

**ANALISIS AKUSTIK BACKSCATTER UNTUK PEMPROFILAN DASAR LAUT  
GUNA PENENTUAN LOKASI DUDUK KAPAL SELAM  
(STUDI KASUS DI PERAIRAN LAUT JAWA UTARA SEGMENT 8)**

**BACKSCATTER ACOUSTIC ANALYSIS FOR SEA BASE PROFILE  
FOR DETERMINING THE SITTING LOCATION OF THE SUBBER  
(CASE STUDY IN NORTH JAVA SEA WATERS SEGMENT 8)**

**Hendra Jayanto<sup>1</sup>, Henry M. Manik<sup>2</sup>, Anang P. Adi<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut Prodi S1 Hidrografi, Jakarta

<sup>2</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan,

<sup>3</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor.

<sup>4</sup>Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut, Jakarta

Email: hendrajayanto@gmail.com

**ABSTRAK**

*Multibeam Echosounder* dapat merepresentasikan data, kontur dan posisi kedalaman sedangkan *Backscatter Multibeam Echosounder* dapat merepresentasikan jenis sedimen dasar perairan. Pelaksanaan Duduk Kapal Selam memerlukan ketersediaan data *Multibeam Echosounder* dan *Backscatter Multibeam Echosounder* yang akurat dan sesuai kebutuhan sehingga perlu diadakan penelitian yang terkait dengan pelaksanaan operasi duduk kapal selam seperti kedalaman, gradien kemiringan dasar laut dan jenis sedimen dasar laut. Tujuan penelitian ini adalah membuat pemprofilan dasar laut dengan instrumen *Multibeam Echosounder* dan melaksanakan analisis akustik *backscatter* untuk mengetahui jenis sedimen dasar laut yang bertujuan untuk menentukan lokasi duduk kapal selam. Penelitian ini menggunakan data survei batimetri *Multibeam Echosounder Kongsberg EM2040* di Perairan Laut Jawa Utara Segmen 8. Penentuan batimetri menggunakan metode *Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator* (CUBE), sedangkan klasifikasi tipe sedimen menggunakan metode *Angular Response Analysis* (ARA) dan *Sediment Analysis Tool* (SAT) yang semuanya tertanam dalam perangkat lunak *CARIS HIPS and SIPS versi 10.4*. Hasil pengukuran kedalaman pada penelitian ini masuk klasifikasi survei hidrografi orde khusus yang memiliki tingkat akurasi tinggi. Klasifikasi tipe sedimen didapatkan sedimen lempung dan lempung pasir. Berdasarkan nilai intensitas untuk tipe lempung (clay) -18,64 dB hingga -17,04 dB pada kedalaman 67,62 meter, lempung berpasir (sandy clay) -23,23 dB hingga -21,13 dB pada kedalaman 68,19 meter. Kecepatan arus maksimum 0,13 m/s atau 0,252 knots dan kecepatan arus minimum 0.00 m/s. Kecepatan arus rata-rata 0,12 m/s atau 0,233 knots dengan arah dominan Barat Laut dan Timur Laut.

**Kata kunci :** *multibeam echosounder*, batimetri, hambur balik, dan tipe sedimen.

## **ABSTRACT**

*Multibeam Echosounder can represent data, such as contours and depth position while Backscatter Multibeam Echosounder can represent bottom sediment types. The implementation of the Submarine Seating requires the availability of accurate and appropriate data for the Multibeam Echosounder and Backscatter Multibeam Echosounder, so it is necessary to conduct research related to the implementation of the submarine sitting operation, such as depth, seabed slope and types of seabed sediment. The purpose of this study is to create a seabed profiling with the Multibeam Echosounder instrument and carry out backscatter acoustic analysis to determine the type of seabed sediment which aims to determine the seating location of the submarine. This study used data from the Kongsberg EM2040 Multibeam Echosounder bathymetry survey in North Java Sea Waters Segment 8. The determination of bathymetry used the Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator (CUBE) method, while the classification of sediment types used the Angular Response Analysis (ARA) and Sediment Analysis Tool (SAT) methods that embedded in the CARIS HIPS and SIPS version 10.4 software. The measurement results in this study are classified as special order hydrographic surveys which have a high level of accuracy. Classification of sediment types obtained clay and sandy clay sediments. Based on the intensity value for the type of clay (clay) -18.64 dB to -17.04 dB at a depth of 67.62 meters, sandy loam (sandy clay) -23.23 dB to -21.13 dB at a depth of 68, 19 meters. The maximum current speed is 0.13 m/s or 0.252 knots and the minimum current speed is 0.00 m/s. The average current speed is 0.12 m/s or 0.233 knots with the dominant direction being Northwest and Northeast.*

**Keywords:** *multibeam echosounder, bathymetry, backscatter, and sediment type.*

## **PENDAHULUAN**

Kapal selam sebagai salah satu komponen Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT) yang mempunyai fungsi strategis, merupakan aset yang sangat krusial bagi TNI Angkatan Laut dalam melaksanakan kebijakan pertahanan negara yaitu mempertahankan kedaulatan negara dan keutuhan wilayah dengan melaksanakan operasi militer, baik untuk perang maupun selain perang dengan melaksanakan pengawasan terhadap kapal yang masuk melewati lorong-lorong dan

jalur pendekat seperti selat-selat di perairan Indonesia serta memiliki kelebihan dalam hal kerahasiaan dalam suatu operasi. Kelebihan tersebut berupa kehandalan pada saat menyelam akan sulit terdeteksi oleh kapal musuh. Dengan posisinya yang berada dibawah permukaan air, kapal selam dengan mudah mencari dan menghancurkan musuhnya secara tiba-tiba sehingga unsur kecepatan dalam penyerangan yang dimiliki kapal selam menjadikannya sebagai mesin penghancur yang sangat ditakuti terutama dalam peperangan aspek laut. Seiring dengan

kemajuan zaman, teknologi di bidang kemiliteran berkembang sangat pesat sehingga diciptakan peralatan berupa sensor-sensor seperti sonar yang berfungsi mendeteksi keberadaan kapal selam serta persenjataan yang di desain khusus untuk menghancurkan kapal selam yang sedang menyelam ketika posisi kapal selam telah terdeteksi.

Secara khusus kapal selam bergerak dengan kecepatan terkendali duduk di dasar laut dalam situasi statis yang bertujuan untuk menghindari deteksi dari sonar musuh. Salah satu teknik yang digunakan oleh kapal selam untuk menghindari deteksi dari sonar musuh adalah dengan melakukan manuver duduk kapal selam (*Submarine Bottoming*). Duduk kapal selam merupakan suatu kegiatan atau pergerakan secara terkendali untuk memosisikan kapal selam di dasar laut dalam keadaan tertentu untuk mematikan sistem vital yang bertujuan untuk menghindari adanya radiasi suara yang dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan kapal selam (Nevesbu Journal Netherland, 2012).

Pelaksanaan manuver kapal selam dalam pergerakan bernavigasi di bawah permukaan untuk duduk dasar secara terkontrol dan terkendali sangat membutuhkan data-data mengenai kedalaman dan keadaan jenis dasar laut yang akurat untuk menjamin keberhasilan dalam pelaksanaannya. Salah satu informasi awal yang memberikan dukungan akan perkembangan taktik dan strategi tempur terkait operasi duduk kapal selam

adalah data batimetri dan data pendukung lainnya. Kapal selam dalam pelaksanaan latihan perangnya masih sering menggunakan peta laut baik berupa peta laut kertas maupun *Electronic Nautical Chart (ENC)* yang merupakan peta untuk bernavigasi di permukaan bukan merupakan peta untuk bernavigasi di bawah air. Untuk kebutuhan duduk kapal selam dibutuhkan gambaran dan klasifikasi jenis bentuk dasar laut yang belum digambarkan secara simultan kedalam peta navigasi permukaan.

Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan pemprofilan dasar laut agar terwujud efisiensi dan efektivitas dalam kesuksesan pelaksanaan duduk kapal selam. Pemprofilan tersebut dapat memuat informasi yang komplek dan memuat data jenis dasar laut yang didapat dari data *Multibeam Echosounder*. *Multibeam Echosounder (MBES)* yang merupakan peralatan akustik yang secara intensif sering digunakan untuk pemetaan dasar perairan, terutama karena teknologi ini memiliki kemampuan lebih yaitu cakupan luas dan resolusi tinggi untuk akuisisi data batimetri (Anderson *et al.*2008). Selain data batimetri, *Multibeam Echosounder (MBES)* juga menghasilkan data nilai hambur balik (*Backscatter*) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi tipe dan sebaran spasial morfologi dari sedimen dasar perairan (Hasan *et al*, 2004).

Berdasarkan pertimbangan tersebut riset tentang kapal selam masih sangat dibutuhkan sehingga perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan

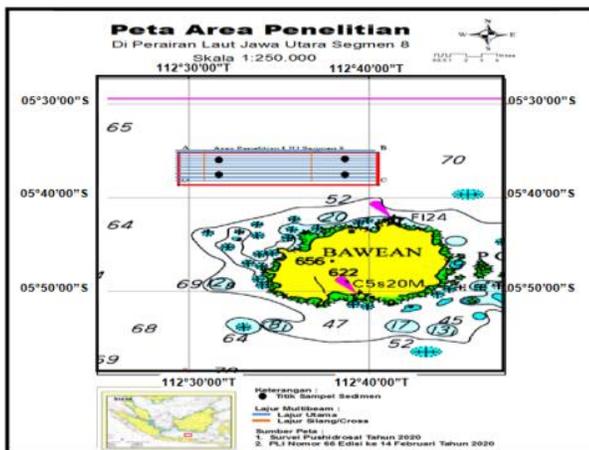
data Batimetri dari *Multibeam Echosounder* (*MBES*) guna pemprofilan dasar laut dan analisis data *Backscatter* dalam rangka menentukan lokasi duduk kapal selam guna mendukung pelaksanaan operasi kapal selam agar memiliki performa visual yang handal.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di Perairan Laut Jawa Utara Segmen 8. Peta laut yang digunakan adalah peta laut Indonesia nomor 66 cetakan pertama edisi keempat belas Februari 2020 dengan skala 1 : 1.000.000. Berikut adalah lokasi dan batas-batas area penelitian :

- A. 05° 35' 12.75" S - 112 ° 29' 26.26" T
- B. 05° 35' 12.75" S - 112 ° 40' 28.00" T
- C. 05° 38' 38.33" S - 112 ° 40' 28.00" T
- D. 05° 38' 38.33" S - 112 ° 29' 26.26" T



**Gambar 1.** Batas Area Penelitian (PLI Nomor 66 Edisi ke 14 Februari Tahun 2020)

### Sumber Data

Sumber data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder dari hasil survei dan pemetaan Pushidrosal di Perairan Laut Jawa Utara Segmen 8 tahun 2020 yang dilaksanakan tanggal 30 Januari s.d. 29 Maret 2020 yang diperoleh melalui pengajuan data ke Dinas Hidrografi Pushidrosal. Adapun data yang diperoleh dalam pelaksanaan survei tersebut adalah :

- a. *Raw Data* Batimetri *MBES Kongsberg 2040* KRI Spica-934 dalam format *.all*
- b. *Raw Data* Pasang Surut selama pemeruman yang dilaksanakan di area survei.
- c. *Raw Data* SVP selama pemeruman.
- d. *Raw Data* Arus yang diambil bersamaan saat pemeruman.

### Instrumen Pengambilan Data

Pada pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa peralatan yang digunakan dalam pengumpulan dan pengolahan data penelitian, yaitu :

- a. *Multibeam Echosounder Kongsberg EM2040* KRI Spica-934 yang digunakan sebagai peralatan akuisisi data batimetri.
- b. Perangkat lunak *Seafloor Information System (SIS)* sebagai *automatic data logging* yang digunakan saat akuisisi data *multibeam echosounder*.
- c. *Differential Global Positioning System (DGPS)* yang digunakan sebagai alat penentuan posisi objek dan pengukuran titik kontrol pemetaan.
- d. Perangkat lunak *CARIS HIPS and SIPS 10.4*, digunakan untuk

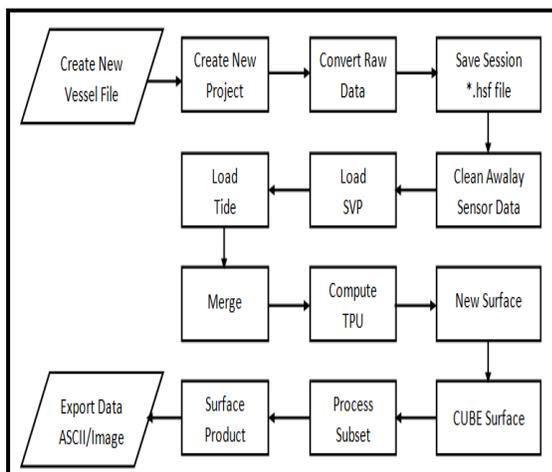
pengolahan data batimetri, pengolahan data sinyal hambur balik (*Backscatter*) yang digunakan dalam pengidentifikasian jenis dasar laut.

e. Perangkat Lunak *Global Mapper* serta *ArcGIS*. Digunakan untuk penyajian dan plotting hasil olahan data dalam bentuk raster setelah dilaksanakan pengolahan data.

f. Laptop *Dell Latitude E6520* RAM 8 GB, sistem operasi *Windows 7 Professional Operation Sistem*, processor *Intel Core i5 2540M 2.6 GHz*, memory *SSD 250GB* untuk digunakan sebagai sarana pengolahan data.

### Pengolahan Data Batimetri Metode *CUBE*

Dalam tahap pengolahan data batimetri mengacu pada workflow processing *CARIS HIPS and SIPS 10.4* yang dapat dijabarkan dalam diagram pada Gambar 2 berikut :



**Gambar 2.** Diagram Alir Pengolahan Data Batimetri *Multibeam Echosounder* dengan *Software CARIS HIPS and SIPS 10.4*

Survei batimetri digunakan untuk mendapatkan nilai kedalaman dan konfigurasi dasar perairan berdasarkan analisis profil kedalaman dari hasil pemeruman (*sounding*). Survei batimetri di Perairan Laut Jawa Utara Segmen 8 ini menggunakan MBES yang mana hasil data MBES diolah dengan menggunakan *CARIS HIPS and SIPS 10.4*. Data tersebut akan mengalami serangkaian proses meliputi koreksi alat, koreksi oseanografi, *filtering*, *gridding* dan *interpolation* yang terangkum dalam metode *CUBE (Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator)* (Adi, 2016). Pengolahannya melalui 8 (Delapan) fase yaitu :

a) Fase Pertama

Membuat konfigurasi kapal survei dan alat sensor dengan jarak dari alat ke *centre of gravity (COG)* dari kapal survei. Membuat nama proyek baru dan menentukan jenis sistem koordinat yang digunakan, melakukan konversi data dari format alat MBES ke format *HIPS* dan simpan sesi.

b) Fase Kedua

Pemeriksaan dan pembersihan data sensor alat bantu, seperti data navigasi GPS RTK/DGPS, dan data pergerakan kapal *yaw, heave, pitch*.

c) Fase Ketiga

Inputkan kecepatan gelombang suara dan pemberian koreksi terhadap data.

d) Fase Keempat

Input dan pemberian koreksi data pasang surut, melakukan *merge* mengolah data *patch test*, melakukan *merge* data survei MBES, mendefinisikan sebuah

lembar lapangan, mendefinisikan system koordinat dan lokasi dari data, proses *Total Propagated Uncertainty (TPU)* bertujuan untuk menjumlah semua kesalahan yang berasal dari semua sensor dalam pendekatan kontrol kualitas dalam mengolah data batimetri.

e) Fase Kelima

*Quality control (QC)* dengan pembuatan *new surface* dengan menggunakan algoritma *CUBE surface*.

f) Fase Keenam

Pembagian data kedalam area yang lebih kecil (*subset*) untuk dilakukan pemeriksaan dan pembersihan secara langsung terhadap data MBES yang *overlap*, melakukan *recompute surface*.

g) Fase Ketujuh

Data yang dihasilkan sudah bergeoreferensi dan bersih, dapat dibuat produk batimetri, yaitu pembuatan kontur, pemberian angka kedalaman dan profil.

h) Fase Kedelapan

Ekspor data hasil olahan dengan format *CARIS Map* atau ASCII untuk dibuka diperangkat lunak lain.

### **Pengolahan Data Backscatter Menggunakan Metode Angular Response Analysis (ARA) & Sediment Analysis Tool (SAT)**

Pengolahan data hambur balik (*Backscatter*) menggunakan algoritma *geocoder*. Implementasi *geocoder* digunakan untuk memproses dan menganalisis data hambur balik, proses geobar dan pembuatan mosaik (Dufek, 2012). Pengolahan ini dilakukan setelah

pengolahan data batimetri yang menggunakan metode *Cube Surface* benar-benar sudah terkoreksi dengan baik. Pengolahan ini meliputi tiga hal, yaitu proses geobar, pembuatan mosaik hambur balik dan analisis tipe sedimen. Menurut Adi (2016) proses geobar dan pembuatan mosaik hambur balik adalah sebagai berikut:

a) *Georeferenced Backscatter Raster (Geobars)*

Adalah tahapan yang bertujuan untuk penilaian awal kualitas dan editing data sehingga memungkinkan pembuatan banyak geobars di tiap lajur survei. Pada proses pembuatan mosaik boleh dilakukan hanya satu lajur geobar saja atau lebih pada saat pengolahan.

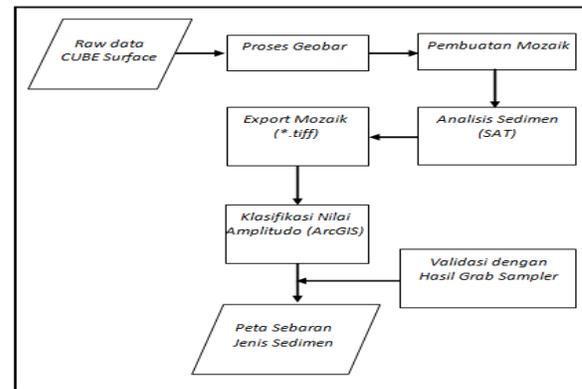
b) Mosaik hambur balik

Menggambarkan derajat keabuan (*gray level*) yang merepresentasikan intensitas akustik yang dipantulkan dasar perairan. Dengan menggunakan metode *Angular Response Analysis (ARA)* akan didapatkan mosaik yang berkualitas tinggi. Metode ini menggunakan model pendekatan bahwa setiap tipe sedimen ataupun benda di dasar laut akan memiliki respon sudut pancaran yang unik, sehingga variasi hambur balik akustik dihubungkan dengan respon tiap sudut pancaran dapat untuk menentukan jenis karakteristik dasar perairan tersebut. Ada tiga parameter utama mengontrol model tersebut yaitu impedansi akustik (mengontrol kekuatan penetrasi di permukaan dasar air), kekerasan dasar perairan dan heterogenitas sedimen (Fonseca *et al.* 2007).

Hasil pengolahan data dengan metode *Angular Response Analysis (ARA)* berupa data mosaik kemudian diklasifikasikan menurut besaran intensitas akustiknya menggunakan *Sediment Analysis Tool (SAT)*. Dari hasil klasifikasi sedimen tersebut akan berupa pengelompokan warna tiap sedimen dan besaran partikel sedimen dasar laut melalui *tool Grain Size Table*. Hasil *Sediment Analysis Tool (SAT)* tersebut selanjutnya akan dilaksanakan perbandingan terhadap hasil penelitian sebelumnya.

c) *Sediment Analysis Tool (SAT)*

*Tool* ini digunakan untuk melengkapi proses pembuatan mosaik hambur balik akustik. Metode yang digunakan adalah menggunakan kurva model pendekatan jenis dasar laut berasal dari nilai intensitasnya terhadap respon sudut pancaran (*angle of incidence*). Hasil pengolahan data hambur balik dibandingkan dengan kurva model pendekatan berdasarkan korelasinya sehingga dapat diketahui jenis dasar laut tersebut. Diagram Alir Pengolahan data *Multibeam Backscatter* menggunakan *Software CARIS HIPS and SIPS 10.4* dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :

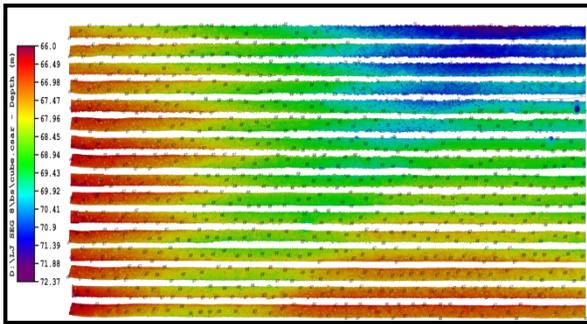


**Gambar 3.** Diagram Alir Pengolahan Data *Backscatter* dengan *Software CARIS HIPS and SIPS 10.4*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Profil Batimetri

Profil permukaan dasar laut di area penelitian merupakan hasil pemeruman yang telah terkoreksi terhadap pengaruh *pitch*, *roll*, *yaw (heading)* dan *time delay error (latency)* sehingga hasilnya dapat langsung ditampilkan dengan baik menggunakan *Multibeam Echosounder EM 2040* milik KRI Spica-934 dengan panjang lajur survei hanya  $\pm 17,5$  km dan lebar  $\pm 6,2$  km. Pengambilan data batimetri dan data nilai hambur balik akustik pada penelitian ini tidak *full coverage* dengan spasi perum antar lajur rata-rata antara 100 - 140 meter. Tampilan *Base Surface overlay* dengan angka kedalaman dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini :



**Gambar 4.** Profil Batimetri di Area Penelitian

Berdasarkan hasil pengolahan data di area penelitian, variasi kedalaman perairan yang terletak di Laut Jawa Utara Segmen 8 berkisar antara 66 meter hingga 72.37 meter. Kedalaman minimum 66 meter ditemukan pada sebelah barat area penelitian kemudian mengarah ke timur berangsur bertambah hingga kedalaman 69.43 meter. Lebih mengarah ke timur laut kedalaman berangsur bertambah 70 hingga 72.37 meter. Lebih mengarah ke selatan, nilai kedalaman berangsur berkurang hingga kedalaman 66.49 meter. Dari data kedalaman tersebut, maka area penelitian ini memenuhi syarat untuk dijadikan lokasi duduk kapal selam ditinjau dari kriteria kedalaman laut.

Tingkat akurasi data batimetri yang diperoleh selama proses akuisisi dijaga agar sesuai dengan standar untuk mendapatkan jaminan kualitas data yang penuh dengan ketelitian. Sesuai standar IHO tahun 2008, proses penentuan *Quality Control (QC)* dari data batimetri dilaksanakan dengan pembuatan *reference surface* sebagai lokasi pengecekan kualitas data. Metode yang digunakan dalam penentuan *Quality*

*Control (QC)* yaitu membandingkan kedalaman reduksi tepat di persilangan lajur utama dan lajur silang dengan mengikuti batas ketelitian Orde-orde dari IHO.

### **Pengukuran Kemiringan Lereng Dasar Laut (*Slope*).**

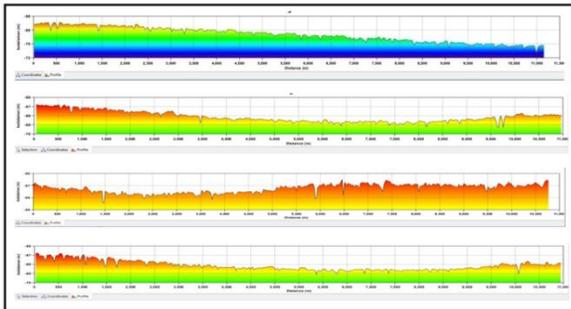
Pelaksanaan manuver kapal selam dalam pergerakan bernavigasi di bawah permukaan untuk duduk dasar, tidaklah cukup hanya mendapatkan informasi berupa hasil batimetri dan klasifikasi tipe dasar perairan saja, namun diperlukan juga informasi *slope* atau kemiringan lereng dasar laut itu sendiri. Kriteria bentuk permukaan dasar laut yang memenuhi persyaratan untuk duduk kapal selam adalah tipe dasar laut yang relatif rata dengan gradien kemiringan dasar laut kurang dari  $5^\circ$ . Biasanya terdapat pada laut dangkal dengan kedalaman kurang dari 100 meter. Pada gradien seperti ini kapal selam dapat juga melaksanakan *lego jangkar* maupun *hovering* karena aman. Dari sisi operasi kapal selam, bentuk permukaan dasar laut seperti ini baik untuk pengintaian, penyusupan dan pra serbuan operasi pendaratan.

Selain melaksanakan operasi pada laut lepas Kapal Selam Tipe 209/1400 juga dapat melaksanakan operasi pada daerah pantai. Beberapa kondisi perairan lepas pantai pada pulau besar memiliki beragam karakteristik dapat menguntungkan kapal selam dalam menghindari pendeteksian sonar lawan.

Pengukuran kemiringan lereng (*slope*) dasar perairan dengan menggunakan *BTM* dari data *multibeam echosounder* dibagi menjadi beberapa kelas (*Wright et al. 2005*):

1. Flat ( $0-1^\circ$ ),
2. Sloping ( $1 - 30^\circ$ ),
3. Steeply sloping ( $30 - 60^\circ$ )
4. *Vertical* ( $60 - 90^\circ$ ), dan
5. Overhang ( $>90^\circ$ ).

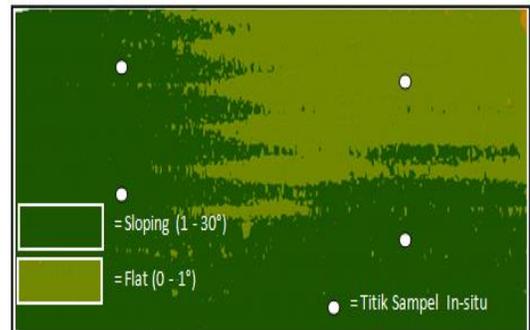
Berdasarkan hasil pengolahan data di area penelitian, gradien kemiringan lereng dasar laut dapat dikategorikan datar (*flat*) dengan tingkat kemiringan lereng dasar laut antara  $1^\circ - 3^\circ$ . Dengan mempertimbangkan gradien kemiringan dasar laut tersebut, maka area penelitian ini memenuhi syarat untuk dijadikan lokasi duduk kapal selam ditinjau dari kriteria topografi dasar laut. Tampilan topografi dasar laut di keseluruhan area penelitian dapat dilihat pada Gambar 5 berikut ini :



**Gambar 5.** Topografi Dasar Laut di Area Penelitian

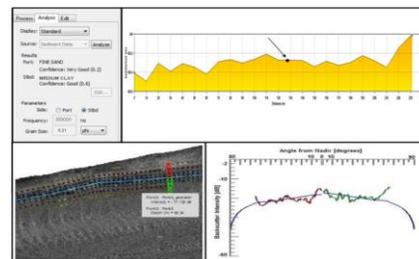
Pengukuran kemiringan lereng dasar laut (*slope*) yang dinyatakan dalam bentuk derajat ( $^\circ$ ), hasil klasifikasi kemiringan lereng di area penelitian dan posisi pengambilan sampel sedimen dasar

perairan ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini :



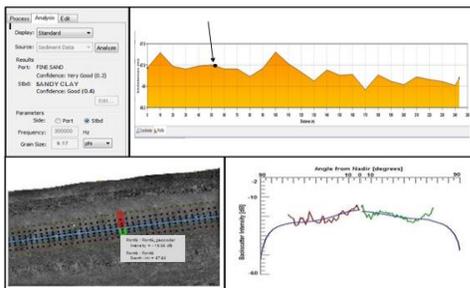
**Gambar 6.** Klasifikasi Kemiringan Lereng dan Lokasi Pengambilan Titik Sampel.

Contoh klasifikasi flat ( $0 - 1^\circ$ ) ditunjukkan pada titik sampel 1 dan 2. Titik sampel 1 terletak pada posisi  $112^\circ 31' 05.59''$  BT /  $05^\circ 35' 51.83''$  LS dengan kedalaman 68.34 meter. Nilai intensitas yang didapat sebesar  $-17.04$  dB dengan tipe sedimen lempung (*clay*) nilai ukuran butir sebesar  $0.004$  mm. Gambar 76 merupakan hasil pengolahan analisa sedimen, pengukuran slope, mosaik hambur balik akustik dan kurva nilai intensitas di titik pengambilan sampel 1. Tanda panah menunjukkan posisi pengambilan contoh jenis sedimen secara in-situ.



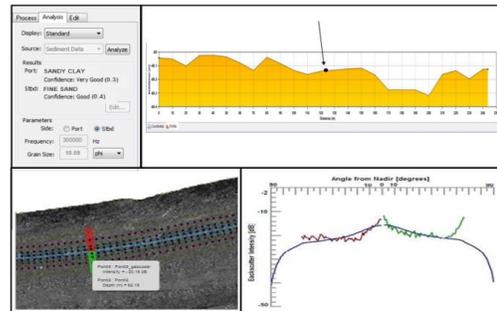
**Gambar 7.** Hasil Pengolahan Analisa Sedimen, Pengukuran *Slope*, Mosaik Hambur Balik Akustik Dan Kurva Nilai Intensitas Di Titik Sampel 1.

Contoh klasifikasi flat ( $0 - 1^\circ$ ) lainnya ditunjukkan pada titik sampel 2 yang terletak pada posisi  $112^\circ 38' 05.53''$  BT /  $05^\circ 35' 55.83''$  LS dengan kedalaman 69.39 meter. Nilai intensitas yang didapat sebesar -19.36 dB dengan tipe sedimen lempung pasiran (*sandy clay*) nilai ukuran butir sebesar 0.0017 mm. Gambar 8 merupakan hasil pengolahan analisa sedimen, pengukuran slope, mosaik hambur balik akustik dan kurva nilai intensitas di titik pengambilan sampel 2. Tanda panah menunjukkan posisi pengambilan contoh jenis sedimen secara in-situ.



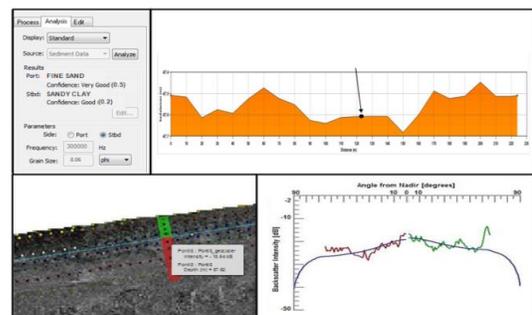
**Gambar 8.** Hasil Pengolahan Analisa Sedimen, Pengukuran *Slope*, Mosaik Hambur Balik Akustik Dan Kurva Nilai Intensitas Di Titik Sampel 2.

Contoh klasifikasi flat ( $0 - 1^\circ$ ) lainnya ditunjukkan pada titik sampel 3 yang terletak pada posisi  $112^\circ 31' 53.59''$  BT /  $05^\circ 37' 53.58''$  LS dengan kedalaman 68.19 meter. Nilai intensitas yang didapat sebesar -20.16 dB dengan tipe sedimen lempung pasiran (*sandy clay*) nilai ukuran butir sebesar 0.0012 mm. Gambar 9 merupakan hasil pengolahan analisa sedimen, pengukuran *slope*, mosaik hambur balik akustik dan kurva nilai intensitas di titik pengambilan sampel 3. Tanda panah menunjukkan posisi pengambilan contoh jenis sedimen secara in-situ.



**Gambar 9.** Hasil Pengolahan Analisa Sedimen, Pengukuran *Slope*, Mosaik Hambur Balik Akustik Dan Kurva Nilai Intensitas Di Titik Sampel 3.

Contoh klasifikasi flat ( $0 - 1^\circ$ ) lainnya ditunjukkan pada titik sampel 4 yang terletak pada posisi  $112^\circ 38' 05.53''$  BT /  $05^\circ 37' 53.58''$  LS dengan kedalaman 67.62 meter. Nilai intensitas yang didapat sebesar -18.64 dB dengan tipe sedimen lempung pasiran (*sandy clay*) nilai ukuran butir sebesar 0.0021 mm. Gambar 10 merupakan hasil pengolahan analisa sedimen, pengukuran *slope*, mosaik hambur balik akustik dan kurva nilai intensitas di titik pengambilan sampel 4. Tanda panah menunjukkan posisi pengambilan contoh jenis sedimen secara in-situ.



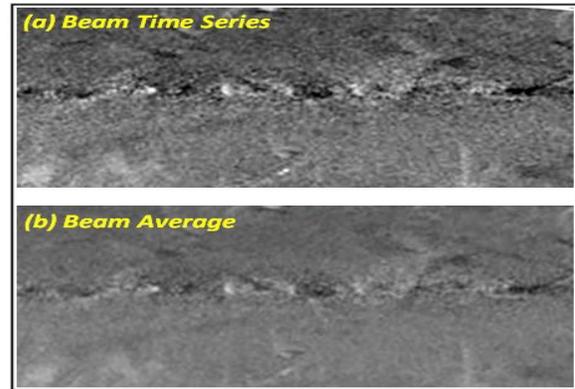
**Gambar 10.** Hasil Pengolahan Analisa Sedimen, Pengukuran *Slope*, Mosaik Hambur Balik Akustik Dan Kurva Nilai Intensitas Di Titik Sampel 4.

Berdasarkan hasil pengolahan diatas dapat dianalisa bahwa untuk *slope* yang tergolong dalam klasifikasi flat ( $0 - 1^\circ$ ) yang ditunjukkan pada titik sampel 2 dan 3, menghasilkan nilai intensitas yang lebih besar bila dibandingkan dengan klasifikasi sloping ( $1 - 30^\circ$ ) yang ditunjukkan pada titik sampel 1 dan 4 yang menghasilkan nilai intensitas lebih kecil atau rendah. Apabila ditinjau dari segi endapan sedimentasi, hal ini dikarenakan endapan sedimentasi di *sloping* lebih tipis bila dibandingkan dengan endapan sedimentasi di klasifikasi flat (Dufek, 2012). Pernyataan lain juga dijelaskan oleh Manik (2010) pada umumnya nilai kekuatan hambur balik tinggi ketika nilai *slope* besar.

#### **Klasifikasi Tipe Sedimen Metode Angular Response Analysis (ARA) dan Sediment Analysis Tool (SAT)**

#### **Hasil Proses Geobars**

Format yang dihasilkan dalam perekaman data hambur balik oleh instrumen *Multibeam Kongsbergs EM2040* terbagi dalam dua format yaitu *average beam intensity* dan *beam time series*. Pada penelitian ini, pengolahan data hambur balik menggunakan format *time series data* karena tampilan yang ditunjukkan sangat kasar. Hal ini dikarenakan format ini memiliki nilai intensitas yang bervariasi. Berbeda dengan format *average beam* yang tampilannya lebih halus dikarenakan hanya menghasilkan satu nilai intensitas tiap beam. Hasil proses geobars dari kedua format tersebut dapat dibandingkan seperti yang terlihat pada Gambar 11 berikut ini :



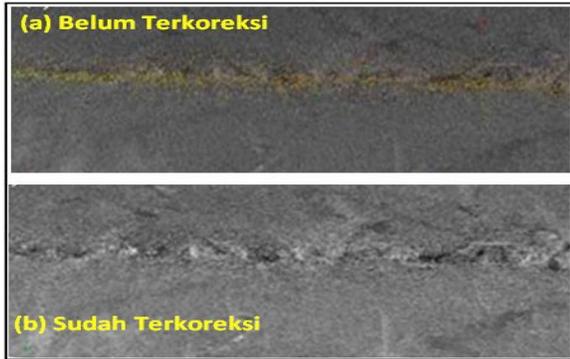
**Gambar 11.** Perbandingan hasil proses Geobars dengan (a) format time series dan (b) format beam average.

#### **Hasil Pembuatan Mosaik**

Proses pembuatan mosaik dari tiap lajur survei harus terlebih dahulu melalui tahapan koreksi antara lain koreksi auto gain, time varying gain dan angle varying gain dan anti aliasing. Koreksi ini menjadi penting dikarenakan proses pembuatan mosaik tidak akan bisa dilanjutkan apabila tidak terkoreksi secara time varying gain (MacDonald et al. 2008).

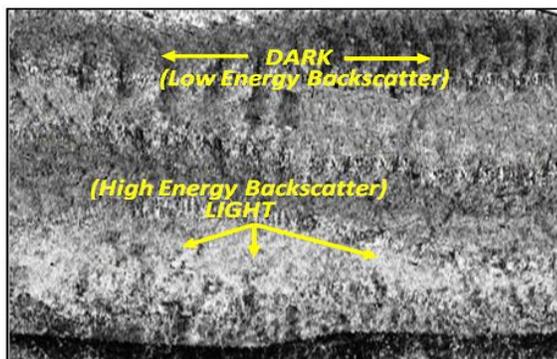
Perbedaan lajur survei yang belum terkoreksi dengan yang sudah terkoreksi dengan koreksi auto gain, time varying gain (TVG) dan angle varying gain dan anti aliasing ditunjukkan pada Gambar 12. Lajur survei yang belum terkoreksi terlihat adanya bintik-bintik berwarna kuning yang merupakan noise di sekitar garis nadir (nadir lines), sedangkan lajur survei yang sudah terkoreksi ditunjukkan tampilan yang sudah bersih dari noise, dan tidak ada lagi

bintik berwarna kuning disekitar garis nadir.



**Gambar 12.** (a) Tampilan Mosaik Hambur Balik yang Belum Terkoreksi dan (b) Yang Sudah Terkoreksi.

Hasil keseluruhan proses pembuatan mosaik pada lajur survei (Gambar 13) yang telah melalui tahapan proses geobars dan telah terkoreksi, akan terlihat lajur nadir (nadir lines) di setiap lajur survei, mosaik hambur balik yang energi besar ditunjukkan dengan warna terang dan mosaik yang rendah energi ditunjukkan dengan warna gelap.

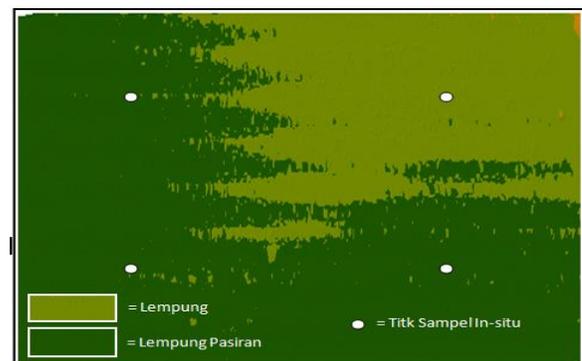


**Gambar 13.** Proses proses pembuatan mosaik hambur balik diseluruh lajur survei, ditunjukkan dengan adanya garis nadir, nilai hambur balik tinggi (terang) dan nilai hambur balik rendah (gelap).

## Analisis Klasifikasi Tipe Sedimen

Data jenis dasar laut diperlukan bagi Kapal Selam Tipe 209/1400 khususnya pada saat akan melaksanakan duduk dasar idealnya adalah pasir, pasir lumpuran dan kerikil pasiran. Hal ini menjadi pertimbangan penting karena akan mempengaruhi pelaksanaan duduk dasar maupun pada saat *hovering*. Apabila dasar laut itu lumpur maka pada saat akan naik dan menghembuskan udara tekanan tinggi maka akan mengakibatkan penyumbatan pada tangki pemberat pokok yang sangat berperan dalam mengatur kedalaman kapal.

Berdasarkan hasil pengolahan data di area penelitian, hasil klasifikasi tipe sedimen terlihat bahwa tipe sedimen lempung pasir (sandy clay) mendominasi area penelitian sepanjang  $\pm 17.5$  km dan lebar  $\pm 6.2$  km. Dari hasil klasifikasi tipe sedimen tersebut, maka area penelitian ini tidak memenuhi syarat untuk dijadikan lokasi duduk kapal selam ditinjau dari kriteria jenis dasar laut.



**Gambar 14.** Tampilan Jenis Sedimen di Area Penelitian

Hasil klasifikasi tipe sedimen dengan menggunakan metode ARA dan SAT di 4 titik yang posisinya sama dengan pengambilan contoh fisik sedimen secara in-situ didapatkan nilai intensitas, ukuran butir (dalam phi dan mm) serta jenis tipe sedimennya (Tabel 1).

Nilai ukuran butiran (dalam satuan mm) berdasarkan nilai intensitas yang didapat dari pengolahan metode ARA dan SAT, dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan tiga yaitu suatu persamaan yang menggunakan formula logaritma berbasis sepuluh. Sedangkan untuk menghitung nilai ukuran butiran (dalam satuan phi) dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan empat yang menggunakan formula logaritma berbasis dua.

**Tabel 1.** Hasil Klasifikasi Tipe Sedimen Metode ARA dan SAT

Titik	Posisi	Kedalaman (m)	Intensitas (dB)	Ukuran (phi)	Butir (mm)	Tipe Sedimen
1.	05° 35' 55.83" S 112° 31' 53.59" T	68.34	-17.04	8.21	0.004	Clay
2.	05° 35' 55.83" S 112° 38' 05.53" T	69.39	-19.36	9.17	0.0017	Sandy Clay
3.	05° 37' 53.58" S 112° 31' 53.59" T	68.19	-20.16	10.09	0.0012	Sandy Clay
4.	05° 37' 53.58" S 112° 38' 05.53" T	67.62	-18.64	8.06	0.021	Sandy Clay

Berdasarkan tabel diatas, nilai intensitas yang didapat untuk tipe sedimen lempung (*clay*) berkisar -17.04 dB (pada titik sampel 1), lempung pasiran (*sandy clay*) berkisar antara -18.64 dB hingga -20.16 dB (pada titik sampel 2, 3 dan 4). Keseluruhan hasil klasifikasi tipe sedimen dengan menggunakan metode ARA dan SAT didapatkan nilai intensitasnya (dB). Nilai intensitas di impor ke ArcGIS untuk

dibuat segmentasinya sesuai dengan klasifikasinya.

Berdasarkan hasil penelitian ini, tidak ada kesamaan nilai hambur balik (dB) dengan hasil penelitian lainnya. Hal ini dimungkinkan karena penelitian ini meskipun sama-sama dilakukan di perairan Indonesia dan menggunakan peralatan multibeam echosounder yang memiliki frekuensi yang sama pula, namun perbedaan nilai hambur balik ini dapat terjadi karena perbedaan karakteristik dari suatu perairan. Perbedaan hasil nilai hambur balik tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya perbedaan alat akustik yang digunakan, jenis target (karakteristik sedimen) dan medium, porositas, salinitas, densitas, kecepatan suara, tekanan, dan kedalaman lokasi penelitian.

Perbedaan nilai hambur balik ini dimungkinkan juga karena adanya perbedaan frekuensi dan panjang gelombang dari peralatan echosounder yang digunakan pada saat pengambilan data. Selain itu juga perangkat lunak yang digunakan juga akan mempengaruhi hasil pengolahan, karena setiap perangkat lunak dalam pengolahan data hambur balik pasti menggunakan algoritma yang berbeda.

Penggunaan multibeam echosounder harus tetap disesuaikan spesifikasinya dengan kondisi lokasi dan objek penelitian. Walaupun nilai hambur balik yang dihasilkan berbeda, akan tetapi pola yang dihasilkan tetap sama. Artinya semakin kecil dan halus ukuran butiran

partikel tipe sedimen tersebut, maka nilai hambur balik akustiknya akan semakin lemah.

#### d. Hubungan Nilai Hambur Balik dengan Tipe Sedimen

Analisa tekstur laboratorium yang dilakukan terhadap contoh fisik sedimen secara in-situ di 4 (empat) titik pengambilan sampel ditemukan adanya empat tipe sedimen utama, yaitu : kerikil, pasir, lanau dan lempung. Secara rinci hasil persentase komposisi tipe sedimen contoh fisik secara in-situ ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini :

**Tabel 2.** Persentase Hasil Sedimentasi Secara In-Situ

Titik Sampel	Persentase Berat Sedimen				Bobot Total (gram)	Rata-rata Ukuran Butir (mm)
	Kerikil (%)	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)		
1.	0.00	12.27	7.79	79.95	100	0.2272
2.	0.13	17.85	14.02	67.99	100	0.1667
3.	0.00	26.51	10.17	63.32	100	0.0842
4.	0.18	18.80	14.47	66.55	100	0.1598

Berdasarkan tabel diatas, untuk persentase komposisi tipe sedimen kerikil terbesar 0.18% (titik sampel 4) dan terkecil 0.00% (titik sampel 1 dan 3), pasir terbesar 26.51% (titik sampel 3) dan terkecil 12.27% (titik sampel 1), lanau terbesar 14.47% (titik sampel 4) dan terkecil 7.79% (titik sampel 1), untuk lempung terbesar 79.97% (titik sampel 1) dan terkecil 63.32% (titik sampel 3).

Hasil analisa fraksinasi sedimen pada 4 titik pengambilan contoh fisik sedimen secara *in-situ*, teridentifikasi untuk tipe sedimen kerikil (terdapat pada titik

sampel 2 dan 4), pasir (terdapat pada 4 titik sampel), lanau (terdapat pada 4 titik sampel) dan lempung (terdapat pada 4 titik sampel). Untuk nilai rata-rata ukuran butiran hasil pengolahan metode in-situ dan hasil pengolahan metode *ARA & SAT* memiliki nilai persamaan yang berbeda. Hal ini dikarenakan pengolahan metode *ARA* dan *SAT* menggunakan algoritma yang sudah terintegrasi di dalam perangkat lunak *Geocoder CARIS HIPS and SIPS*, sedangkan nilai rata-rata ukuran butiran hasil pengolahan metode in-situ didapatkan dengan menggunakan metode ayakan bertingkat di laboratorium.

Stanic et al. (1989) menyatakan bahwa nilai hambur balik yang dihasilkan dari empat tipe sedimen seperti kerikil, pasir, lumpur dan lempung menunjukkan adanya hubungan dengan ukuran butiran. Pernyataan yang sama juga dijelaskan oleh Pujiyati (2010) bahwa nilai hambur balik dipengaruhi oleh ukuran butiran partikelnya. Selain ukuran butiran partikel, nilai hambur balik dasar perairan dapat diduga adanya pengaruh dari faktor lain seperti porositas, kandungan zat organik dan biota yang berada dalam sedimen. Hal lain yang mempengaruhi adalah dari peralatan multibeam echosounder itu sendiri, untuk klasifikasi tipe sedimen dasar perairan menggunakan metode *ARA* dan *SAT* tidak bisa menggunakan seluru daripada lebar sapuan beam (*swath beam*) akan tetapi hanya bisa menggunakan maksimal setengah daripada lebar sapuan beam (Dufek, 2012).

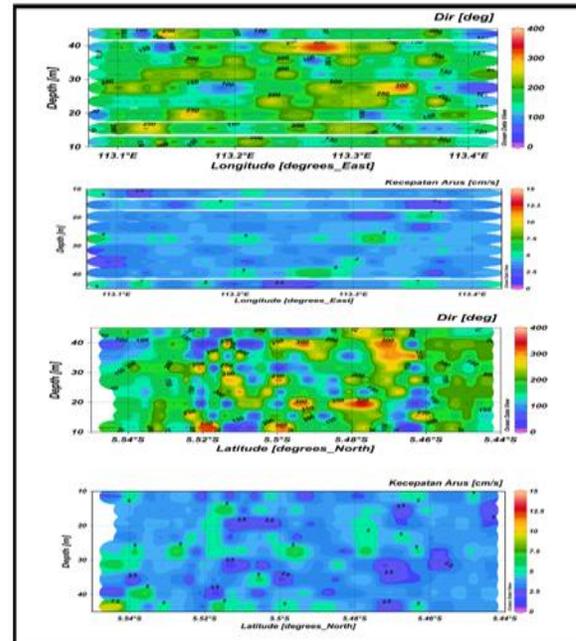
#### e. Arus Laut

Dengan mengetahui arah dan kecepatan arus di suatu perairan, maka Kapal Selam Tipe 209/1400 dapat memanfaatkannya untuk melaksanakan *hovering* pada kondisi melayang tanpa

pendorongan, bergerak maju mengikuti arus laut dengan tingkat *noise* yang rendah, sehingga menyulitkan pendeteksian sonar pasif lawan. Kecepatan dan arah arus sangat berperan dalam operasi penyusupan pasukan khusus ke daerah lawan karena diperlukan kesenyapan sehingga untuk pendekatan pantai atau daerah musuh dilaksanakan dengan mengikuti arus.

Dilihat dari letaknya maka arus yang dominan mempengaruhi kapal selam pada saat di lokasi duduk dasar adalah arus dalam dan arus dekat dengan dasar laut. Hal ini berpengaruh terhadap olah gerak kapal selam di bawah permukaan.

Berdasarkan hasil pengolahan data, kondisi arus di area penelitian mempunyai arus maksimum 0,13 m/s atau 0,252 knots dan kecepatan arus minimum 0.00 m/s. Kecepatan arus rata-rata 0,12 m/s atau 0,233 knots dengan arah dominan Barat Laut dan Timur Laut. Dengan mempertimbangkan kondisi arus tersebut, maka area penelitian ini memenuhi syarat untuk dijadikan lokasi duduk kapal selam ditinjau dari kriteria kecepatan arus karena kekuatan arus yang cukup kecil sehingga cukup memudahkan Kapal Selam Tipe 209/1400 untuk berolah gerak terutama pada saat berubah haluan. Pola sebaran horisontal kekuatan arus di Laut Jawa Utara Segmen 8 dapat dilihat pada Gambar 15 berikut ini :



**Gambar 15.** Pola Sebaran Horisontal Kekuatan Arus di Laut Jawa Utara Segmen 8.

## KESIMPULAN

Dengan mempertimbangkan beberapa parameter yang menjadi persyaratan kondisi lingkungan perairan untuk duduk kapal selam, maka berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

- Hasil pemprofilan dasar laut didapatkan kedalaman yang bervariasi antara 66 meter hingga 72.37 meter dan sudah memenuhi kriteria untuk duduk kapal selam yang berkisar antara 64 meter hingga 250 meter.
- Berdasarkan hasil analisis akustik backscatter, klasifikasi tipe sedimen ditemukan sedimen yang dominan (lanau dan lempung). Berdasarkan nilai hambur balik akustik untuk tipe sedimen lempung (*clay*) berkisar antara -19.15 dB hingga -

17.03 dB pada kedalaman 67.23 meter, lempung pasir (*sandy clay*) -23.23 dB hingga -21.13 dB pada kedalaman 68.18 meter.

c. Gradien kemiringan lereng dasar laut dapat dikategorikan datar (*flat*) dengan tingkat kemiringan lereng dasar laut antara  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ .

Kondisi arus di area penelitian mempunyai arus maksimum 0,13 m/s atau 0,252 knots dan kecepatan arus minimum 0.00 m/s. Kecepatan arus rata-rata 0,12 m/s atau 0,233 knots dengan arah dominan Barat Laut dan Timur Laut. Hal ini memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai duduk kapal selam karena kondisi arus yang cukup kecil sehingga cukup memudahkan Kapal Selam Tipe 209/1400 untuk berolah gerak terutama pada saat berubah haluan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi, A. (2016). *Analisis Sudut Pancaran (Angular Response Analysis) Hasil Deteksi Multibeam Echosounder di Sungai Kapuas Pontianak*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Intitut Pertanian Bogor.
- Abimanyu, A. (2019). *Studi Identifikasi Dasar Laut Untuk Pendeteksian Pipa Bawah Laut (Studi Kasus Pipa Pertamina Balikpapan)* Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Anderson, J. T., Holliday, D. V., Kloser, R., Reid, D. G., & Simrad, Y. (2008). *Acoustic Seabed Classification: Current Practice and Future Directions*. *ICES J.Mar.Sci*, 5, 1004-1011.
- Badan Standarisasi Nasional. (2010). *Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosunder*. In B. S. Nasional, 7646. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Caris. (2015). *Caris Training Module*. (T. Beduhn, Performer) Bandung, Jawa Barat, Indonesia.
- Caris. (2017). *Reference Module*. Caris.
- Charnila, D., & Manik, H. M. (2010). *Pemetaan dan Klasifikasi Sedimen dengan instrumen side scan sonar di Perairan Balongan, Indramayu, Jawa Barat*. *Jurnal Teknologi Kelautan dan Perikanan*, 105.
- Comet Program. (2010). *Introduction Hydrography*. diakses 1 Desember 1 2018. [stream1.cmatc.cn](http://stream1.cmatc.cn)
- Dufek, T. (2012). *Backscatter Analysis of Multibeam Sonar Data in the Area of the Valvadia Fracture Zone using Geocoder in CARIS HIPS & SIPS and IVS3D Fledermus*. Master Thesis. University Hamburg
- Etter, P. C. (2015). *Underwater Acoustic Modeling and Simulation*. Boca Raton: CRC Press.
- Flood, R.D, dan Ferrini, V.L. (2005). *The Effect of Fine Scale Surface Roughness and Grain Size on 300 Khz Multibeam Backscatter Intensity in Sandy Marine Sedimentary*

- Environment. Marine Geology Journal*, 228, 153-172.
- Fonseca, L. & Mayer, L. (2007). *Remote Estimation of Surficial Seafloor Properties Through The Application Angular Range Analysis to Multibeam Sonar Data*. *Mar Geophys Res*, 28(2), 119-126.
- Galway, R. S. (2000). *Comparison of Target Detection Capabilities of the Reson Seabat 8101 and Reson Seabat 9001 Multibeam Sonars*.
- Hattab, A. I. (2014). Single beam bathymetric data modelling techniques for accurate maintenance dredging. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*.
- Hasan, C., Ierodionou, D., Laurenson, L., & Schimel, A. (2014). Integrating Multibeam Backscatter Angular Response, Mosaic and Bathymetry Data for Benthic Habitat Mapping. Victoria, Australia. *Plos one* 9(5): e97339.  
[doi:10.1371/journal.pone.0097339](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0097339)
- Heide, D. V. (2017). *Shallowest Point Determination With Water Column Imaging*. Delft: Maritime Institute Willem Bartentsz.
- Hutabarat, S., & Evans, S. M. (1985). *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: UI Press.
- Hypack. (2015). *Haypack 2015 Help*. hypack.
- IHO. (2010). C-13 Manual On Hydrography. In I. H. Organization, *Manual On Hydrography Chapter 4*. Monaco: International Hydrographic Bureau.
- Indramawan, B. S. (2017). *Analisis Nilai Hambur Balik Pada Kapal Karam (Wreck) Menggunakan Data Multibeam Echosounder Di Perairan Belawan*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (2018). *Element Of The Geomagnetic Field*.  
<http://roma2.rm.ingv.it>. Diakses 7 September 2018
- Blair, T. C., & McPherson, J. G. (1999). Grand Size and Textural Classification of coarse sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Research* 69(1), 6-19.  
DOI:10.2110/jsr.69.6
- Jong, C. D., Lachapelle, G., Skone, S., & Elema, I. A. (2003). *Hydrography Second Edition*. Delft: Delft University Press.
- Kasiram. (2008). *Metodologi Penelitian Kualitatif & Kualitatif*. Malang: Universitas Islam Malang
- Kongsberg. (2020). *Echosounder sweep system*.  
[www.km.kongsberg.com](http://www.km.kongsberg.com). Diakses 3 September 2020
- Leblanc, E., & Foster, B. (2015). *New Algorithm for Multibeam Imagery Processing*.  
<http://digitalmagazines.marinelink.com/NWM/MarineTechnologyWhitePapers/201507/content/201507.pdf>. Diakses 3 September 2018.
- Lurton, X. (2010). *An Introduction Underwater Acoustic Principle and Application*. Springer.

- Manik, H. M., Furusawa, M., & Amakasu, K. (2006). Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echo sounder. *Fisheries Science*, 507.
- Masetti, G., Sacile, R., & Trucco, A. (2011). *Remote Characterization of seafloor adjacent to shipwrecks using mosaicking and analysis of backscatter response. European Journal of Remote Sensing* 43(2), 77-92. DOI:10.5721/ltJRS20114326.
- North Atlantic Treaty Organization. (2002). Minimum Charted Depth
- North Atlantic Treaty Organization. (2010). Military Glossary
- Nevesbu *Journal, Bottoming of a Submarine, Netherland*, (2012)
- NOAA. (2014). *Field Procedures Manual*. NOAA.
- Plets, R., Dix, J., & Bates, R. (2013). *Marine Geophysics Data Acquisition, Processing and Interpretation*. Swidon: English Heritage.
- Poerbandono. (2015). *Hydroacoustics Survey for Study of Seabed*. (Poerbandono, Performer) Bandung.
- Poerbandono. (2015). Properties of seabed. *Multibeam Echosounder Survey and Seabed Classification* (p. 2). Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Poerbandono., & Djunarsjah, E. (2005). *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Pramudita, D. Y. (2015). *Pemetaan Batimetri dan Penerapan Sudut Referensi terhadap Nilai Hambur Balik Menggunakan Multibeam Echosounder*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Pratomo, D. G. (2017). *Multibeam Performance: Range and Angular Resolution*. Jakarta.
- Prayoga, A. (2016). *Studi Karakteristik Hambur Balik Data Multibeam Echosounder Untuk Klasifikasi Dasar Perairan (Studi KAsus Marine Electronic Highway (MEH) di One Fathom Bank Selat Malaka Tahun 2015)*. Jakarta: Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut.
- Pujiyati, S., Hartati, S., & Priyono, W. (2010). Efek Ukuran Butiran, Kekasaran, dan Kekerasan Dasar Perairan Terhadap Nilai Hambur Balik Hasil Deteksi Hydro Akustik. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1), 59-67.
- RAN. (1999). Handout. In H. School, *Handout*. HMAS Pinguin.
- Setyosari, Punaji. 2010. *Metode Penelitian Pendidikan dan Pengembangan*. Jakarta: Kencana
- SHOM. (2014). *OSV190 Project: theoretical training*. (C. Vrignaud, Performer)
- Siwabessy, P. J. W. (2005). *Acoustic Techniques for Seabed Classification*. The Coastal Water Habitat Mapping (CWHM) Project of The Cooperative Research Centre for Coastal Zone. Sydney. Australia.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian*. Bandung: Alfabeta.

- Stanic, S., Briggs, K.B., Fleischer P., Sawyer, W. B, Ray, R. I. 1989. High Frequency Acoustic Backscattering from a Coarse Shell Ocean Bottom. *Journal Acoust. Soc.Am.*, 85, 125-136.
- Trismadi, H. (2017). *Seabed Classification Based on Multibeam Echo Sounder Backscatter Data in the Area of Lombok Strait Indonesia*. Hamburg: Hafencity Universitat.
- Wentworth, C K. (1922). A Scale of Grade And Class Terms For Clastic Sediments. *Journal of Geology*, 30, 377–392.
- Wright, D. J., Lundblad, E. R., Larkin, E. M., Rinehart, R. W., Murphy, J., Cary-Kothera, L., & Draganov, K. (2005). *NOAA Coastal Services Center ArcGIS Benthic Terrain Modeler* version 1.0.

