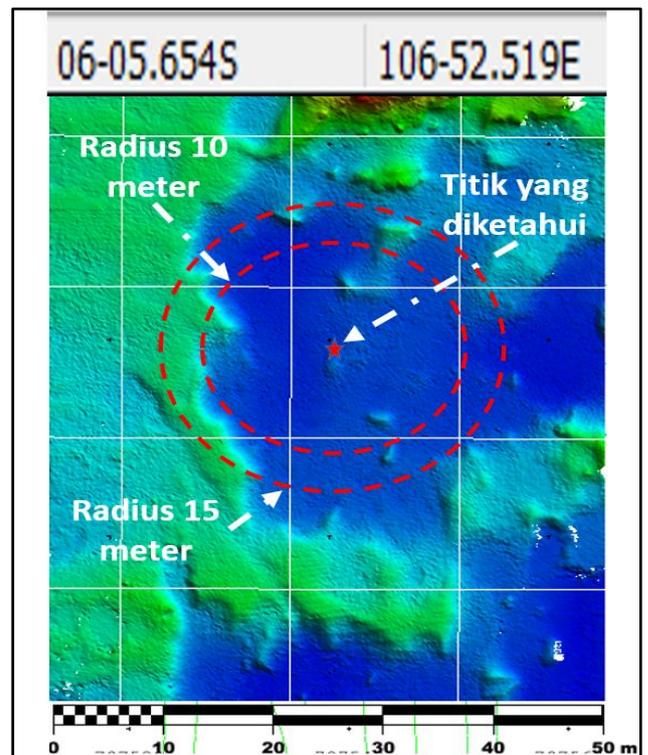


Gambar 8 Hasil Grafik *Quality Control Data Sounding*

Dari Gambar 8 grafik hasil pengolahan data batimetri setelah mendapatkan koreksi pasut dan SVP juga menunjukkan bahwa grafik *base surface quality control report* masuk dalam ordo spesial. Batas orde spesial ditunjukkan dengan garis berwarna merah sedangkan hasil QC *report* ditunjukkan garis berwarna hijau. Dari grafik di atas terlihat sudut bukaan yang digunakan -60° sampai $+60^\circ$ menghasilkan data yang masuk orde spesial, hal ini terlihat dari garis berwarna hijau tidak ada yang melebihi / melintasi garis berwarna merah. Kesimpulan QC *report* dari hasil base surface masuk orde spesial sehingga bisa lanjut ke tahap berikutnya yaitu identifikasi target.

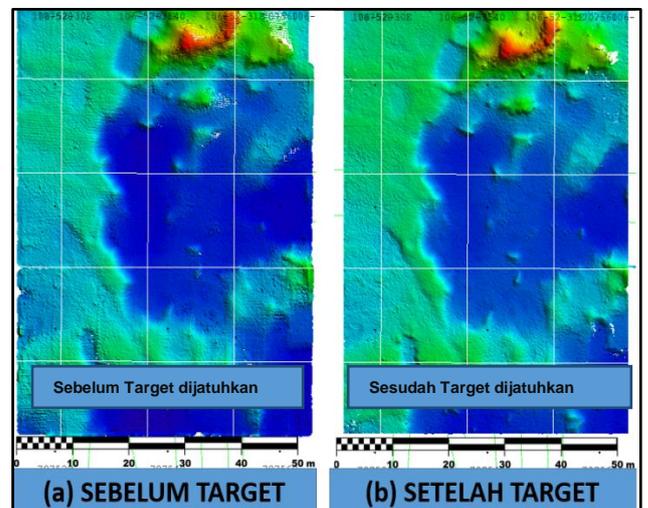
Hasil Identifikasi Target

Identifikasi target disekitar lokasi terakhir target diketahui. Lokasi terakhir target yang tercatat yaitu pada saat kapal berhenti dilokasi sesaat setelah target di jatuhkan yaitu 06 05 654 S, 106 52 519 E.



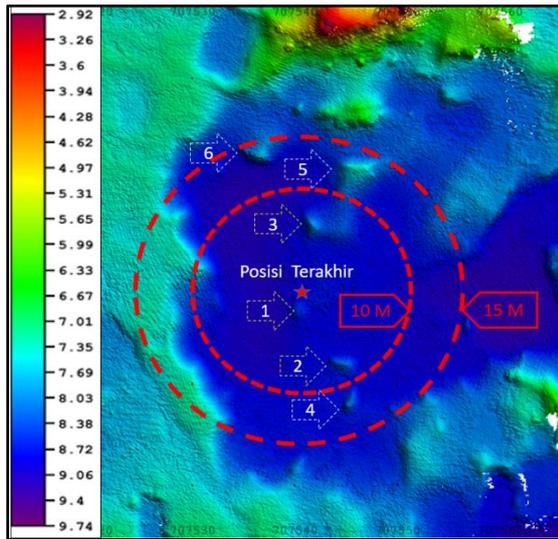
Gambar 9 Lokasi Terakhir yang Tercatat dan Radius 10 Sampai 15 Meter Area Pencarian

Hasil perbandingan data sebelum target dijatuhkan dan data setelah target dijatuhkan seperti Gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10 Hasil Olah Data Sebelum dan Sesudah Target Dijatuhkan Menggunakan *Software CARIS HIPS and SIPS 9.0*

Dari Gambar 10 dapat dilihat kondisi dasar laut sebelum dan sesudah target dijatuhkan. Setelah dilaksanakan pencarian target ternyata target tidak diketemukan namun ditemukan target lain



Gambar 11 Target Lain Pada Radius 10 Sampai 15 Meter dari Titik Terakhir yang Diketahui

Dari Gambar 11 terlihat hasil *base surfacesounding* di daerah penelitian. Lokasi terakhir ditandai dengan bintang berwarna merah. Selain itu area radius 10 meter dan 15 meter juga ditandai dengan garis lingkaran berwarna merah. Pada Gambar di atas terlihat 3 target pada radius 10 meter dan 3 target pada radius 15 meter. Dimensi target di ukur menggunakan *digitize profile*. Masing-masing jarak dan dimensi target terangkum pada table di bawah ini.

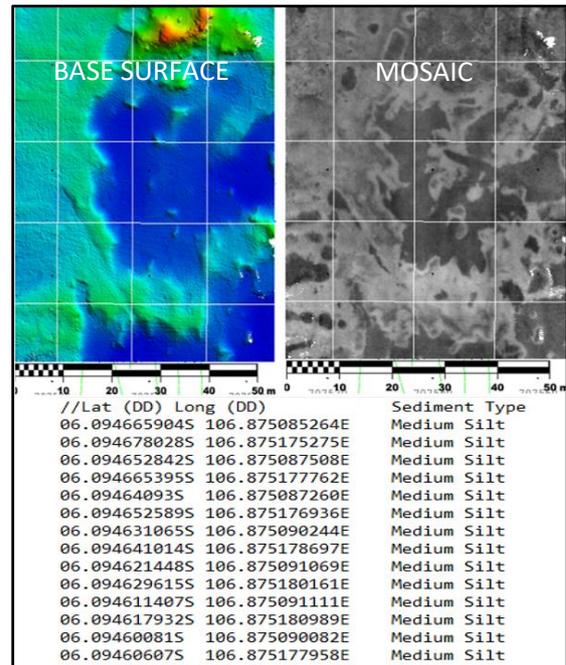
No.	Radius (m)	Jarak dari titik Terakhir (m)	Target	Penjang (cm)	Lebar (cm)	Tinggi (cm)	Dimensi (Atas,Depan,Kanan,Kiri)
1.	10	1.36	1 Atas Bawah	110 120	60 120	20 25	
2.	10	8.23	2 Atas Bawah	80 100	50 180	35 45	
3.	10	6.99	3 Atas Bawah	100 200	70 160	50 70	
4.	15	11.9	4 Atas Bawah	55 260	50 120	40 50	
5.	15	13.59	5 Atas Bawah	200 300	80 200	35 80	
6.	15	13.93	6 Atas Bawah	150 3000	30 90	60 80	

Gambar 12 Jarak, Dimensi dan Gambar Target pada Radius 10-15 Meter dari Titik Terakhir yang Diketahui

Gambar 12 adalah hasil identifikasi dari semua target disekitar titik terakhir yang diketahui sampai radius 15 meter, tidak ditemukan target yang sama maupun mirip dengan dimensi target penelitian. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya yaitu kemampuan dari alat MBES tersebut atau faktor lain seperti *noise* dan dasar laut yang berupa lumpur. Pada analisis awal kemungkinan target tidak terdeteksi dengan maksimal disebabkan target tenggelam didasar laut. Hal ini bisa

terjadi jika dasar laut terdiri dari lumpur tebal sehingga dasar laut menjadi sangat lunak.

Dari hasil pengolahan menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0*. dapat diketahui dasar laut di area penelitian.



Gambar 13 Hasil Pengolahan *Sediment Analysis* Menggunakan *Software CARIS HIPS and SIPS 9.0*.

Dari Gambar 13 dapat dilihat tampilan secara *mosaic* dan hasil ekstrak tipe dasar laut menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0* di area penelitian dasar lautnya berupa lumpur halus. Disamping itu juga dilaksanakan validasi pengambilan sampel dasar laut dan pengambilan foto target ketika target diletakkan di area penelitian untuk menguatkan hasil pengolahan menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0*.



Gambar 14 Hasil Pengambilan Sampel Dasar Laut

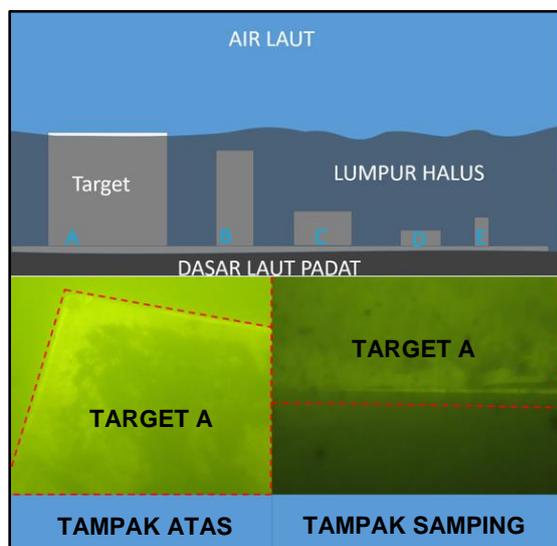
Gambar 14 pada bagian (A) dapat dilihat hasil pengambilan sampel dasar laut berupa lumpur halus. Jika dilihat dari hasil *base surface* area penelitian, dapat disimpulkan bahwa area tersebut merupakan sebuah cekungan yang apabila terdapat *sediment transport* maka *sediment* tersebut berkumpul pada cekungan tersebut sehingga pada area tersebut terisi oleh lumpur halus. Selain itu dermaga pondok dayung baru merupakan bangunan baru yang baru dilaksanakan pengerukan. Sehingga *sediment transport* tersebut belum mengendap dalam jangka waktu yang lama, sehingga *sediment* tersebut belum memadat ataupun mengeras.

Kemudian pada bagian (B) terlihat target yang terbenam dilumpur halus. Target yang terlihat hanya bagian atas dari target 1 yang berukuran 1 cm, sedangkan target 2 sampai target 5 semua terbenam di lumpur halus. Hal inilah yang menyebabkan target tidak dapat ditemukan pada hasil pengolahan menggunakan *software CARIS HIPS and SIPS 9.0*.

Pada Gambar bagian (C) terlihat target sesaat setelah diangkat dari dasar laut. Target terlihat bersih dan hanya sedikit terkena lumpur yang lembek, hal ini juga menguatkan bahwa target terbenam pada lumpur halus dan duduk pada lumpur yang lebih padat.

Hasil Validasi Target

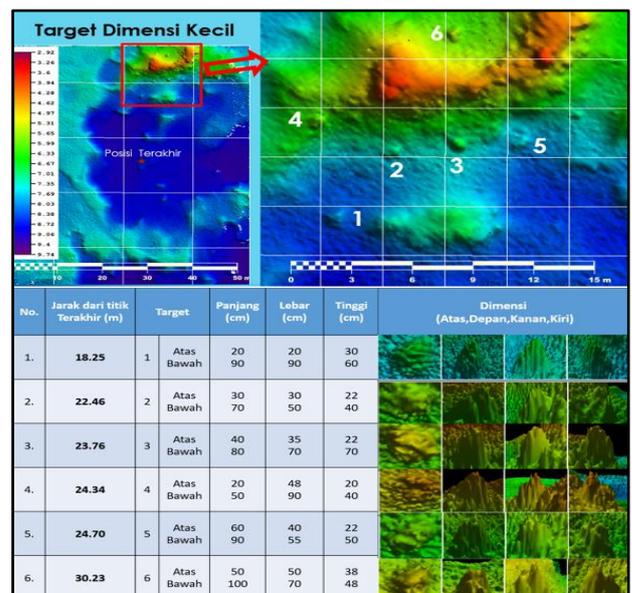
Setelah melaksanakan pengolahan data hasil *sounding* di area penelitian, ternyata target tidak dapat ditemukan sehingga proses validasi tidak dapat dilaksanakan. Hal ini terjadi karena target tenggelam oleh lumpur halus. Hal ini dibuktikan dengan hasil pengambilan foto bawah air.



Gambar 15 Hasil Validasi Target

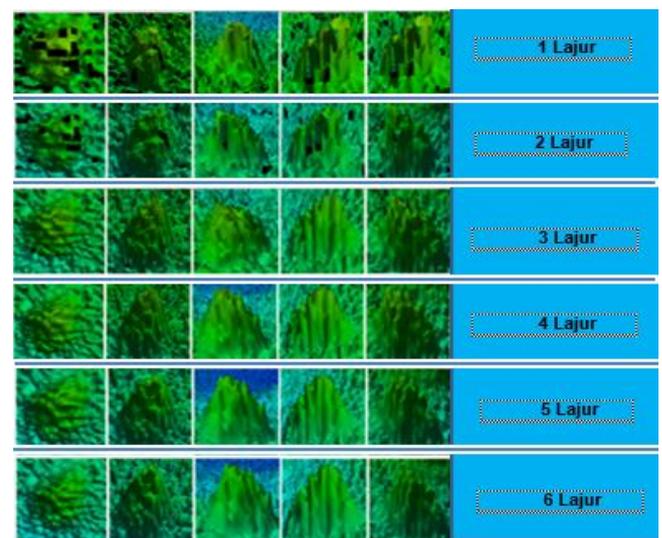
Gambar 15 terlihat target terendam oleh lumpur halus, yang terlihat hanya bagian atas dari target 1. Bagian yang terlihat sekitar 1 cm sedangkan target yang lain terendam oleh lumpur.

Berdasarkan hasil olah dari data *sounding* yang telah dilaksanakan target dengan dimensi kurang dari 1 meter dapat dideteksi. Hal ini dibuktikan dengan terdeteksinya target lain di area penelitian yang mempunyai dimensi kurang dari 1 meter.



Gambar 16 Lokasi dan Dimensi Target Berdimensi Kecil yang Terdeteksi

Target lain dengan dimensi kurang dari 1 meter dapat dideteksi oleh MBES EM 2040 *dual head*. Hal ini membuktikan bahwa alat MBES EM 2040 *dual head* dapat mendeteksi target berdimensi kecil.



Gambar 17 Perbandingan *Base Surface* Target 1

Gambar 17 hasil perbandingan *base surface* tiap lajur pada target 1. Base surface menggunakan *grid* 0.05 meter agar target yang berukuran 5 cm dapat dideteksi. Dari hasil analisis berdasarkan pengolahan data di atas dapat disimpulkan bahwa untuk mendeteksi target berdimensi kurang dari 1 meter pada kedalaman 10 meter minimal menggunakan 3 kali sapuan MBES.

Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dalam tugas akhir ini adalah:

a. *Multibeam Echosounder* EM 2040 *dual head* milik SV KRI SPICA 934 dapat mendeteksi objek berdimensi kecil (kurang dari 1 meter). Hal ini dibuktikan dengan tertangkapnya target lain yang berukuran kurang dari 1 meter.

b. Target dapat divalidasi namun tidak sempurna dikarenakan target terbenam didalam lumpur halus. Dasar laut berupa lumpur halus dibuktikan dengan hasil *grab sampling* dilapangan yang berupa lumpur halus dan hasil pengolahan sediment analisis menggunakan *software* CARIS HIPS and SIPS 9.0. yang menunjukkan bahwa dasar laut berupa *medium silt* (lumpur halus).

c. Jumlah sapuan yang optimal pada EM 2040 *dual head* untuk mendeteksi objek berukuran kurang dari 1 meter pada kedalaman 10 meter minimal 3 kali sapuan MBES

DAFTAR PUSTAKA

de Moustier, C. (1988). *State of the Art in Swath Bathymetry Survey Systems.* *International Hydrographic Review.*, Volume 65 (2), pp. 25-54.

de Moustier, C. (1998). *Bottom Detection Methods., Coastal Multibeam Training Course Notes.* Ocean Mapping Group, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, pp. 6.

Djunarsjah, E. (2005). *Diktat Survei Hidrografi II* Pemeruman. ITB: Bandung.

Galway, R. S. (2000). *Comparision of Target Detection Capabilities of the Reson*

Seabat 8101 and Reson Seabat 9001 Multibeam Sonars.

Haryanto. (2010). *Koreksi Pasang Surut.*

Heide, D. v. (2017). *Shallowest Point Determination with Water Column Imaging.* Maritime Institute Willem Bartentsz.

<http://continentalshelf.gov>. (n.d.).

<https://ordercitrasatelit.wordpress.com/tag/real-solusi-spasial>. (2013).

Hughes Clarke, J. (2013). HSL-16 EM 2040 *dual v. single head trials.*

IHPT dan IHM, H. C. (2015). *Experiences with EM2040C and Kongsberg SIS In Remote Subantarctic Operations.* *International Hydrographic Organization (IHO).* (2008). *Special Publication S44 5th Edition.*

Jaya. (2011). *Sound Velocity Profiler (SVP).* Kongsberg. (2012). In K. E. *sounder.* Norway: Kongsberg Maritime AS.

Kongsberg. (2013). In S. I. *System.* Norway: Kongsberg Maritime AS.

Kongsberg. (2014). *Petunjuk Praktis Multibeam EM3002, EM2040C & SIS.* Jatiwahyu2008@gmail.com.

Kusuma, T. (2015). *frasta education & training centre.* survei hidrografi.

Lekkerkerk, H.-j. R. (2006). *offshore Surveing: Acquisition and Processing Volume Two.* Netherland: Fugro.

Mann, R. a. (1996). *Field Procedures for the Calibration of Shallow Water Multibeam Echosounding System.* . Canada: Canadian Hydrographic.

Mike. (2008). *Profil kecepatan suara dalam air laut.*

Miller, J. H.-C. (1997). *How Effectively Have You Covered Your Bottom.*

Nilsen, K. E. (2007). *Signal processing in EM3002. Presentation of Kongsberg Maritime.* Lisbon. , Horten, Norway: Femme 2007.

Orange dkk, D. . (2015). *Increasing Multibeam "Resolvability" Through Over-Sampling.* Singapura: FEMME.

Pereira dan Hughes Clarke, D. L. (2015). *Improving shallow water multibeam target detection at low grazing angles.*

Poerbandono dan Djunarsjah, E. (2005). *Survei Hidrografi.* Bandung: PT. Refika Aditama, ITB.

Pratomo, D. G. (2017, maret 15). *multibeam performance: range and angular resolutions.*

Pratomo, D. G. (2018). *MBES Bottom Detection.*

PUSHIDROSAL. (2016, November 1). Retrieved from <http://www.pushidrosal.id/buletin/25/SEJARA/>

- Putra, A. (2017, September 15). Pusat Hidro Oseanografi TNI Angkatan Laut. Retrieved from Wikipedia Indonesia: [http://id.m.wikipedia.org/wiki/Pusat Hidro Oseanografi TNI Angkatan Laut](http://id.m.wikipedia.org/wiki/Pusat_Hidro_Oseanografi_TNI_Angkatan_Laut)
- Rawi, S. (1985). Teori Pasang Surut.
- Sasmita, D. K. (2008). *Aplikasi Multibeam Echosounder System (MBES) Untuk Keperluan Batimetrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- SHOM. (2014). *Training Course Theoretical Training Part 3*. Christophe Vrignaud.
- Sugiyono. (2003). Metodologi Penelitian.
- Werf, A. v. (2010). *Mast Tracking Capability Of EM 3002D Using Water Column Imaging*.
- www.noaateacheratsea.com. (2010).