

INTERPRETASI OBJEK DASAR LAUT BERDASARKAN NILAI HAMBUR BALIK MENGUNAKAN INSTRUMEN *SIDE SCAN SONAR* (STUDI KASUS PIPA PERTAMINA DI BALONGAN)

Dainuri Syamsuddin¹, Dikdik Satria Muyadi², Anang Prasetya Adi³

¹ Program Studi S-1 Hidrografi, STTAL

^{2,3}Pusat Hidro dan Oseanografi Angkatan Laut

Penulis: dainuris@gmail.com

ABSTRAK

Side scan sonar merupakan instrumen *single beam* yang mampu menunjukkan gambar dua dimensional permukaan dasar laut dengan kondisi kontur, topografi dan target secara bersamaan. Teknologi ini merupakan penginderaan jauh akustik untuk pemetaan sedimen dan struktur dasar laut. *Side scan sonar* merekam energi gelombang akustik yang dipancarkan oleh hambur balik dasar laut sehingga mampu membedakan besar kecil partikel penyusun permukaan dasar laut. Pengaruh dari intensitas hambur balik tergantung pada tipe, magnitudo dan orientasi dari kekasaran dasar perairan yang dapat mendeskripsikan dasar laut. Penelitian ini bertujuan untuk memvisualisasikan dan menginterpretasikan hasil pengolahan data dari *side scan sonar* pada pendeteksian target yang berupa pipa diperairan Balongan, estimasi dimensi dan posisi pipa, menentukan nilai amplitudo hambur balik pipa dan menganalisis respon hambur balik dari pipa. Pemrosesan data *side scan sonar* dilakukan menggunakan koreksi geometrik untuk menetapkan posisi yang sebenarnya pada pixel citra yang terdiri dari *bottom tracking*, *slant range correction*, *layback correction* dan koreksi radiometrik dilakukan untuk intensitas hambur balik pada *digital number* yang ditetapkan pada setiap pixel meliputi *Beam Angle Correction* (BAC), *Automatic Gain Control* (AGC), *Time Varying Gain* (TVG) dan *Empirical Gain Normalization* (EGN). Lokasi penelitian berada di sekitar Pelabuhan Balongan menggunakan instrumen *side scan sonar C-MAX CM2* dengan frekuensi 325 kHz. Pengolahan data menggunakan perangkat lunak *SonarWiz 5* dengan melakukan beberapa koreksi yang kemudian data hasil olahan di ekstrak menggunakan perangkat lunak *XtfTosegy* selanjutnya di ekstrak dengan perangkat lunak *Seisee* untuk menghasilkan data dengan format *.txt* dan hasilnya diolah dengan perangkat lunak *Matlab* untuk menampilkan grafik yang dapat menunjukkan nilai amplitudo dari target yang terdeteksi. Dimensi objek hasil dari pengukuran target yaitu Target pipa 1 memiliki lebar (diameter) 0,9 meter, tinggi 0,64 meter, nilai amplitudo sebesar 23.420 – 32.000 mV dan memiliki nilai hambur balik sebesar -2,71 dB. Target pipa 2 lebar(diameter) 0,9 meter, tinggi 0,35 meter dengan nilai amplitudo 20.104 – 31.100 mV dan memiliki nilai hambur balik sebesar -3,06 dB. Sedangkan target substrat dasar perairan memiliki amplitudo hambur balik 4.480 – 17.660 mV dan nilai hambur balik -11,91 dB. Hasil analisa dapat diartikan bahwa target pipa 1 dan pipa 2 memiliki kekerasan yang lebih dibandingkan dengan dasar laut. Dilihat dari nilai hambur balik dan bentuk secara 2D dipastikan target pipa 1 dan pipa 2 terbuat dari besi dengan nilai impedansi akustik $478,85 \times 10^5 \text{ kg/m}^2\text{s}$ dan koefisien refleksi 0,928.

Kata kunci : *Side Scan Sonar*, Pipa, Amplitudo, Impedansi Akustik, Koefisien Refleksi, Geometrik, Radiometrik

ABSTRACT

*Side-scan sonar is a single beam instrument that can show two-dimensional images of the seafloor with contour, topography and target conditions simultaneously. This technology is acoustic remote sensing for mapping sediments and seabed structures. The sonar side-scan records the acoustic wave energy emitted by the sea floor's backscatter so that it can distinguish the small particles making up the surface of the seafloor. The effect of backscatter intensity depends on the type, magnitude, and orientation of the bottom roughness of the water that can describe the seabed. This study aims to visualize and interpret the results of data processing from the side-scan sonar on the detection of targets in the form of Balongan water pipes, estimation of dimensions and position of the pipes, determine the Amplitude value of backscatter pipes and analyze the backscatter response of the pipes. Side-scan sonar data processing is done using geometric corrections to determine the actual position of the pixel image consisting of bottom tracking, slant range correction, layback correction and radiometric correction performed for backscatter intensity on the digital number specified at each pixel including Beam Angle Correction (BAC), Automatic Gain Control (AGC), Time-Varying Gain (TVG) and Empirical Gain Normalization (EGN). The research location is around the Port of Balongan using a C-MAX CM2 side-scan sonar instrument with a frequency of 325 kHz. Data processing using SonarWiz 5 software by making some corrections and then the processed data extracted using XtfTosegy software then extracted with Seisee software to produce data with *.txt format and the results are processed with Matlab software to display graphs that can show the Amplitude value of the target detected. The dimensions of the object resulting from the target measurement are Target pipe 1 having a width (diameter) of 0,9 meters, the height of 0,64 meters, an Amplitude value of 23.420 – 32.000 mV and has backscatter value of -2,71 dB. Pipe target 2 width (diameter) 0,9 meters, height 0,35 meters with an Amplitude of 20.104 – 31.100 mV and has backscatter value of -3.06 dB. Whereas the substrate bottom waters target has a backscatter Amplitude of 4.480 – 17.660 mV and backscatter value of -11,91 dB. The results of the analysis can be interpreted that the target pipe 1 and pipe 2 have more violence compared to the seabed. Judging from the backscatter value and the 2D shape it is certain that the pipe 1 and pipe 2 targets are made of iron with acoustic impedance values of $478,85 \times 10^5$ kg/m²s and a reflection coefficient of 0,928.*

Keywords : Side Scan Sonar, Pipe, Amplitude, Acoustic Impedance, Reflection Coefficient, Geometric, Radiometric

1. Pendahuluan

Negara Indonesia memiliki letak geografis yang strategis yang terletak diantara dua Samudera dan dua Benua yaitu Samudera Hindia dan Samudera Pasifik, Benua Asia dan Benua Australia dimana Indonesia menjadi jalur perdagangan internasional yang ramai dilewati lalu lintas pelayaran dunia. Dengan demikian, keselamatan terhadap pelayaran navigasi di laut harus memiliki perhatian lebih dari pemerintah dalam hal ini Pushidrosal. Salah satu bahaya navigasi di laut adalah pipa, dimana salah satu instrumen yang dapat memberikan visualisasi dasar laut adalah *side scan sonar* (SSS). Peralatan *side scan sonar* (SSS) menggunakan prinsip Ilmu Hidroakustik. Metode hidroakustik merupakan salah satu metode yang pengoperasiannya mampu mendeteksi semua target yang ada di kolom perairan (Lubis dan Anurogo, 2016; Lubis et al., 2016). Beberapa kelebihan metode ini adalah memiliki kecepatan dalam efisiensi pengambilan data dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi terhadap data yang diperoleh dan dapat digunakan pada perairan yang dalam dan luas (Lubis dan Pujiyati, 2016; Pujiyati et al., 2016)

Prinsip dasar awal dari sonar adalah menggunakan suara untuk mendeteksi atau menemukan objek yang secara khusus berada di laut (Hansen, 2011). *Side scan sonar* adalah instrumen yang digunakan dalam survei untuk melakukan pencitraan dasar laut. *Side scan sonar* (SSS) merupakan pengembangan sonar yang mampu menunjukkan dalam gambar dua dimensional permukaan dasar laut dengan kondisi kontur, topografi dan target secara bersamaan. Instrumen ini mampu membedakan besar kecil partikel penyusun. Permukaan dasar laut seperti batuan, lumpur, pasir, kerikil

atau tipe-tipe dasar perairan lainnya (Bartholoma, 2006). SSS digunakan untuk berbagai kegunaan, seperti pendeteksian keberadaan pipa dan kabel laut, pendeteksian struktur dangkal dasar laut, pelaksanaan pengerukan, studi lingkungan, kemiliteran, arkeologi, perikanan dan pertambangan (Manik, 2011). Teknologi *side scan sonar* dalam pemetaan dasar laut dapat menghasilkan tampilan kenampakan permukaan dasar suatu perairan dan target secara bersamaan. Teknologi ini merupakan penginderaan jauh akustik untuk pemetaan sedimen dan struktur dasar laut (Manik, Junaedi, Harsono, 2016).

Sonar adalah istilah umum untuk setiap instrumen yang menggunakan deteksi suara benda bawah air (Haykin, 1985). Sistem sonar aktif akan menghasilkan ledakan singkat (ping) dari suara frekuensi tinggi. Gelombang akustik yang dibangkitkan dari transduser didalam kolom air dan dasar laut sehingga akan menghasilkan gema yang diukur dengan empat kuadran dalam transduser beam pattern (Manik, 2015). Untuk jenis sonar *monostatic*, yaitu sonar yang memiliki pemancar dan penerima, hasil dari pancaran pada transduser menggambarkan ketergantungan hambur balik (*back scattering*) pada sudut antara pusat gelombang akustik pada target (MacLennan dan Simmonds, 2008). Interpretasi secara kuantitatif adalah bertujuan untuk mendefinisikan hubungan antara posisi kapal, posisi *towfish* dan posisi objek sehingga diperoleh besaran horizontal dan besaran vertikal. Besaran horizontal yaitu nilai posisi objek ketika lintasan *towfish* sejajar dengan lintasan kapal maupun ketika lintasan dengan *towfish* membentuk sudut. Besaran vertical meliputi tinggi objek dari dasar laut serta kedalaman objek (Mahyuddin, 2008).

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan yang ada diperairan Balongan dengan cara melakukan interpretasi target pipa menggunakan instrument *Side Scan Sonar* (SSS) dengan menerapkan ilmu hidroakustik. Selain itu penelitian mengenai *backscatter side scan* yang telah dilakukan antara lain deteksi dan interpretasi target di dasar laut menggunakan *side scan sonar* (Sari dan Manik 2009), Membahas bagaimana menentukan mosaik citra *side scan sonar* yang diolah sedemikian rupa sehingga dapat dikehui nilai *backscatter* pada mosaic tersebut melalui intensitas warna (Ramadhani Manik 2017).

2. Bahan dan Metode

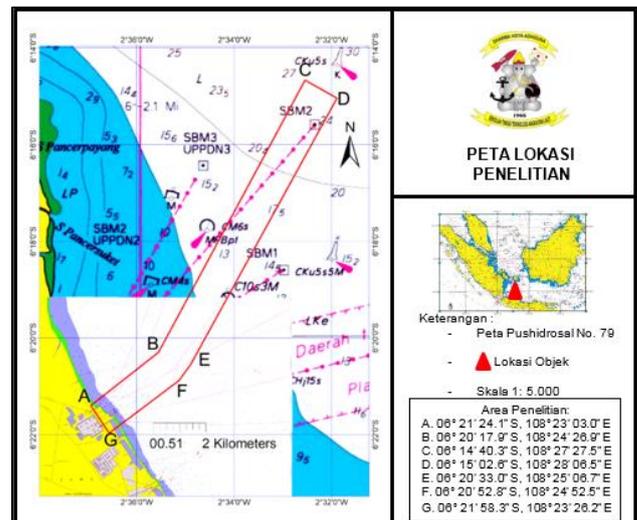
Dalam penelitian ini diperlukan suatu metode untuk menyelesaikannya. Metode yang akan digunakan adalah metode deskriptif dengan pendekatan kuantitatif yaitu pengolahan data hasil survei dilapangan kemudian dianalisis untuk bisa diambil suatu kesimpulan. Artinya, dalam penelitian ini, data yang akan diolah merupakan data numerik (angka) dengan menggunakan metode ini sehingga akan menghasilkan analisa data yang lebih signifikan dari variable yang diteliti.

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan data *side scan sonar* menggunakan software *SonarWiz 5* untuk mendapatkan dimensi pipa dan nilai intensitas hambur balik dari pipa tersebut. Disamping itu dilakukan juga beberapa koreksi untuk menghasilkan citra objek yang lebih baik. Dari hasil perhitungan nilai intensitas hambur balik tersebut kemudian di bandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya, setelah itu dilakukan perhitungan nilai impedansi akustik dan koefisien refleksinya untuk memperkuat hasil analisa. Proses pengolahan ini dilakukan di kampus

STTAL Prodi Hidrografi dan kantor Pushidrosal.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah *raw data* dari hasil survei pushidrosal dalam rangka pembuatan Peta Laut pipa SPL-SPM RU VI PT. Pertamina Balongan pada tanggal 24 April s.d 07 Mei 2019 di perairan Balongan.

Pada penelitian ini, lokasi yang dijadikan obyek penelitian adalah pipa PT. Pertamina RU VI Balongan. Peta laut yang digunakan adalah Peta Laut No. 79 yang dikeluarkan oleh Pusat Hidro dan Oseanografi TNI AL. Lokasi penelitian digambarkan pada Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Layout Daerah Penelitian (Sumber : Laporan Pelaksanaan Survei *Field Check* Pipa PT. Pertamina, 2019)

Dalam penelitian ini ada beberapa teknik yang dilakukan dalam pengumpulan data diantaranya adalah teknik kajian literatur (*literature research*) dan penggunaan data sekunder (*secondary data collection*). Untuk dapat mengkaji lebih jauh tentang nilai hambur balik dari pipa perlu adanya dukungan teoritis konseptual dan empiris. Dukungan teoritis konseptual ini berasal dari sumber-sumber yang dapat dipercaya secara ilmiah. Sedangkan dukungan

empiris berasal dari lapangan. Untuk melakukan kajian lebih lanjut, maka diperlukan kajian literatur. Kajian literatur berasal dari laporan hasil penelitian, jurnal ilmiah, karya ilmiah, dokumen tertulis atau karya-karya lain yang relevan (Indramawan, 2017).

Dalam penelitian ini didukung teoritis konseptual menggunakan kajian literatur yang berasal dari laporan hasil penelitian Sari dan Manik (2009) tentang deteksi dan interpretasi target di dasar laut dengan instrumen *Side Scan Sonar*. Penelitian Manik, Hartoyo dan Rohman (2014) tentang *Underwater Multiple Objects Detection and Tracking using Multibeam and Side Scan Sonar*. Penelitian Manik, Junaedi dan Harsono (2016) tentang pemrosesan citra side scan sonar untuk pemetaan dasar laut Pelabuhan Benoa. Penelitian Ramadani dan Manik (2017) tentang deteksi dan pengukuran sinyal hambur balik dari kapal karam menggunakan instrumen *side scan sonar* di perairan Cirebon. Penelitian Aang Zaenal Mutaqin (2018) tentang Interpretasi Objek Bawah Air Berdasarkan Nilai Hambur Balik *Wreck* Dengan Data Side Scan Sonar Di Perairan Selat Karimata.

Untuk dukungan empiris berupa data lapangan menggunakan data sekunder berupa data SSS diperairan Balongan hasil suvei dari Pushidrosal pada tahun 2019 dan juga peta Laut No. 69, 79 dan 88 yang dikeluarkan oleh Pushidrosal.

Instrumen yang digunakan dalam pengumpulan data adalah menggunakan instrument *side scan sonar* yaitu SSS tipe *C-MAX CM2*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini :

Table 1. Parameter akuisisi data SSS *C-MAX CM2*

Spesifikasi C-MAX CM2 Digital Towfish (C-MAX Ltd. 2010)	
Spesifikasi	Kondisi Operasional
Transmit Frekuensi	Tipe EDF: 325/780 kHz frekuensi ganda
Jangkauan (kanan dan kiri)	25 m, 50 m, 75 m, 100 m, 150 m di 325 kHz 12.5 m, 25 m, 37.5 m di 780 kHz
<i>Acoustic pulse rates</i> , ping per detik (jarak)	780 kHz: 24.7(12.5 m); 13.5(25 m); 18.0(37.5 m) 325 kHz: 13.5(25 m); 13.0(50 m); 9.1(75 m); 7.0(100 m); 4.8(150 m)
Panjang array dan <i>beamwidths</i>	0.45° horizontal pada 325 kHz; 0.32° horizontal pada 780 kHz
Resolusi Lateral	18 mm pada 780 kHz dan 39 mm pada 325 kHz
Kedalaman pengoperasian	0-2000 m
Kecepatan pengoperasian	1-8 knot
Kecepatan maksimum towing	12 knot
Konstruksi bahan	<i>Stainless steel</i> (tanpa aluminium)
Dimensi <i>Towfish</i>	1.24 m panjang; EDF type: 17.1 kg di udara, 11.3 kg dalam air laut
Kisaran Suhu <i>Towfish</i>	-10 to +45 °C pengoperasian -20 to +50 °C non-operasi

(Sumber:

<http://www.cmaxsonar.com/products.html>, 2019)

Selain instrument SSS dalam pelaksanaan akuisisi data, juga digunakan GPS (*Global Positioning System*) dengan sistem DGPS (*Differential Global Positioning System*) yang digunakan dalam penentuan posisi objek. Dapat dilihat pada tabel 2 dan beberapa perangkat lunak yang

digunakan dalam pengolahan data dalam penelitian ini, diantaranya adalah : di bawah ini :

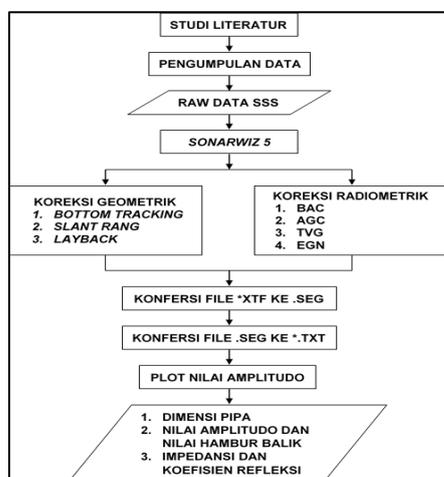
Table 2. Instrumen Penentuan Posisi

DGPS	SSS
Trimble R9 (Primary)	C-MAX CM2
Trimble Net R9s (Secondary)	C-MAX CM2

Table 3. Instrumen Pengolahan Data

Perangkat Lunak	Keterangan
Sonarwiz 5	Olah data SSS
XtfToSegy 1.03	konfersi file *.xtf ke dalam ekstensi *.seg
Seisee 2.22.5 (2015)	Mengekstrak Nilai Trace dari target ke dalam format *.txt
Microsoft Excel 2016	Merapikan data
Matlab R2016a	Untuk mendapatkan grafik amplitudo dan waktu dari tekstur dasar dan objek dasar laut

Berdasarkan uraian bahan dan metode penelitian di atas, maka didapatkan diagram alir yang digunakan dalam penelitian sebagai pedoman alur pikir pelaksanaan dari tahap pengumpulan data awal sampai dengan interpretasi hasil penelitian. yang disajikan pada gambar 2 di bawah ini.



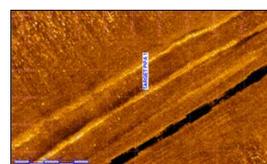
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

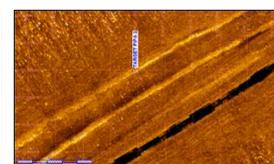
Pengolahan data citra *side scan sonar* dalam penelitian ini hanya pada lajur yang mendeteksi objek (target) yang akan diteliti saja. Ada 2 (dua) target pipa yang terdeteksi/terekam yaitu objek pada posisi $06^{\circ} 21,17928'$ LS dan $108^{\circ} 23,96700'$ BT yang diperkirakan pipa 1 dan posisi $06^{\circ} 21,17526'$ LS dan $108^{\circ} 23,96460'$ BT yang diperkirakan pipa 2. Posisi objek berada dikedalaman kurang lebih 4,3 meter, dilihat di Peta Laut No.79 yang dikeluarkan oleh Pusat Hidro-Oceanografi TNI AL pengeluaran ke empat belas bulan Desember 2018.

3.1 Tampilan Citra Side Scan Sonar

Dari input data yang sudah dilakukan, akan muncul tampilan citra SSS dan terlihat target yang terdeteksi. Target yang terdeteksi akan diinterpretasi berdasarkan rona yaitu rona terang, rona sedang dan rona gelap. Dari ketiga rona tersebut dapat mewakili kuat atau lemahnya pantulan sinyal akustik yang dipantulkan oleh objek dasar laut. Kualitas data citra SSS dipengaruhi juga oleh beberapa faktor yaitu gelombang, angin, arus, kedalaman dan kemampuan dari *towfish* untuk merekam data. Gambar 3 (target pipa 1) dan Gambar 4 (target pipa 2) menunjukkan hasil citra SSS yang belum dilakukan koreksi.



Gambar 3. Citra SSS dari Target Pipa 1

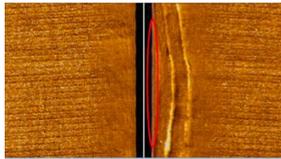


Gambar 4. Citra SSS dari Target Pipa 2

3.2 Analisis Citra Side Scan Sonar

Proses pengolahan pada citra *side scan sonar* dilakukan dengan beberapa koreksi, diantaranya adalah :

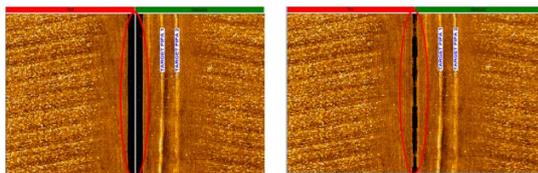
Koreksi Geometrik yaitu koreksi *bottom tracking*, *slant range* dan *layback*. Koreksi *bottom tracking* (digitasi altitude) dilakukan dengan mode otomatis yang sudah tersedia pada perangkat lunak *SonarWiz*. Gambar 5 adalah tampilan citra koreksi *bottom tracking*.



Gambar 5.Digitasi Altitude First Bottom Return

Pada Gambar 5 adalah hasil penerapan dari koreksi *bottom tracking* terlihat hasil dari menghilangkan/merata-ratakan kekosongan data yang berada di bawah *towfish*.

Koreksi *slant range* dilakukan setelah dilakukan digitasi altitude yang lakukan sebaik mungkin agar pada saat penggabungan dua sisi citra yang berseberangan dihasilkan koreksi *slant range* yang baik. Pada gambar 6 adalah citra *side scan sonar* sebelum dilaksanakan koreksi *slant range*.



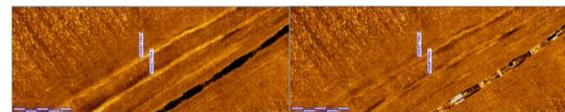
Gambar 6. Koreksi *Slant Range*

Pada gambar 6 adalah citra *side scan sonar* setelah dilaksanakan koreksi *slant range* terlihat ada penggabungan sisi sapuan citra antara *port* dan *starboard* data channel karena adanya penyimpangan pancaran pulsa saat pengambilan data.

Koreksi *layback* dilakukan untuk mengetahui posisi *towfish* yang sebenarnya dari posisi antena GPS yang terpasang pada kapal. Untuk

melakukan perhitungan *layback* kita harus memasukan data *offset* GPS di kapal dan panjang kabel dari kapal ke *towfish*. Setelah parameter *laybak* dimasukan, maka akan terjadi perubahan posisi lintang dan bujur. Pada penelitian ini, koreksi *layback* sudah dilakukan pada saat akuisisi data.

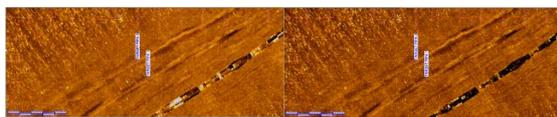
Koreksi Radiometrik yaitu *Beam Angle Corretion (BAC)*, *Automatic Gain Control (AGC)*, *Time Varying Gain (TVG)*, *Empirical Gain Normalization (EGN)* yang di proses pada lajur yang mendeteksi target secara berurutan. Pada Gambar 7 adalah sebelum dan sesudah dilakukan koreksi *slant range correction* dan *Beam Angle Correction (BAC)*.



Gambar 7. Citra SSS Hasil Koreksi BAC

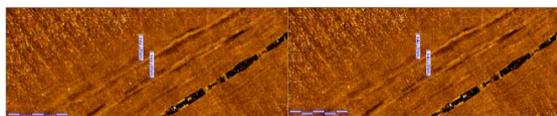
Pada Gambar 7 adalah hasil penerapan dari koreksi *slant range correction* dan *Beam Angle Correction (BAC)* yang merupakan koreksi terhadap masalah geometris pencitraan dasar laut dan pengaruh sudut sepanjang sapuan sonar. Intensitas hambur balik dari pola beam yang terbentuk secara keseluruhan dikendalikan oleh sudut pengembalian (*grazing angle*). Sudut pengembalian ini maksudnya adalah sudut yang terbentuk pada saat pulsa akustik menyentuk topografi dasar laut. Sehingga dalam hal ini menyebabkan area pada *first return* memiliki intensitas hambur balik yang jauh lebih kuat dibandingkan dengan area terluar dari lintasan *side scan sonar*. Semakin ke arah luar dari sapuan *beam* maka pancaran energi akan semakin berkurang.

Pengaruh dari *slant range correction* dan *Beam Angle Correction* (BAC) dapat dilihat dari garis sepanjang sapuan. Terlihat tidak ada kekosongan data dan kekuatan dari pantulan *first return* sudah merata di sepanjang garis sapuan. Sehingga objek yang terdeteksi terlihat seperti objek sebenarnya. Pada Gambar 8 adalah sebelum dan sesudah dilakukan Koreksi AGC (*Automatic Gain Control*).



Sebelum Sesudah
Gambar 8. Citra SSS Hasil Koreksi AGC

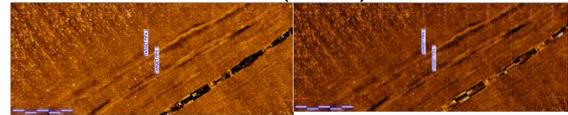
Pada Gambar 8 adalah hasil dari koreksi *slant range correction* dan *beam angle correction* (BAC) dan *automatic gain control* (AGC) dan sudah terlihat karakter dari citra yang dihasilkan dan dengan menghilangkan efek skala besar dari *inciden angel* atau jarak propagasi pada amplitudo refleksi sinyal sehingga terjadi penurunan pengaruh *noise*. Pada Gambar 9 sebelum dan sesudah dilakukan koreksi *Time Varying Gain* (TVG).



Sebelum Sesudah
Gambar 9. Citra SSS Hasil Koreksi TVG

Pada Gambar 9 adalah hasil dari koreksi *slant range correction* dan *beam angle correction* (BAC) dan *automatic gain control* (AGC) dan *Time Varying Gain* (TVG) sehingga citra *side scan sonar* telah mengalami perubahan tampilan rata-rata dari nilai hambur balik.

Pada Gambar 10 sebelum dan sesudah dilakukan koreksi *Empirical Gain Normalization* (EGN).



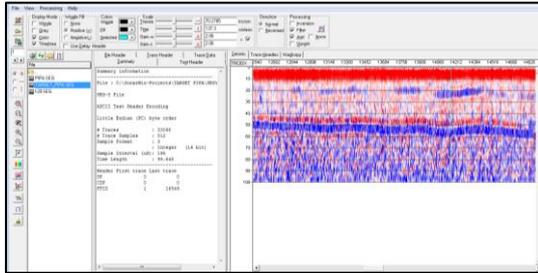
Sebelum Sesudah
Gambar 10. Citra SSS Hasil Koreksi EGN

Pada Gambar 10 adalah hasil dari koreksi EGN (*Empirical Gain Normalization*) sehingga akan berpengaruh pada gain yang telah dinormalisasi pada pixel di citra tersebut.

3.3 Ekstraksi Data untuk Perhitungan Amplitudo

Dalam proses ini, data yang dilakukan ekstraksi adalah data dalam format **.xtf* yang dilakukan koreksi yang tersimpan dalam file project SSS. Data dalam bentuk **.xtf* ini kemudian di ekstrak kedalam file dalam bentuk *seg* dengan menggunakan perangkat lunak *XtfToSegy*.

Hasil ekstraksi tersimpan dalam bentuk **.seg*. Proses selanjutnya adalah melakukan ekstraksi data dari **.seg* kedalam bentuk **.txt* yang bertujuan untuk dapat menampilkan sinyal transduser kedalam bentuk angka-angka numerik. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SeiSee*. Kita dapat melihat *Trace/ping* urutan keberapa dimana itu sudah mencakup objek dan sekitarnya supaya tidak terlalu banyak angka yang dikeluarkan setelah dipilih kemudian bisa di simpan kedalam format **.txt*. Namun sebelum di simpan, terlebih dahulu dilakukan beberapa penyesuaian atau pengaturan yang terdapat pada *tools* nya. Gambar 11 sebagai gambaran pada tampilan perangkat lunak *SeiSee*.



Gambar 11. Ekstraksi Data dengan Perangkat Lunak SeiSee

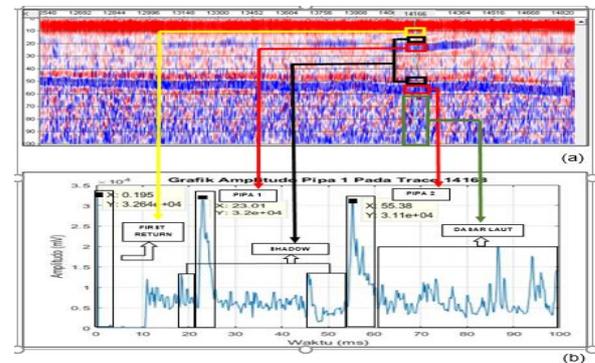
Trace yang diambil untuk di ekstrak dan di proses dalam bentuk tabel angka adalah sebagai *sample* yaitu 1 (satu) *trace* yang nantinya akan di olah kedalam bentuk grafik amplitudo dari target. Tidak semua *trace* diambil dan di ekstrak datanya.

3.4 Nilai Amplitudo Target

Nilai amplitudo ini secara tidak langsung dapat menggambarkan objek maupun permukaan dasar laut yang memantulkan gelombang akustik dari transducer. Semakin tinggi nilai amplitudo maka semakin kasar atau keras suatu target yang terdeteksi. Begitu pula semakin kecil nilai amplitudo maka tingkat kekasaran maupun kekerasan suatu objek semakin menurun/rendah. Selain faktor kekerasan dan kekasaran (*roughness*) suatu benda, frekuensi suara pada alat yang digunakan serta *grazing angle* dari pulsa akustik juga dapat menjadi faktor yang mempengaruhi nilai hambur balik di dasar perairan (Ramadhani dan Manik, 2017).

Nilai amplitudo target pipa 1 dapat kita ketahui menggunakan perangkat lunak *Matlab* yang meng-*input* data dari hasil ekstraksi perangkat lunak *SeiSee* berupa data dengan format *.*xtf*. Data yang digunakan untuk menampilkan nilai amplitudo hanya diambil satu *trace* saja yang tepat pada objek. Disini penulis menampilkan *trace* pada target pipa 1 dan target pipa 2 nomor *trace* 14168 dengan jumlah 33098 data numerik.

Pada perangkat lunak *SeiSee* penunjukkan objek ditunjukkan oleh warna biru dan bayangannya ditunjukkan oleh warna merah. Gambar 4.12 menunjukan nilai amplitudo dari target pipa 1 dan target pipa 2.



Gambar 12. Grafik Amplitudo Target Pipa 1 dan Target Pipa 2 *Trace* 14168

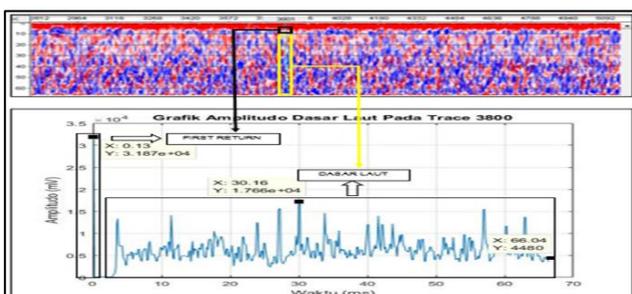
Gambar 4.12 adalah tampilan dari perangkat lunak *SeiSee* yang menampilkan *trace* pada target pipa. Gambar 4.13b adalah tampilan grafik amplitudo target yang dikeluarkan oleh perangkat lunak *Matlab*. Pada Gambar 4.13 ini menunjukan visualisasi dasar laut dengan grafik amplitudo dari target pipa 1 dan target pipa 2. Visualisasi yang ditunjukkan oleh perangkat lunak *SeiSee* untuk *first return* ditunjukan pada rentang waktu garis berwarna kuning dengan tampilan warna merah, *shadow* ditunjukan pada rentang waktu garis berwarna hitam dengan tampilan warna merah, dasar laut ditunjukan pada rentang waktu garis berwarna hijau dengan tampilan warna biru dan merah, sedangkan target pipa 1 dan target pipa 2 ditunjukan pada rentang waktu garis berwarna merah dengan tampilan warna biru. *Trace* yang diambil untuk mengekstrak nilai amplitudo target pipa 1 dan target pipa 2 adalah *trace* dengan nomor 14168.

Nilai hambur balik dapat dilihat pada grafik yang dimunculkan menggunakan perangkat lunak *Matlab*. Sumbu x menunjukkan Waktu (ms) dan sumbu y adalah Amplitudo (mV). Pada

grafik amplitudo menunjukkan area *first return* yang dekat dengan *towfish* dengan nilai amplitudo mencapai 32.640 mV. Area *first return* adalah area dengan pengembalian sinyal akustik lebih awal (pertama) dan memberikan nilai amplitudo yang cukup besar. Nilai amplitudo target pipa 1 dapat dilihat pada puncak grafik dengan kisaran nilai amplitudo mencapai 23.420 – 32.000 mV dan nilai amplitudo target pipa 2 dapat dilihat pada puncak grafik dengan kisaran nilai amplitudo mencapai 20.104 – 31.100 mV, sedangkan nilai amplitudo pada area *Shadow* mencapai 5.504 – 19.970 mV.

Nilai amplitudo dasar laut dapat kita ketahui menggunakan perangkat lunak *Matlab* yang meng-*input* data dari hasil ekstraksi perangkat lunak *Seisee* berupa data dengan format *.*xtf*. Data yang digunakan untuk menampilkan nilai amplitudo hanya diambil satu *trace* saja yang tepat pada objek. Disini penulis menampilkan *trace* nomor *trace* 3800 dengan jumlah 13066 data numerik.

Gambar 13 adalah tampilan dari perangkat lunak *Seisee* yang menampilkan *trace* pada area dasar laut yang ditunjukkan pada rentang waktu garis berwarna kuning dengan tampilan warna biru dan merah. Sedangkan area yang ditunjukkan pada rentang waktu garis berwarna hitam dengan tampilan warna merah adalah *area first return* yang memiliki pantulan amplitudo yang tinggi.



Gambar 13. Grafik Amplitudo Dasar Laut Trace 3800

Gambar 13 adalah tampilan grafik amplitudo target yang dikeluarkan oleh perangkat lunak *Matlab*. Pada Gambar 4.14 menunjukkan visualisasi grafik amplitudo dasar laut tanpa adanya objek. Namun disini terlihat ada puncak grafik yang menyerupai seperti mendeteksi target benda keras. Namun puncak dari grafik disini adalah nilai amplitudo dari *first return*, dimana *first return* ini adalah area dengan pengembalian sinyal akustik lebih awal (pertama) dan memberikan nilai amplitudo yang cukup besar. Pada grafik amplitudo menunjukkan area *first return* yang dekat dengan *towfish* dengan nilai amplitudo mencapai 31.870 mV. Dan area disekitarnya yang merupakan dasar laut dengan nilai amplitudo mencapai 4.480 – 17.660 mV.

Menurut penelitian Manik, Junaedi dan Harsono Manik (2015) mengukur nilai amplitudo hambur balik dari substrat pasir sebesar 17.792 – 32.640 mV, Sedangkan Manik dan Ramadhani (2017) mengukur nilai hambur balik dari kapal karam sebesar 31.616 – 31.872 mV. Beberapa nilai amplitudo hambur balik berbeda dengan hasil penelitian ini karena instrumen dan frekuensi yang digunakan juga berbeda.

Berikut merupakan hasil dari beberapa penelitian tentang nilai amplitudo hambur balik dari instrumen *side scan sonar* pada beberapa objek berbeda dengan menggunakan tipe dan frekuensi dari instrumen akustik yang ditunjukkan oleh Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Aplitudo Beberapa Target

Peneliti	Lokasi	Ala t	Obje k	Amplitudo (mV)
Manik, Junaedi dan Harsono (2015)	Teluk Benoa, Bali	C-MA X (325 kHz)	Kerukan Pasir	17.792 – 32.640 mV
Manik dan Ramadhani (2017)	Cirebon, Jawa Barat	C-MA X (325 kHz)	Kapal	31.616 – 31.872 mV
Penelitian ini (2019)	Balongan, Jawa Barat	C-MA X (325 kHz)	Pipa Dasar Laut (Besi)	20.100 – 32.000 mV

Menurut Diaz (1991), ada tiga hal yang mempengaruhi nilai hambur balik yaitu koefisien refleksi yang dipengaruhi oleh impedansi akustik, tingkat kekasaran permukaan yang merupakan fungsi dari panjang gelombang akustik, dan tingkat reverberasi yang juga merupakan fungsi panjang gelombang akustik (Ramadhani dan Manik, 2017).

3.5 Impedansi dan Koefisien Refleksi

Impedansi akustik dihitung berdasarkan nilai densitas ρ dan cepat rambat gelombang dalam medium c serta perhitungan nilai hambur balik dari masing-masing target. Impedansi akustik dapat menggambarkan seberapa besar nilai pantulan sinyal dari suatu obyek berdasarkan kekompakan material atau keras dan lunaknya suatu obyek.

Berdasarkan hasil penelitian dari Clay dan Medwin (1977) serta Kohl (1967) dapat diketahui nilai impedansi akustik dari besi lebih tinggi

dibandingkan dengan substrat lumpur. Pada penelitian Clay dan medwin serta Kohl yang diteliti adalah lumpur, lumpur pasir, besi cor dan baja. Lumpur memiliki nilai ρ 1420 kg/m³ dan c 1519 m/s, lumpur berpasir nilai ρ dan c adalah 1830 kg/m³ dan 1677 m/s, sedangkan besi nilai ρ dan c adalah 7800 kg/m³ dan 5130 m/s (Clay dan Medwin, 1977 dan Kohl 1967 dalam Manik, 2017).

Tabel 5. Nilai Impedansi Akustik dan Koefisien Refleksi

Target	ρ (Kg/m ³)	c (m/s)	Impedansi Akustik (kg/m ² s)	Koefisien Refleksi
Lanau	1420	1519	2156980	0.189
Lanau berpasir	1830	1677	3068910	0.343
Besi cor	7850	5130	40270500	0.928
Baja	7850	6100	47885000	0.939

(Sumber : Clay dan Medwin, 1977 dan Kohl 1967 dalam Manik, 2017)

Pada penelitian ini, material yang di bahas adalah besi yang mejadi bahan dasar dari pipa. Besi merupakan logam yang memiliki berat jenis 7850 Kg/m³ dan titik cairnya 1538 °C degan cepat rambat gelombang 5130 m/s (ASM International, 2001).

Nilai koefisien refleksi atau yang lebih dikenal dengan R dihitung berdasarkan nilai perbandingan antara medium 1 dan medium 2, dalam hal ini yang dimaksud dengan medium 1 adalah air dan medium 2 adalah target yang dicurigai. Sebelum dilakukan proses perhitungan nilai koefisien refleksi, perlu diketahui nilai densitas ρ dan cepat rambat gelombang c pada air, dalam hal ini adalah air laut. Nilai densitas dan cepat rambat gelombang yang digunakan adalah 1000 kg/m³ dan 1500 m/s (Clay dan Medwin, 1977 dan

Kohl 1967 dalam Manik, 2017). Setelah diketahui nilai dari masing-masing variabel maka nilai impedansi akustik dari air itu sendiri adalah $1,5 \times 10^3 \text{ Kg/m}^2$. Kemudian, dilakukan proses perhitungan nilai koefisien refleksi.

Setelah nilai densitas ρ dan cepat rambat gelombang dalam medium c dari kedua medium yaitu medium air dan medium besi diketahui, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai impedansi akustik dan koefisien refleksinya.

$$\begin{aligned} Z_1 \text{ (air laut)} &= \rho \times c \\ &= 1000 \times 1500 \\ &= 15 \times 10^5 \text{ kg/m}^2\text{s} \\ Z_2 \text{ (Besi)} &= \rho \times c \\ &= 7850 \times 5130 \\ &= 402,705 \times 10^5 \text{ kg/m}^2\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \\ R &= \frac{(40270500 - 1500000)}{(40270500 + 1500000)} \\ R &= 0,92817897 \\ R &= 0,928 \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan koefisien refleksi dan impedansi akustik target pipa, dapat dikatakan bahwa koefisien refleksi dari pipa besi lebih tinggi dari aluminium, dimana hasil perhitungan pipa besi memiliki koefisien refleksi 0,928 sedangkan perhitungan aluminium memiliki koefisien refleksi 0,804. Penelitian ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Zainal dan Manik (2018). Hasil perhitungan nilai impedansi akustik dan koefisien refleksi pipa besi dapat dilihat pada table 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Nilai Impedansi Akustik dan Koefisien Refleksi

Peneliti	Target	P (Kg/m ³)	C (m/s)	Impedansi Akustik (kg/m ² s)	Koefisien Refleksi
Zainal dan Manik	Kerangka aluminium	2700	5100	$137,7 \times 10^5$	0,804
Penelitian ini	Pipa besi	7850	5130	$402,705 \times 10^5$	0,928

(Sumber : Zainal dan Manik, 2017)

3.6 Perhitungan Nilai Hambur Balik (*Backscatter*)

Perhitungan Nilai Hambur Balik (*Backscatter*) bisa kita ketahui dengan menggunakan perhitungan logaritma. Dari proses pendugaan nilai amplitudo target, diperoleh nilai amplitudo target pipa 1 mencapai 23.420 – 32.000 mV dan nilai amplitudo target pipa 2 mencapai 20.104 – 31.100 mV. Sedangkan nilai amplitudo dasar laut mencapai 4.480 – 17.660 mV sehingga kita akan merubahnya ke satuan dB. Perhitungan hambur balik dapat dilakukan dengan rumus di bawah ini. Dimana V_0 adalah nilai amplitudo yang terukur dari target dan V_1 adalah nilai amplitudo maksimal yang terukur dari objek dengan satuan mV.

Target Pipa 1

$$\begin{aligned} BS &= 20 \log_{10} \frac{(23420 \text{ mV})}{(32000 \text{ mV})} \text{ dB} \\ BS &= 20 \log_{10}(0,731875) \text{ dB} \\ BS &= -2,71 \text{ dB} \end{aligned}$$

Target Pipa 2

$$\begin{aligned} BS &= 20 \log_{10} \frac{(20104 \text{ mV})}{(31100 \text{ mV})} \text{ dB} \\ BS &= 20 \log_{10}(0,703) \text{ dB} \\ BS &= -3,06 \text{ dB} \end{aligned}$$

Diluar Target

$$\begin{aligned} BS &= 20 \log_{10} \frac{(4480 \text{ mV})}{(17660 \text{ mV})} \text{ dB} \\ BS &= 20 \log_{10}(0,253680) \text{ dB} \\ BS &= -11,91 \text{ dB} \end{aligned}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan nilai hambur balik target pipa 1 memiliki nilai hambur balik sebesar $-2,71$ dB dan target pipa 2 memiliki nilai hambur balik sebesar $-3,06$ dB. Penelitian ini mengacu pada hasil penelitian yang dilakukan oleh Idramawan (2017) dengan hasil nilai hambur balik kerangka bermaterial besi $-9,7$ sampai $-3,02$ dB dan penelitian yang dilakukan oleh Mahdi (2014) dengan hasil nilai hambur balik kerangka bermaterial besi $-4,20$ dB. Sedangkan hasil nilai hambur balik diluar target/dasar laut sebesar $-11,91$ dB hasil perhitungan nilai hambur balik dapat dilihat pada table 7. Dari hasil ini menunjukkan bahwa target pipa 1 dan target pipa 2 memiliki tingkat kekerasan material lebih dibandingkan dengan material diluar target/dasar laut. Setelah dicocokkan dengan bentuk sebenarnya hasil pengambilan *grab samples* dasar laut yang dilakukan oleh tim survei Pushidrosal menyatakan dasar laut adalah lumpur berlanau yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grab Samples Dasar Laut Lumpur Berlanau
(Sumber : Laporan Survei *Field Check* Pipa PT. Pertamina, 2019)

3.7 Dimensi dan Karakteristik Pipa

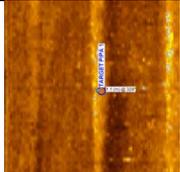
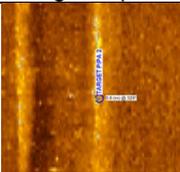
Dimensi dan karakteristik pipa, untuk mengetahui dimensi target, dilakukan pengukuran pada perangkat lunak *sonarwiz 5* yaitu pada jendela *length* dan *widh*. Sedangkan untuk pengukuran tinggi objek dilakukan pada jendela *shadow*, dengan otomatis tinggi dari target dapat langsung diketahui. Jendela pengukuran dimensi target dapat ditunjukkan pada table 8 di bawah ini.

Tabel 7. Perhitungan Nilai Hambur Balik

Peneliti	Lokasi	Alat	Objek	Nilai Hambur Balik (dB)
Mahdi (2014)	Selat Sunda	SSS Klein System 3000	Bangkai Kapal (Besi)	-4,20
Idramawan (2017)	Belawan	Kongsberg EM 2040C	Bangkai Kapal (Besi)	-9,7 s/d -2,88
Penelitian ini (2019)	Balongan	C-MAX CM2	Pipa (Besi)	-2,71 dan -3,06

(Sumber : Idramawan dan Adi, 2017)

Tabel 8. Dimensi Target

Target	Lebar/diameter (meter)	Bayangan (meter)	Tinggi (meter)
 Target Pipa 1	0,9	2,78	0,64
 Target Pipa 2	0,9	2,14	0,35

4. Kesimpulan

Visualisasi citra dasar laut berupa citra *side scan sonar* sudah dapat dilakukan. Kisaran nilai hambur

balik pada target dapat dilihat dari intensitas warna. Dari hasil pendeteksian dasar perairan telah diperoleh 2 (dua) buah target pipa di perairan Balongan.

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- a. Target yang terdeteksi berada pada posisi $06^{\circ} 21,17928'$ LS dan $108^{\circ} 23,96700'$ BT yang merupakan target pipa 1 dan posisi $06^{\circ} 21,17526'$ LS dan $108^{\circ} 23,96460'$ BT yang merupakan target pipa 2 dilakukan pengukuran target menggunakan perangkat lunak *SonarWiz 5* pada jendela *mensuration* dengan hasil yaitu Target pipa 1 lebar/diameter $\pm 0,9$ meter, tinggi $\pm 0,64$ meter dan Target pipa 2 lebar/diameter $\pm 0,9$ meter, tinggi $\pm 0,35$ meter.
- b. Pendugaan nilai amplitudo target diketahui dengan menggunakan perangkat lunak *Matlab* dalam bentuk grafik. Hasil pendugaan pantulan nilai amplitudo pada Target 1 (23.420 – 32.000 mV), nilai amplitudo pada Target 2 (20.104 – 31.100 mV) dan nilai amplitudo dasar laut (4.480 – 17.660 mV) dengan instrumen *C-MAX CM2*. Berdasarkan dari hasil perhitungan nilai hambur balik target pipa 1 memiliki nilai hambur balik sebesar -2,71 dB, target pipa 2 memiliki nilai hambur balik sebesar -3,06 dB dan nilai hambur balik diluar target/dasar laut sebesar -11,91 dB. Sehingga dapat diartikan bahwa target pipa 1 dan pipa 2 memiliki kekerasan yang lebih dibandingkan dengan dasar laut. Dilihat dari nilai hambur balik dan bentuk secara 2D dipastikan target pipa 1 dan pipa 2 terbuat

dari besi dan dasar laut adalah lumpur berlanau.

c. Pada penelitian ini diperoleh nilai impedansi akustik pipa besi $478,85 \times 10^5 \text{ kg/m}^2\text{s}$, sedangkan nilai koefisien refleksi pipa besi 0,928.

5. Saran

- a. Dari penelitian yang sudah dilakukan, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk melakukan validasi terhadap objek dasar laut dengan pipa besi dengan menggunakan instrument lain seperti *Multi Beam Echo Shounder (MBES)* supaya dapat memberikan informasi lebih akurat lagi mengenai dimensi target, nilai hambur balik target serta kelengkapan data lainnya untuk memberikan tingkat kepercayaan yang lebih tinggi.
- b. Untuk mendapatkan hasil citra yang lebih bagus, skill dari interpreter harus selalu dilatih.
- c. Metode dan software yang digunakan pada penelitian ini adalah metode standar dan sederhana yang paling umum digunakan, namun masih banyak metode-metode dan penggunaan software lainnya yang dapat digunakan untuk penelitian dalam interpretasi nilai hambur balik menggunakan instrumen side scan sonar.

6. Daftar Pustaka

- Amat, M. A. (2018). *Destructive Test - Pengujian Kekerasan (BAB 2)*. Retrieved from https://www.academia.edu/7853579/Destructive_Test_Pengujian_Kekerasan_BAB_2_?auto=download.
- ASM International. (2001). *Aluminum & Aluminum Alloy*. US: ASM International.

- Bartholoma A, 2006 dalam Ramadhani. (2017). *Acoustic bottom detection and seabed classification in the German Bight, Southern North Sea*. Springer : Wilhelmshaven, Germany. Vol (26): 177 – 184.
- Berstein, 1983 dalam Kurniawan. (2013). *Koreksi Geometrik dan Radiometrik pada Citra Landsat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Blondel. (2009). *The Handbook of Sidescan Sonar*. Bath, UK: Springer, Praxis. Chichester.
- Chesapeake Technology. (2011). *SonarWiz5 User Guide*. California: Chesapeake Technology.
- Clay dan Medwin, 1977 dan Kohl 1967 dalam Manik. (2017). *Deteksi dan Pengukuran Sinyal Hambur Balik dari Kapal Karam Menggunakan Instrumen Side Scan Sonar di Perairan Cirebon*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- C-MAX CM2. (2019, Juli 8). *Product*. Retrieved from *Side Scan Sonar*. <http://www.cmaxsonar.com/products.html>, 2019
- Danoedoro, 1996 dalam Kurniawan. (2013). *Koreksi Geometrik dan Radiometrik pada Citra Landsat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Guntur, A. (2014). *Pengolahan dan Interpretasi Data Side Scan Sonar C-MAX CM2 (Studi Kasus Perairan Pulau Bunyu Tarakan Kalimantan Utara)*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Hansen, R. E. (2011). *Introduction to synthetic aperture sonar, in Sonar Systems*. Edited by Nikolai Kolev. First Edition. InTech, Croatia. Hal.: 1-25.
- Haykin, S. (1985). *Array signal processing*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice-Hall, Inc., 1985, 493 p. For individual items see A85-43961 to A85-43963., 1.
- IHO Publication, C-13 Chapter 4. (2010). *Seafloor Classification and feature Detection*. UK: IHO.
- Indramawan. (2017). *Analisa Nilai Hambur Balik pada Kapal Karam (Kerangka kapal tenggelam (wreck)) Menggunakan Data Multibeam Echosounder di Perairan Belawan*. Surabaya: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Kenny, Todd and Cooke, 2001. (2001). *Breakwaters, Coastal Structures an Coastlines*. London: Thomas Telford.
- Kurniawan, I. (2011, Januari 5). *Teknologi Kelautan*. Retrieved from *Survei Side Scan Sonar*: <https://identitasku.wordpress.com/2011/01/05/survei-side-scan-sonar/>.
- Lubis, M. Z., & Anurogo, W. (2016). *Fish stock estimation in Sikka Regency Waters, Indonesia using Single Beam Echosounder (Cruz Pro fish finder PcFF-80) with hydroacoustic survey method*. *Aceh Journal of Animal Science*, 1(2).
- Lurton X. 2002. *An Introduction to Underwater Acoustic*. Springer, Praxis. Chichester. UK
- Manik, H. M. (2011). *Underwater acoustic detection and signal processing near the seabed*. INTECH Open Access Publisher.
- Manik, H.M. (2015). *Underwater Remote Sensing of Fish and Seabed Using Acoustic Technology In Seribu Island Indonesia*. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 9, 77-95.
- Manik dan Dwinovantyo. (2018). *Teknik Deteksi Bawah Air*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Manik, Hartoyo, Rohman. (2014). *Underwater Multiple Objects Detection and Tracking using Multibeam and Side Scan Sonar*.

- International Journal of Applied Information Systems (IJAIS) – ISSN : 2249-0868, Volume 7– No. 4.*
- Manik, Junaedi, Harsono. (2016). *Pemrosesan Citra Side Scan Sonar untuk Pemetaan Dasar Laut Pelabuhan Benoa*. JNTETI.
- P3GL. (2017). *side-scan-sonar-teknologi-penginderaan-bawah-laut*. Retrieved from <http://www.mgi.esdm.go.id/content/side-scan-sonar-teknologi-penginderaan-bawah-laut>.
- Parlindungan. (2013). *file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Side_Scan_Sonar_SSS.pdf*. Retrieved from Side Scan Sonar.
- Perpres. (2016). Susunan Organisasi Tentara Nasional Indonesia. Peraturan Presiden Nomor 62 tahun 2016 tentang perubahan Atas Perpres Nomor 10 tahun 2010.
- Pushidrosal. (2010). *Peran Strategis Dinas Hidro-oseanografi Angkatan Laut Sebagai Lembaga Hidrografi Nasional*.
- Pujiyati, S., Hestirianoto, T., Wulandari, P. D., & Lubis, M. Z. (2016). *Fish Stock Estimation by Using the Hydroacoustic Survey Method in Sikka Regency Waters, Indonesia*. *J. Fisheries Livest Prod*, 4(193), 2.
- Pushidrosal. (2010, November 1). *Peranan Strategis Dinas Hidro-oseanografi Angkatan Laut Sebagai lembaga Hidrografi Nasional*. Jakarta: Pushidrosal. Retrieved from Profil Pushidrosal: <http://www.pushidrosal.id/buletin/25/SEJARAH/>.
- Pushidrosal, 2019 Laporan Pelaksanaan Laporan Pelaksanaan Survei *Field Check* Pipa PT. Pertamina. Balongan.
- Ramadhani dan Manik. (2017). *Deteksi dan pengukuran sinyal hambur balik dari kapal karam menggunakan instrumen side scan sonar di perairan Cirebon*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sari dan Manik. (2009). Deteksi Dan Interpretasi Target Di Dasar Laut Menggunakan Instrumen Side Scan Sonar. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Kelautan (SENTA)* (pp. A-25 - A-30). Surabaya: Institut Pertanian Bogor.
- Simmonds, J., & MacLennan, D. N. (2008). *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons.
- Waite, A. D. (2002). *Sonar For Practising Engineers*. England: John Wiley & Sons Ltd.
- Wikipedia. (2019, April). Retrieved from Sonar: <https://id.wikipedia.org/wiki/Sonar>.
- Wikipedia. (2019, Juli 8). ferro. Retrieved from <https://it.wikipedia.org/wiki/Ferro>

