

ANALISIS PENGOLAHAN ACOUSTIC BACKSCATTER PADA DATA MULTIBEAM ECHOSOUNDER UNTUK KLASIFIKASI JENIS DASAR PERAIRAN

Aditya Prayoga, Dyan Primana Sobarudin, Johar Setiadi

PUSHIDROSAL

adt_371@yahoo.co.id

<http://doi.org/10.52307//jmi.v912.154>

Abstrak

Pada survei batimetri menggunakan *Multibeam Echosounder* dapat menghasilkan data dengan cakupan luasan hingga mencapai full 100% permukaan dasar laut, sehingga informasi kedalaman yang dihasilkan dapat tersaji secara utuh dalam penggambaran batimetri di suatu perairan. Saat ini dengan menggunakan formulasi numerik mampu melakukan ekstraksi data akustik batimetri *backscatter* untuk dilakukan interpretasi mejadi data kasifikasi jenis dasar laut seperti material sedimen bersubstrat halus hingga kasar serta material sedimen berjenis lembut, kasar, hingga keras. Tujuan penelitian ini adalah memanfaatkan data batimetri *Multibeam Echosounder* untuk dilakukan ekstraksi nilai *backscatter* dan pengklasifikasian tipe sedimen tuk zonasi jenis dasar perairan. Hasil nilai ekstraksi *backatter* data batimetri diperoleh nilai intensitas untuk tipe sedimen *sand* sebesar -15 sampai dengan -10 dB (diameter ± 0.61 mm) pada kedalaman <30 m dan batu (karang) sebesar lebih -4 sampai -3 dB pada kedalaman <20 m (diameter > 4.30 mm). Selanjutnya hasil ekstraksi *backscatter* dilakukan validasi dengan data sedimen berdasarkan substrad dan diameter butir sedimen dengan klasifikasi tipe sedimen menggunakan Segitiga Shepard. Dari hasil tersebut mampu mengintepretasikan jenis substrat dasar laut secara detil sesuai jenis sedimennya berupa peta sebaran sedimen pada area penelitian.

Kata kunci: *multibeam echosounder*, batimetri, *backscatter*, nilai *intensity*.

Abstract

Bathymetric surveys using the Multibeam Echosounder can produce data with coverage up to a full 100% of the seabed surface, so that the resulting depth information can be presented in its entirety in depicting the bathymetry in a body of water. Currently, using numerical formulations, we are able to extract backscatter bathymetric acoustic data for interpretation into classification data for seabed types, such as fine to coarse sediment material and soft, coarse and hard sediment material. The aim of this research is to utilize Multibeam Echosounder bathymetry data to extract backscatter values and classify sediment types for zoning bottom water types. The results of backatter extraction values for bathymetric data obtained intensity values for the sand sediment type of -15 to -10 dB (diameter ± 0.61 mm) at a depth of <30 m and rock (coral) of more than -4 to -3 dB at a depth of <20 m (diameter > 4.30 mm). Next, the backscatter extraction results were validated with sediment data based on substrate and sediment grain diameter with sediment type classification using the Shepard Triangle. From these results, we can interpret the type of seabed substrate in detail according to the type of sediment in the form of a sediment distribution map in the research area.

Keywords: *multibeam echosounder*, bathymetry, *backscatter*, the *intensity* values.

PENDAHULUAN

Multibeam echosounder merupakan salah satu peralatan survei hidrografi yang digunakan untuk mengukur kedalaman (batimetri). Cakupan data (*coverage*) pancaran beam yang luas, mampu men-cover secara detil dasar perairan hingga 100% permukaan dasar laut. Teknologi *Multibeam echosounder* merupakan perpanjangan dari teknologi *singlebeam echosounder* yang hanya memancarkan satu beam secara vertikal ke dasar perairan, sedangkan *Multibeam echosounder* mampu mentransmisikan beratus-ratus beam ke dasar perairan dengan pola pancarannya melebar dan melintang terhadap badan kapal. *Multibeam echosounder* juga memiliki kemampuan dalam merekam amplitudo dari gelombang suara yang kembali. Amplitudo yang kembali tersebut telah berkurang karena interaksi dengan medium air laut dan sedimen dasar laut. Analisa terhadap amplitudo dari hamburan gelombang akustik yang kembali (*backscatter*) memungkinkan untuk mengeksplor informasi mengenai struktur, jenis, dan kekerasan partikel atau material dasar laut untuk mengidentifikasi jenis sedimen dasar laut. Sinyal kuat yang kembali menunjukkan permukaan yang keras (batuan dan kerikil) dan sinyal yang lemah menunjukkan permukaan yang lebih halus (lanau dan lumpur). Hal tersebut karena semakin besar

impedansi suatu medium semakin besar pula koefisien pantulannya. Gelombang akustik dalam perambatannya memiliki energi dan mengalami pengurangan energi (atenuasi) karena interaksinya dengan medium. Nilai rerata backscatter strength yang diperoleh dari penggunaan instrumen Kongsberg EM – 1000 multibeam Sonar dapat digunakan untuk memprediksi tipe dasar laut seperti lumpur (*mud*), lanau (*silt*), pasir halus (*fine sand*), pasir sedang (*medium sand*), pasir kasar (*coarse sand*), dan batu (*rock*). Penentuan karakter sedimen dasar laut menggunakan metode akustik telah menjadi suatu hal yang penting dalam berbagai bidang riset seperti hidrografi, geologi kelautan, biologi kelautan, teknik kelautan, dan perikanan.

Dalam mengumpulkan data jenis dasar laut, Pushidrosal melakukan survei dan pemetaan Hidro-Oseanografi serta melakukan pengambilan contoh material dasar laut (*seabed sample*) menggunakan alat *grab sampler*, alat ini terbuat dari besi seperti katrol pengeruk yang berfungsi mengangkut material yang ada di dasar laut area survei. Pengambilan contoh material dasar laut secara in-situ dengan cara satu-persatu contoh material dasar laut diambil secara sistematis maupun secara random dengan harapan contoh material dasar laut tersebut dapat mewakili struktur jenis dasar laut di area penelitian. Jika dilihat secara seksama, jenis dasar laut tidak 100%

memiliki karakteristik yang sejenis (homogen) antara area satu dengan yang lainnya, penyebabnya dikarenakan banyak campuran limbah sedimen dan material terbawa oleh arus laut yang selama ini kita kenal dengan sediment transport juga dikarenakan perbedaan topografi bawah laut.

Dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang begitu pesat tentang peralatan survei dan perangkat lunak (*software*) pengolahan data, pemanfaatan *backscatter* yang diperoleh dari ekstraksi data batimetri *Multibeam echosounder* diharapkan dapat memproses, mengidentifikasi, dan mengklasifikasi jenis substrat sedimen dasar laut akan lebih banyak memberikan informasi dan mudah dalam proses pengidentifikasian seluruh jenis sedimen dasar laut secara detil dan mudah, salah satu *software* tersebut adalah Caris Hips and Sips 11.3.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian kali ini penulis menggunakan metode penelitian kualitatif, menurut John W. Cresswell menyatakan bahwa penelitian kualitatif merupakan sebuah pendekatan untuk mengeksplorasi dan memahami makna (meaning) yang oleh sejumlah individu atau kelompok orang dianggap berasal dari masalah sosial dan kemanusiaan. (Cresswell:2013), teknik analisa data yang akan digunakan penulis adalah Analisis Sekunder (secondary analysis), analisis sekunder digunakan

untuk menggambarkan berbagai praktik analisis dengan menggunakan data yang sudah ada, baik data yang dikumpulkan oleh peneliti lain maupun yang dikumpulkan oleh instansi-instansi pemerintah. Menurut Vogel Hinds (et al), tujuan analisis sekunder adalah untuk menerapkan titik ulasan alternatif (alternative point of review) atau perspektif baru atas data yang telah terkumpul.

PEMBAHASAN

Teori Survei Batimetri (*Sounding*)

Hidroakustik didasarkan pada prinsip yang sederhana, dimana gelombang akustik dipancarkan melalui sebuah alat yang menghasilkan energi suara (tranduser) pada dasar perairan. Hal ini mengubah energi elektrik menjadi mekanik. Kecepatan energi suara di perairan mencapai 1500 m/s dengan formulasi kecepatan akustik di perairan tersaji pada persamaan (1).

$$(1) \quad S = C \cdot \Delta t \dots\dots\dots$$

Dimana:

S = *Sound of speed equation*.

C = Kecepatan akustik di air (m/s).

Δt = Selang waktu akustik dipancarkan dan diterima kembali (m/s).

Ketika energi tersebut mengenai suatu benda, maka akan dikembalikan dalam bentuk *echo* yang nanti akan dikembalikan ke tranduser penerima (*receiver*). Dengan menentukan selang waktu antara pulsa yang dipancarkan dan diterima, tranduser dapat memperkirakan jarak dan orientasi

dari suatu objek yang dideteksi. Lama perjalanan waktu pancar hingga *echo* diterima kembali oleh *receiver* transduser akan dihitung sebagai representasi kedalaman laut terukur. Pengukuran batimetri menggunakan metode hidroakustik dapat diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut ini:

$$d = \frac{c \cdot \Delta t}{2} \dots\dots\dots (2)$$

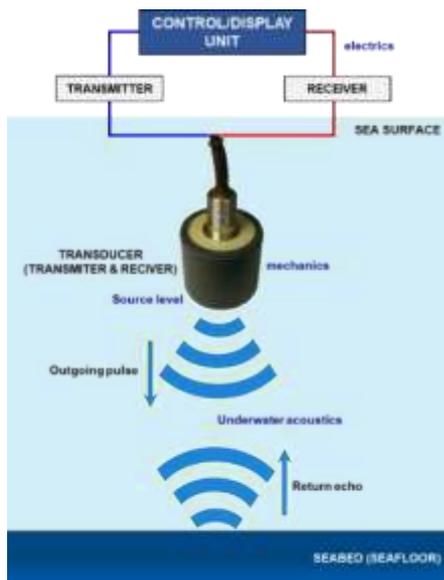
Keterangan:

d = Kedalaman (m).

C = Kecepatan akustik di air (m/s)

Δt = Selang waktu akustik dipancarkan dan diterima kembali (m/s).

Secara teori, pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditujukan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*).¹ Kegiatan pemeruman menggunakan metode hidro-akustik dengan peralatan yang umum digunakan adalah peralatan *echosounder*.



Gambar 1. Prinsip Dasar Sistem SONAR (Irsan, 2015)

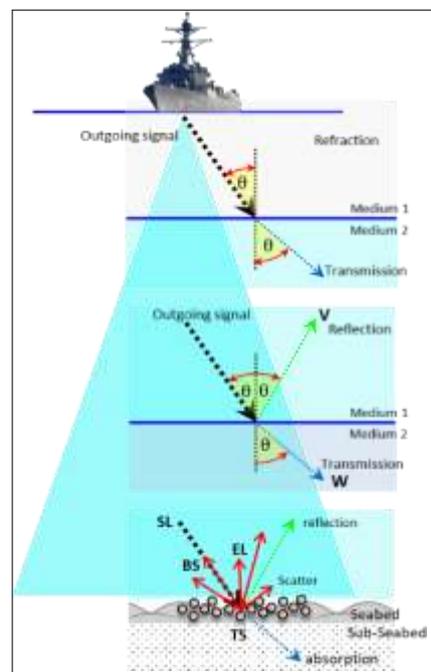
Teori *Backscatter Multibeam Echosounder*

Pada peralatan *Multibeam echosounder* modern saat ini memiliki beberapa fungsi untuk digunakan dalam kegiatan pengukuran secara mendasar yaitu jangkauan terdeteksi ke target (*sounding*) dan hamburan balik amplitude pengembalian dari target target (*backscatter*).² Ketika perjalanan rambatan suara dari sumber bunyi melalui medium air

hingga menuju dasar perairan dengan melalui densitas yang berbeda, maka akan mengalami peristiwa sebagai berikut:

1. *Transmission* (pemancaran/pengiriman gelombang akustik).
2. *Reflection* (pemantulan gelombang akustik).
3. *Absorption* (gelombang akustik yang terserap sebagian).
4. *Scattered* (hamburan).
5. *Backscatter* (hamburan balik gelombang akustik).
6. Atenuasi (pelemahan gelombang akustik).

Proses pendekatan akustik menuju dasar perairan dapat diilustrasikan pada gambar 2.



Gambar 2. Pendekatan akustik ke dasar perairan (Poerbondono, 2015)

¹ Poerbondono dan Djunarsjah (2005).

² Samuel F. Greenaway, 1998.

a. *Transmission* (pemancaran/pengiriman gelombang akustik). Kecepatan suara bergantung pada suhu, salinitas, tekanan, musim, dan lokasi. Semakin jauh suara dari sumbernya, maka kegiatan *echo* akan mengalami perubahan dari segi ruang dan waktu. Kecepatan suara diperoleh dengan rumus (Mckenzie, 1981):

$$C(T, S, z) = a_1 + a_2T + a_3T^2 + a_4T^3 + a_5(S - 35) + a_6z^2 + a_8T(S - 35) + a_9Tz^3 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$$a_1 = 1448.96, a_2 = 4.591, a_3 = -5.304 \times 10^{-2}, a_4 = 2.374 \times 10^{-4}, a_5 = 1.340, a_6 = 1.630 \times 10^{-2}, a_8 = -1.025 \times 10^{-2}, \text{ dan } a_9 = -7.139 \times 10^{-13}.$$

Keterangan:

- C = Kecepatan suara (m/s)
- T = Suhu (°C)
- S = Salinitas (ppt)
- Z = Kedalaman (m)

b. *Pembiasan Gelombang Akustik (Refraction)*. Hukum Snellius menyatakan bahwa, gelombang suara yang melawati dua medium yang berbeda (lebih rapat), maka akan dibelokkan pada batas medium dengan sudutmendekati garis normal sesuai hokum Snellius sebagai berikut:

$$\frac{C_1}{\theta_1} = \frac{C_2}{\theta_2} = \frac{\hat{u}}{\theta} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

$\theta_1, \theta_2, \dots$ dst = sudut datang akustik (*degree*).

C_1, C_2, \dots dst = kecepatan suara (m/s).

Sudut gelombang datang, dipantulkan dan ditransmisikan diukur relatif terhadap gelombang datang normal di perbatasan medium. Sudut *refraction* (θ_1) ditetapkan dengan perubahan kecepatan suara yang terjadi diperbatasan dan dihubungkan ke sudut datang (θ_2) dengan hukum Snellius. C_1 dan C_2 adalah kecepatan suara di medium 1 dan 2, medium 2 membawa energi gelombang akustik yang ditransmisikan. Kecepatan gelombang akustik bervariasi pada medium yang berbeda. Untuk sudut datang dan yang ditransmisikan, hukum Snellius dapat dilakukan pendekatan.

Refraction menjelaskan perubahan arah transmisi energi gelombang akustik pada permukaan medium, ketika gelombang tidak tegak lurus terhadap permukaan medium. Frekuensi gelombang akustik melewati medium dengan sudut tertentu sehingga pulsa mengalami *refraction*. Penyebab utama *refraction* gelombang akustik pada kolom air adalah dikarenakan tiap layer kedalaman memiliki perbedaan *sound of velocity* (SV), densitas, temperatur, dan salinitas. Perbedaan yang sangat signifikan terjadi pada lapisan termoklin, yaitu bagian lapisan perairan laut yang pada lapisan tersebut dapat terjadi penurunan temperatur yang cepat terhadap kedalaman (Nontji, 1993). *Refraction* juga terjadi saat akuisisi data batimetri di lapangan, hal ini

jika tidak diberikan koreksi SV akan menyebabkan data melengkung.

c. Penyerapan Gelombang Akustik ke Dasar Perairan (*Absorption*). Ketika gelombang suara dipancarkan ke kolom air, maka akan mengalami *absorption* atau penyerapan energi gelombang suara sehingga mengakibatkan transmisi hilang ketika diberi *echo* dari *transducer*. Proses *absorption* sangat bergantung pada suhu, salinitas, potential hydrogen (pH), kedalaman, dan frekuensi. Salah satu sifat gelombang, yaitu ketika menjauhi *transducer* maka akan mengalami pelemahan energi dan kecepatan pantulannya. Setelah gelombang suara mengenai suatu target, maka gelombang suara akan kembali dipantulkan ke *transducer*. Kekuatan pantulan gema yang dikembalikan oleh target dan relative terhadap intensitas suara yang mengenai target disebut sebagai kekuatan target (target strength). Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$TS = 10 \text{ Log } (I_r/I_i) \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

TS = *Target Strength* (dB).

I_r = Energi suara yang dipantulkan, yang diukur (dB).

I_i = Energi suara yang mengenai ikan/dasar laut (dB).

d. Pemantulan Gelombang Akustik (*Reflection*). Saat gelombang akustik mengenai dasar perairan, maka akan terjadi proses *reflection* gelombang akustik mengikuti hukum Snellius-descartes yaitu:

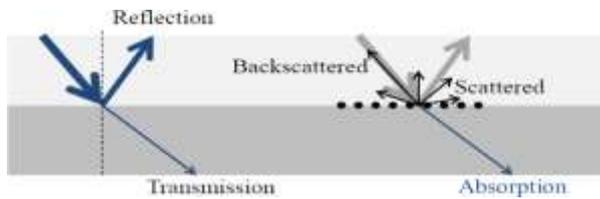
$$\frac{\sin \theta_1}{c_1} = \frac{\sin \theta_2}{c_2} = \frac{\sin n}{c_n} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana besarnya sudut datang sama dengan sudut pantul (θ_1), dan gelombang yang ditransmisikan akan merambat dalam arah yang berbeda dengan gelombang datang (θ_2), sesuai dengan perubahan kecepatan suara yang terjadi dari medium pertama (c_1) ke medium kedua (c_2).³

e. Hamburan (*Scatter*) dan Hamburan Balik (*Backscatter*) Gelombang Akustik. Hamburan (*scatter*) merupakan suatu pemantulan pada bidang licin (*specular*) di suatu perbatasan medium yang halus antara dua medium, dimana dimensi dari perbatasan lebih besar dari pada panjang gelombang dari energi akustik yang datang. Hamburan akustik berasal dari objek medium yang ukuran panjang gelombangnya lebih kecil sehingga menyebabkan gelombang menyebar pada banyak arah. Karena pemantul kasar (*nonspecular*) memantulkan suara pada semua arah, amplitudo dari *echo* yang dikembalikan lebih lemah dari pada *echo* di permukaan jaringan. Pada umumnya, amplitudo sinyal *echo* dari suatu medium

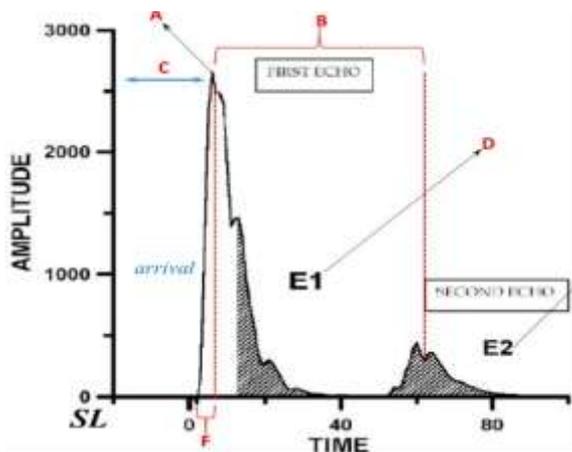
³ Supartono, 2013.

tergantung kepada jumlah hamburan per unit volume, impedansi akustik material, ukuran penghambur, dan frekuensi gelombang akustik. Ilustrasi *backscattering* terlihat pada gambar 3.



Gambar 3. Proses Terjadinya *Backscatter* (Poerbandono, 2015)

Pada dasar perairan yang memiliki substrat lunak akan mengakibatkan sinyal akustik mengalami absorpsi (terserap), sehingga kekuatan akustik banyak mengalami pelemahan (atuasi). *Hiperecho* (amplitudo hamburan yang lebih tinggi) dan *hipoecho* (amplitudo hamburan yang lebih kecil) menjelaskan karakteristik relatif rata-rata sinyal dasar. Area *hiperecho* selalu mempunyai jumlah hamburan yang lebih banyak, impedansi akustik yang lebih besar dan hamburan yang lebih besar.



Gambar 4. Kekasaran dan kekerasan *echo* akustik (Poerbandono, 2015)

Keterangan:

A = *Peak echo* (representatif kedalaman perairan)/ impedansi akustik terbesar,

B = merupakan strength akustik,

C = A,

D = *echo* pertama menginterpretasikan indeks kekasaran seabed,

E = *echo* ke dua menginterpretasikan indeks kekerasan seabed,

F = merepresentasikan ketebalan sedimen di atas seabed.

Dari gambar 4 menunjukkan jika SL (*source level*) merupakan sumber akustik dipancarkan, sumbu axis x adalah waktu dan y adalah amplitudo akustik, maka pada grafik tersebut menunjukkan dua grafik sinyal akustik yang mengenai dasar perairan hingga terjadi echo. Echo pertama merepresentasikan kekasaran seabed dan echo ke dua merepresentasikan kekerasan seabed. Pada proses penetrasi akustik ke dasar perairan akan mengalami atenuasi (pelemahan energi akustik), yaitu penurunan tingkat suatu besaran, misal intensitas gelombang suara. Dari sumber lain, atenuasi berarti pelemahan sinyal (ilmu komunikasi). Namun pengertian atenuasi yang tepat untuk gelombang suara adalah reduksi amplitudo dan intensitas gelombang dalam perjalanannya melewati medium.⁴ Peristiwa yang terjadi pada atenuasi ini terdiri dari *absorption*, *reflection* dan

⁴ Poerbandono, 2015.

scattering. Adapun satuan dari atenuasi adalah *decibels* (dB). Sedangkan koefisiensi atenuasi adalah atenuasi yang terjadi per satuan panjang gelombang yang satuannya *decibels per centimeter* (dB/cm). Atenuasi (dB) = Koefisien Atenuasi (dB/cm) x *path length* (cm). Bila koefisiensi atenuasi meningkat maka frekuensi akan meningkat pula. Setiap jaringan mempunyai koefisiensi atenuasi yang berbeda. Koefisiensi ini menyatakan besarnya atenuasi per satuan panjang, yaitu semakin tinggi frekuensi yang digunakan maka semakin tinggi koefisiensi atenuasinya.

Teori Sedimen

Sedimen merupakan pecahan, mineral, atau material organik yang ditransportkan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk di dalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau bentuk larutan kimia (Pipkin, 1977). Seluruh permukaan dasar laut ditutupi oleh partikel-partikel sedimen yang telah diendapkan secara perlahan-lahan dalam jangka waktu berjuta-juta tahun. Sedimen ini terdiri dari partikel-partikel yang berasal dari hasil pembongkaran batu-batuan dan potongan potongan shell (kulit) serta sisa kerangka dari organisme laut.⁵

Pettijohn (1975) mendefinisikan sedimentasi sebagai proses pembentukan sedimen atau batuan sedimen yang diakibatkan oleh pengendap dari material pembentuk atau asalnya pada suatu tempat yang disebut dengan lingkungan pengendapan berupa sungai, muara, danau, delta, estuari, laut dangkal sampai laut dalam. Bhatt (1978) menyatakan sedimen yaitu lepasnya puing-puing endapan padat pada permukaan bumi yang dapat terkandung di dalam udara, air, atau es di bawah kondisi normal.

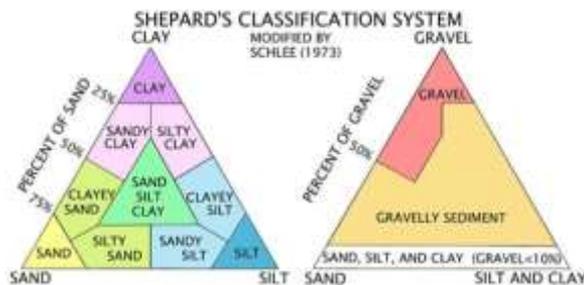
Thurman (1993) menyatakan bahwa ukuran partikel juga mengindikasikan tingkat energi pada saat proses deposit (pengendapan) sedimen. Pengendapan sedimen yang diendapkan di area yang bergelombang kuat (berenergi tinggi) akan tersusun terutama oleh partikel-partikel berukuran besar, seperti *cobble* (batu koral). Sedangkan partikel-partikel berukuran *clay* (lempung) akan diendapkan di area yang memiliki tingkat energi dan kekuatan arus laut yang rendah.

Klasifikasi Sedimen menggunakan Diagram Shepard

Para peneliti dan sedimentologis menggunakan segitiga Shepard untuk menentukan klasifikasi berdasarkan Media diameter (Md). Diagram ini berbentuk

⁵ Hutabarat dan Evians, 2000.

segitiga dengan tiap sudut merupakan dominan jenis sedimen seperti *sand*, *silt*, dan *clay* (Ngafip, 2015). Parameter ini digunakan apabila jenis sedimen memiliki dominasi berukuran kecil dan tidak memiliki kandungan gravel. Jika pada sedimen tersebut memiliki kandungan *gravel*, maka segitiga Shepard yang digunakan adalah *gravel, sand*, dan *mud* (lihat gambar 5).



Gambar 5. Segitiga Shepard jenis sedimen halus dan sedimen kasar (keras) (Dyer, 1986)

Sedimen berasal dari fragmentation (pemecahan) batuan. Pemecahan tersebut terjadi karena pelapukan yang dapat berlangsung secara fisik, kimiawi atau biologis. Berubahnya morfologi pesisir terjadi sebagai akibat berpindahannya sedimen yang berlangsung melalui mekanisme erosi, pengangkutan (*transport*), dan pengendapan. Ukuran partikel sangat ditentukan oleh sifat-sifat fisiknya dan berakibat sedimen yang terdapat pada berbagai tempat memiliki karakter dan Jenis-jenis sedimen yang berbeda. Jenis sedimen dapat diklasifikasikan berdasarkan ukurannya. Berdasarkan ukuran partikel ini, Wentworth (1992) mengelompokkan sedimen kedalam beberapa nama (Tabel 1).

Tabel 1. Skala Wentworht

Fraksi Sedimen	Jenis Partikel Sedimen	Ukuran Diameter (mm)
Rock	Boulder	> 256
	Cobble	64 - 256
	Pebble	4 - 64
	Granule	2 - 4
Sand	Very coarse sand	1 - 2
	Coarse sand	0.5 - 1
	Medium sand	0.25 - 0.5
	Fine sand	0.125 - 0.25
	Very fine sand	0.0625 - 0.125
Silt	Coarse silt	0.031 - 0.0625
	Medium silt	0.0156 - 0.031
	Fine silt	0.0078 - 0.0156
	Very fine silt	0.0039 - 0.0078
Clay	Coarse clay	0.0015 - 0.0039
	Medium clay	0.0009 - 0.0015
	Fine clay	0.0004 - 0.0009
	Very fine clay	0.0002 - 0.0004
	Colloid	<0.0002

Bouder (bongkah batu) merupakan sedimen dengan ukuran partikel berdiameter lebih dari 256 mm. Pasir adalah sedimen dengan diameter partikel berukuran 0,062 – 2 mm. Lanau adalah sedimen dengan diameter partikel berukuran 0,004 – 0,062 mm. Kelompok terakhir adalah lumpur yaitu partikel sedimen dengan ukuran diameter kurang dari 0,004 mm. Menghitung besaran diameter butir sedimen dapat menggunakan skala ϕ (phi), yaitu (Poerbandono, 2015):

$$\phi = - \log_2 d$$

atau,

$$d = 2^{-\phi} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan:

ϕ = Ukuran berat sedimen (phi)

d = Diameter sedimen (mm)

Ukuran butiran (*grain size*) dapat dinyatakan secara langsung sebagai diameter butir (dalam milimeter atau mikron) atau dengan nilai phi (ϕ). Untuk perhitungan nilai *backscatter strength* (SS) (terintegrasi) dengan rata-rata diameter dari tipe sedimen

diformulasikan dengan persamaan (Manik, 2006):

$$SS \text{ [dB]} = 9.0 \text{ Log}_{10} d[\mu\text{m}] - 36.4$$

atau,

$$d = 10^{((SS[\text{dB}] + 36.4) / 9.0)} \dots\dots\dots (8)$$

Dan untuk perhitungan nilai phi didapatkan berdasarkan logaritma negatif berbasis 2 dengan satuan milimeter (Dufek, 2012):

$$\phi = -\text{Log}_2 d[\text{mm}]$$

atau,

$$d = 2^{-\phi} \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan:

SS = nilai intensitas/*backscatter strength* (dB)

d = ukuran butiran (μm , mm)

ϕ = ukuran butiran (phi)

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 15- 31 Agustus 2021, berlokasi di Perairan Natuna pada koordinat:

- a. 4°07'15.6697" N - 108°16'02.0767" E.
- b. 4°05'59.1312" N - 108°17'42.1548" E.
- c. 4°06'31.6939" N - 108°18'12.1046" E.
- d. 4°07'53.9319" N - 108°16'33.1397" E.



Gambar 6. Lokasi Penelitian di Perairan Natuna (Pushidrosal, 2021)

Pengambilan contoh sedimen dilakukan secara random dan menyebar. Diharapkan dari posisi pengambilan contoh dasar laut secara menyebar dapat mewakili substrat jenis sedimen pada area penelitian. Pada Table 2 adalah posisi dan kedalaman pada saat pengambilan contoh sedimen.

Data dan Peralatan

Wahana apung yang digunakan selama pelaksanaan akuisisi data yaitu KRI Rigel-933 dan Perahu *Survey Vessel* (SV) KRI Rigel-933, sedangkan data survei yang digunakan yaitu data batimetri *Multibeam echosounder*, data pasang surut sebagai koreksi data vertikal pada data batimetri, dan data *sound of velocity* yang diambil di area survei. Berikut adalah masing-masing peralatan yang digunakan untuk melakukan akuisisi data survei:

- a. Batimetri: *Multibeam echosounder* EM2040 *shallow water* (frekwensi 100-300 kHz) *include* DGPS Veripos dan koreksi *real-time Sound of velocity* (SVS).

- b. Pasang surut: *automatic tide gauge Tide Master* Valeport 106.
- c. *Sound of velocity: Conductivity Temperature and Depth* (CTD) Valeport V20.
- d. *Grab sampling: Ponar Grab sampler.*

Tabel 2. Koordinat Stasiun Pengambilan Contoh Dasar Laut

No.	Titik	Posisi	Kedalaman (m)
1	St.9	4° 06' 55.1988" N 108° 17' 34.8339" E	18.7
2	St.10	4° 07' 21.6546" N 108° 16' 25.3144" E	24.9
3	St.11	4° 06' 54.0336" N 4° 06' 54.0336" N	26
4	St.12	4° 06' 15.8230" N 108° 17' 39.8707" E	7.9
5	St.13	4° 06' 09.6346" N 108° 17' 49.1831" E	15.5

(sumber: Pushidrosal, 2021)

Metode Pengolahan Data

Pada penelitian ini dilakukan dua pengolahan data yang nantinya akan dibandingkan sebagai hubungan Validasi kesesuaian antara hasil akuisisi data secara hidro-akustik menggunakan batimetri *Multibeam echosounder* dan

divalidasi kesesuaiannya menggunakan data secara fisis menggunakan hasil grab sampler. Data batimetri diolah menggunakan perangkat lunak *Caris Hips and Sips* sedangkan data grab sample akan diolah pada laboratorium Disosemet Pushidrosal yang kemudian akan ditampilkan menggunakan klasifikasi diagram Shepard. *Caris Hips and Sips* merupakan singkatan dari *Computer Aided Resource Information System*, sedangkan *Hips and Sips* merupakan singkatan dari *Hidrographic Integrated Processing System dan Sonar Integrated Processing System*. Adalah *Universal Systems Ltd* merupakan perusahaan yang didirikan pada tahun 1979 di Universitas *New Brunswick Canada* menciptakan perangkat lunak tersebut pada tahun 2000an dan dikenal banyak pengguna. Kemudian baru pada tahun 2016an perangkat lunak *Caris Hips and Sips* dikenal di kalangan industri dan jasa survei di bidang kelautan serta perangkat lunak tersebut dibeli (diakuisisi) oleh perusahaan raksasa *Teledyne* dan berganti nama menjadi *Teledyne Caris Hips and Sips*.

Hingga saat ini perkembangan perangkat lunak tersebut sampai kepada keluaran terbaru versi 11.3 yang di dalamnya sudah mampu tidak hanya mengolah data *Single Beam echosounder*, *Multibeam echosounder* dan *Side-scan Sonar* saja, namun data citra *satellite* dan *Laser scanner* juga dapat dilakukan pemrosesan menggunakan perangkat lunak Teledyne *Caris Hips and Sips* tersebut.

Pengolahan Sedimen

Pelaksanaan pengolahan dan analisa data dilakukan di Lab Subdisraplingla Pushidrosal. Pengolahan ini menggunakan alat-alat sebagai berikut:

1. Contoh sedimen yang diambil pada setiap titik.
2. Timbangan analitik.
3. Oven.
4. Mortar dan Pestle.
5. Ayakan (Sieve shakers).
6. Aluminium foil.

Setelah semua bahan dan alat lengkap, kemudian dilakukan tahapan selanjutnya yaitu meletakkan sedimen pada wadah aluminium foil dengan takaran 100 g pada setiap wadah per titik pengambilan sedimen sebelum dilakukan pengovenan. Langkah berikutnya yaitu melakukan penimbangan kosong pada wadah ukuran sedimen setelah dilakukan pemisahan (pengayakan).

Hal ini dilakukan agar saat penimbangan dapat menghasilkan berat bersih dengan cara mengkurangkan berat isi dikurangkan dengan berat kosong (pada wadah). Saat melakukan timbangan kosong, maka tiap wadah akan dilakukan pencatatan sesuai dengan besaran sedimen sesuai dengan stasiun (titik) pengambilan contoh dasar laut. Langkah-langkah pengolahan sedimen di laboratorium Disosemet sebagai berikut ini:

- a. Pemanasan (Pengovenan). Pemanasan bertujuan untuk memisahkan kandungan air laut yang ada pada sedimen.
- b. Perendaman dan Penyaringan Basah. Setelah dilakukan pengovenan selama 24 jam, kemudian sedimen dilakukan perendaman menggunakan air tawar hingga gumpalan padat menjadi larut. Tidak ada batasan waktu pada saat melakukan perendaman sedimen. Hal ini dilakukan agar saat melakukan penyaringan basah, sedimen akan saling terpisah antar partikel satu dengan yang lainnya, cara ini memudahkan dalam proses penyaringan.
- c. Pengayakan Basah. Setelah dilakukan perendaman hingga larut, maka proses selanjutnya adalah melakukan pengayakan basah. Susunan ayakan sesuai ukuran sedimen yaitu -2ϕ – (-1ϕ) adalah kerikil, 0ϕ – 3ϕ adalah pasir, 4ϕ adalah lanau, dan $\geq 5\phi$ adalah lempung. Proses pengayakan dilakukan dengan cara menuang sedimen dari susunan paling atas pada ayakan (ukuran -2ϕ), kemudian disiram menggunakan air tawar, dengan tujuan agar

sedimen larut dan turun ke saringan di bawahnya. Sedimen tersebut akan menyangkut pada ukurannya masing masing sesuai diameter sedimen hingga mencapai Wadah ayakan yang paling bawah (berukuran 5 φ).

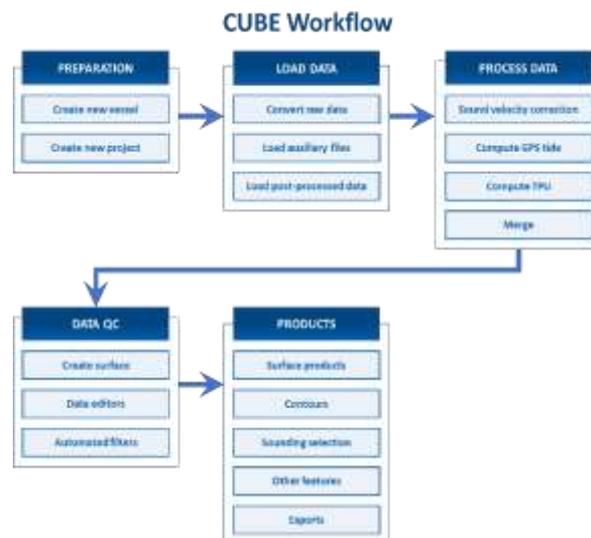
d. Timbangan Sedimen. Persetase berat sedimen terukur adalah sebagai berikut:

$$\frac{\text{Hasil timbang butir sedimen tiap ukuran (g)}}{\text{Jumlah akumulasi seluruh jenis sedimen (g)}} \times 100$$

.....(10)

Pengolahan Data Batimetri

Saat melakukan ekstraksi *backscatter* untuk klasifikasi dasar perairan, perlu dilakukan pengolahan data *Multibeam echosounder* terlebih dahulu. Diagram pengolahan data batimetri *Multibeam echosounder* (lihat gambar 6).



Gambar 7. Diagram Alir Pengolahan Batimetri dengan *base surface* CUBE (sumber: *manual book of Caris Hips Sips 9.0*)

a. Langkah pertama adalah pembuatan kapal (*create vessel*) dimana pada vessel ini di dalamnya terdapat informasi berupa dimensi kapal (panjang, lebar, tinggi, dan kedudukan *water line* terhadap *transducer*), peralatan akuisisi, tanggal, dan nilai *patch test* (*pitch, roll, dan yaw*).

b. Pengolahan batimetri *Multibeam echosounder* pada perangkat *Caris Hips Sips* langkah ke dua adalah pembuatan proyek baru (*create new project*) terdiri dari tanggal dalam *julian day*, *vessel*, dan pemilihan zona.

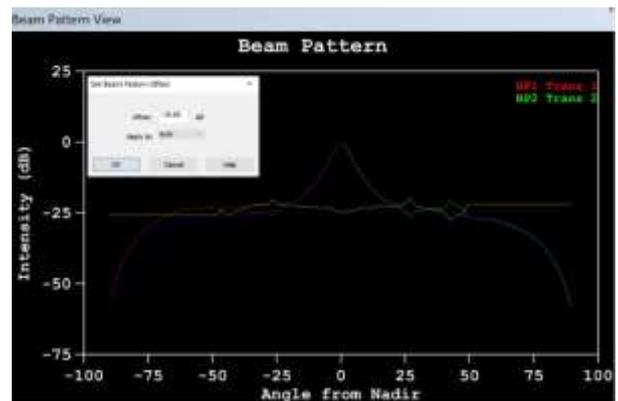
c. Langkah ke tiga adalah *convert raw data*, yaitu semua bentuk raw data batimetri (ekstensi file *.all, *.pds, *.xhf, *.pfd, etc) akan dirubah menggunakan *convert to wizard* menjadi file berekstensi *.hips dengan dikombinasikan informasi yang berada pada vessel sehingga hasil *convert data batimetri* memiliki keterangan yang lengkap. Setelah file batimetri dibuka pada *software Caris Hips Sips*, maka dilakukan koreksi pasang surut (*tide correction*) dan koreksi SV.

d. Langkah ke empat adalah membuat permukaan baru (*new surface*) batimetri menggunakan *Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator* (CUBE) dengan ukuran *gridding* sebesar 1 X 1 m dan melakukan proses *Compute Total Propagated Uncertainty* (TPU).

Pengolahan *Backscatter* Untuk Klasifikasi Dasar Perairan

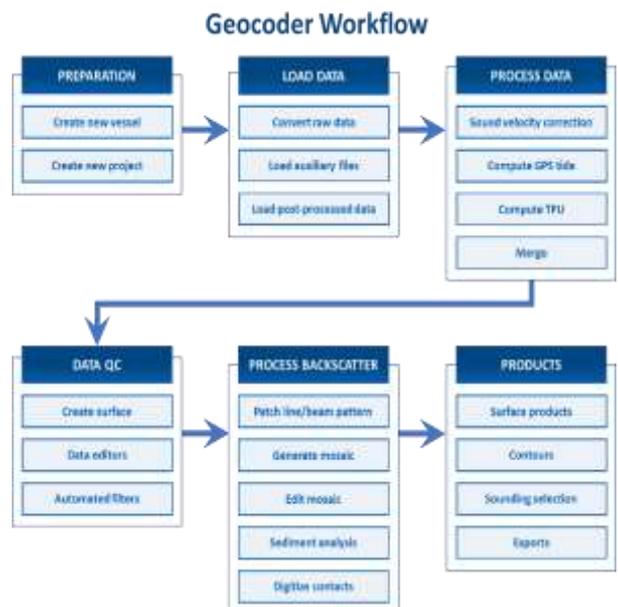
Proses ekstraksi *backscatter* dilakukan saat data batimetri dalam keadaan baik (data batimetri sudah diolah), sehingga pada gambar 7 langkah dimulai dari proses *backscatter* setelah tahap data QC. Langkah pertama adalah melakukan analisa sedimen pada data batimetri. Hal ini dilakukan untuk menganalisis jenis sedimen dari data batimetri. Dari hasil analisa sedimen, maka akan didapat perupa tabel ukuran sedimen dan klasifikasi sesuai dengan pengelompokan warna tiap sedimen. Dari

tools Grain Size Table juga dapat dilakukan *adjustment* nilai intensitas sedimen apabila terjadi ketidak sesuaian nilai intensitas dari hasil ekstraksi dengan mengatur sudut pancaran model beam yang disesuaikan dengan model rekomendasi dari *software Caris Hips and Sips* seperti terlihat pada gambar 7).



Gambar 8. Model *beam pattern* (sumber: hasil pengolahan peneliti, 2023)

Langkah kedua adalah *create beam pattern* (buat pola *beam*), hal ini bertujuan untuk menghitung pola (bentuk) beam dari *Multibeam echosounder*.



Gambar 9. Diagram alir pengolahan data *backscatter* (sumber: *manual book of Caris Hips Sips*)

Hasil dan Analisis Data

Batimetri

Hasil batimetri area penelitian merupakan hasil pengukuran *Multibeam echosounder* yang telah terkoreksi terhadap pengaruh *pitch*, *roll*, dan *heave* sehingga dapat langsung ditampilkan hasilnya dengan baik. Hasil *Multibeam echosounder* ini juga telah terkoreksi SV dan pasang surut. Pada *software* juga mampu melakukan *Quality Control* (QC) dengan memvalidasi lajur utama dengan lajur silang kemudian dilakukan analisis perbedaan kedalaman antara keduanya.

Hasil analisis lajur silang dengan lajur utama menunjukkan bahwa pengukuran kedalaman masuk kedalam orde khusus dengan total 100%, hal ini memenuhi

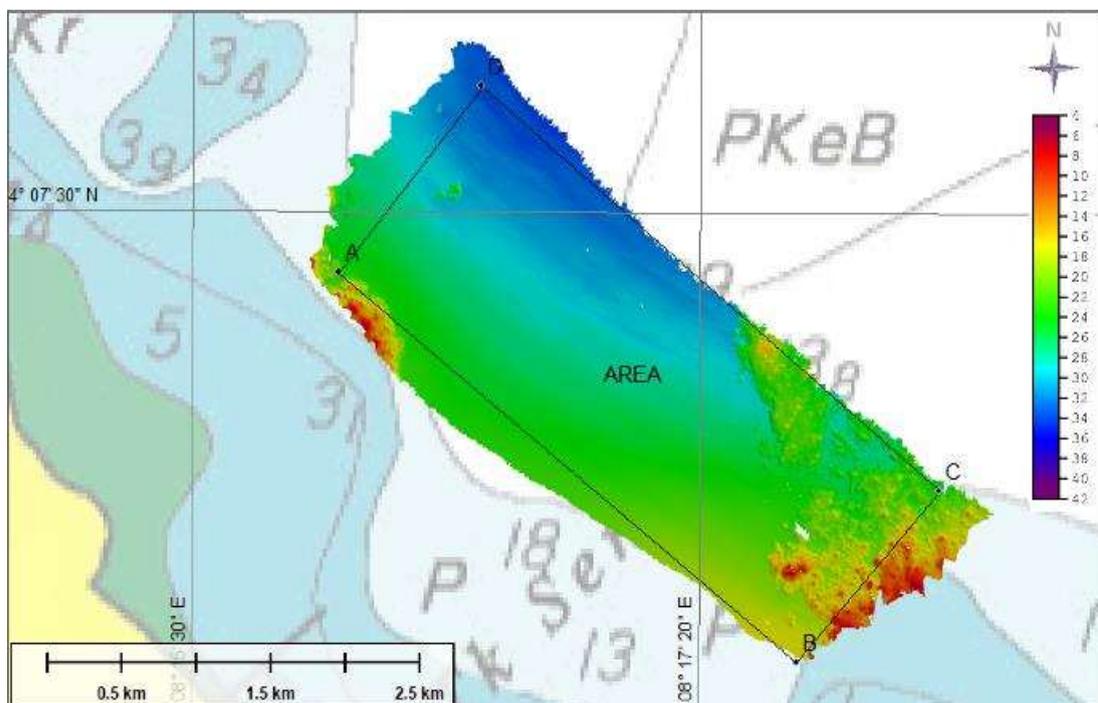
standar minimum S44-IHO edisi ke-5 tahun 2008 tentang persyaratan survei alur pelayaran dan kedalaman kritis.

Hasil QC batimetri area penelitian:

```
Number of nodes processed: 10216492
Number of nodes populated: 10208097 (99.92%)
Number of holidays detected: 41
IHO S-44 Special Order:
  Range: 0.000 to 100.000
  Number of nodes considered: 10208097
  Number of nodes within: 10208097 (100.00%)
  Residual mean: -0.187
S-44 Order 1a:
  Range: 0.000 to 100.000
  Number of nodes considered: 10208097
  Number of nodes within: 10208097 (100.00%)
  Residual mean: -0.473
S-44 Order 1b:
  Range: 0.000 to 100.000
  Number of nodes considered: 10208097
  Number of nodes within: 10208097 (100.00%)
  Residual mean: -0.473
```

(sumber: hasil pengolahan peneliti, 2023)

Pengolahan batimetri dilakukan dengan menggunakan *surface CUBE* sehingga menghasilkan bentuk topografi bawah laut yang baik dan dapat menginterpretasikan topografi bawah laut secara detail dengan ukuran pixel 1 x 1 m. Hasil batimetri lihat gambar 8.



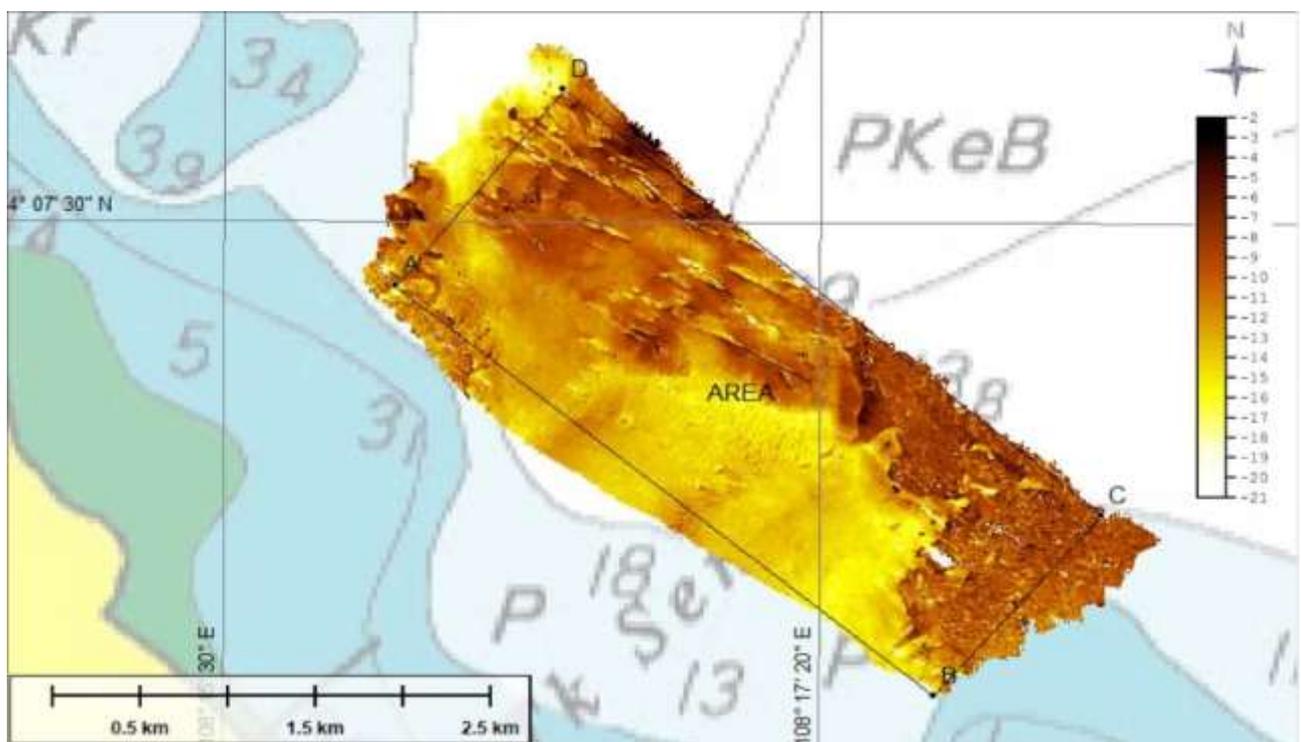
Gambar 10. Hasil Batimetri di Area Penelitian colored by depth (m)
(sumber: hasil pengolahan data peneliti, 2023)

Gambar 8 merupakan hasil *base surface* pengolahan batimetri menggunakan CUBE dengan resolusi sebesar 1 m dengan skala warna merah adalah kedalaman 12 – 18 m, warna oranye adalah kedalaman 18 – 24 m, warna kuning kedalaman 24 – 26 m, warna hijau adalah kedalaman 26 – 36 m, warna biru muda kedalaman 36 – 42 m, warna biru tua kedalaman 42 – 50 m, dan

warna ungu kedalaman 50 – 54 m. Rentan kedalaman area penelitian berkisar antara 4 – 42 m.

Data Backscatter

Hasil proses *Georeferenced Backscatter Raster* (GeoBaR) dari hasil ekstraksi data batimetri *Multibeam echosounder* terlihat pada gambar 13.



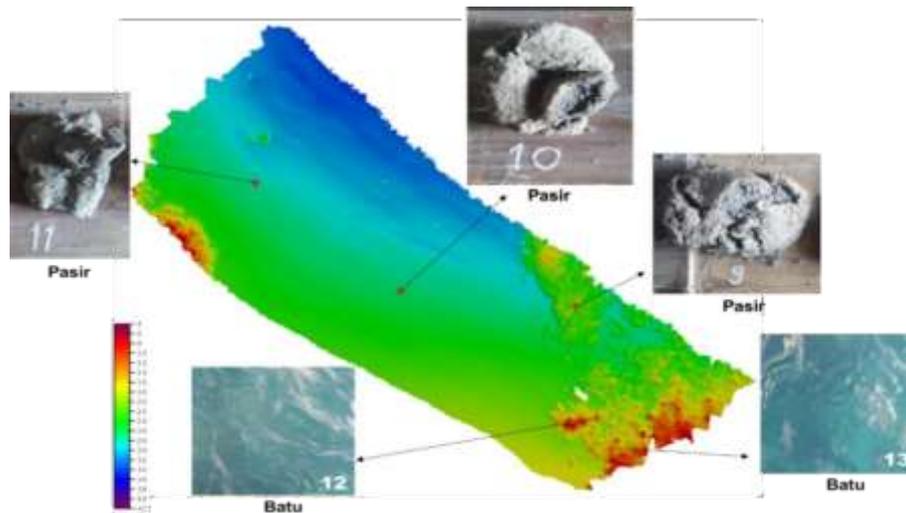
Gambar 11. Hasil GeoBaR *surface colored by intensity* (dB)
(sumber: hasil pengolahan data peneliti, 2023)

Pengolahan data *backscatter* pada penelitian ini menggunakan format *time series data*. Tampilan yang ditunjukkan dari format *time series* sangat kasar dikarenakan format ini memiliki nilai intensitas yang sangat banyak. Sedangkan pada format *beam average*, ditunjukkan tampilannya

lebih halus dikarenakan hanya menghasilkan satu nilai intensitas tiap *beam*.

Pengolahan Sedimen

Dari proses pengayakan dan timbangan tiap titik pengambilan sedimen, maka hasil komulatif presentase sebagai berikut (lihat gambar 13).



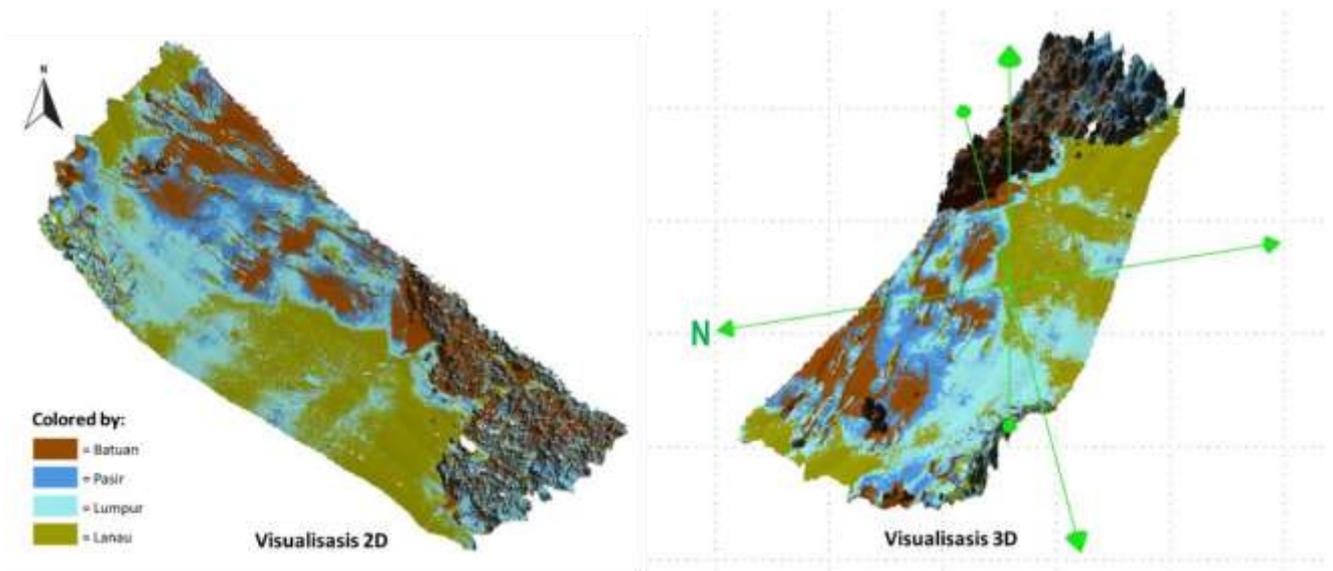
Gambar 12. Hasil pengambilan *grab sampler* di area survei (sumber: data Pushidrosal, 2023)

Dari hasil pengeplotan data *grab sample*, posisi yang masuk dalam area batimetri hanya *grab sample* dengan nomer titik 9, 5, 10, 12, dan 13. Untuk *grab sample* yang tidak masuk area batimetri tidak dapat dijadikan sebagai pembandingan. Perhitungan hasil jenis sedimen juga dilakukan menggunakan pengeplotan pada segitiga Shepard.

Secara keseluruhan didapat hasil sedimen menunjukkan jenis dasar perairan di area penelitian sangat didominasi oleh pasir dan lanau, dimana prosentase pasir mencapai 72.34%, lanau 9.91%, kerikil 8.24%, dan lempung 9.49%. Dengan penimbangan berat rerata masing-masing material masing-masing pertitik 100 gr dari total keseluruhan material *grab sample* 1300 gr (pada 13 titik).

Perbandingan Data dan klasifikasi sedimen (seabed classification)

Analisa hasil pengolahan intensitas akustik hambur balik menggunakan metode *Angular Response Analysis (ARA)* di 5 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. Faktor dominan yang mempengaruhi yaitu adanya arus yang membawa (mendorong) material sedimen pada suatu perairan. Jenis dasar laut yang bersubstrat kasar menunjukkan arus pada area tersebut me miliki kecepatan yang lebih besar dibandingkan dengan area dangkal yang didominasi oleh substrat sedimen berjenis lanau dan lumpur. Dari nilai intensitas yang telah didapat dari hasil pengolahan ekstraksi *backscatter* menggunakan data *Multibeam echosounder*, maka dapat dilakukan pengeplotan hasil *backscatter* menggunakan klasifikasi berdasarkan nilai intensitas dan jenisnya (lihat Gambar 14).



Gambar 13. Interpretasi zonasi jenis dasar perairan *colored by sediment (classification)*

Hasil klasifikasi tipe sedimen (gambar 14) terlihat bahwa tipe sedimen pasir dan lanau mendominasi area penelitian sepanjang ± 14 km. Untuk tipe sedimen pasir dan lanau terdapat pada area yang dangkal, dimana area tersebut menjadi berkumpulnya dominasi lanau, sedangkan sedimen pasir terdapat di tengah-tengah area yang lebih dalam, hal ini dikarenakan kecepatan aliran sungai dan debit air yang tinggi mampu membawa butiran sedimen berukuran besar dan kasar (Purbani et al.

2010). Untuk memudahkan itepretasi maka dapat dilakukan pengeplotan secara menyeluruh dengan memberikan label identitas klasifikasi jenis sedimen berdasarkan warna menggunakan *Caris Hips and Sips*, hal ini akan memudahkan pengidentitasan suatu dasar laut.

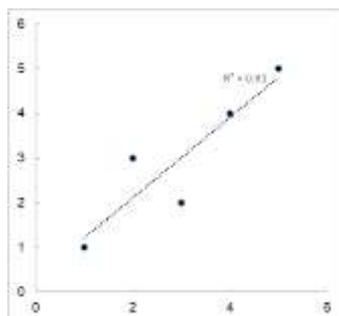
Dari hasil ekstraksi *backscatter* maka dapat ditampilkan kedalam Tabel 5 Nilai intensitasnya didapat dari hasil hitung sesuai dengan persamaan 7 dan 9 dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Jenis Sedimen Vs Intensitas Hamburg Balik

Titik	Posisi	Kedalaman (m)	Tipe Sedimen (Shepard)	Nilai Intensity (dB)	Diameter Sedimen		Tipe Sedimen (Wentworth, 1992)
					(φ)	(mm)	
St.9	4° 06' 55.1988" N 108° 17' 34.8339" E	18.7	Pasir	-11.310	0.70	0.61	Pasir Kasar (<i>coarse sand</i>)
St.10	4° 07' 21.6546" N 108° 16' 25.3144" E	24.9	Pasir	-15.954	2.42	0.19	Pasir halus (<i>fine sand</i>)
St.11	4° 06' 54.0336" N 4° 06' 54.0336" N	26	Pasir	-10.857	0.54	0.69	Pasir Kasar (<i>coarse sand</i>)
St.12	4° 06' 15.8230" N 108° 17' 39.8707" E	7.9	Batu	-3.699	2.10	4.30	Kerikil (<i>pebble</i>)
St.13	4° 06' 09.6346" N 108° 17' 49.1831" E	15.5	Batu	-4.168	-1.9	3.81	Butiran (<i>granule</i>)

(sumber: hasil pengolahan peneliti, 2023)

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil *grab sample* hasil perhitungan pengeplotan pada diagram segitiga shepard dengan hasil kalkulasi perhitungan formulasi nilai intensity memiliki kesesuaian (hubungan sangat kuat) data hingga mendapatkan nilai korelasi koefisien sebesar $R^2 = 0.81$. Hasil perbandingan diagram segitiga shepard dengan perhitungan formulasi nilai *intensity* tersaji pada gambar 14.



Gambar 14. Grafik korelasi koefisien sedimen fisis dengan hasil hitung nilai intensity. (sumber: hasil pengolahan data peneliti, 2023)

Besaran nilai intensitas dengan besaran diameter sedimen, ukuran tersebut didapat dari lebarnya ukuran ayakan pada saat proses pemisahan *grab sample*. Sebagai studi literatur, penelitian tentang klasifikasi tipe sedimen dasar perairan dengan metode hidro-akustik telah banyak dilakukan baik di Indonesia maupun di luar negeri, seperti oleh Manik et al. (2006) dengan menggunakan program Echoview dan Matlab di Samudra Hindia, Kagesten (2008) menggunakan alat *Multibeam echosounder Kongsberg EM3002D* di Storgrundet Teluk Bosnia, Pujiyati et al.

(2008) dengan program Echoview EP500 di Perairan Laut Jawa, Harahap et al. (2010) menggunakan *Multibeam echosounder*

Kongsberg EM3000 di Selat Malaka. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penelitian mengenai nilai *Backscatter Strength* (BS) Dasar Perairan (*state of the art*)

No	Peneliti	Lokasi	Instrumen/Software	Nilai BS [dB]
1	Manik et al. (2006)	Samudera Hindia	<i>Quantitative Echosounder/ Echoview & Matlab (120 kHz)</i>	Pasir : -18.30 Lumpur berpasir : -23.40 Lumpur : -31.00
2	Kagesten (2008)	Storgrundet Teluk Bosnia	<i>Kongsberg EM3002D/ Poseidon & QTC (300 kHz)</i>	Pasir : -14.10 Lumpur : -17.40 Lempung : -25.00
3	Pujiyati et al. (2010)	Perairan Kep. Seribu	<i>Split beam EY-60 / Echoview versi 4.0 (120 kHz)</i>	Pasir : -15.13 Lumpur berpasir : -17.30
4	Harahap et al. (2010)	Selat Malaka	<i>Kongsberg EM3000 / Matlab (300 kHz)</i>	Pasir : -19.19 Lumpur berpasir : -21.89 Lumpur : -26.96
5	Anang (2016)	Sungai Kapuas	<i>Kongsberg EM2040C/ Caris Hips & Sips (300 kHz)</i>	Pasir : -19.15 Lumpur berpasir : -22.07 Lumpur : -25.83
6	Penelitian ini (2016)	Perairan Natuna	<i>Kongsberg EM2040C/ Caris Hips & Sips (300 kHz)</i>	Pasir : -15.954 Kerikil : - Batu : -3.699

(sumber: Anang, 2016)

Berdasarkan perbandingan penelitian Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil penelitian ini, memiliki nilai *intensity* kesamaan nilai *backscatter strength* (dB) dengan hasil Pujiyati et al. (2010). Hal ini dimungkinkan karena penelitian ini sama-sama dilakukan di perairan Indonesia. Namun bila hasil penelitian ini dibandingkan dengan penelitian Kagesten (2008) dan Harahap et al. (2010) yang memiliki frekuensi sama yaitu 300 kHz, dapat dilihat nilai *intensity*

backscatter yang dihasilkan masih memiliki perbedaan ± 1 sampai 4 dB. Perbedaan nilai *intensity backscatter* ini dapat terjadi karena perbedaan karakteristik dari suatu perairan. Penelitian ini dilakukan di perairan Indonesia, sedangkan Kagesten melakukan penelitiannya di *Storgrundet*, Teluk Bosnia. Hal tersebut dipengaruhi oleh perbedaan kondisi salinitas, densitas, kecepatan suara, tekanan, dan kedalaman lokasi penelitian (Anang, 2016).

Apabila penelitian ini dibandingkan dengan Manik et al. (2006) dan Pujiyati et al. (2010) pada lokasi penelitian sama di perairan Indonesia, ada perbedaan sedikit nilai BS yang berbeda. Hal ini dimungkinkan karena adanya perbedaan frekuensi (120 kHz) dan panjang gelombang dari *Multibeam echosounder* yang digunakan pada saat pengambilan data. Selain itu juga *software* yang digunakan juga akan mempengaruhi hasil pengolahan data karena setiap *software* menggunakan algoritma yang berbeda. Namun penggunaan *Multibeam echosounder* harus tetap disesuaikan spesifikasinya dengan kondisi lokasi dan objek penelitian. Walaupun nilai hambur balik yang dihasilkan berbeda, akan tetapi polanya tetap sama. Semakin kecil dan halus ukuran butir tipe sedimen, maka nilai hambur balik akustiknya akan semakin lemah (Anang, 2016).

PENUTUP

- a. Hasil Ekstraksi akustik hambur balik dari data *Multibeam echosounder* mampu menghasilkan data intensitas akustik dari jenis substrat dasar laut menjadi klasifikasi jenis sedimen. Nilai intensitas ini yang dapat diterjemahkan menjadi besaran sedimen sesuai jenis dan ukurannya (*size*).
- b. Nilai intensitas yang didapat dari ekstraksi *backscatter* menggunakan data

Multibeam echosounder untuk jenis sedimen pasir sebesar -15 sampai -10 dB pada kedalaman kurang dari 30 m dan batu (karang) sebesar -4 sampai -3 dB pada kedalaman kurang dari 20 m.

- c. Ukuran butir dari besaran substrat dasar laut dapat diinterpretasikan dengan hasil pengolahan sedimen dari *grab samples* dengan pasir sebesar $\pm 0.70 \phi$ (0.61 mm) dan batu (karang) sebesar $> -1.9 \phi$ (4.30 mm).

Penulis juga menyarankan beberapa poin untuk menjadi pertimbangan kedepannya.

- a. Ekstraksi nilai hambur balik agar digunakan pada saat melakukan survei menggunakan *Multibeam echosounder*, hal ini bertujuan untuk melengkapi informasi lebih detail tentang jenis dasar laut.
- b. Pengambilan data *grab sample* (in-situ) agar lebih diperbanyak untuk kualitas *ground check* (*ground truth*) untuk memperkuat tingkat kepercayaan hasil ekstraksi klasifikasi dasar perairan.

Daftar Pustaka

- Anang PA. 2016. *Optimalisasi Pemanfaatan Data Multibeam Batimetri dan Mosaik Backscatter Untuk Klasifikasi Tipe Sedimen* [Tesis]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Supartono B. 2013. *Pengukuran Acoustic Backscatter Strength Dasar Perairan Dengan Instrumen Single dan Multi Beam Echo Sounder* [Tesis]. Bogor. Institut Pertanian Bogor.

- Chanchal D, Chakraborty B. 2011. *Model-Based Acoustic Remote Sensing of Seafloor Characteristics*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol.49, No. 10 hlm 3868 – 3877.
- CARIS HIPS SIPS 9.0. *Seabed Classification User's Guide*.
- Diaz JVM. 2000. *Analysis of Multibeam Sonar Data for the Characterization of Seafloor Habitats* [Thesis]. The University of New Brunswick.
- Djunarsjah E., Poerbandono. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Hutabarat S, Evans SM. 2008. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta, UI Press.
- IHO. 2008. *Special Publication S44 5th Edition*, November 2008.
- Lurton X. 2002. *An Introduction to Underwater Acoustic*. Chichester, UK. Praxis Publishing.
- Maheswara R. 2013. *Pemanfaatan Backscatter Multibeam*. Jurnal geodesi. UNDIP.
- Poerbandono. 2015. *Training on Seabed Classification and Multibeam Survey*. EAHC, Bandung.
- Rangga S. 2012. *Identifikasi Nilai Amplitude Sedimen dasar laut pada perairan dangkal menggunakan MBES*. UNDIP.
- Sumantri I. 2015. *Akustik Bawah Air*. Program Matakuliah S1 Hidrografi. STTAL.
- Shepard FP. 1954. *Nomenclature based on sand-silt-clay ratios*: Journal of Sedimentary Petrology, v. 24, p. 151 - 158.
- Thurman HV. 1993. *Essential of Oceanography*, Fourth Edition, Chichester, West Sussex, England. John Wiley & Sons Ltd.
- Urick RJ. 1983. *Principles of Underwater Sound*, 3rd ed. New York. Mc-Graw-Hill.
- www.dishidros.go.id/sejarah/ [akses tanggal: 16 Mei 2016].
- www.dishidros.go.id/fisimisi/ [diakses tanggal: 16 Mei 2016].
- <http://www.kc-denmark.dk/> [diakses tanggal: 18 September 2016].
- <http://www.shipmotion.se/imu.html> [diakses tanggal: 18 September 2016]
- www.amloceanographic.com [akses tanggal: 18 September 2016]
- www.marinelink.com [akses tanggal: 18 September 2016]