

## KUANTIFIKASI HAMBUR BALIK AKUSTIK DASAR LAUT MENGGUNAKAN *SCIENTIFIC SINGLE BEAM ECHOSOUNDER*

### *QUANTIFICATION OF SEABED ACOUSTIC BACKSCATTER STRENGTH USING SCIENTIFIC SINGLE BEAM ECHOSOUNDER*

La Elson<sup>1</sup>, Henry M. Manik<sup>2\*</sup>, Totok Hestirianoto<sup>2</sup>, & Sri Pujiyati<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknologi Kelautan, Sekolah Pascasarjana, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

<sup>2</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

\*E-mail: [henrymanik@apps.ipb.ac.id](mailto:henrymanik@apps.ipb.ac.id)

#### ABSTRACT

*Hydroacoustic technology was able to quantify the seabed substrate and can be estimated accurately and near real time on the acoustic characters of each substrate. The purpose of research is to quantify the acoustic backscatters of the seabed substrate in an effort to develop marine information technology. Data acquisition was using the Simrad EK-15 Single Beam Echosounder acoustic instrument set at a frequency of 200 kHz. Data processing and analysis includes acoustic backscatter strength, sediment type, acoustic bottom backscattering computation of seabed substrate and spatial analysis of seabed acoustic backscatter in the Lancang Island waters. The results of this study indicate that the acoustic backscatter values of the seabed substrate based on the SS value and particle size at each sampling station are -21.08 to -24.55 dB for type of substrate sands, fine sands are -25.67 to -26.67 dB, and very fine sands ranging from -27.42 to -28.03 dB. Based on the range of acoustic backscatter values obtained from the sampling stations, type of seabed substrates along the survey line are very coarse sand, coarse sand, medium sand, fine sand, very fine sand, coarse silt, medium silt, fine silt, coarse clay and fine clay in the range values of -47.85 to -17.07 dB. Sand substrates were dominant over silt and clay at the study site. Acoustic backscatter strength is strongly influenced by particle size, morphology and seabed relief.*

**Keywords:** *acoustic backscatter, Lancang Island waters, quantification, substrate*

#### ABSTRAK

Teknologi hidroakustik mampu melakukan kuantifikasi terhadap substrat dasar laut dan dapat memperkirakan secara akurat dan mendekati *real time* terhadap karakter akustik yang dimiliki oleh masing-masing jenis substrat. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kuantifikasi hambur balik akustik dasar laut dalam upaya pengembangan teknologi informasi kelautan. Akuisisi data menggunakan instrumen akustik *Single Beam Echosounder Simrad EK-15* pada frekuensi 200 kHz. Pengolahan dan analisis data meliputi hambur balik akustik, tipe sedimen, komputasi *acoustics bottom backscattering* substrat dasar laut dan analisis spasial *acoustic backscattering* dasar laut di perairan Pulau Lancang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai hambur balik akustik substrat dasar laut berdasarkan nilai SS dan ukuran partikel di setiap stasiun sampling yaitu tipe substrat pasir -21,08 dB sampai -24,55 dB, pasir halus -25,67 dB sampai -26,67 dB, dan pasir halus sekali berkisar antara -27,42 dB sampai -28,03 dB. Berdasarkan rentang nilai hambur balik akustik yang didapatkan dari stasiun sampling diperoleh klasifikasi jenis substrat dasar laut di sepanjang lajur survei yaitu pasir kasar sekali, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir halus sekali, lanau kasar, lanau sedang, lanau halus, lempung kasar dan lempung halus pada rentang nilai -47,85 dB sampai -17,07 dB. Substrat pasir paling banyak ditemukan di lokasi penelitian dengan komposisi yang lebih besar dibandingkan dengan lanau dan lempung. Nilai hambur balik akustik sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, bentuk morfologi dan relief dasar laut.

**Kata kunci:** hambur balik akustik, kuantifikasi, perairan Pulau Lancang, substrat

## I. PENDAHULUAN

Dasar laut merupakan suatu habitat yang menakjubkan untuk diamati karena memiliki keunikan dengan gambaran bentuk geomorfologi yang kompleks (Urlick, 1983). Selain itu, dapat memberikan informasi mengenai berbagai hal yang saling berhubungan antara abiotik dan biotik yang ada di dalamnya (Pujiyati *et al.*, 2010). Karakteristik geomorfologi dasar laut dan komposisi material penyusunnya merupakan suatu variabel fisik yang penting dalam pembentukan distribusi habitat-habitat di dasar laut (Diaz, 2000). Deteksi dan pengukuran terkait dengan material penyusun substrat dasar laut memerlukan suatu teknologi dan metode yang mampu mengatasi beberapa kelemahan dari teknik konvensional maupun metode pemanfaatan gelombang elektromagnetik. Kelemahan yang dimiliki oleh metode konvensional dan pemanfaatan gelombang elektromagnetik dalam melakukan kuantifikasi substrat dasar laut dapat diatasi dengan menggunakan teknologi hidroakustik. Teknologi ini mampu melakukan kuantifikasi terhadap substrat dasar laut dan dapat memperkirakan secara akurat dan mendekati *real time* terhadap karakteristik akustik yang dimiliki oleh masing-masing tipe sedimen substrat dasar laut (Chotiros, 2017). Menurut Buscombe & Brams (2019), penentuan tipe sedimen dasar laut melalui metode hidroakustik diperoleh dari nilai *backscattering strength* yang dimiliki oleh masing-masing sedimen tersebut dari hasil pengukuran instrumen hidroakustik, seperti *Single Beam Echosounder* (SBES). Prinsip kerja dari sistem akustik SBES ini adalah setiap pulsa akustik yang dipancarkan akan menghasilkan sebuah *footprint beam* akustik pada posisi tepat di bawah badan kapal (Lurton, 2002). Nilai *backscattering strength* yang berasal dari *beam* akustik tersebut memberikan sejumlah informasi yang berkaitan dengan karakteristik permukaan dasar laut (Brown *et al.*, 2018). Penggunaan sistem akustik SBES

untuk menentukan tipe substrat dasar laut, secara prinsip berdasarkan pada pengamatan awal pantulan *echo* akustik yang berasal dari *specular reflection* yaitu informasi terkait dengan sifat-sifat akustik substrat dasar laut (Manik, 2012).

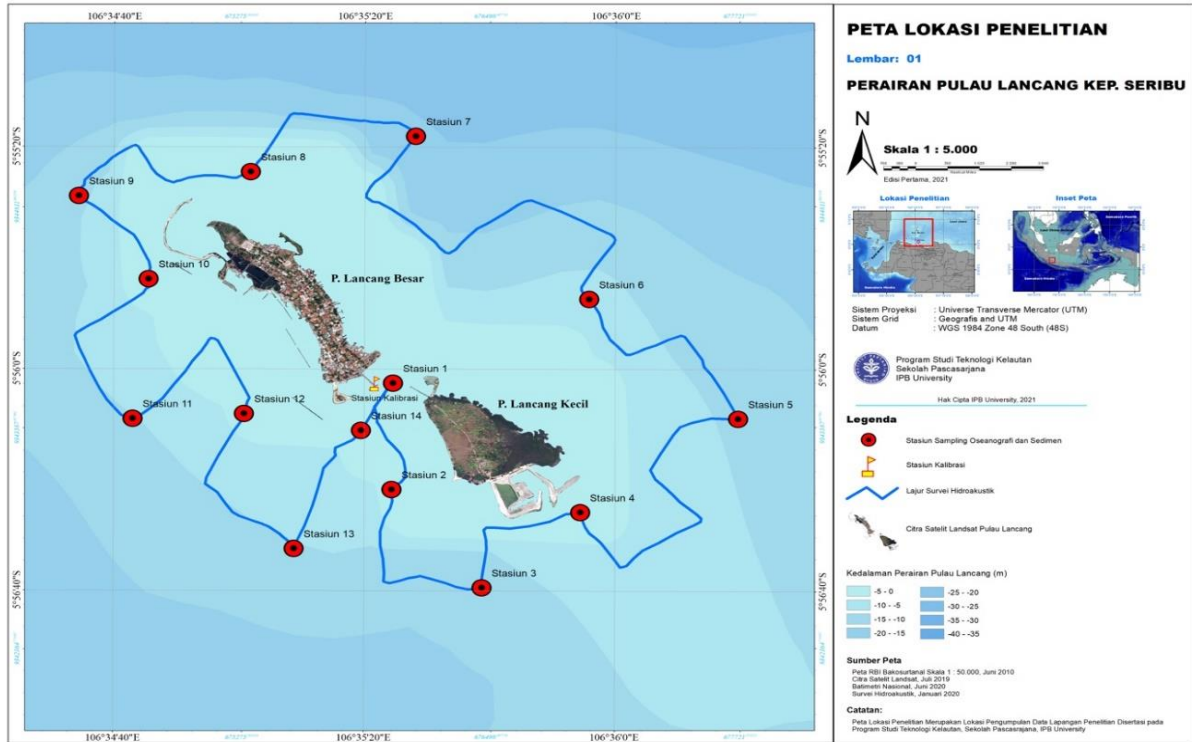
Perairan Pulau Lancang merupakan wilayah yang termasuk dalam gugusan Kepulauan Seribu bagian selatan. Pulau ini terdiri dari Pulau Lancang Besar dan Pulau Lancang Kecil. Perairan Pulau Lancang memiliki potensi perikanan andalan yaitu ikan teri dan rajungan. Kedua pulau di perairan ini memiliki karakteristik dasar laut yang hampir sama. Pulau Lancang Kecil saat ini sedang dilakukan reklamasi untuk pembangunan *resort* di sekeliling pantai. Informasi terkait jenis substrat dasar laut menjadi penting untuk diketahui dalam proses pembangunan terutama bangunan pantai yang memerlukan landasan yang kokoh di dasar laut. Teknologi akustik SBES menjadi salah satu solusi untuk melakukan kuantifikasi terhadap karakteristik fisik dasar laut melalui nilai hambur balik akustik yang dimiliki oleh setiap tipe substrat.

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan kuantifikasi hambur balik akustik substrat dasar laut dalam upaya untuk pengembangan teknologi informasi kelautan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi terutama tentang karakteristik akustik dasar laut melalui teknik komputasi, serta memberikan informasi secara spasial tentang karakteristik akustik dasar laut untuk pemanfaatan sumberdaya alam kelautan dan sebagai bahan kajian untuk konservasi serta pengelolaan lingkungan laut yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## II. METODE PENELITIAN

### 2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Januari sampai Mei 2020. Lokasi pengambilan data lapangan di perairan Pulau



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di perairan Pulau Lancang Kepulauan Seribu.

Lancang Kepulauan Seribu (Gambar 1). Pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Akustik dan Instrumentasi Kelautan dan Laboratorium Oseanografi, Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University.

## 2.2. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain peta lokasi penelitian, *ArcGIS Professional Advanced*, *Echoview 10.4*, *Microsoft Office 2016*, kapal nelayan ukuran panjang, lebar, dalam (9,50 m; 1,62 m; 0,70 m) dan berat tonase 1 GT, *Simrad EK-15 F 200 kHz*, *Garmin GPS MapSounder 585*, *Conductivity Temperature Depth (CTD) 650*, *Ekman Grab* ukuran 20 cm x 20 cm, dan Laptop Dell 14 *inchi core i7-4710 HQU*, *RAM 16 GB*, *64-bit Windows OS*.

## 2.3. Akuisisi Data

Proses awal sebelum dilakukan pengambilan data adalah kalibrasi peralatan

survei terutama *Simrad EK-15* sebagai instrumen utama dalam pengumpulan data akustik. Tujuannya untuk memastikan bahwa semua konfigurasi sistemnya berfungsi dengan baik. Proses kalibrasi *Simrad EK-15* menggunakan bola *sphere* berdiameter 35 mm. Proses deteksi dan pengukuran dilakukan pada kedalaman laut 2,3 m di lokasi penelitian (Gambar 1). Posisi *transducer* berada pada kedalaman 0,7 m dari permukaan laut. Bola *sphere* diposisikan pada kedalaman 1 m dari *transducer* atau 1,7 m dari permukaan laut. Seluruh peralatan dinyatakan berfungsi dengan baik untuk digunakan maka proses akuisisi data siap untuk dilaksanakan. Akuisisi data menggunakan kapal nelayan dengan lajur survei sesuai desain survei penelitian berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7646:2010 tentang survei hidrografi dan oseanografi menggunakan SBES. Desain survei menggunakan pola paralel membujur dan melintang, seperti ditampilkan pada Gambar 1. Perangkat instrumen hidroakustik SBES *Simrad EK-15* sebagai instrumen

utama penelitian terpasang di badan kapal pada bagian kanan di dekat haluan. Sinkronisasi peralatan pendukung yang terhubung dengan sistem navigasi kapal didesain sebaik mungkin sehingga data yang diperoleh meliputi semua kondisi perairan dan dasar laut di area survei. Beberapa tahapan yang dilakukan dalam pengambilan data dalam penelitian ini antara lain kalibrasi peralatan, pengambilan data hidroakustik, pengambilan data sampling oseanografi dan sedimen.

Instrumen SBES *Simrad EK-15* dioperasikan pada frekuensi 200 kHz dengan *power transmit* 45 watts, *pulse length* 80  $\mu$ s, *ping rate* 40 Hz dan kecepatan rambat suara sebesar 1549  $\text{ms}^{-1}$ . Pengambilan data hidroakustik dilakukan di sepanjang lajur survei dan setiap stasiun sampling. Waktu pengambilan data pada 14 stasiun sampling selama 20 menit setiap stasiun. Selain itu, dilakukan juga pengambilan sampling data oseanografi dan sedimen. Data oseanografi direkam menggunakan CTD pada setiap kedalaman 0,1 m dari permukaan sampai dasar laut. Tujuan pengambilan data oseanografi adalah untuk mengetahui pola sebaran suhu dan salinitas secara vertikal di lokasi penelitian. Data tersebut juga digunakan sebagai komponen fungsi untuk mengetahui kecepatan gelombang suara di kolom perairan laut pada setiap stasiun penelitian. Data contoh sedimen diambil menggunakan *grab sampler* yang selanjutnya disimpan dalam botol *sampler* sebanyak 14 buah. Selanjutnya dilakukan proses analisis laboratorium untuk mengetahui ukuran butir sebagai bahan koreksi klasifikasi jenis sedimen berdasarkan data hasil pemeruman hidroakustik di lokasi penelitian.

## 2.4. Pengolahan Data

Proses pengolahan data dilakukan mulai dari data awal hasil pemeruman sampai dengan teknik komputasi untuk melakukan identifikasi nilai hambur balik akustik dasar laut yang menjadi tujuan penelitian. Pengolahan data tersebut meliputi

*acoustics bottom backscattering* dan identifikasi tipe sedimen dasar laut.

### 2.4.1. Acoustic Bottom Backscattering

Data hasil pemeruman *Simrad EK-15* memiliki format awal yang berekstensi *\*raw*. Selanjutnya data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Echoview* yang ditampilkan dalam bentuk *echogram*. *Echogram* yang ada menampilkan nilai-nilai amplitudo yang menggambarkan kekuatan gelombang suara (*echo*) yang dipantulkan oleh substrat dasar laut. Proses awal dalam pengolahan data pada perangkat lunak ini adalah melakukan beberapa pengaturan *echogram* yang meliputi penentuan ambang batas (*threshold*) maksimum dan minimum terhadap data yang menjadi target (substrat dasar laut), tampilan *echogram* diatur khusus untuk dasar laut, area target diatur pada *Elementary Sampling Distance Unit* (ESDU) setiap 100 *ping* dengan ketebalan 20 cm sebagai perkiraan ketebalan sedimen yang dijangkau oleh *grab sampler* dan sesuai dengan ketentuan lebih besar dari resolusi akustik (Burczynski, 1979). Kemudian pengaturan kalibrasi manual terhadap *transducer* dengan menyesuaikan spesifikasi instrumen *Simrad EK-15* dan menambahkan parameter lingkungan untuk mengetahui kecepatan rambat gelombang suara dan koefisien absorpsi.

Semua tahapan pengaturan koreksi pada *echogram* selesai dilakukan, langkah selanjutnya adalah menyimpan hasil koreksi tersebut dalam format berekstensi *\*EV*. Tujuannya adalah agar data yang sudah terkoreksi dapat digunakan untuk melakukan digitasi pada setiap *echogram* hasil pengukuran sesuai dengan target yang menjadi bahan analisis, yaitu substrat dasar laut. Proses ini meliputi digitasi pada bagian permukaan dasar laut sepanjang *echogram* yang dihasilkan dalam setiap lajur dan stasiun pemeruman sesuai dengan *file* data masing-masing. Hasil digitasi selanjutnya dikeluarkan (*export*) menggunakan perangkat lunak tambahan (*dongle*). Informasi yang

diperoleh dari data hasil *export* tersebut antara lain posisi, kedalaman, waktu, jumlah *ping* dan *volume backscattering strength*. Data tersebut merupakan nilai digital hasil pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk *echogram*. Selanjutnya data ini diolah menggunakan perangkat lunak *microsoft office excel* dan *matlab* yang menghasilkan beberapa nilai parameter akustik yang berkaitan dengan substrat dasar laut yang terukur. Parameter akustik yang dihasilkan selanjutnya dicocokkan dengan contoh substrat di setiap stasiun sebagai verifikasi hasil pengukuran dengan instrumen *SBES Simrad EK-15*.

**2.4.2. Identifikasi Tipe Sedimen Dasar Laut**

Teknik yang dilakukan untuk mengidentifikasi jenis sedimen dasar laut adalah melalui sebaran nilai *amplitudo* pada data sampling yang ada. Setiap contoh hasil sampling secara spasial memiliki titik koordinat pada saat pengambilan data pada masing-masing stasiun. Hasil pengolahan data *backscatter* yang berupa titik koordinat, *beam*, kedalaman, dan nilai *amplitudo* telah dilakukan sebelumnya, selanjutnya dilakukan pencocokkan titik koordinat pada setiap contoh hasil sampling. Contoh sedimen di setiap stasiun diidentifikasi sesuai dengan ukuran butir berdasarkan skala Wentworth.

**2.5. Analisis Data**

Analisis data meliputi analisis sedimen hasil sampling di setiap stasiun, analisis hambur balik akustik dan sebaran spasial karakteristik akustik dasar laut di setiap stasiun sampling dan sepanjang lajur survei.

**2.5.1. Analisis Sedimen Dasar Laut**

Contoh sedimen yang telah diambil di setiap stasiun selanjutnya dilakukan analisis terkait dengan sifat fisik seperti tekstur, untuk digunakan sebagai data pembanding dengan hasil pengukuran instrumen *SBES Simrad EK-15*. Tekstur sedimen merupakan

susunan relatif dari besar butir dari sedimen tersebut. Penentuan tekstur sedimen dilakukan menggunakan metode ayakan bertingkat yang dapat memisahkan butiran sedimen berdasarkan fraksi ukuran butir.

**2.5.2. Analisis Hambur Balik Akustik Dasar Laut**

Analisis hambur balik akustik dasar laut dilakukan berdasarkan hasil pengukuran *SBES Simrad EK-15* melalui model numerik dari beberapa persamaan akustik, diantaranya konversi nilai amplitudo menjadi data *backscatter* (Lurton, 2002):

$$SS = 20 \log_{10} \frac{V_i}{V_{ref}} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan: *SS* adalah *acoustic backscatter strength* (dB);  $V_i$  nilai amplitudo (mV); dan  $V_{ref}$  adalah nilai amplitudo referensi sesuai dengan instrumen *SBES* yang digunakan.

Selain itu, *acoustics bottom backscatter* juga terdiri dari beberapa besaran yaitu *surface backscatter strength* (*SS*), *volume backscatter strength* (*SV*), dan *echo level* (*EL*). Model numerik untuk mendapatkan nilai *surface backscatter strength* (*SS*) mengacu pada Manik (2012):

$$SS = -RS - SL + 2TL + VR + AG, \rightarrow$$

$$VR = 20 \log A, \rightarrow A = \frac{DN}{255} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan: *RS* adalah *receiving sensitivity*; *SL* adalah *source level*; *TL* adalah *transmission loss*; *VR* adalah *voltage receiving* (dB); *AG* adalah *amplifier gain*; *A* adalah *amplitudo*; dan *DN* adalah *digital number*.

Selanjutnya untuk mendapatkan nilai *volume backscatter strength* (*SV*) dapat diketahui melalui Manik (2012):

$$S_s = \frac{S_v \psi \frac{cT}{2}}{\phi} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:  $S_s$  adalah *surface backscattering coefficient*;  $S_v$  adalah *volume backscattering coefficient*;  $c$  adalah kecepatan suara (m/s);  $\tau$  adalah *pulse length*,  $\Phi$  adalah *instantaneous equivalent beam angle for surface scattering*; dan  $\psi$  adalah *equivalent beam angle for volume scattering*.

Karena pada *peak bottom* nilai  $\Phi \approx \psi$  maka persamaan (3) berubah menjadi:

$$S_v = S_s \frac{c\tau}{2} \dots\dots\dots(4)$$

Persamaan (4) dapat dilanjutkan melalui persamaan (5):

$$SV = 10 \log S_v; \text{ dan } SS = 10 \log S_s,$$

$$\text{maka } SV = SS - 10 \log \frac{c\tau}{2} \dots\dots\dots(5)$$

Selanjutnya untuk menghitung nilai intensitas *echo* maksimum ( $EL$ ) model numerik yang digunakan berdasarkan Lurton (2002):

$$EL = SL - 2TL + TS \rightarrow EL = SL - 2TL + SS \dots\dots\dots(6)$$

### 2.5.3. Analisis Spasial Akustik Substrat Dasar Laut

Sebaran spasial karakteristik akustik substrat dasar laut menjadi bagian analisis data sedimen substrat dasar laut sepanjang lajur survei dan stasiun sampling. Informasi pola sebaran jenis substrat yang teridentifikasi ditampilkan dalam bentuk dua dimensi. Analisis spasial sedimen substrat dasar laut menggunakan perangkat lunak *Geographic Information System* (ArcGIS). Pola sebaran tipe sedimen dasar laut digambarkan secara spasial di setiap stasiun dan sepanjang lajur pemeruman di lokasi penelitian.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

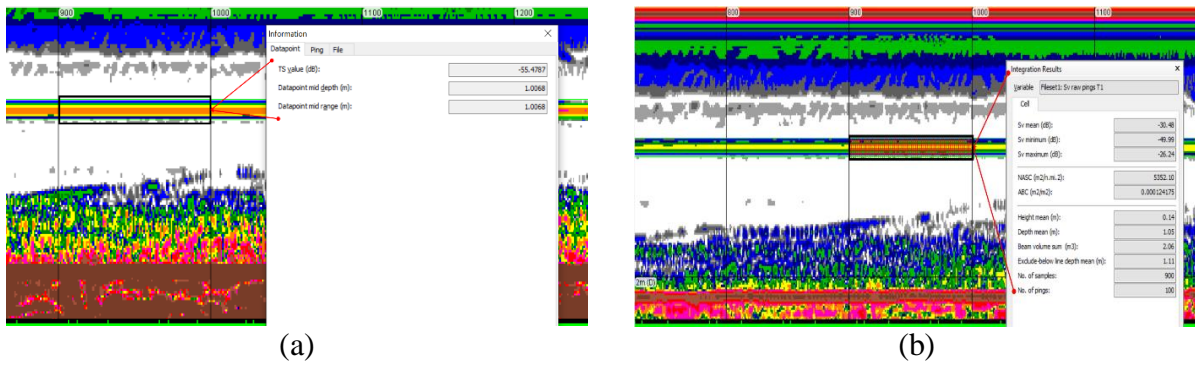
### 3.1. Kalibrasi *Single Beam Echosounder* (SBES) *Simrad EK-15*

Hasil kalibrasi *Simrad EK-15* dengan frekuensi 200 kHz menunjukkan bahwa nilai *Target Strength* (TS) bola *sphere* sebagai objek deteksi dan pengukuran sebesar -48,29 dB. Berdasarkan perhitungan pabrik pembuatnya, nilai TS bola *sphere* diameter 35 mm dengan frekuensi yang sama (200 kHz) adalah 45,96 dB. Hal ini menunjukkan bahwa nilai TS hasil kalibrasi dengan nilai TS sebenarnya dari bola *sphere* diameter 35 mm memiliki selisi sebesar 3,33 dB. Nilai tersebut selanjutnya digunakan sebagai faktor koreksi terhadap hasil deteksi dan pengukuran pada substrat dasar laut yang menjadi target penelitian. Beberapa parameter pendukung dari hasil kalibrasi *Simrad EK-15* menggunakan bola *sphere* diameter 35 mm ditampilkan pada Tabel 1.

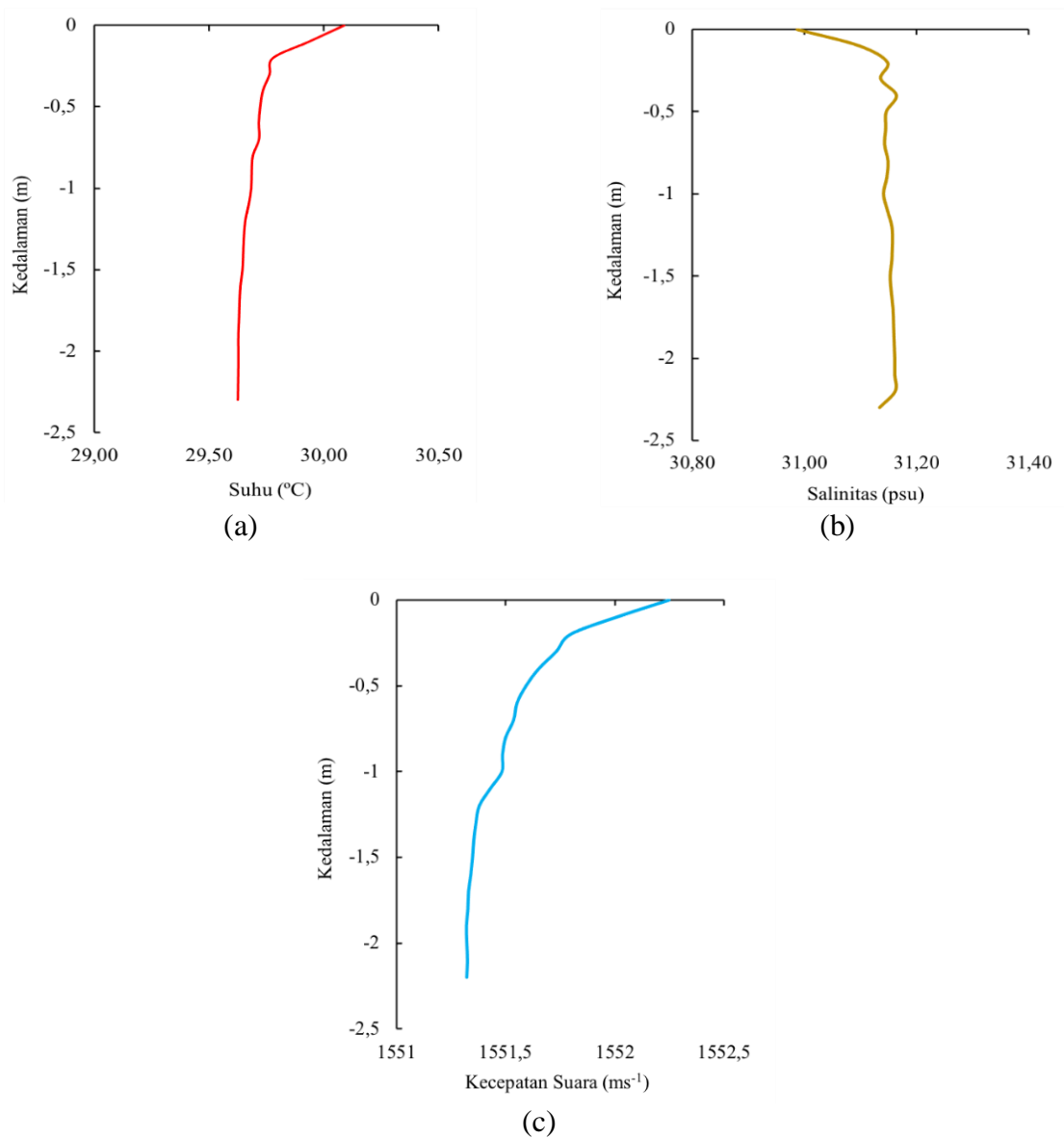
Tabel 1. Hasil kalibrasi *Simrad EK-15*.

Parameter	Nilai
Kedalaman laut	2,3 m
Kedalaman <i>transducer</i>	0,7 m
Kedalaman bola <i>sphere</i>	1,7 m
Diameter bola <i>sphere</i>	35 mm
<i>Target strength</i> bola <i>sphere</i>	-48,29 dB
Suhu	29,72 °C
Salinitas	31,14 psu
Kecepatan gelombang suara	1551,50 ms <sup>-1</sup>

Proses ekstraksi data hasil kalibrasi menggunakan perangkat lunak *echoview 4.0* dalam bentuk *echogram* (Gambar 2) menunjukkan bahwa parameter pendukung pengaturan dalam proses kalibrasi sesuai dengan hasil pengukuran yang diperoleh seperti posisi kedalaman bola *sphere* yang terlihat pada kedalaman 1,7 m. Koefisien *absorption* yang diperoleh berdasarkan pengukuran parameter oseanografi dan kecepatan suara adalah 0,08 dB/m. Kalibrasi



Gambar 2. *Echogram TS raw ping* (a) dan *SV raw ping* (b) hasil kalibrasi *Simrad EK-15* menggunakan bola *sphere*.



Gambar 3. Profil vertikal (a) suhu, (b) salinitas dan (c) kecepatan suara di stasiun kalibrasi.

*SBES Simrad EK-15* menjadi penting digunakan sebagai faktor koreksi terhadap kuantifikasi nilai karakteristik akustik dasar laut yang divalidasi dengan besar ukuran butir dari tipe substrat yang teridentifikasi.

Selain kalibrasi *Simrad EK-15*, juga dilakukan pengukuran suhu dan salinitas sebagai komponen fungsi parameter pengukuran kecepatan gelombang suara di lokasi kalibrasi (Gambar 3). Suhu dan salinitas perairan berkisar antara 29,60 °C – 30,14 °C dan 30,92 *psu* – 31,16 *psu* dengan rata-rata 29,72 °C dan 31,14 *psu*. Kondisi perairan laut ketika dilakukan kalibrasi pada waktu sore hari dalam keadaan teduh dan cerah. Fenomena oseanografi tersebut sangat berkaitan dengan hasil pengukuran kecepatan rambat gelombang suara di dalam air laut yang berkisar antara 1551,30 ms<sup>-1</sup> – 1552,25 ms<sup>-1</sup> dengan rata-rata 1551,50 ms<sup>-1</sup> (Gambar 3c).

### 3.2. Kondisi Oseanografi dan Kecepatan Suara di Stasiun Sampling

Hasil pengukuran parameter suhu dan salinitas (Gambar 4a dan 4b) di setiap stasiun sampling secara vertikal menunjukkan bahwa pola perubahan suhu maupun salinitas berkisar pada 28 °C – 30 °C dan 29 *psu* – 32,5 *psu*. Kedalaman perairan yang terukur berkisar dari 2,1 m – 25 m. Suhu tinggi umumnya berada di daerah perairan yang lebih dangkal dan pada bagian permukaan. Hal ini disebabkan karena intensitas sinar matahari yang tinggi pada permukaan laut. Sebaliknya di bagian perairan yang lebih dalam, intensitas matahari sudah berkurang sehingga nilai suhu pun menurun seiring dengan bertambahnya kedalaman laut. Berbeda dengan salinitas, pada permukaan laut nilai salinitas lebih kecil dibandingkan dengan di bagian perairan yang lebih dalam. Secara vertikal nilai salinitas meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman laut. Fenomena lingkungan laut tersebut menjadi komponen fungsi dalam perhitungan nilai kecepatan rambat gelombang suara di

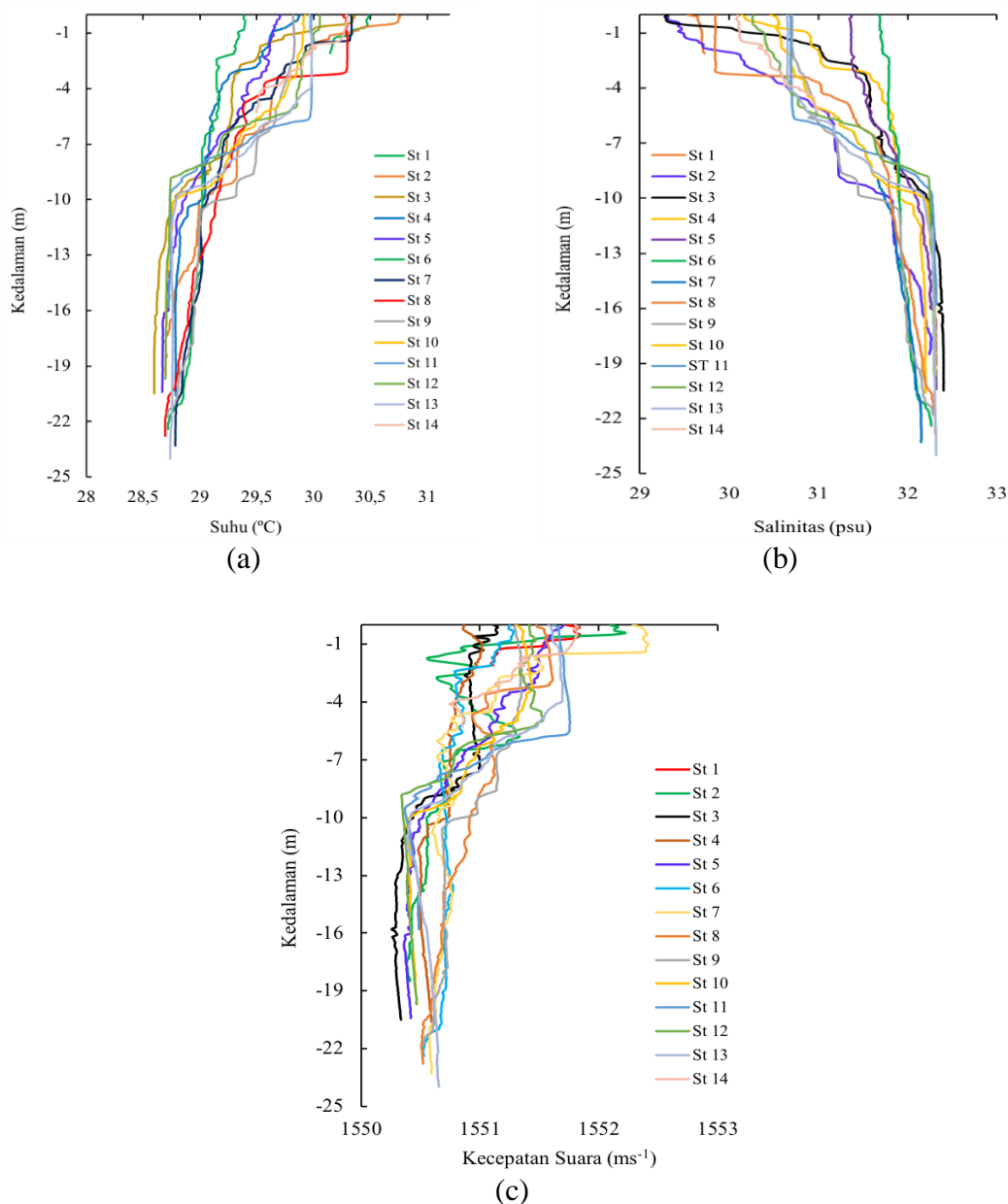
dalam laut (Cly & Madwin, 1977).

Berdasarkan nilai suhu, salinitas dan kedalaman yang terukur di setiap stasiun sampling diperoleh profil kecepatan suara secara vertikal seperti ditampilkan pada Gambar 4c. Perubahan nilai kecepatan suara di semua stasiun berkisar antara 1550,8 ms<sup>-1</sup> – 1552,4 ms<sup>-1</sup>. Pola perubahan kecepatan gelombang suara berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman laut. Penurunan nilai tidak terlalu besar karena lokasi penelitian merupakan perairan dangkal. Namun demikian, fenomena perubahan suhu dan salinitas pada setiap lapisan perairan memiliki pengaruh terhadap pola perubahan kecepatan rambat gelombang suara di kolom perairan. Secara umum di setiap stasiun sampling pola perubahan gelombang suara pada kedalaman antara 0 m – 10 m cenderung menurun dengan rentang perubahan dari 1550,8 ms<sup>-1</sup> – 1552,4 ms<sup>-1</sup>. Selanjutnya dari kedalaman 10 m – 24 m cenderung mulai melandai pada rentang nilai 1550,4 ms<sup>-1</sup> – 1550,8 ms<sup>-1</sup>. Kecepatan rambat gelombang suara di dalam perairan dipengaruhi oleh pola perubahan kedalaman, suhu dan salinitas. Nilai kecepatan suara berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman (Lurton, 2002). Fenomena perubahan kecepatan suara secara vertikal di seluruh stasiun sampling merupakan salah satu indikator untuk kuantifikasi karakteristik akustik dasar laut di sepanjang lajur survei penelitian.

### 3.3. Hambur Balik Akustik Dasar Laut

Besaran nilai pantulan sinyal akustik yang dikembalikan dari dasar laut tergantung dari jenis substrat yang ada (Anderson *et al.*, 2008). Setiap jenis substrat memiliki karakteristik fisik yang berbeda-beda, sehingga intensitas sinyal akustik yang dipantulkan atau dikembalikan memiliki perbedaan antara jenis substrat satu dengan yang lainnya. Pantulan sinyal akustik dari dasar laut yang dihasilkan oleh *SBES Simrad EK-15* berbentuk *echogram* yang menampilkan objek yang terdeteksi sesuai





Gambar 4. Profil vertikal (a) suhu, (b) salinitas dan (c) kecepatan suara di stasiun sampling.

dengan karakteristik masing-masing berdasarkan nilai SV. Nilai SV bervariasi antara -50 dB sampai -5 dB. Berdasarkan pengamatan atas nilai SV dapat dicari nilai SS dengan menggunakan *peak* nilai SV,  $\psi$ ,  $\phi$ ,  $c$ , dan  $\tau$  (persamaan 3). Hasil analisis *waveform* dari *echo* dasar laut dan analisis sedimen dapat diidentifikasi jenis substrat (Tabel 2) antara lain pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali yang tersebar di 14 stasiun. Ukuran rata-rata diameter partikel

substrat dalam skala *Wentworth* dan substrat dasar laut dikelompokkan berdasarkan klasifikasi Shepard (Manik *et al.*, 2006).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai SS pasir sedang berada pada selang -21,08 dB sampai -24,55 dB, pasir halus -25,67 dB sampai -26,67 dB, dan pasir halus sekali berkisar antara -27,42 dB sampai -28,03 dB. Beberapa hasil penelitian lain (Gambar 5) mendapatkan nilai hambur balik akustik dasar perairan seperti Hamuna *et al.*

(2018), bahwa untuk pasir sedang kasar sebesar -27,36 dB sampai dengan -28,02 dB, sedangkan pasir halus sebesar -28,40 dB sampai dengan -28,12 dB, lokasi penelitian di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura. Manik *et al.* (2006) mendapatkan nilai SS lumpur berkisar pada -18,30 dB dan -29,00 dB, lokasi penelitian di perairan selatan Jawa. Pujiyati (2008) mendapatkan nilai SS pasir sebesar -20,00 dB dan lumpur sebesar -35,91 dB, lokasi penelitian di Selat Sunda.

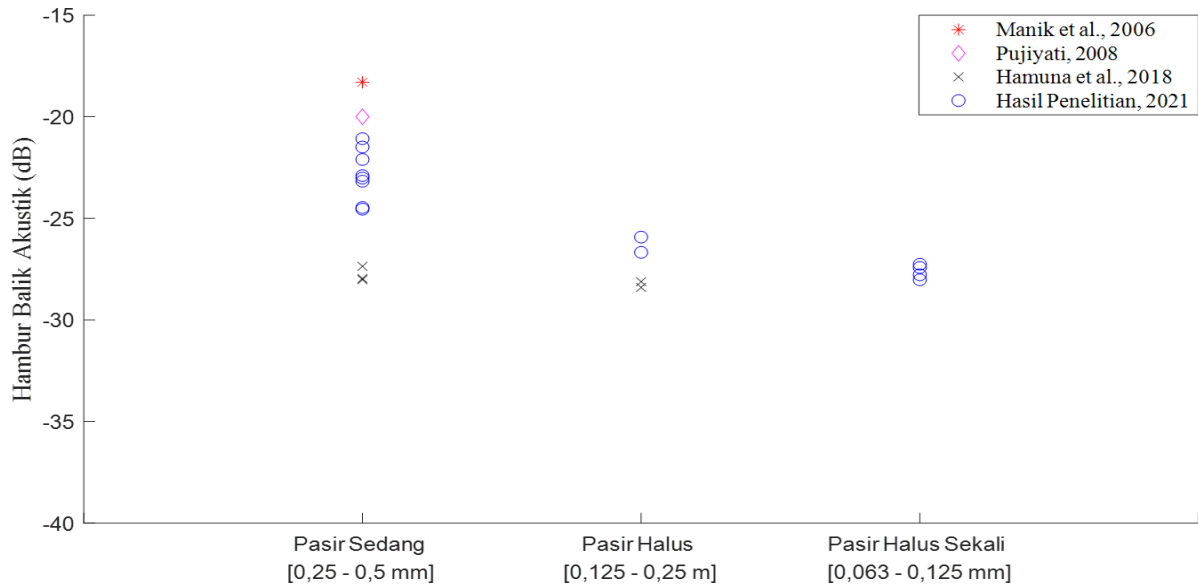
Perbedaan nilai hambur balik akustik yang terukur pada substrat yang sama dari beberapa penelitian disebabkan oleh beberapa faktor, seperti jenis instrumen dan frekuensi yang digunakan serta kondisi perairan yang menjadi lokasi penelitian. Menurut Chakraborty *et al.* (2007) bahwa penggunaan instrumen akustik dengan dua frekuensi yang berbeda pada pengukuran dasar perairan yang sama memberikan nilai pantulan akustik yang berbeda, frekuensi yang rendah menghasilkan pantulan akustik yang lebih tinggi dan sebaliknya frekuensi yang tinggi akan menghasilkan pantulan akustik yang lebih rendah. Penggunaan frekuensi dalam proses pemeruman sangat berhubungan dengan daya serap (*absorption*)

pada medium air laut. Daya serap tersebut dapat berpengaruh terhadap kuat lemahnya sinyal akustik yang dipantulkan oleh target yang diukur. Selain itu, morfologi dasar perairan seperti bentuk relief juga sangat berpengaruh terhadap penetrasi gelombang akustik yang dipancarkan pada frekuensi yang berbeda (Jackson & Richardson, 2007).

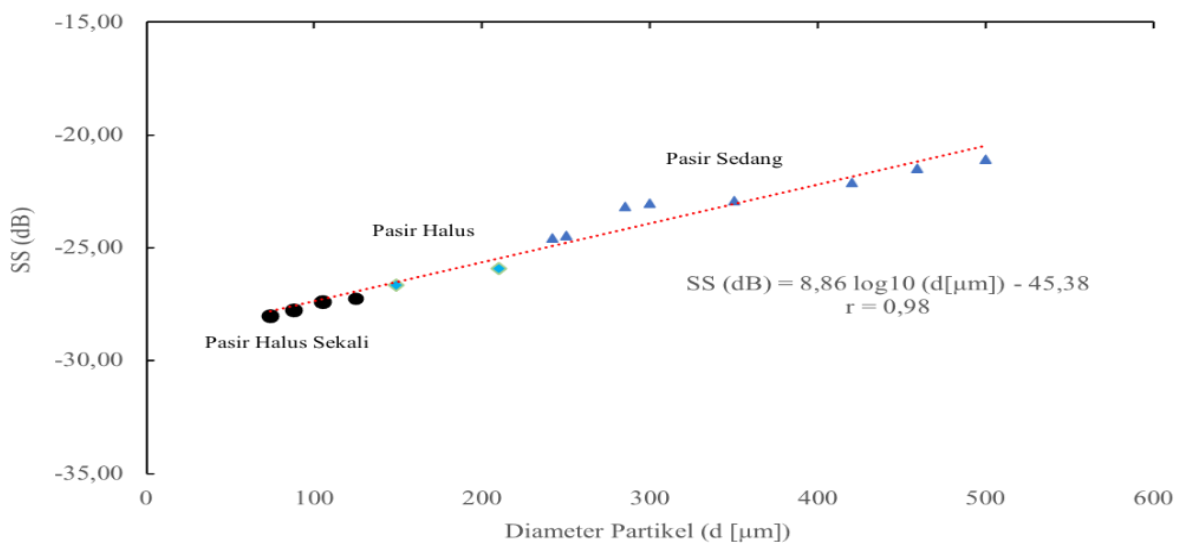
Nilai rata-rata diameter partikel sedimen substrat dasar laut ( $d$ ) juga dapat dikorelasikan secara linear terhadap nilai SS (dB). Semakin besar ukuran diameter partikel, nilai SS juga semakin meningkat (Gambar 6). Koefisien korelasi perubahan diameter partikel dan SS sebesar 0,98 dengan persamaan:  $SS \text{ (dB)} = 8,86 \log_{10} (d[\mu\text{m}]) - 45,38$ . Persamaan ini diperoleh dari konversi satuan linear ke logaritmik. Sumbu x dalam satuan linear sedangkan sumbu y dalam satuan logaritmik. Jika dilakukan analisis regresi, maka diperlukan konversi menjadi satu satuan yang sama, yaitu dari satuan linear menjadi desibel. Ukuran rata-rata diameter tipe substrat bervariasi antara 74 – 500  $\mu\text{m}$ . Pasir sedang berada pada selang ukuran 242 – 500  $\mu\text{m}$ , 149 – 210  $\mu\text{m}$  untuk pasir halus dan 74 – 125  $\mu\text{m}$  untuk pasir halus sekali. Perbedaan masing-masing tipe

Tabel 2. Klasifikasi tipe substrat dasar laut berdasarkan ukuran diameter partikel, komposisi berat dan nilai SS di setiap stasiun sampling.

Tipe Substrat	Stasiun Sampling	Diameter Ukuran Partikel ( $\mu\text{m}$ )	Pasir Sedang (%)	Pasir Halus (%)	Pasir Halus Sekali (%)	SS (dB)
Pasir Sedang	3	500	64,67	7,30	15,02	-21,08
	4	420	60,89	0,92	22,49	-22,10
	6	250	42,12	32,40	12,85	-24,47
	7	285	45,84	4,72	26,34	-23,17
	8	300	37,18	11,58	3,42	-23,02
	10	242	9,71	1,77	6,52	-24,55
	12	459	29,44	22,78	17,73	-21,49
	13	350	45,68	26,12	16,00	-22,90
Pasir Halus	1	149	26,18	37,65	18,73	-26,67
	5	210	21,45	41,32	34,58	-25,92
Pasir Halus Sekali	2	88	6,99	9,17	81,80	-27,78
	9	125	31,56	9,48	42,86	-27,26
	11	105	28,80	1,02	54,06	-27,42
	14	74	3,74	1,77	64,36	-28,03



Gambar 5. Perbandingan nilai hambur balik akustik terhadap substrat pasir pada penelitian yang berbeda.



Gambar 6. Grafik korelasi antara diameter partikel dengan nilai SS pada klasifikasi substrat dasar laut.

substrat sangat ditentukan oleh tingkat kekasaran dari karakteristik fisik dasar perairan (Manik *et al.*, 2006).

### 3.4. Karakteristik Akustik Substrat Dasar Laut

Hambur balik akustik dari setiap tipe sedimen substrat dasar laut yang terukur merupakan salah satu informasi karakteristik

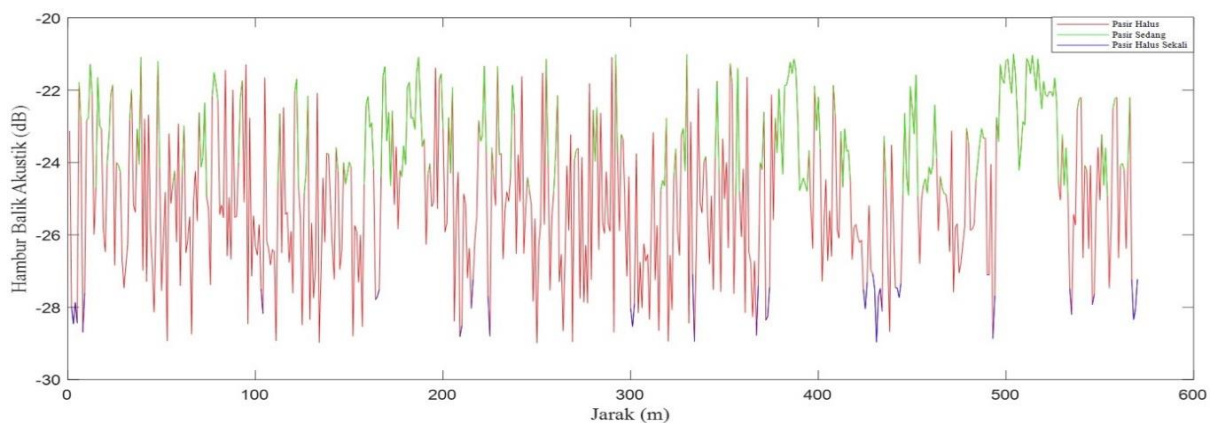
akustik yang dimiliki oleh masing-masing sedimen tersebut. Hasil pengukuran *acoustic bottom backscattering* dapat memberikan informasi karakteristik fisik yang dimiliki oleh masing-masing substrat dasar laut. Terdapat perbedaan kuat sinyal akustik yang dipantulkan oleh substrat dasar laut pada sedimen yang berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik dasar laut yang

tersusun dari berbagai unsur mulai dari lapisan batuan yang kasar hingga lempung halus dan lapisan-lapisan yang memiliki komposisi yang berbeda (Urick, 1983). Tipe substrat yang teridentifikasi di setiap stasiun *sampling* dan lajur survei penelitian memberikan informasi karakteristik fisik yang berbeda-beda dari setiap jenisnya.

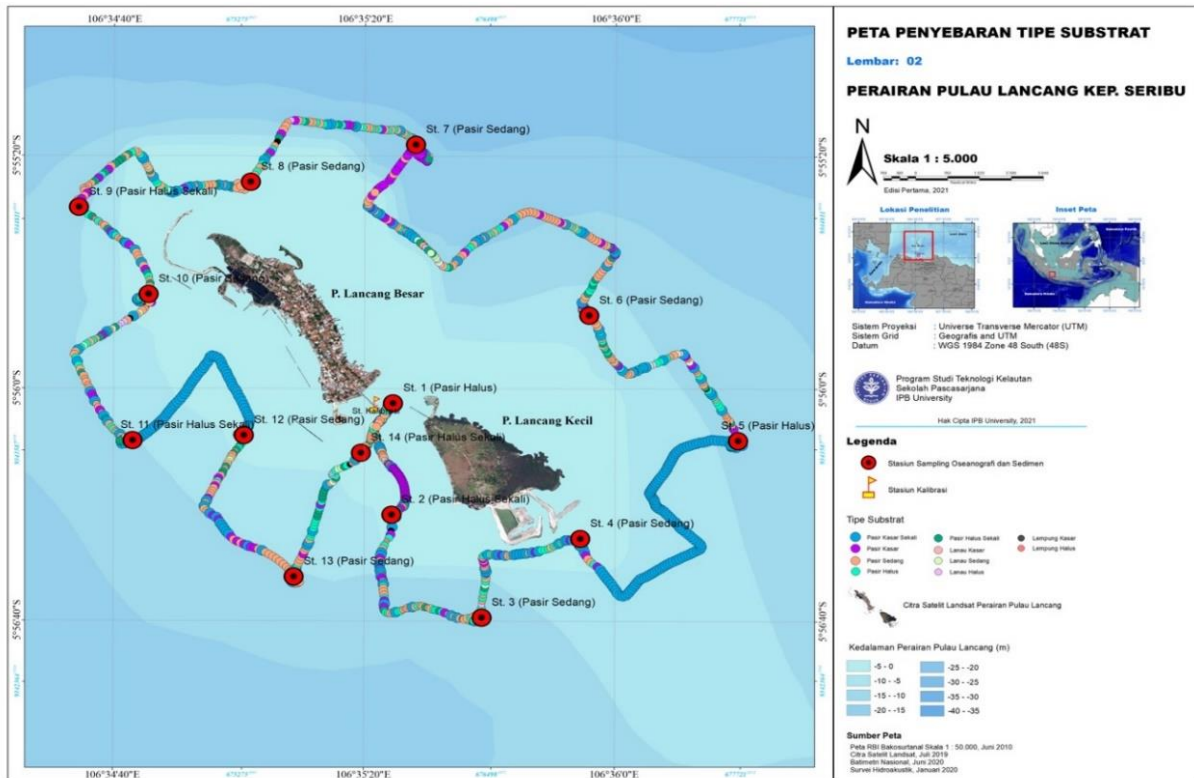
Gambar 7 merupakan grafik intensitas kekuatan sinyal akustik yang dipantulkan kembali oleh tipe substrat yang berbeda (pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali). Jenis substrat pasir sedang memberikan nilai pantulan yang lebih besar dibandingkan dengan substrat pasir halus dan pasir halus sekali. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa intensitas sinyal akustik yang dipantulkan kembali terdapat perbedaan dari setiap substrat yang ada. Semakin besar nilai pantul yang dikembalikan maka semakin besar pula ukuran partikel substrat, sebaliknya semakin kecil nilai pantul maka semakin kecil pula ukuran partikel dari substrat tersebut. Selain itu, intensitas sinyal akustik yang dikembalikan juga dapat dipengaruhi oleh bentuk relief dasar perairan. Menurut Pujiyati *et al.* (2010) bahwa proses hambur balik sinyal akustik dipengaruhi oleh kondisi karakteristik fisik dasar laut seperti ukuran butir sedimen dan bentuk relief. Tipe substrat dengan ukuran butir yang besar menghasilkan energi pantulan akustik yang lebih besar dibandingkan dengan ukuran butir yang lebih kecil (Manik, 2015).

Berdasarkan hasil kuantifikasi nilai *echo* dari masing-masing substrat dasar laut baik di stasiun *sampling* maupun sepanjang lajur survei penelitian yang divalidasi dengan hasil analisis laboratorium rata-rata diameter partikel diketahui bahwa substrat yang teridentifikasi antara lain pasir kasar sekali, pasir kasar, pasir sedang, pasir halus, pasir halus sekali, lanau kasar, lanau sedang, lanau halus, lempung kasar dan lempung halus. Secara spasial sebaran tipe substrat yang teridentifikasi baik di lokasi stasiun *sampling* maupun sepanjang lajur survei ditampilkan pada Gambar 8. Pola sebaran substrat di 14 stasiun *sampling* didominasi oleh pasir sedang, yaitu: stasiun 3, 4, 6, 7, 8, 10, 12 dan 13. Selanjutnya pasir halus sekali tersebar di stasiun 2, 9, 11 dan 14. Pasir halus tersebar di stasiun 1 dan 5.

Sebaran spasial berdasarkan lajur survei, pasir kasar sekali lebih dominan di lajur 4 dan lajur 11. Pasir kasar, pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali menyebar di semua lajur survei. Lanau kasar, lanau sedang dan lanau halus tersebar hampir merata dengan komposisi yang lebih kecil dibandingkan pasir. Lempung kasar dan lempung halus terdapat di lajur 7, 8, 9, 10, dan 14 dengan komposisi yang lebih kecil (Gambar 8). Pola sebaran tipe substrat sangat dipengaruhi oleh morfologi dasar laut. Wilayah ini termasuk gugusan Kepulauan Seribu bagian selatan. Perairan tersebut pada kedalaman kurang dari 7 m didominasi oleh



Gambar 7. Grafik intensitas hambur balik akustik dasar laut pada tipe substrat yang berbeda.



Gambar 8. Peta penyebaran tipe substrat dasar laut di lajur survei penelitian.

terumbu karang dan pasir, sedangkan di kedalaman lebih dari 7 m didominasi oleh pasir dan sebagian lumpur.

#### IV. KESIMPULAN

Kekuatan sinyal akustik yang dikembalikan dari dasar laut sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, bentuk morfologi dan relief dasar laut. Substrat pasir sedang memiliki nilai hambur balik akustik yang lebih besar dibandingkan dengan pasir halus maupun pasir halus sekali. Intensitas sinyal akustik pada permukaan dasar laut yang landai dan halus lebih kecil dibandingkan dengan permukaan dasar laut yang tidak rata dan kasar. Secara spasial substrat pasir lebih dominan ditemukan di perairan Pulau Lancang Kepulauan Seribu.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Deputi Bidang Penguatan Riset dan

Pengembangan Kemeterian Riset dan Teknologi-Badan Riset dan Inovasi sesuai dengan Perjanjian Penugasan Pelaksanaan Penelitian Tahun 2021 untuk Pelaksanaan Penelitian dengan Judul Pengembangan *Alogaritma Intelligent Biomass Active Sonar Transducer* untuk Eksplorasi dan Pemanfaatan Sumberdaya Maritim.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.T., D.V. Holliday, R. Kloser, D.G. Reid, & Y. Simrad. 2008. Acoustic seabed classification: Current practice and future directions. *ICES J. of Marine Science*, 65(6): 1004-1011. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn061>
- Brown, J.C., J. Beaudoin, M. Brissette, & V. Gazzola. 2019. Multispectral multibeam echosounder backscatter as a tool for improved seafloor characterization. *J. of MDPI*

- Geoscience*, 9(3): 126-143.  
<https://doi.org/10.3390/geosciences9030126>
- Burczynski, J. 1979. Introduction to the use of sonar system for estimating fish biomass. FAO Fisheries Technical Paper. (191). 89p.
- Buscombe, D. & E.P. Brams. 2018. Probabilistic substrate classification with multispectral acoustic backscatter: a comparison of discriminative and generative models. *J. of MDPI Geosciences*, 8(11): 395-415.  
<https://doi.org/10.3390/geosciences8110395>
- Chakraborty, B., V. Mahale, G. Navelkar, B.R. Rao, R.G.P. Desai, B.S. Ingole, & G. Janakirnam. 2007. Acoustic characterization of seafloor habitats on the western continental shelf of India. *ICES J. of Marine Science*, 64(3): 551-558.  
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsl043>
- Chotiros, N.P. 2017. Acoustics of the seabed as a poroelastic medium. Springer Briefs in Oceanography. New York. USA. 76p.  
<https://doi.org/10.1007/978-3-319-14277-7>
- Cly, C.S. & H. Madwin. 1977. Acoustical oceanography. New York. USA. 712p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-487570-8.X5000-4>
- Diaz, J.V.M. 2000. Analysis of multibeam sonar data for the characterization of seafloor habitats. Thesis. Graduate Academic Unit of Geodesy and Geomatics Engineering. The University of New Brunswick. Canada. 153p.
- Hamuna, B., S. Pujiyati, N.M.N. Natih, & L. Dimara. 2018. Analisis hambur balik akustik untuk klasifikasi dan pemetaan substrat dasar perairan di Teluk Yos Sudarso, Kota Jayapura. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2): 291-300.  
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.24045>
- Jackson, D.R. & M.D. Richardson. 2007. High frequency seafloor acoustics. Springer Science Business Media. New York. USA. 616p.
- Lurton, X. 2002. An introduction to underwater acoustics: Principles and applications. Praxis Publ. France. 347p.
- Manik, M.H., M. Furusawa, & K. Amakasu. 2006. Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echosounder. *J. of Fisheries Science*, 72(3): 503-512.  
<https://doi.org/10.1111/j.1444-2906.2006.01178.x>
- Manik, M.H. 2012. Seabed identification and characterization using sonar. Advances in Acoustics and Vibration. Hindawi Publishing Corporation: 532458. 5p.  
<https://doi.org/10.1155/2012/532458>
- Manik, M.H. 2015. Shallow water acoustics investigation for underwater detection and seabed imaging. *International J. of Applied Engineering Research*, 10(17): 38302-38307.  
<https://doi.org/10.37622/000000>
- Pujiyati, S. 2008. Pendekatan metode hidroakustik untuk analisis keterkaitan antara tipe substrat dasar perairan dengan komunitas ikan demersal. Disertasi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 185 p.
- Pujiyati, S., S. Hartati, & W. Priyono. 2010. Efek ukuran butiran, kekasaran, dan kekerasan dasar perairan terhadap nilai hambur balik hasil deteksi hidroakustik. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1): 59-67.  
<https://doi.org/10.29244/jitkt.v2i1.7863>
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2010. Survei hidrografi menggunakan single beam echosounder. 7646. 21p.

Urlick, R.J. 1983. Principles of underwater sound. Third Edition. Mc Graw Hill. New York. USA. 423p.      Submitted : 21 August 2021  
Reviewed : 01 November 2021  
Accepted : 25 February 2022

*FIGURE AND TABLE TITLES*

- Figure 1. Map of research location in Lancang Island waters Seribu Islands.*
- Figure 2. Echogram of TS raw ping (a) and SW raw ping (b) Simrad EK-15 calibration result using sphere ball.*
- Figure 3. Vertical profile of (a) temperature, (b) salinity and (c) sound velocity in calibration station.*
- Figure 4. Vertical profile of (a) temperature, (b) salinity and (c) sound velocity in sampling station.*
- Figure 5. Comparison acoustic backscatter value toward the sand substrate at different research.*
- Figure 6. Graph of correlation between particle diameter and SS value on seabed substrate classification.*
- Figure 7. Graph of seabed acoustics backscatter strength intensity at different substrate type.*
- Figure 8. Map of seabed substrate type distribution in research survey line.*
- Table 1. Simrad EK-15 calibration result.*
- Table 2. Classification of seabed substrate type by particle diameter, composition weight and SS value in sampling station.*

