

KAJIAN PEMODELAN DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SIDE SCAN SONAR DAN SINGLEBEAM ECHOSOUNDER*

Wisnu Wahyu Wijonarko, Bandi Sasmito, Arief Laila Nugraha^{*)}

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

ABSTRAK

Pengetahuan mengenai topografi dasar laut bermula dari pemetaan-pemetaan yang sudah lama dilakukan pada jaman dahulu. Mengingat jangkauan dan kemampuan yang terbatas pada penerapan visual lingkungan bawah air, sonar telah menjadi solusi pilihan untuk pengamatan dasar laut sejak dimulai pada tahun 1950-an. Hasil pencitraan *side scan sonar* disajikan dalam bentuk 2 dimensi (2D). Namun pada perkembangannya banyak gambar 2D *side scan sonar* yang bisa diubah menjadi representasi 3D.

Model 3D dasar laut dilakukan dari hasil citra *side scan sonar* dan data *singlebeam echosounder* sebagai data kedalaman. Lokasi penelitian yang diambil berada di wilayah utara perairan kota Semarang. Data yang digunakan meliputi raw data *side scan sonar*, *singlebeam echosounder*, *multibeam echosounder*, pasut dan *sound velocity profiler*. Hasil perpaduan dari *side scan sonar-singlebeam echosounder* akan dibandingkan dengan data dari *multibeam echosounder*.

Model 3D dasar laut yang dihasilkan oleh perpaduan SSS-SBES memiliki topografi yang relatif datar dengan kedalaman antara 9 meter sampai dengan 12 meter dan objek dapat teridentifikasi secara baik. Perbandingan koordinat objek antara SSS-SBES dengan MBES memiliki selisih jarak yaitu : SPM: 5,512 meter; P1: 3,178 meter; P2: 7,392 meter; P3: 8,362 meter; dan P4: 6,853 meter. perbedaan nilai kedalaman masing-masing sebesar P1: -0,9 meter; P2: -0,8 meter; P3: -1,3 meter; dan P4: -1,1 meter. Pada SSS-SBES nilai kedalamannya hanya didapatkan sepanjang lajur survei sehingga tidak mampu memberikan nilai kedalaman yang pasti diluar garis survei. perhitungan kedalaman menggunakan IHO-SP44, perhitungan menggunakan titik sample 94% titik sample memenuhi orde 1a dan pada perhitungan menggunakan sample lajur profil didapatkan sebesar 78,6% memenuhi orde 1a.

Kata Kunci : 3D dasar laut, *Side scan sonar*, *Singlebeam echosounder*

ABSTRACT

Knowledge of the topography of the ocean floor begins with mappings that have been long established in antiquity. Given the range and capabilities are limited to a visual application of underwater environments, sonar has become the choice of solution for the observation of the ocean floor since it began in the 1950s. Side scan sonar imaging results are presented in the form of two-dimensional (2D). But the growth of many 2D side scan sonar images that can be converted into a 3D representation.

3D model of the ocean floor carried out from the side scan sonar imagery and data singlebeam echosounder as depth data. The location of research is in the north of waters Semarang city. Data used included is raw data is side scan sonar, echosounder singlebeam, multibeam echosounder, tide and sound velocity profiler. Results blend of side-scan sonar singlebeam echosounder will be compared with data from multibeam echosounder.

3D model of the ocean floor produced by SBES-SSS fusion has a relatively flat topography with a depth of 9 meters to 12 meters and objects can be identified properly. Comparison of the object coordinates between SSS-SBES with MBES have separation distances are: SPM: 5.512 meters; P1: 3,178 meters; P2: 7,392 meters; P3: 8.362 meters; and P4: 6.853 meters. Differences in depth value respectively by P1: -0.9 meters; P2: -0.8 meters; P3: -1.3 meters; and P4: -1.1 meters. In SSS-SBES value of depth only lanes along the survey and is unable to give a definite depth value outside the survey line. Depth calculation using the IHO-SP44, calculations using sample points of 318 sample points earned as much as 299 points, or 94% of sample points fulfill the order 1a and on calculations using a sample of 14 lanes profile obtained 11 columns profiles or by 78.6% fulfill the order 1a.

Keywords : 3D Seabed Surface, *Side scan sonar*, *Singlebeam echosounder*

^{*)} Penulis Penanggung Jawab

I. PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Pengukuran kedalaman laut lebih cepat dengan menggunakan alat-alat pemancar gema suara (*echosounder*). Dengan teknik ini pengukuran dapat dilakukan lebih cepat, karena kecepatan merambat suara pada air rata-rata 1500 m/s. *Side scan sonar* merupakan salah satu aplikasi sistem penginderaan jauh untuk pencitraan bawah laut dan sebagai bentuk nyata dalam perkembangan teknologi dalam bidang survei kelautan. Mengingat jangkauan dan kemampuan yang terbatas pada penerapan visual lingkungan bawah air, sonar telah menjadi solusi pilihan untuk pengamatan dasar laut sejak dimulai pada tahun 1950-an (Blondel, 2002 dalam Coiras and Groen 2009).

Dengan adanya *side scan sonar*, dapat menghasilkan citra dasar laut secara jelas dan memudahkan kita dalam menginterpretasikan kondisi dasar laut dan objek yang ada. Hasil pencitraan *side scan sonar* disajikan dalam bentuk 2 dimensi (2D). Namun pada perkembangannya banyak gambar 2D *side scan sonar* yang bisa diubah menjadi representasi 3D dengan cara penambahan data kedalaman atau dengan cara algoritmik menggunakan informasi intensitas gema yang terkandung dalam derajat kehitaman. Pembuatan model 3D bertujuan untuk meningkatkan visualisasi bawah laut sehingga akan memberikan informasi yang lebih jelas tentang objek bawah laut, topografi dasar laut dan untuk pembuatan jalur pelayaran laut yang bebas dan aman untuk keselamatan pelayaran.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana model 3D dasar laut yang dihasilkan dari perpaduan data citra *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder*?
2. Bagaimana perbandingan model 3D objek dasar laut antara perpaduan *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder* dengan *multibeam echosounder*?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud penelitian ini adalah :

1. Mampu melakukan pengolahan data *multibeam* dan *singlebeam echosounder*.
2. Mampu melakukan pengolahan data *side scan sonar*.
3. Menginterpretasi objek yang ada pada daerah survei.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh model 3D dasar laut pada area survei yang dihasilkan oleh perpaduan *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder*.

2. Mendapatkan perbandingan hasil model 3D dari perpaduan antara *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder* dengan *multibeam echosounder*.

I.4 Manfaat Penelitian

Melalui penelitian ini diharapkan hasil kajian yang telah dilakukan dapat menjadi bahan pertimbangan pada kasus-kasus pemodelan 3D dasar laut yang lebih kompleks dan dapat sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya dalam bidang hidrografi.

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data *side scan sonar* yang dipadukan dengan data kedalaman dari *singlebeam echosounder*.
2. Pengolahan data *side scan sonar* menggunakan software SonarWiz.
3. Pemodelan 3D dasar laut menggunakan Global Mapper 15.
4. Data pasut diambil dari hasil perekaman automatic tide gauge selama survei berlangsung.
5. Kajian yang dilakukan yaitu perbandingan model 3D dari perpaduan *side scan sonar* dan *singlebeam echosounder* dengan *multibeam echosounder*.

II. Tinjauan Pustaka

II.1 Profil Dasar Laut

Dasar laut adalah permukaan bumi yang ada di dalam laut. Seperti profil daratan, profil dasar laut juga mempunyai kontur yang sama dengan yang ada pada profil daratan. Ada dataran tinggi, lembah dan lainnya. Hanya saja istilah yang digunakan untuk menyebut bentuk-bentuk bumi tersebut berbeda. Misalnya celah dalam daratan disebut lembah, sedangkan pada profil dasar laut disebut palung, dan masih banyak lagi lainnya.

II.2 Singlebeam echosounder

Singlebeam echosounder merupakan alat ukur kedalaman air yang menggunakan pengirim dan penerima sinyal gelombang suara tunggal. Prinsip kerja *singlebeam echosounder* yaitu menggunakan prinsip pengukuran selisih fase pulsa dengan cara menghitung selisih pemancaran dan penerimaan dari pulsa kustik. Gelombang akustik dipancarkan dari transduser. Transduser adalah salah satu bagian dari alat pemeruman yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik kemudian menghasilkan gelombang akustik. Gelombang akustik tersebut kemudian merambat melalui air dengan cepat rambat yang telah diketahui, sampai menyentuh dasar laut dan kembali lagi ke transduser. Rumus yang

digunakan untuk menghitung kedalaman batimetri menggunakan akustik adalah sebagai berikut (Djunarsah dan Poerbandono, 2005):

$$d_i = \frac{1}{2} v \Delta t \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana d_i adalah kedalaman hasil ukuran, v kecepatan gelombang akustik yang telah diketahui sebelumnya, dan Δt adalah selang waktu yang dibutuhkan bagi gelombang akustik yang dipancarkan untuk memantul kembali ke tansduser (Djunarsah dan Poerbandono, 2005). Data yang telah diakuisisi tersebut kemudian akan direkam dalam bentuk digital.

II.2 Multibeam echosounder

Multibeam echosounder (MSBES) merupakan alat ukur kedalaman yang menggunakan prinsip sama dengan *singlebeam echosounder* (SBES). Perbedaan utama SBES dengan MBES adalah pada jumlah *beam* yang dipancarkan. SBES hanya memancarkan satu *beam* pada satu titik sepanjang lajur survei, sedangkan MBES memancarkan lebih dari satu *beam* sehingga mendapatkan banyak titik kedalaman dalam satu kali pancaran gelombang akustik. Berbeda dengan SBES, pola pancaran MBES melebar dan melintang terhadap badan kapal. Sehingga saat kapal bergerak menghasilkan sapuan luasan area permukaan dasar laut.

II.3 Side scan sonar

Side scan sonar adalah suatu sistem yang terdiri dari transduser dengan arah miring beserta unit perekamnya yang dapat digunakan untuk memberikan informasi citra bawah laut untuk kemudian dapat diinterpretasi sehingga menghasilkan informasi bawah laut (Aziz, 2011). *Side scan sonar* sering digunakan dalam survei batimetri dikombinasikan menggunakan *singlebeam echosounder* sebagai penambah informasi data kedalaman. Proses dari pencitraan oleh *side scan sonar* dilakukan bersamaan dengan proses pemeruman oleh *singlebeam echosounder*.

Bagian-bagian utama dari *side scan sonar* pada dasarnya adalah dua buah transduser pada *towfish* dengan pancaran miring dan sebuah uni perekam yang dipasang di atas kapal yang berfungsi merekam citra grafis yang terbentuk dari jejak gema yang menggambarkan keadaan dasar laut dalam bentuk sonograf. Karena transduser dipasang sedemikian rupa, maka hasil dasar laut yang tersapu dalam sebuah lajur penyapuan merupakan suatu jalur yang terdiri dari hasil visualisasi kedua transduser bagian *port* (kiri) dan *starboard* (kanan) dengan bagian yang tidak tersapu di tengahnya. Umumnya meningkatnya frekuensi akan meningkatkan resolusi gambar yang diperoleh (Blondel, 2009). Untuk aplikasi bawah air, secara umum tidak mungkin

untuk dilakukan teknik akustik-stereo (Cuschieri dan Hebbert, 1990).

II.4 Ketelitian Survei Hidrografi Berdasarkan Standar IHO SP-44 Edisi ke-5 Tahun 2008

IHO (*International Hydrographic Organization*) merupakan organisasi Internasional yang bertanggung jawab dengan pengumpulan data hidrografi dan publikasi peta laut (*nautical chart*). Untuk keperluan tersebut secara terus menerus standard dan spesifikasi survei hidrografi terus diperbarui dan diharapkan negara anggota dapat meratifikasi melalui Kantor Hidrografi Nasional masing-masing. Oleh karena ini terjadi pembaruan orde ketelitian survei menjadi orde khusus, 1a, 1b dan 2.

II.5 HYPACK ® Inc.

HYPACK, Inc. adalah perusahaan asal Amerika yang mengembangkan perangkat lunak berbasis Windows ® untuk industri hidrografi (www.hypack.com). Perangkat lunak ini merupakan *software* berbayar yang menyediakan keperluan untuk pekerjaan rekayasa mulai dari perencanaan survei, pengumpulan data lapangan, pengolahan data dan menghasilkan produk akhir sesuai yang diinginkan. Dengan pengguna yang mencakup rentang kapal survei kecil yang hanya menggunakan GPS dan *singlebeam echosounder* hingga kapal survei besar dengan sensor dan sistem dalam jaringan, HYPACK ® memberikan kemampuan yang maksimal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan rekayasa. Karena *software* berbayar maka untuk menggunakan HYPACK® diperlukan *dongle* untuk mengaktifkan program sesuai lisensi yang telah dibeli. Pada tugas akhir ini *software* HYPACK ® digunakan untuk pengolahan data dan editing data MBES dan SBES.

II.6 Global 3D View

Perintah *3D view* pada perangkat lunak *Global Mapper* memungkinkan pengguna yang telah terregistrasi untuk melihat grid data elevasi atau *overlay* beberapa data raster dan vektor dengan cara perspektif 3D yang benar. Selain itu setiap data vektor dengan nilai-nilai elevasi terkait juga dapat ditampilkan secara 3D. Setiap citra atau data vektor yang digambar di atas elevasi grid di jendela utama *Global Mapper* akan otomatis ditampilkan di jendela *3D view*. Jika dikonfigurasi secara benar, maka beberapa data vektor 3D akan dapat ditampilkan dalam ruang. Jendela *3D view* berisi *toolbars* dengan beberapa perintah yang memungkinkan pengguna untuk memodifikasi tampilan *default*. Pengguna juga dapat memutar tampilan agar data 3D dapat terlihat

dari segala arah. Ada juga *feature* yang tersedia untuk memodifikasi tampilan vertikal yang berlebihan, menampilkan permukaan air, dan menyimpan untuk format file BMP, TIFF, PNG, atau JPG.

III. METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Area Penelitian

Lokasi survei area berada di sekitar perairan Semarang, Jawa Tengah. Batas survei yang telah direncanakan adalah seluas 800 m x 800 m. Gambar 1 memperlihatkan gambaran umum lokasi survei.



Gambar 1 Area Penelitian

III.2 Alat Dan Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Geotindo Mitra Kencana, antara lain:

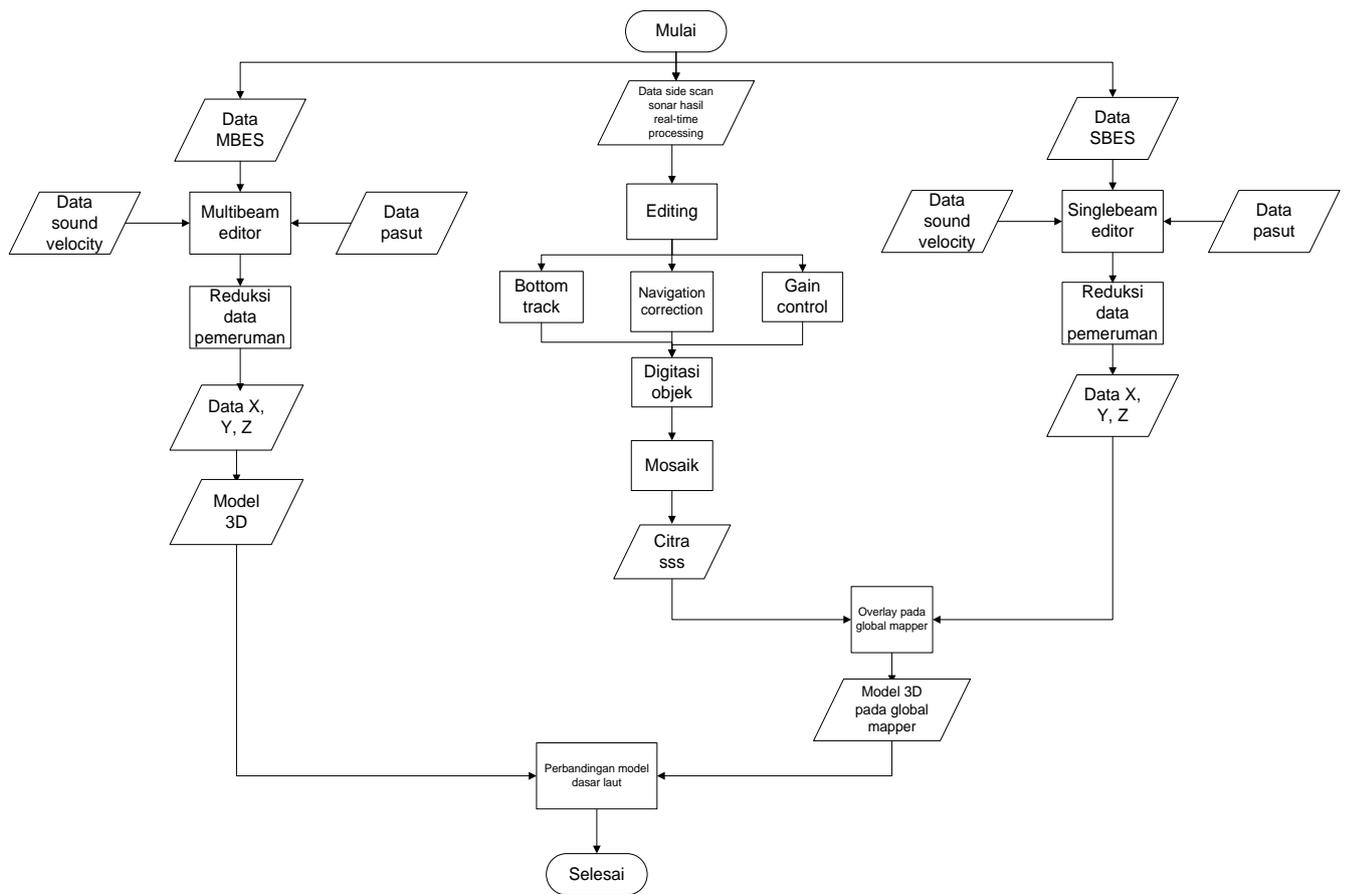
1. Data *side scan sonar* hasil *real-time processing*
2. *Raw data singlebeam echosounder*
3. *Raw data multibeam echosounder*
4. Data pasut selama survei berlangsung
5. Data *sound velocity*

Alat dan *software* selama pengolahan data antara lain:

1. Laptop Toshiba Satellite L740 dengan spesifikasi Intel® Core™ i3 M330 @2.53GHz, RAM 2.00 GB, 32bit
2. Perangkat lunak berupa:
 - HYPACK 2014
 - SonarWiz
 - Global Mapper 15
 - AutoCAD LD 2009
 - Microsoft Office 2007
3. Printer Canon MP 280 Series

III.3 Diagram Alir Penelitian

Metode penulisan yang akan dilaksanakan dalam penyusunan tugas akhir ini terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data, uji statistik, penyajian hasil pengolahan dan interpretasi serta analisa yang menghasilkan suatu kajian dari judul yang disajikan. Studi literatur dilakukan terhadap berbagai referensi yang telah dikumpulkan seperti jurnal ilmiah, makalah maupun dari internet. Dan pada tahap analisa dilakukan analisis terhadap kualitas data yang dihasilkan.



Gambar 2 Diaram Alir Penelitian

III.4 Pengolahan Data SBES

Data lajur pemeruman SBES yang akan diolah kemudian dibuka menggunakan *software* HYPACK. Langkah awal adalah membuat *project* baru dan memasukkan data pemeruman, *sound velocity*, pasut ke dalam folder raw data. Selanjutnya pengolahan lajur pemeruman SBES dilakukan dengan *Tools SingleBeam Max*.



Gambar 3 Singlebeam Max

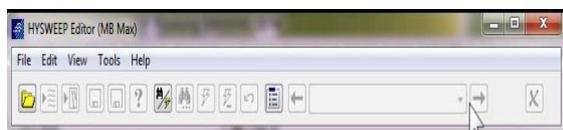
III.5 Pengoalahan Data Side scan sonar

Pengolahan data *side scan sonar* untuk keperluan pemetaan profil dasar laut menggunakan *software* SonarWiz. Perangkat lunak ini dapat mengolah secara *real-time* maupun *post-processing*. Pengolahan secara *real-time* yaitu penggabungan mosaik antara citra *side scan sonar*.

Selain *real-time processing*, juga dapat dilakukan *post-processing*, yaitu pengolahan data citra *side scan sonar* dalam bentuk interpretasi. Proses interpretasi dapat dihasilkan citra yang baik bila citra tersebut telah dilakukan koreksi dari data mentah citra *side scan sonar* yang didapat. Koreksi-koreksi tersebut terdiri dari koreksi *bottom track*, *navigation correction*, dan *gain control*.

III.6 Pengoalahan Data Multibeam echosounder

Data lajur pemeruman MBES yang akan diolah kemudian dibuka menggunakan *software* HYPACK. Langkah awal adalah membuat *project* baru dan memasukkan data pemeruman, *sound velocity*, pasut ke dalam folder raw data. Selanjutnya pegolahan lajur pemeruman MBES dilakukan dengan *Tools MB Max*.



Gambar 4 Tools MB Max

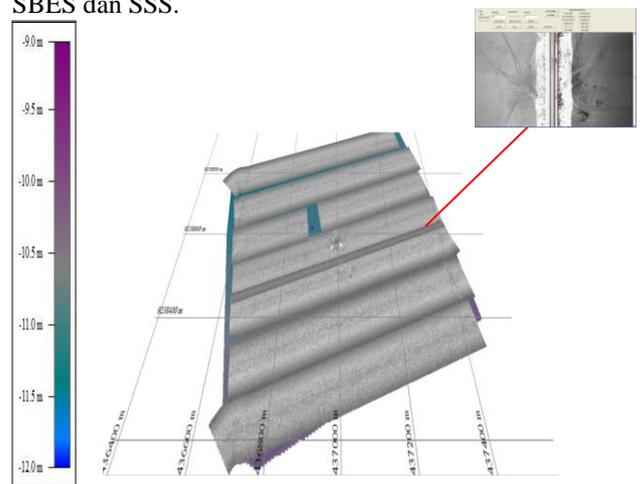
III.7 Pengolahan Data Side scan sonar dan Singlebeam echosounder pada Software Global Mapper 15

Pada proses ini dilakukan pemodelan 3D dasar laut dari perpaduan data SSS-SBES. Data citra *side scan sonar* yang telah di *export* dalam bentuk .TIFF memiliki informasi koordinat posisi X dan Y hasil dari *real-time processing*. Untuk menghasilkan permukaan dasar laut yang memiliki nilai kedalaman (Z) didapatkan dari data *singebeam echosounder*.

IV. HASIL DAN ANALISIS

IV.1 Hasil Model 3D Perpaduan Side scan sonar dan Singlebeam echosounder.

Berikut ini adalah hasil tampilan 3D setelah dilakukan pengolahan dan penggabungan dari data SBES dan SSS.



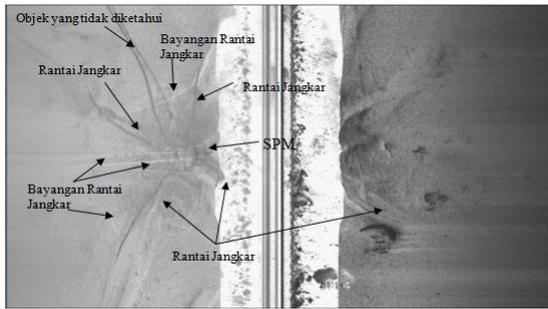
Gambar 5 Hasil Pemodelan 3D Perpaduan SSS-SBES

IV.1.1 Kondisi Topografi Dasar Laut

Luas daerah yang disurvei sekitar 587.600 m² dari total luas daerah rencana survei sekitar 640.000 m² atau bisa dikatakan daerah yang berhasil disurvei sebesar 91,8%. Pada gambar tersebut dapat diperoleh informasi kedalaman pada area penelitian yaitu mulai dari -9,0 meter sampai -12,0 meter. Selain itu dari visualisasi hasil *overlay* data SBES dan SSS menunjukkan bahwa area penelitian relatif datar dan tidak memiliki perbedaan kedalaman dasar laut yang signifikan. Secara umum keadaan dasar laut yang terlihat dari citra SSS tidak menampakkan objek-objek berbahaya yang dapat mengganggu lalu lintas perairan. Hanya terdapat satu objek terapung yaitu *single point mooring* (SPM).

IV.1.2 Identifikasi Objek Hasil Citra SSS

Pada hasil perkaman citra SSS ditemukan objek pada lajur nomer 17. Objek tersebut teridentifikasi sebagai objek terapung (*floating object*) yaitu *single point mooring* (SPM). Gambar berikut adalah menunjukkan bagian-bagian hasil dari interpretasi objek yang teridentifikasi oleh citra SSS.

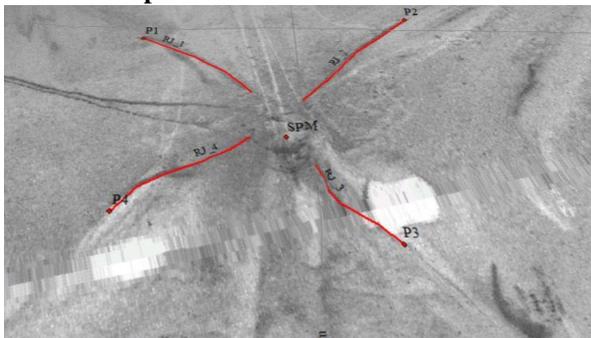


Gambar 6 Identifikasi Objek

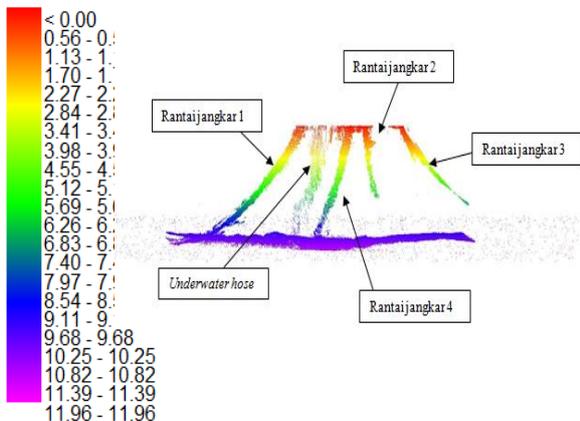
Dari hasil gambar 6 objek terlihat cukup jelas sehingga memudahkan untuk diinterpretasikan. Objek SPM ditemukan pada koordinat N: 9.238.581,81 meter; E: 436.996,41 meter. Dapat pula diidentifikasi 4 buah rantai jangkar dan bayangannya yang cukup terlihat jelas. Karena citra SSS hanya memvisualisasikan kondisi yang berada di permukaan dasar laut, maka untuk posisi jangkar tidak dapat terlihat pada citra SSS baik secara keseluruhan maupun sebagian. Hal ini dapat disimpulkan bahwa jangkar dalam posisi tertimbun pada dasar laut.

IV.1.3 Kualitas Interpretasi Objek

IV.1.3.1 Interpretasi Kualitatif



Gambar 7 Hasil Interpretasi Objek SSS-SBES secara 3D



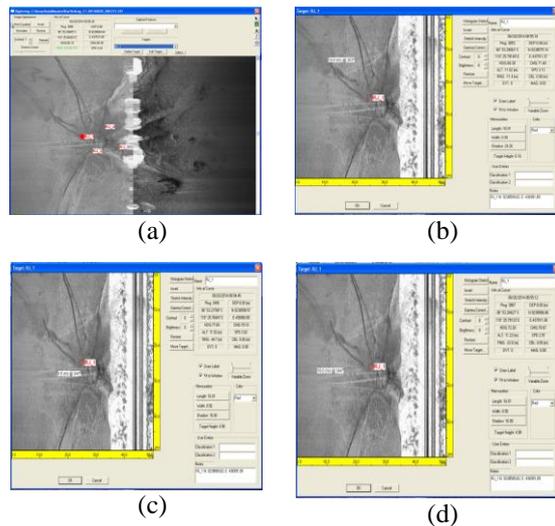
Gambar 8 Hasil Interpretasi Objek MBES secara 3D

Pada kajian kemampuan interpretasi secara kualitatif ini, dapat terlihat dengan jelas perbedaan kualitas penggambaran area dari objek yang ada. Pada area kajian SBES-SSS (gambar 7) objek SPM tidak dapat menampilkan bentuk aslinya secara keseluruhan. Terdapat bagian-bagian objek SPM yang terpotong akibat dari koreksi *bottom track* sehingga beberapa bagian objek SPM tidak menyatu secara sempurna. Selain itu objek SPM terlihat tidak merata seperti yang ditunjukkan pada hasil digitasi rantai jangkar. Rantai jangkar tersebut mengikuti pola permukaan dasar laut yang telah digabungkan dengan data kedalaman dari SBES. Sehingga kenampakan citra SSS pun mengikuti nilai kedalaman yang dihasilkan oleh SBES.

Pada hasil MBES (gambar 8) bentuk dari area objek SPM terinterpretasi lebih baik dan jelas mulai dari bagian bawah SPM dan rantai jangkar yang terdapat 4 buah. Hal ini dikarenakan MBES yang memiliki pola pancaran menyebar sehingga mendapatkan sapuan suatu area ketika sinyal akustik mengenai suatu benda atau permukaan dasar laut. Pada area kajian MBES juga terdapat gradasi warna yang dapat membantu interpretasi mengenai kedalaman suatu objek berada.

IV.1.3.2 Interpretasi Kuantitatif

Interpretasi kuantitatif bertujuan untuk mendapatkan dimensi atau ukuran objek secara numerik beserta jarak antar objek yang ada. Interpretasi ini berguna untuk membantu menentukan suatu objek dari besaran horisontal maupun vertikal.



Gambar 9 Perhitungan dimensi target rantai jangkar 1 pada tools SonarWiz (a) target, (b) panjang target, (c) lebar target, (d) panjang bayangan target

Setelah dilakukan perhitungan target RJ_1 pada software SonarWiz didapatkan dimensi target yaitu panjang: 16,01 meter; lebar: 0,50 meter, dan bayangan target: 16,00 meter dengan data tersebut dilakukan perhitungan otomatis oleh software yang kemudian didapatkan tinggi target: 4,98 meter pada koordinat N: 9.238.580,06 meter; E: 436.994,48 meter. Perhitungan lebih lengkap akan disajikan pada Tabel 1.

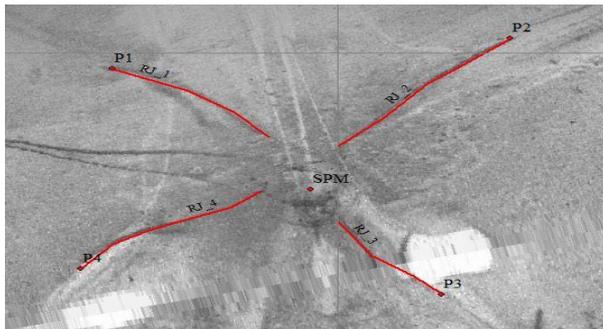
Tabel 1 Perhitungan dimensi target

No	Nama Objek	Koordinat objek		Dimensi Objek			
		X (m)	Y (m)	Length (m)	Width (m)	Shadow (m)	Height (m)
1.	Rantai Jagkar 1	436.991,89	9.238.589,82	16,01	0,5	16,00	4,98
2.	Rantai Jagkar 2	437.001,55	9.238.578,61	20,14	0,61	14,11	5,12
3.	Rantai Jagkar 3	436.002,88	9.238.567,75	6,03	0,5	10,82	7,16
4.	Rantai Jagkar 4	436.989,25	9.238.580,35	19,25	0,47	13,84	6,07

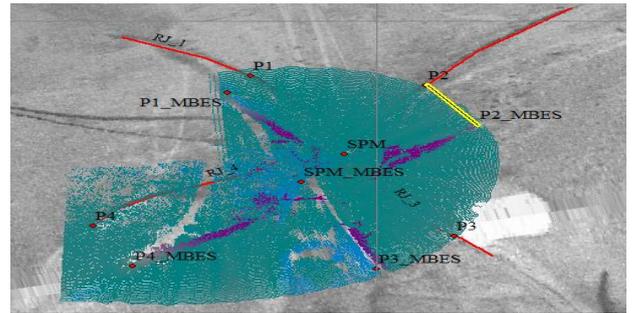
IV.2 Analisis Kemampuan Deteksi Objek

IV.2.1 Ketelitian Koordinat Objek

Pada area kajian SBES-SSS ditentukan 4 buah rantai jangkar dan titik pada SPM. Objek tersebut ditandai dengan digitasi warna merah pada Gambar 10 Kemudian akan di overlaykan objek pada area MBES ke SBES-SSS. Dari hasil *overlay* yang terlihat pada Gambar 11 terlihat perbedaan posisi rantai jangkar antara MBES dengan SBES-SSS.



Gambar 10 Kajian koordinat objek SBES-SSS



Gambar 11 Hasil *overlay* kajian koordinat SBES-SSS dan MBES

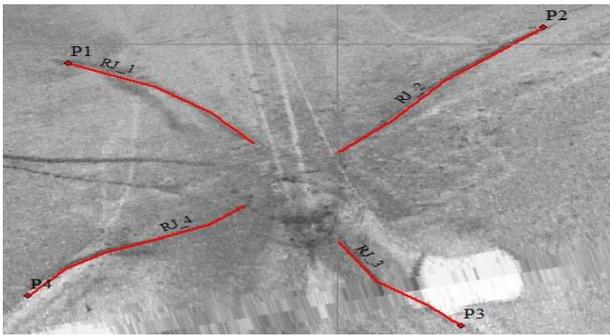
Tabel 2 Selisih koordinat objek SBES-SSS dengan MBES

No	Objek	SBES-SSS		MBES		Selisih jarak (m)
		E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	
1	SPM	436.997,28	9.238.580,60	436.993,54	9.238.576,55	5,12
2	Rantai jangkar 1 (P1)	436.989,07	9.238.592,02	436.987,04	9.238.589,58	3,178
3	Rantai jangkar 2 (P2)	437.004,28	9.238.590,60	437.008,86	9.238.584,88	7,392
4	Rantai jangkar 3 (P3)	437.006,80	9.238.568,64	437.000	9.238.563,78	8,362
5	Rantai jangkar 4 (P4)	436.975,41	9.238.570,12	436.978,88	9.238.564,23	6,853

Secara teori area kajian MBES memiliki ketelitian koordinat yang lebih baik dibandingkan dengan SBES-SSS karena MBES hanya melalui koreksi *offset* statis yang dilakukan sebelum survei. Sedangkan SBES-SSS melalui koreksi *offset* dan koreksi *bottom track* pada saat *post processing*.

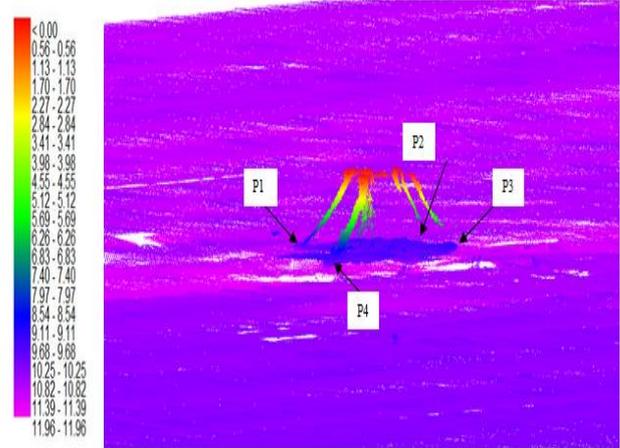
IV.2.2 Ketelitian Kedalaman Objek

Menggunakan kajian area objek yang sama, pada Gambar 12 telah ditandai dengan titik warna merah pada ujung rantai jangkar. Titik warna merah tersebut diletakkan pada bagian ujung rantai jangkar dikarenakan pada bagian ujung tersebut posisi rantai jangkar dianggap berada pada permukaan dasar laut. Sehingga kedalaman yang didapat dianggap sama dengan kedalaman dasar laut.



Gambar 12 Titik kajian ketelitian kedalaman

Pada area kajian MBES, kedalaman objek dapat terlihat dari gradasi warna yang ada seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Karena kajian kedalaman yang dilakukan adalah pada ujung rantai jangkar seperti yang telah di jelaskan pada area kajian SBES-SSS di atas, maka pada area kajian MBES yaitu pada rantai jangkar 2 dan 3 tidak terlihat ujungnya. Sehingga untuk mendapatkan nilai kedalaman dari ujung rantai jangkar 2 dan 3 di lakukan perkiraan dimana letak ujung jangkar yang menyentuh permukaan dasar laut.



Gambar 13 Area kajian perbandingan kedalaman objek

Tabel 3 Perbandingan kedalaman objek

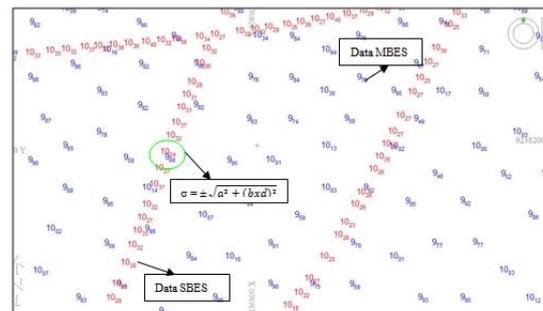
No.	Objek	Koordinat MBES (m)	Z MBES (m)	Kordinat SBES-SSS (m)	Z SBES-SSS (m)	Selisih (m)
1.	P1	437.009,4; 9.238.584,8	10,2	436.977,9; 9.238.597,6	11,3	-0,9
2.	P2	437.001,2; 9.238.563,4	10,3	437.016,8; 9.238.602,0	11,1	-0,8
3.	P3	436.976,4; 9.238.561,3	10,5	437.010,1; 9.238.565,7	11,2	-1,3
4.	P4	436.988,1; 9.238.591,5	10,2	436.974,6; 9.238.569,2	11,1	-1,1

Pada P1 sampai dengan P4 memiliki selisih kedalaman berkisar antara -0,9 meter sampai -1,3 meter. Perbedaan ini dikarenakan nilai Z yang dihasilkan dari SBES-SSS merupakan hasil interpolasi dari nilai yang telah ada pada tiap-tiap lajur. Sehingga nilai yang didapat pada point P1-P4 dari area kajian SBES-SSS bukanlah nilai kedalaman asli melainkan hasil dari interpolasi kedalaman pada tiap-tiap lajur. Hal ini mengindikasikan bahwa kedalaman area kajian SBES-SSS cukup baik di titik-titik yang memiliki kedalaman langsung dari SBES, akan tetapi tetap memiliki data kedalaman yang buruk diluar lajur yang dilalui SBES.

IV.2.3 Ketelitian Kedalaman Berdasarkan *International Hydrographic Organization (IHO)*

IV.2.3.1 Ketelitian Kedalaman Menggunakan Titik Sampel

Agar kualitas pengukuran kedalaman diketahui orde pengukurannya, maka dilakukan perhitungan ketelitian kedalaman sesuai dengan standar IHO. Pada kenyataannya tidak semua data SBES bertampalan tepat pada data MBES, akan tetapi ada beberapa titik yang mempunyai koordinat berdekatan. Sample titik yang berdekatan itulah yang diambil sebagai perhitungan ketelitian kedalaman. Sample titik yang memiliki koordinat berdekatan antara data MBES dan data SBES dapat dilihat pada Gambar 14.



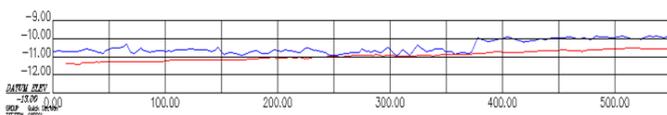
Gambar 14 Plot data SBES dan MBES

Berdasarkan data d (MBES) = 10,62 m dan d (SBES) = 10,27 m maka didapat selisih kedalaman pada titik tersebut sebesar 0,35 m kemudian didapatkan rata-rata titik tersebut adalah 10,445. Selanjutnya dengan memasukkan nilai $a = 0,5$; $b = 0,013$ dan kedalaman rata-rata pada persamaan (2.5) didapatkan nilai σ sebesar $\pm 0,51811$ (lihat pada tabel IV.3). Jadi dapat disimpulkan bahwa selisih kedalaman 0,35 m dapat memenuhi toleransi dengan klasifikasi orde 1a.

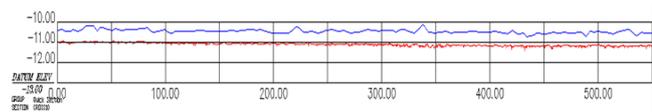
Terdapat 318 buah titik sample yang diambil untuk dilakukan uji ketelitian kedalaman yang sesuai dengan standar IHO. Dari hasil perhitungan berdasarkan Tabel IV.3 ada 19 titik sample yang tidak memenuhi batas standar deviasi orde 1a. Tetapi secara umum didapatkan ketelitian kedalaman pemeruman memenuhi orde 1a dengan presentase sebesar 94%.

IV.2.3.2 Ketelitian Kedalaman Menggunakan Sampel Profil

Selain menggunakan titik sample, ketelitian kedalaman juga dilakukan dengan menggunakan 14 sample profil.



Gambar 15 Potongan profil melintang terhadap lajur survei.



Gambar 16 Potongan profil memanjang terhadap lajur survei.

Dari profil yang dihasilkan gambar di atas garis berwarna biru merupakan hasil dari plot data MBES dan warna merah adalah plot data SBES. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan persamaan (2.5). Dari data MBES didapatkan $Z_{max} = -9,68 \text{ m}$; $Z_{min} = -10,76 \text{ m}$; $Z_{rata-rata} = -10,22 \text{ m}$. Sedangkan dari data SBES didapatkan $Z_{max} = -10,53 \text{ m}$; $Z_{min} = -10,88 \text{ m}$; $Z_{rata-rata} = -10,71 \text{ m}$. Sehingga $Z_{rata-rata}$ MBES dan SBES diperoleh sebesar $-10,46 \text{ m}$ dan selisish d MBES dan SBES sebesar $0,49 \text{ m}$. Kemudian untuk mendapatkan σ dilakukan perhitungan dengan memasukkan nilai $a = 0,5$; $b = 0,013$ dan $Z_{rata-rata}$ dari MBES dan SBES $-10,46 \text{ m}$ ke persamaan (2,5) diperoleh $\sigma = \pm 0,51817$. Dari hasil tersebut maka selisih kedalaman $0,49 \text{ m}$ memenuhi toleransi orde 1a. Dari 14 sampel profil didapatkan 3 profil gagal memenuhi orde 1a dan 14 profil memenuhi orde 1a atau sebesar 78,6%.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis penelitian dan uraian yang telah dikemukakan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Model 3D dasar laut yang dihasilkan oleh perpaduan SSS-SBES memiliki topografi yang relatif datar dengan kedalaman antara 9 meter sampai dengan 12 meter dan objek dapat teridentifikasi secara baik. Pada interpretasi kualitatif didapatkan 1 buah objek SPM dan 4 rantai jangkar sebagai pengait objek SPM. Sedangkan pada interpretasi kuantitatif didapatkan hasil tinggi objek pada rantai jangkar 1 sebesar 4,98 meter, rantai jangkar 2 sebesar 5,12 meter, rantai jangkar 3 sebesar 7,16 meter dan rantai jangkar 4 sebesar 6,07 meter.
2. Metode dan hasil Perbandingan SSS-SBES dengan MBES dapat dihasilkan sebagai berikut:
 - a. Berdasarkan analisis koordinat objek, maka dari ke-lima titik yang menjadi kajian perbandingan koordinat objek antara SSS-SBES dengan MBES memiliki selisih jarak yaitu : SPM: 5,512 meter; P1: 3,178 meter; P2: 7,392 meter; P3: 8,362 meter; dan P4: 6,853 meter.
 - b. Pada analisis kedalaman objek dari SSS-SBES dengan MBES masing-masing ada 4 titik yang menjadi objek kajian. Hasilnya didapatkan perbedaan nilai kedalaman masing-masing sebesar P1: $-0,9 \text{ meter}$; P2: $-0,8 \text{ meter}$; P3: $-1,3 \text{ meter}$; dan P4: $-1,1 \text{ meter}$. Pada SSS-SBES nilai kedalamannya hanya didapatkan sepanjang lajur survei sehingga tidak mampu memberikan nilai kedalaman yang pasti diluar garis survei sedangkan sistem MBES memiliki jumlah data kedalaman yang lebih rapat sehingga MBES lebih efektif dalam mengidentifikasi kedalaman objek daripada SSS-SBES.
 - c. Berdasarkan perhitungan kedalaman menggunakan IHO-SP44, perhitungan menggunakan titik sample dari 318 titik sampel didapatkan sebanyak 299 titik atau 94% titik sample memenuhi orde 1a dan pada perhitungan menggunakan sample lajur profil dari 14 lajur didapatkan 11 lajur profil atau sebesar 78,6% memenuhi orde 1a.

V.1 Saran

Dari beberapa kendala yang dihadapi pada tugas akhir ini, dan agar pelaksanaan penelitian tentang pemodelan dasar laut menggunakan *side scan sonar* dapat berjalan dengan lebih baik kedepannya, maka ada beberapa hal yang dapat penulis sarankan, yaitu:

1. Sebelum penelitian dilakukan pastikan agar data yang dibutuhkan tersedia secara lengkap.
2. Untuk mengetahui kemampuan SSS lebih jauh, dapat digunakan data SSS dan data kedalaman yang memiliki bentuk topografi dasar laut yang lebih bervariasi dan objek yang terdeteksi secara jelas.
3. Untuk dapat menghitung dimensi objek dasar laut dengan baik, pastikan sebelumnya untuk mendapatkan data mengenai dimensi objek agar bisa digunakan sebagai validasi ukuran objek dasar laut.
4. Survei SSS hanya menghasilkan suatu citra tentang kondisi dasar laut, untuk lebih menguatkan hasil interpretasi dibutuhkan informasi-informasi lain seperti survei magnetometer dan ROV.
5. Untuk mengetahui ketelitian koordinat objek, dapat menggunakan objek yang diam sehingga tidak ada pergerakan dari objek tersebut akibat pengaruh gelombang air.
6. Pada saat pengolahan data penulis menyarankan untuk menggunakan komputer atau laptop dengan spesifikasi yang baik sehingga dapat memproses data lebih efisien mengingat data yang cukup besar selama pemrosesan berlangsung.

Images. NATO Undersea Research Centre (NURC). Italy.

Cuschieri and Hebbert, 1990. *Three Dimensional Map Generation From Side Scan Sonar Images*. Vol 112, Journal of Energy Resources Technology.

Djunarsah, Eka dan Poerbandono. 2005. *Survei Hidrografi*. PT Refika Aditama. Bandung.

IHO Standards for Hydrographic Surveys. 5th Edition, February 2008. Monaco

_____. (www.hypack.com) Diakses pada tanggal 20 November 2015.

PT. Geotindo Mitra Kencana. Graha Mitra 1st Floor. Jl. Rempoa Raya No. 5B Bintaro. Jakarta Selatan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PT. Geotindo Mitra Kencana yang telah bersedia memberikan data untuk berjalanya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, Lukman. 2011. Analisis Hasil Survei *Side Scan Sonar* Untuk Peletakan Pipa Gas Bawah laut (studi Kasus: Re-Route Pipa PGN di Perairan Tanjung Priok). Tugas Akhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Blondel, Philip. 2009. *The Hand Book of Side Scan Sonar*. Praxis Publishing Ltd. Chichester,UK.
- Coiras and Groen, 2009. *Simulation and 3D Reconstruction of Side-looking Sonar*