

ANALISA PROFIL DASAR LAUT DAN KARAKTERISTIK SEDIMEN MENGUNAKAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER DI PERAIRAN JAKARTA

ANALYSIS OF SEAFLOOR PROFILE AND SEDIMENT CHARACTERISTICS USING MULTIBEAM ECHOSOUNDER IN THE WATERS OF JAKARTA

Nuki Widi Asmoro^{1*}, Henry Munandar Manik², Choirul Umam¹, Ferian Azhari¹, Widodo Setiyo Pranowo^{1,3}, Muhammad Azis Kurniawan¹, Johar Setiyadi^{1,4}, Andi Exyas Prihantoro⁵

¹ Prodi Magister Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) Jl Ganesha no 1 Kodamar DKI Jakarta 14240

² Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan FPIK IPB Jl. Raya Dramaga Bogor Jawa Barat 16680

³ Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Jl MH Thamrin no 8 DKI Jakarta 10340

⁴ Program Doktor Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya 60111

⁵ Sekolah Staff dan Komando Angkatan Laut (SESKOAL) DKI Jakarta 12230

*Email: nukiasmoro@gmail.com

Diterima : 08-07-2023 , Disetujui : 25-03-2024

ABSTRAK

Profil dan karakteristik sedimen dasar laut menjadi informasi penting dalam kegiatan pengerukan alur Pelabuhan. Dasar sedimen yang bervariasi dan area pengerukan yang luas harus dapat dipetakan, serta dianalisa secara tepat agar memudahkan kegiatan pengerukan. Teknologi *multibeam echosounder* (*MBES*) dapat digunakan untuk mendeteksi kedalaman dan merekam data pantulan dasar laut, yang kemudian diproses menjadi mozaik pantulan sehingga membantu mengidentifikasi jenis dan morfologi dasar laut. Penelitian ini dilaksanakan di alur Pelabuhan Rukindo perairan Jakarta yang merupakan ordo khusus dengan kedalaman bervariasi. Penelitian ini dilakukan menggunakan data in situ *MBES* dengan menganalisis nilai hamburan balik (*backscatter*) metode *Angular Range Analysis* dan *Sediment Analysis Tools (ARA&SAT)* dimana hubungan hamburan balik sangat erat dengan ukuran butiran sedimen. Validasi dilaksanakan dengan pengambilan sedimen, menggunakan *grab sample* sebanyak 12 titik di area penelitian, kemudian melaksanakan pengujian contoh sedimen di laboratorium untuk menghasilkan klasifikasi sedimen skala *wentworth*. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran hasil pengujian sedimen dengan nilai *backscatter MBES* dan hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengklasifikasian sedimen halus berdasarkan nilai *backscatter* di laut Jakarta. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai

intensitas sedimen dari *backscatter MBES* antara -15 db s.d -30 db dengan 3 klasifikasi sedimen yang didominasi oleh sedimen pasir halus. Berdasarkan nilai *backscatter MBES* diharapkan diketahui klasifikasi jenis sedimen sehingga berkontribusi untuk perencanaan pengerukan alur pelabuhan terkait dengan jenis substrat bawah laut sehingga kegiatan pengerukan dapat dilakukan dengan aman dan efektif.

Kata kunci: Profil Dasar Laut, Karakteristik, Sedimen, *Backscatter*, *Multibeam echosounder*

ABSTRACT

The research focused on analyzing seafloor sediments in the Rukindo Port channel, Jakarta's waters, to facilitate dredging activities. Multibeam echosounder technology was employed to map seafloor depths and backscatter data, which helped identify sediment types and morphology. The study used Angular Range Analysis and Sediment Analysis Tools (ARA&SAT) to examine backscatter values related to sediment grain size. Validation involved collecting sediment samples at 12 points in the study area and classifying them in the laboratory based on the Wentworth scale. This unique research aimed to classify fine sediments using backscatter values in the Jakarta Sea, providing valuable insights for dredging planning. Results indicated predominantly fine sand sediments with backscatter values ranging from -15 dB to -30 dB. Utilizing these backscatter values can contribute to safer and more effective dredging operations by considering the underwater substrate type. This study marks a significant step in sediment classification based on backscatter values in the region.

Keyword: *Seafloor Profile, Characteristics, Sediment, Backscatter, Multibeam echosounder*

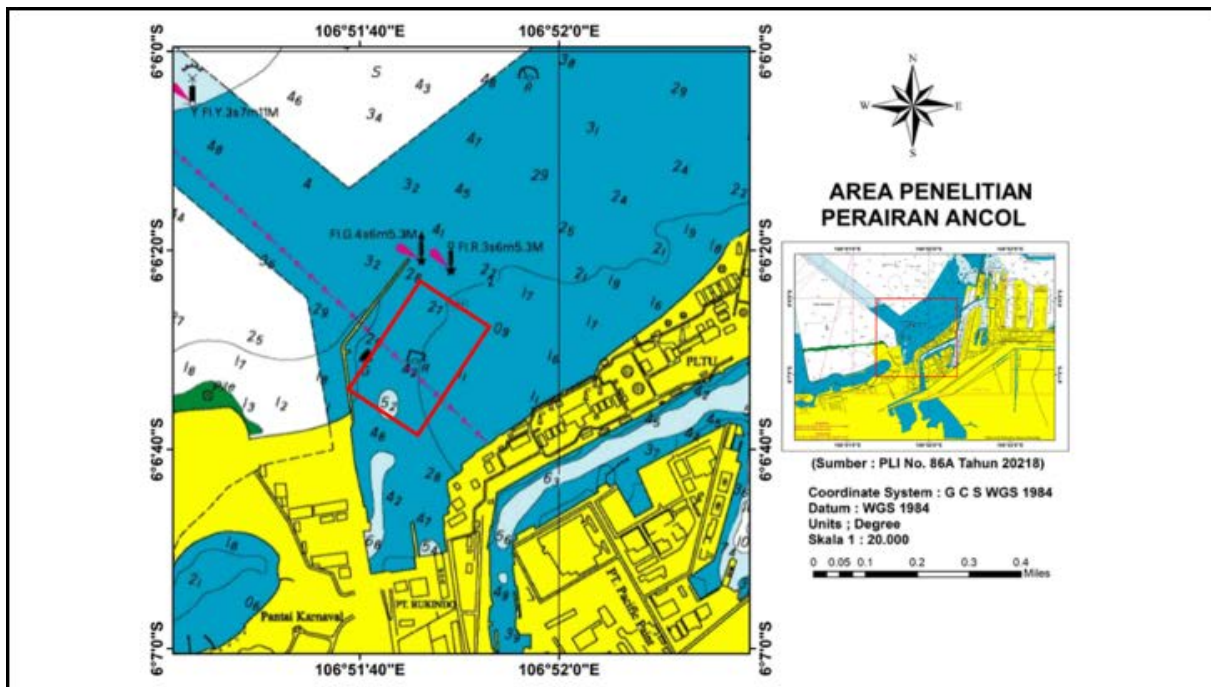
PENDAHULUAN

Profil dasar laut adalah fitur dan karakteristik fisik dari dasar laut, termasuk kedalaman, topografi, dan komposisi laut (NOAA, 2020). Sedimen merupakan bagian fitur dan karakteristik dasar laut. Sedimen secara umum didefinisikan material yang terbawa arus sungai yang airnya sampai muara akan diendapkan di dasar laut (Yani, dkk., 2020), menurut (Gross, 1990 dalam Yani, dkk., 2020) sedimen secara sederhana yaitu bahan yang diendapkan, sedimen umumnya mencakup partikel mineral seperti pasir, debu halus, dan lempung, serta bahan organik dari tumbuhan dan hewan mati. Keberadaan sedimen mencakup sekitar dua pertiga permukaan bumi, ketebalan dan karakteristik fisik, kimia, biologi dari sedimen atau batuan terbentuk oleh lingkungan geologis, kondisi sedimen bervariasi secara signifikan di tiap tempat (Hesse & Schacht, 2011). Pola struktur sedimen berada mulai dari wilayah kontinental hingga laut dalam (Rajput & Thakur, 2016), lokasi pengendapan sedimen berada di sungai, muara, delta, *estuary*, laut dangkal hingga laut dalam menurut (Pettijohn, 1975) dalam buku (Hutabarat & Evans, 2000)

Kegiatan pengerukan adalah proses penggalian dan pengangkatan sedimen pelabuhan. Proses ini biasanya dilakukan menggunakan kapal khusus yang disebut *dredger*, yang menghisap sedimen dari dasar perairan dan memompanya ke lokasi lain untuk dibuang atau digunakan kembali (IADC, 2020), sebelum pengerukan pada umumnya akan dilaksanakan analisa jenis sedimen

untuk menentukan rencana dan desain pengerukan. Cara efektif untuk menganalisa jenis sedimen yaitu menggunakan *multibeam echosounder (MBES)*. *MBES* merekam kedalaman air (batimetri), dimana dari data *MBES* dapat menghasilkan informasi tentang morfologi dasar laut seperti jenis sedimen dasar laut (Craig, dkk., 2019). Teknologi *MBES* pada dasarnya dirancang untuk mengukur batimetri dasar laut, dengan perkembangan sistem sonar *MBES* sekarang data hamburan balik (*backscatter*) dasar laut dapat direkam dan diproses menjadi *mozaik* (Lurton & Lamarche, 2015).

Penelitian ini dilakukan di alur Pelabuhan Rukindo perairan Ancol Jakarta dimana area tersebut memiliki alur pelayaran untuk keluar masuk kapal, kondisi kedalaman di peta berkisar 2 s.d 5 meter. Pendekatan yang digunakan untuk menganalisis jenis sedimen adalah hubungan antara sudut datang gelombang akustik dan pantulan yang diterima, yang disebut Analisis Rentang Sudut (*Angular Range Analysis/ARA*) (Fonseca, 2009). Metode *ARA* dipilih karena memiliki resolusi sudut yang tinggi dan metode ini dapat memperoleh informasi lengkap tentang nilai pantulan sepanjang sudut proses pemancaran sinyal (Fonseca & Mayer, 2007). *ARA* akan menghasilkan nilai pantulan dari dasar laut (Hasan, dkk., 2014). Pantulan harus dipisahkan berdasarkan intensitasnya (Fahrulian, dkk., 2016). Sedangkan *sediment tools analysis (SAT)* menurut (Jayanto, dkk., 2021) ini digunakan untuk melengkapi proses pembuatan mosaik hambur balik akustik, menggunakan kurva model pendekatan jenis dasar laut berasal dari nilai intensitasnya terhadap respon



Gambar 1. Peta lokasi survei multibeam (Peta Laut No 85 A dari Pushidrosal)

sudut pancaran (*angle of incidence*). Validasi sedimen dilakukan dengan pengambilan sampel sedimen menggunakan *grab sampler* sebanyak 12 titik di area penelitian, kemudian dilaksanakan pengujian di laboratorium untuk mendapatkan klasifikasi sedimen sesuai skala Wentworth.

Penelitian menggunakan data primer yaitu melakukan pengambilan data secara langsung, penelitian ini bertujuan memberikan gambaran hasil pengujian sedimen dengan nilai *Backscatter MBES* dan hasil penelitian ini diharapkan menjadi dasar pengklasifikasian sedimen halus berdasarkan nilai *backscatter* di laut Jakarta yang selama ini belum pernah dilakukan. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai intensitas sedimen dari *backscatter MBES* antara -15 db s.d -30 db dengan 3 klasifikasi sedimen yang didominasi oleh sedimen pasir halus. Berdasarkan nilai *backscatter MBES* diharapkan diketahui klasifikasi jenis sedimen sehingga berkontribusi dalam informasi perencanaan pengerukan alur pelabuhan terkait dengan jenis substrat bawah laut sehingga kegiatan pengerukan dapat dilakukan dengan aman dan efektif.

METODE

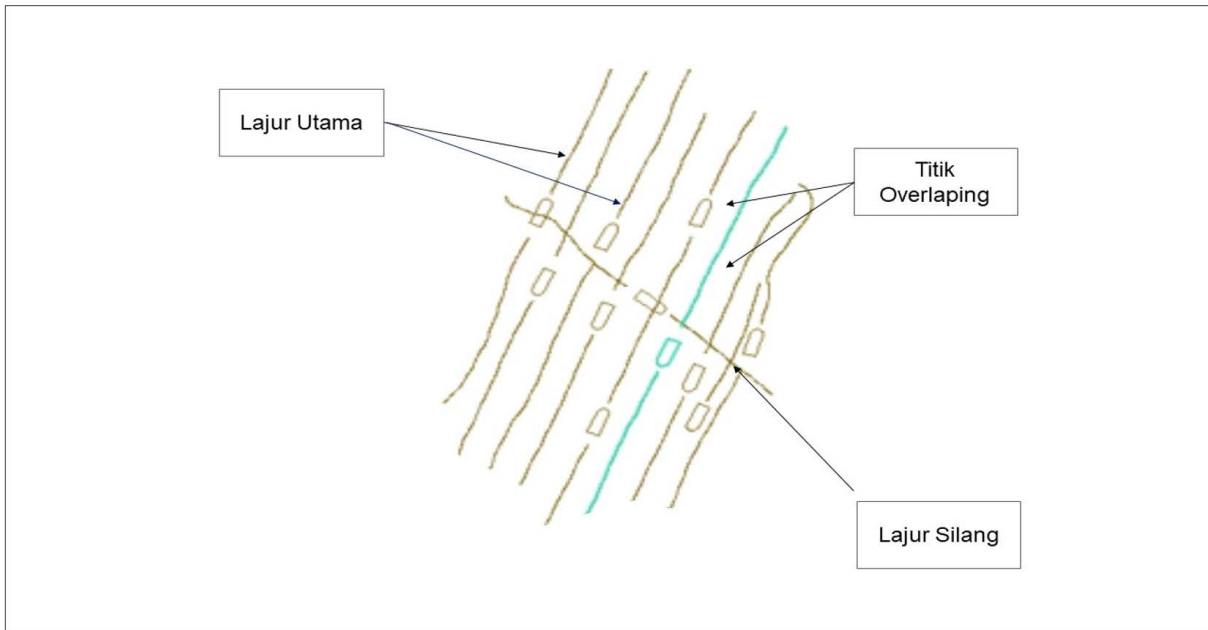
Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di alur Pelabuhan Rukindo, yang terletak di perairan Ancol Jakarta Utara. Area penelitian memiliki kedalaman berkisar 2 s.d 5 meter dengan posisi geografis terlihat (gambar 1). Rukindo adalah termasuk Kawasan perairan Jakarta utara yang dekat dengan Taman Impian Jaya Ancol, memiliki aktifitas pelayaran tinggi (Erdian, dkk., 2017). Pertimbangan utama dalam memilih lokasi ini, perairan Ancol memiliki pelabuhan untuk bersandar kapal-kapal dalam kepentingan perbaikan/perawatan teknis sehingga sangat dibutuhkan pemeliharaan alur untuk keamanan

pelayaran. Menurut Taohid, dkk (2017) perairan Ancol terjadi sedimentasi karena langsung menghadap laut Jawa dan banyaknya bangunan Pantai di wilayah tersebut.

Pengambilan data MBES

Lokasi pengambilan data bertempat di Perairan Teluk Jakarta – Ancol, DKI Jakarta (Gambar 1). Data primer yang diperoleh dari *software* akuisisi Teledyne PDS (format raw data *.pds). Data koreksi meliputi data *conductivity temperature and depth (CTD)*, data pasang-surut dan data catatan (*log book*) seperti rincian dimensi kapal/wahana survei dan konfigurasi *offset MBES*. Peralatan untuk survei antara lain *Multibeam Reson Seabat Teledyne T20*, sistem posisi *Differential Global Positioning System (DGPS)* Sistar, POS MV, *Inertial Motion Unit (IMU)*, *Applanix type 45* dan *Mini SVP Valeport*. Wahana pada proses akuisisi menggunakan kapal latih milik STTAL. Pengambilan data mengikuti rencana survei yang telah ditentukan STTAL. Total lajur *MBES* berjumlah 18 lajur (Gambar 2). Kecepatan survei menggunakan wahana Kapal Latih STTAL berkisar 3-5 knot dengan rata-rata kecepatan 4 knot. Proses survei pemeruman selama 3 hari termasuk pemasangan (*mounting*) seperangkat alat-alat *MBES* dengan akuisisi efektif selama 2 hari, yaitu tanggal 28 dan 29 Desember 2022. Kegiatan survei *MBES* menggunakan datum/ellipsoida WGS-84, proyeksi UTM, skala area survei *MBES* (1: 5000), zona waktu GMT+7 (WIB), zona grid 48S, sistem koordinat geografis dan grid UTM, Sentral meridian 115° T, *scale factor 0,9996*, *false easting 500.000 m*, *false northing 10.000.000 m*. Pengolahan dan pemodelan data *MBES* menggunakan *software Caris Hips and Ships seri 21.3* di laboratorium Hidro-Oceanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL).



Gambar 2. Lajur tracking survei MBES

Pengambilan Grab Sampel Sedimen dan Uji Sedimen Skala Wentworth.

Peralatan lain yang digunakan adalah *grab sampler*; alat ini digunakan untuk mengambil sampel sedimen di area pemeruman yaitu 12 sampel, ditunjukkan pada Gambar 3. Sampel diambil di area yang diduga memiliki nilai intensitas yang berbeda-beda. Semua sampel sedimen dibawa ke laboratorium oseanografi biologi dan geologi Institut Pertanian Bogor (IPB) untuk dilaksanakan pengujian sedimen. Pengujian sampel sedimen berdasarkan skala Wentworth yaitu dengan 12 fraksi sedimen.

Metode klasik ini hingga sekarang masih digunakan

sedimen umum, seperti lempung, serpih, pasir, kerikil, dan batu besar (Wentworth, 1922) dalam penelitian (Hafizh, dkk., 2021)

Skala Wentworth menggambarkan dan membandingkan sedimen berdasarkan distribusi ukuran butir. Contohnya adalah pasir halus-kerikil yaitu jenis batuan sedimen yang terdiri dari butiran berukuran pasir (0,063-2 mm), sedangkan lanau-lempung terdiri dari partikel serpih dan lempung yang jauh lebih kecil (<0,063 mm). Berikut adalah dua belas fraksi ukuran butir untuk menentukan jenis sedimen Gambar 3.



Gambar 3. Proses pengambilan sedimen dan klasifikasi sedimen berdasarkan 12 fraksi ukuran butir berdasarkan skala wentworth .

Fraksi	Ukuran Butir (mm)	Keterangan*
I	>2 mm	Kerikil
II	2-1 mm	Pasir kasar sekali
III	1-0.5 mm	Pasir kasar
IV	0.5-0.25 mm	Pasir sedang
V	0.5-0.125 mm	Pasir halus
VI	0.125-0.063 mm	Pasir halus sekali
VII	0.063-0.02 mm	Lanau kasar
VIII	0.02-0.005 mm	Lanau sedang
IX	0.005-0.002 mm	Lanau halus
X	0.002-0.0005 mm	Lempung kasar
XI	<0.0005 mm	Lempung halus

*Berdasarkan Skala Wentworth (1922)

dalam survei-survei hidrografi dan oseanografi. Skala Wentworth untuk sedimen merupakan metrik yang digunakan untuk mengklasifikasikan ukuran butiran dalam sedimen. Skala ini pertama kali diusulkan oleh Chester K. Wentworth pada tahun 1922. Skala ini didasarkan pada diameter butiran dan berkisar dari sangat halus (kurang dari 1/256 mm) hingga sangat kasar (lebih dari 256 mm). Kelas ukuran dinamai berdasarkan jenis

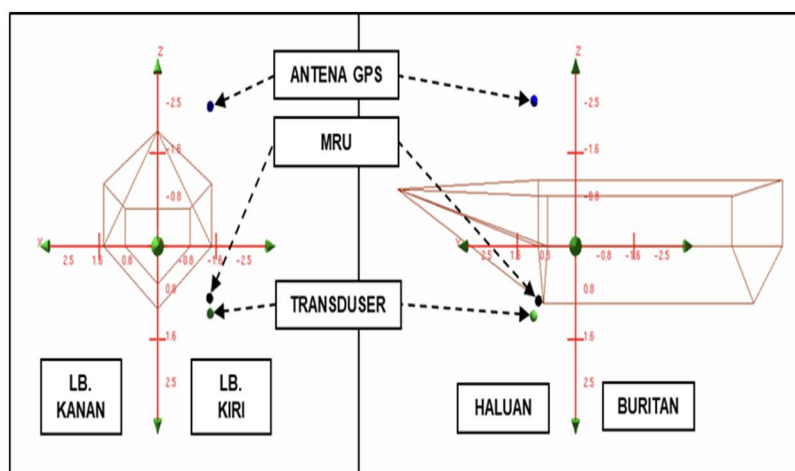
Pengolahan Data Pasang Surut

Pengamatan pasang surut (pasut) dilakukan selama 15 hari, mulai dari tanggal 21 Desember 2022 hingga 5 Januari 2023, oleh Mahasiswa Prodi Hidrografi STTAL. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui pergerakan vertikal air laut secara periodik yang disebabkan oleh pengaruh gravitasi bulan, matahari dan bumi (Triatmodjo, 2012). Kegiatan pengamatan tersebut, didirikan satu

stasiun pasut yaitu di Pantai Indah Ancol dengan koordinat 06° 05' 49" LS 106° 52' 36" BT. Alat yang digunakan untuk pengamatan pasut adalah *Tide Master (Pressure) Valeport 206* dan palem untuk pembacaan secara manual. Pengamatan dilakukan dengan interval waktu satu jam. Pada dasarnya, dalam pengamatan pasut, datum vertikal merupakan nilai ketinggian yang ditentukan dari hasil pengamatan dalam periode waktu tertentu, yang digunakan sebagai referensi untuk menentukan tinggi titik di pantai atau kedalaman titik di laut (Ayuningtyas, 2016; Gill & Schultz, 2001).

Data pasang surut yang telah didapatkan secara langsung kemudian diolah dengan menggunakan metode Admiralty untuk memperoleh nilai MSL (*Mean Sea Level*), LLWL (*Lowest Lower Water Level*), dan HHWL (*Highest High Water Level*). Metode Admiralty melibatkan pengolahan data dengan mempertimbangkan komponen-komponen pasang surut untuk mendapatkan nilai yang diinginkan. Berdasarkan rumus yang digunakan oleh (Ongkosongo, 1989) adalah sebagai berikut:

- a. $MSL = A(So)$ (1)
- b. $LLWL = A(So) - [A(M2) + A(S2) + A(N2) +$



Gambar 4. Sketsa konfigurasi pemasangan peralatan MBES di Kapal Latih STTAL

$$A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2) + A(M4) + A(MS4)]$$
 (2)

- c. $HHWL = A(So) + [A(M2) + A(S2) + A(N2) + A(K1) + A(O1) + A(P1) + A(K2) + A(M4) + A(MS4)]$ (3)

- d. Muka Surutan (Z_o): Jika amplitudo komponen pasut diketahui, maka nilai muka surutan dapat dihitung dengan $Z_o = So - 1.2(M2+K2+S2)$ (4)

Penentuan tipe pasang surut dilakukan berdasarkan nilai indeks formzahl (F), yang diklasifikasi (Ongkosongo, 1989).

Pengukuran Offset

Pemasangan transduser MBES, antena DGPS, dan sensor-sensor lain, umumnya terpasang pada lokasi yang berbeda apabila wahana survei tidak dirancang tempat khusus. Kapal latih STTAL adalah salah satu wahana survei yang tidak dirancang secara khusus untuk pemasangan peralatan survei pemeruman. Oleh karena itu diperlukan penyesuaian posisi antara komponen multibeam dengan alat lainnya. Penyesuaian posisi dari peralatan perum dengan sistem referensi DGPS disebut sebagai kalibrasi *offset* statis. Pada penelitian Clarke (2003) membagi kapal menjadi sistem koordinat 3 dimensi, dimana titik tengah kapal sebagai pusat sumbu koordinat. Sumbu X dari titik tengah ke arah kanan dan kiri, sumbu Y dari titik tengah ke arah depan dan belakang, serta sumbu Z dari titik tengah ke arah bawah dan atas. Kalibrasi offset statis ini bertujuan untuk mengukur perbedaan posisi horizontal dan vertikal pada titik-titik pemeruman oleh MBES, sehingga koordinat posisi sebenarnya yang terekam akan dihitung sebagai posisi pada transduser, bukan pada antena DGPS (Gambar 4).

Kalibrasi *pach* test

Kalibrasi *pach* test dilakukan untuk menentukan kesetimbangan sensor dengan mengukur kesalahan sudut antara transduser, sensor gerak IMU dan gyro (*positioning*) International Hydrographic Organization (IHO) (IHO, 2011). Adapun beberapa tahapan *pach* test dapat dilihat pada Tabel 1;

Uji Kualitas Data

Terhadap data hasil pengukuran batimetri harus dilaksanakan pengujian kualitas (*quality control*) Prosedur ini untuk menentukan probabilitas nilai sebenarnya dari ketidakpastian suatu pengukuran kedalaman, dan penentuan standar ketelitian survei hidrografi berdasarkan standar minimum ketelitian yang ditetapkan oleh IHO dalam *Special Publication 44 (S-44)* edisi keenam tahun 2020 (IHO, 2020). Data MBES yang

Tabel 1. Prosedur patch test dan perhitungannya

	<i>Latency Test</i>	<i>Pitch Test</i>	<i>Roll Test</i>	<i>Yaw Test</i>
Lajur dibutuhkan	2 lajur pada halu yang sama melintasi slope atau kedangkalan	2 pasang lajur dengan halu yang timbal balik dengan kecepatan	2 pasang lajur dengan halu timbal balik pada daerah datar	2 pasang jalur pada batimetri yang bercorak.
Koreksi telah dilaksanakan	<i>Offset</i> statis	<i>Latency test</i>	<i>Latency test, pitch test dan yaw test</i>	<i>Latency test, pitch test</i>
Metode Perhitungan	Menghitung perubahan jarak rata-rata selama melalui jalur	Menghitung perubahan jarak rata-rata selama melalui jalur	Menghitung perubahan jarak rata-rata selama melalui jalur	Menghitung perubahan jarak rata-rata selama melalui jalur
Visualisasi	Mencocokkan profil dan kontur yang didapatkan	Mencocokkan profil dan kontur yang didapatkan	Mencocokkan profil dan kontur yang didapatkan	Mencocokkan profil dan kontur yang didapatkan
Persamaan	$T D = \frac{da}{V_h - V_i}$	$\alpha = \tan^{-1} \frac{da/2}{depth}$	$\theta = \tan^{-1} \frac{(ds/da)}{X_i}$	$\gamma = \sin^{-1} \frac{(da/2)}{X_i}$

Dimana : TD = keterlambatan waktu (s)
 da = perbedaan jarak titik objek hasil pengukuran lajur 1 dan lajur 2
 Vh = kecepatan kapal tertinggi
 Vi = kecepatan kapal terendah
 Xi = jarak melintang relative terhadap beam ke-1
 ds = perbedaan kedalaman pengukuran lajur 1 dan lajur 2

Tabel 2. Standar ketelitian survei hidrografi (IHO S-44 edisi keenam 2020)

Orde	Orde	Orde	Orde 2
Eksklusif	Khusus	1A/1B	
a = 0.15 m	a = 0.25 m	a = 0.5 m	a = 5 m
b = 0.0075 m	b = 0.0075 m	b = 0.013 m	b = 0.023 m

akan di uji kualitas orde berdasarkan standar IHO (Tabel 2 dan 3).

Pengujian kualitas berdasarkan Orde dari IHO menggunakan persamaan sebagai berikut IHO S-44, 2020):

$$2\sigma = (a^2 + (b^2 * d^2))^{1/2}$$

Dimana:

2σ= Total standar error maksimal yang diijinkan pada kedalaman tertentu (*allowable error*) (*confidence level; CL 95% (2σ)*).

a²= Jumlah konstanta *error* yang dikuadratkan .

b²= Jumlah *error* yang dikuadratkan yang berhubungan dengan kedalaman.

d²= Kedalaman.

Angular Range Analysis (ARA) dan Sediment Tools Analysis (SAT)

Klasifikasi tipe sedimen melalui *backscatter MBES* menggunakan metode *ARA* dan *SAT*, dimana kedua metode tersebut sudah terdapat dalam perangkat lunak *Caris Hips and Ships*. *ARA* adalah teknik yang digunakan

dalam alat pemancar suara *MBES* untuk meningkatkan akurasi pemetaan dasar laut. *ARA* bekerja dengan menganalisis rentang sudut sinyal akustik yang diterima oleh alat pemancar suara *MBES* yang diilustrasikan pada Gambar 5.

ARA dapat memperbaiki kesalahan yang disebabkan oleh bentuk dasar laut atau orientasi alat pemancar suara *MBES* (Fonseca & Mayer, 2007). *ARA* yang menghasilkan perkiraan impedansi akustik, kekasaran, dan ukuran butir rata-rata dari area dasar laut yang terpapar suara menurut (Fonseca, dkk., 2009) adalah; *Backscatter*= *Surface backscatter (Ss)* + *Volume Backscatter (Sv)*

$$Surface\ backscatter = \sigma r(\theta, f) = F(\theta, f; \epsilon, \rho(\epsilon), v(\epsilon), \delta(\epsilon), \omega 2\gamma$$

dimana:

θ = *interface* hambur balik penampang melintang per unit angle

f = frekuensi (hz)

ρ = rasio densitas sedimen terhadap densitas masa air

v = rasio kecepatan suara pada sedimen terhadap kecepatan suara kolom air

δ = Parameter rasio imajiner terhadap jumlah

Tabel 3. Orde survei untuk keselamatan navigasi (IHO S-44 edisi keenam 2020)

No	Kelas	Deskripsi area survei
1.	Orde Eksklusif	Orde Eksklusif merupakan tambahan dari Orde Khusus IHO dengan lebih banyak ketentuan yang ketat dan persyaratan cakupan data. Digunakan untuk wilayah perairan dangkal (pelabuhan, area berlabuh, area kritis alur pelayaran dan kanal) dimana ada pengecualian pada penggunaan water colum dan area kritis yang spesifik secara optimal dengan under keel clearance minimum dan karakteristik dasar laut yang berpotensi membahayakan kapal. Untuk orde ini, pencarian fitur 200% dan liputan batimetri 200% dibutuhkan. Persyaratan ukuran fitur yang dideteksi lebih dituntut dari pada Orde khusus
2.	Orde Khusus	Orde ini digunakan untuk area-area dimana under keel clearance bersifat kritis. Oleh karena itu, deteksi fitur 100% dan liputan batimetri 100% dibutuhkan, dengan persyaratan ukuran fitur yang dideteksi pada pendeteksian ini lebih dituntut dari pada Orde 1a. Contoh area-area yang mungkin membutuhkan Orde Khusus adalah di area berlabuh, pelabuhan, dan area kritis alur pelayaran, dan kanal.
3.	Orde 1a	Orde ini digunakan untuk area-area dimana fitur dasar laut menjadi perhatian penting bagi kapal permukaan yang melintas pada area tersebut, tetapi under keel clearance dianggap tidak kritis. Pencarian fitur 100% dibutuhkan guna mendeteksi fitur dengan ukuran yang spesifik. Liputan batimetri kurang dari atau sama dengan 100% tepat digunakan untuk mendapatkan kedalaman minimal dari semua fitur signifikan sehingga penggambaran topografi dasar laut cukup memadai. Under keel clearance menjadi kurang kritis seiring dengan penambahan kedalamannya, termasuk ukuran fitur yang dideteksi pada kedalaman area lebih dari 40 meter. Contoh area yang mungkin membutuhkan survei Orde 1a adalah survei di area pesisir, pelabuhan, area berlabuh, alur pelayaran dan kanal
4.	Orde 1b	Orde ini untuk wilayah-wilayah perairan yang dilintasi oleh kapal permukaan dengan penggambaran umum dasar laut yang dianggap cukup. Minimal, liputan batimetri 5% yang tersebar merata dibutuhkan untuk area ini. Ini berarti bahwa beberapa fitur tidak akan terdeteksi, meskipun jarak antara area liputan batimetrinya akan membatasi besarnya ukuran fitur-fitur tersebut. Orde survei ini hanya disarankan ketika under keel clearance dianggap bukan masalah. Contohnya adalah suatu area dengan karakteristik fitur dasar laut yang akan membahayakan navigasi kapal permukaan di wilayah tersebut cukup rendah.
5.	Orde 2	Untuk wilayah-wilayah dimana kedalaman dan penggambaran umum dasar laut dianggap cukup. Minimal, Liputan batimetri 5% tersebar merata dari area survei. Disarankan untuk survei Orde 2 dilaksanakan di area yang memiliki kedalaman lebih dari 200 meter. Ketika kedalaman melebihi 200 meter, keberadaan fitur yang cukup besar yang membahayakan navigasi di permukaan dan masih belum terdeteksi oleh survei Orde 2 adalah dianggap tidak mungkin.

gelombang suara pada sedimen
 ω^2 = kekuatan spektral relief dasar perairan

tool Grain Size Table. Selanjutnya dilaksanakan perbandingan terhadap hasil *SAT* dengan penelitian sebelumnya, dan contoh sedimen di area penelitian setelah dilaksanakan pengujian skala *wentworth* untuk mengetahui karakteristik sedimen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan profil dasar laut menggunakan *MBES* harus dilaksanakan dengan beberapa koreksi agar keakuratan data yang dihasilkan dapat memenuhi kriteria IHO. Sedangkan untuk penentuan karakteristik sedimen diperlukan pengolahan batimetri kemudian analisa *backscatter MBES* dengan metode *ARA* yang berupa data mosaik, setelah itu diklasifikasikan menggunakan *SAT*. Dari klasifikasi tersebut akan dikelompokkan warna tiap sedimen dan besaran partikel sedimen dasar laut melalui

Koreksi *patch test MBES*

Koreksi *patch test* adalah tahap pertama yang diperlukan dalam survei *MBES* jenis apa pun. *Patch test* dirancang untuk menentukan konfigurasi statis secara tepat dari *sonar head (roll, pitch, yaw)* dan latensi dengan penerimaan *DGPS (D, Chedru, dkk., 2000)*. Hasil dari *patch test* ditunjukkan pada Gambar 6 yang didapatkan

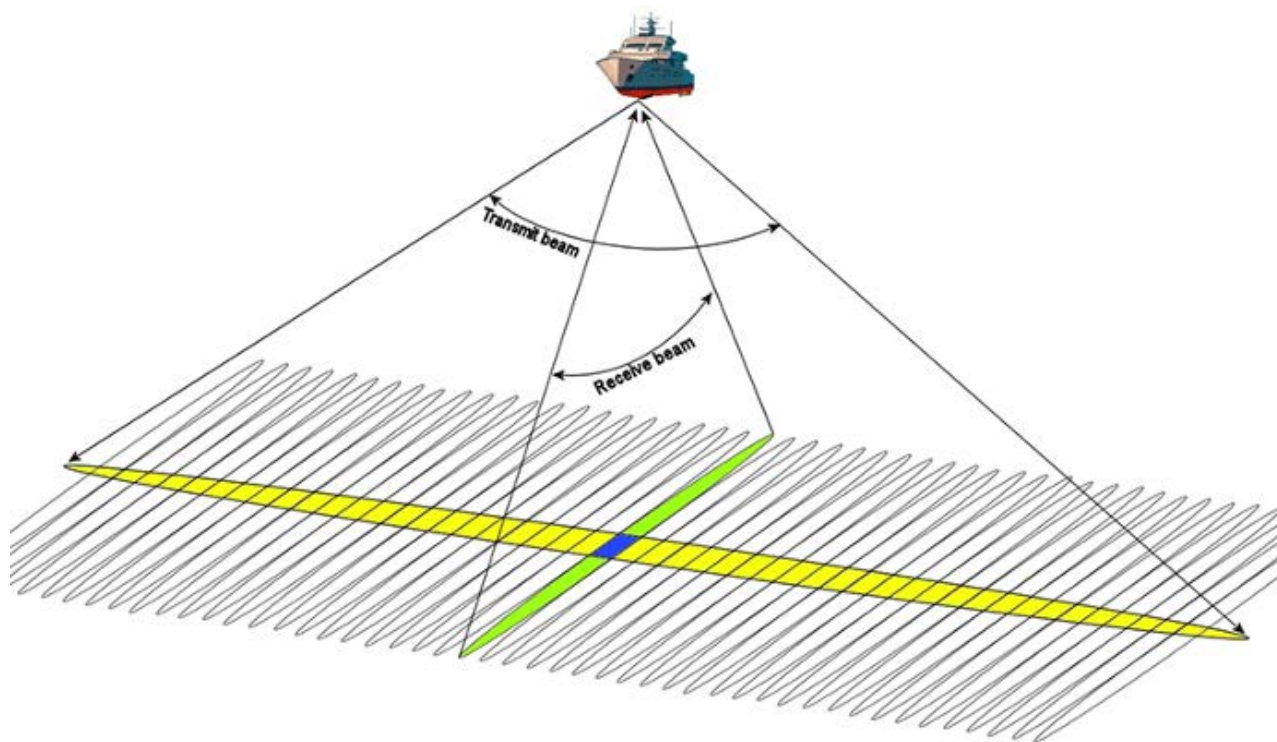
dengan dua lajur utama dan satu lajur silang di area yang terdapat *slope*.

Berdasarkan hasil *patch test MBES* diperoleh nilai *roll* sebesar 0,15, *pitch* sebesar -1,44, dan *yaw* sebesar -2,36. Nilai ini menggambarkan konfigurasi statis *sonar head*. *Roll* mengacu pada rotasi *sonar head* di sekitar sumbu longitudinalnya mengacu pada rotasi *sonar head* di sekitar sumbu transversalnya, mengindikasikan rotasi ke bawah pada sumbu tersebut. *Yaw* mengacu pada rotasi kepala sonar di sekitar sumbu vertikalnya, pergeseran ke arah berlawanan pada sumbu tersebut. Hasil nilai-nilai

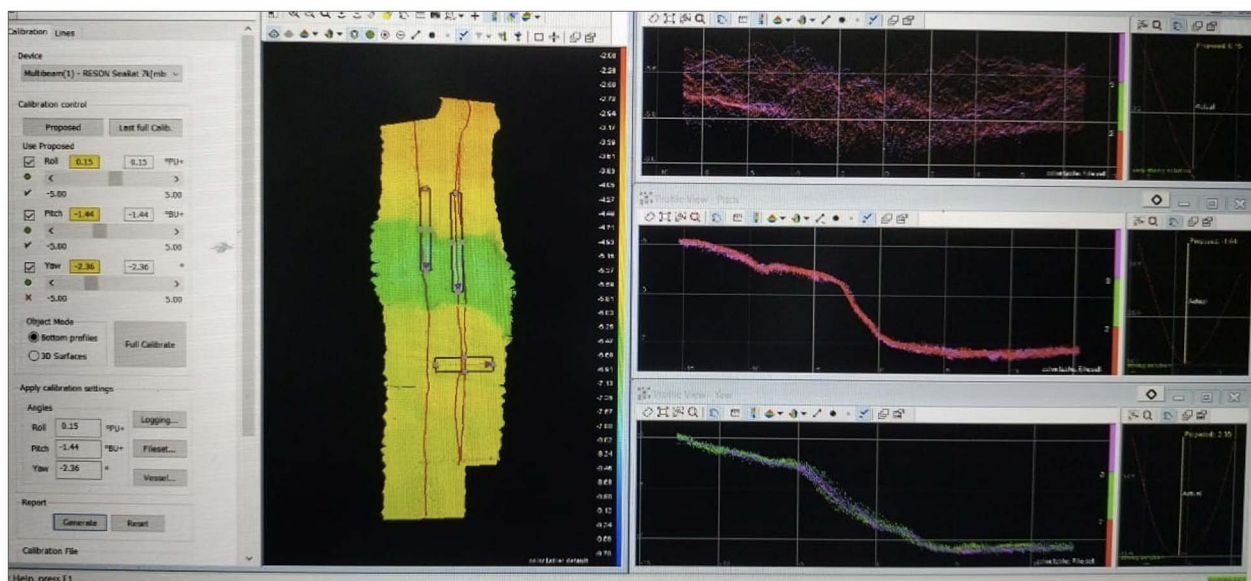
roll, *pitch*, dan *yaw* penggunaan *MBES* dinilai memenuhi toleransi (Haryanto, dkk., 2021).

Koreksi *SVP*

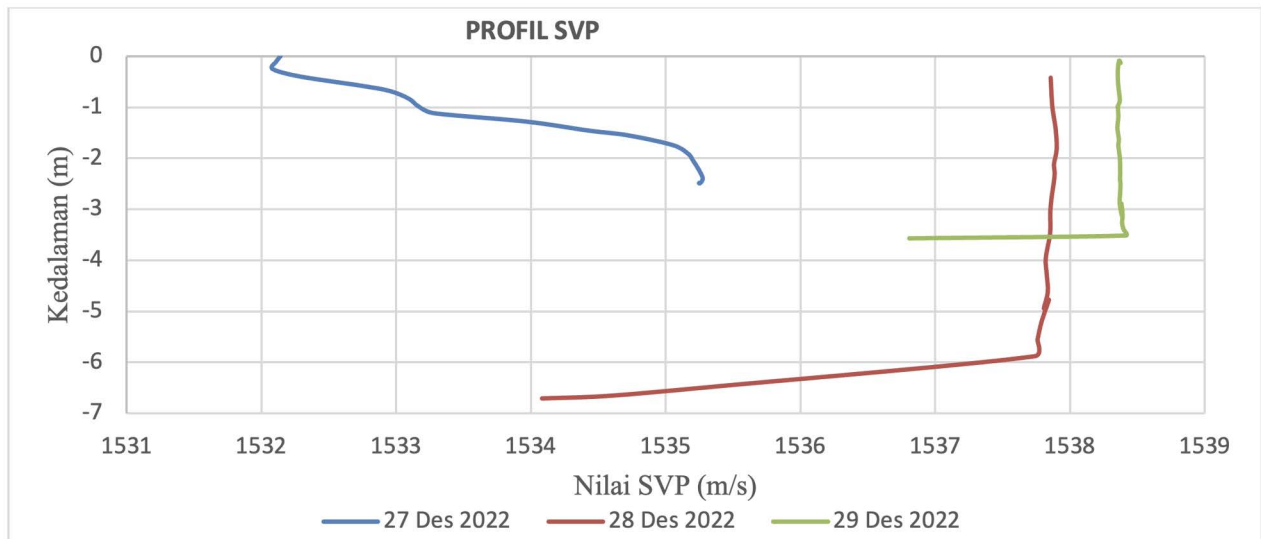
Koreksi *SVP* ditunjukkan Gambar 7, sangat penting dilakukan dalam survei batimetri, dimana gelombang akustik yang merambat melalui kolom air lebih dipengaruhi oleh suhu, salinitas dan kedalaman, ketiga variabel tersebut saling berpengaruh. Nilai *SVP* berbanding lurus terhadap temperatur dan berbanding terbalik terhadap salinitas (Sumirang, Pranowo, & Surya,



Gambar 5. Menunjukkan Contoh Pengumpulan Data *Backscatter MBES* (<https://www.ga.gov.au/scientific-topics/marine/survey-techniques/backscatter>)



Gambar 6. Koreksi *Patch Test MBES Pitch, Roll dan Yaw*.



Gambar 7. Profil SVP Selama Tiga Hari.

2020). Berikut adalah tampilan profil kecepatan suara selama tiga hari pengambilan data.

Berdasarkan Gambar 7 terlihat adanya peningkatan nilai SVP pada tanggal 28 dan 29 hal ini kemungkinan disebabkan oleh peningkatan temperatur sehingga nilai SVP bertambah. Informasi SVP digunakan untuk

mengkoreksi kecepatan suara pada setiap kedalaman yang diukur oleh MBES. Nilai maksimal dan minimal kecepatan suara selama tiga hari pemeruman ditunjukkan pada Tabel 4.

Pada tanggal 28 dan 29 Desember tidak ada perbedaan yang signifikan dan relatif lebih tinggi

Tabel 4. Nilai Maksimal Dan Minimal Kecepatan Suara Selama 3 Hari

Tanggal/bulan/tahun	Nilai	Kedalaman (m)	Kec. Suara (m/s)
27 Desember 2022	Maks	2.15	1535.67
	Min	1.12	1533.28
28 Desember 2022	Maks	1.81	1537.90
	Min	5.10	1537.76
29 Desember 2022	Maks	3.11	1537.39
	Min	2.02	1537.37

Tabel 5. Konstanta harmonik pasang surut

Tidal Constituent	Amplitudo (cm)	Phase (°)
So	63	-
M2	4	295
S2	3	308
N2	2	282
K1	14	149
O1	8	117
M4	1	138
MS4	1	105
K2	1	308
P1	5	149

dibandingkan dengan tanggal 27 Desember. Berdasarkan buku catatan survei (*logbook*) telah terjadi hujan pada waktu pengambilan data tanggal 27 Desember, sehingga terjadi penurunan temperatur dan menyebabkan penurunan nilai SVP. Sesuai informasi dari BMKG prakiraan cuaca pada bulan Desember adalah saat musim hujan (BMKG, n.d.)

Koreksi Pasang surut

Koreksi pasang surut digunakan dalam pengolahan data MBES untuk mereduksi nilai kedalaman dan dilakukan dengan menggunakan *tide editor* dalam

Tabel 6. Eleveasi muka air laut

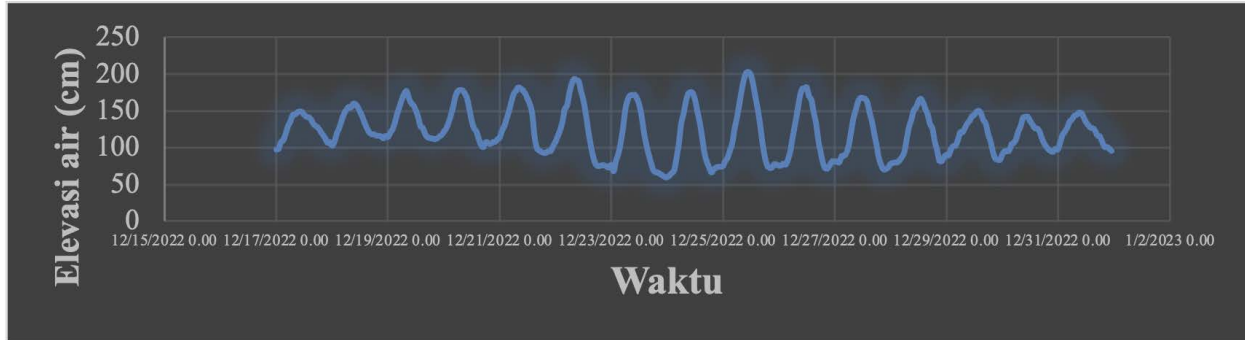
Eleveasi Muka Air Laut	Amplitudo (cm)
Mean Sea Level (MSL)	63
Lower Low Water Level (LLWL)	24
Higher High Water Level (HHWL)	102
Muka Surutan (Zo)	51

software *Caris hips ships*. Kondisi pasang surut berkaitan dengan *chart datum* untuk memastikan keamanan navigasi pelayaran. Analisis pasang surut menghasilkan konstanta harmonik utama seperti terlihat pada Tabel 5 dan elevasi muka air laut Tabel 6.

Berdasarkan grafik pasang surut Gambar 8 dan perhitungan indeks formzahl dari Tabel 5 didapatkan nilai

mencegah kecelakaan dilaut akibat kedangkalan, sehingga perlu dilaksanakan analisis profil dasar laut untuk mengetahui *least deep* suatu perairan (Asmoro, dkk., 2018).

Hasil dari survei batimetri di area penelitian merupakan perairan dangkal dengan sedimentasi yang tinggi, sehingga untuk keamanan pelayaran dan navigasi



Gambar 8. Profil pasang surut selama akuisisi data MBES.

indeks 2,974, dengan tipe pasang surut di daerah penelitian adalah campuran condong ke harian tunggal. Hal ini sesuai dengan pendapat (Wyrski, 1961) yang menyatakan bahwa tipe pasang surut campuran condong ke harian tunggal, dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Untuk koreksi kedalaman laut terhadap surut terendah maka dilakukan perhitungan *chart datum*, yang menghasilkan nilai LLWL 24 cm.

Analisa Kualitas Data MBES

Koreksi pengukuran kedalaman perairan sangat menentukan tingkat keakuratan data batimetri. Data di titik koordinat pada lokasi yang sama tetapi diukur pada waktu yang berbeda tersebut digunakan untuk menilai keakuratan pengukuran, toleransi perbedaannya harus sesuai dengan standard IHO pada orde pengukuran yang dimaksud.

Hasil klasifikasi dilakukan dengan satu lajur utama dan satu lajur silang yang merupakan metode efektif menurut Kusworo, dkk (2019). Hasil menunjukkan bahwa area penelitian perairan Jakarta termasuk orde IHO Eksklusif, hal ini karena lokasi survei dekat dengan pelabuhan tempat sandar yaitu di dermaga Marina Ancol dengan kedalaman berkisar maksimal antara 5 - 11 meter dengan rata-rata kedalaman 3 meter. Dari uji data dengan lajur silang, menunjukkan persentase sebesar 97,57% masuk kedalam orde eksklusif dan khusus.

Analisa profil Batimetri Dasar laut

Perairan area penelitian di laut Ancol Jakarta secara umum adalah perairan dangkal, pada Peta Laut 85 buatan Pushidrosal (Gambar 9) perairan Rukindo ditunjukkan bahwa kedalaman tidak melebihi 6 meter, hal ini memiliki indikasi adanya sedimentasi yang tinggi. Dengan banyaknya kapal yang keluar masuk pelabuhan harus sering dilaksanakan analisa profil batimetri untuk

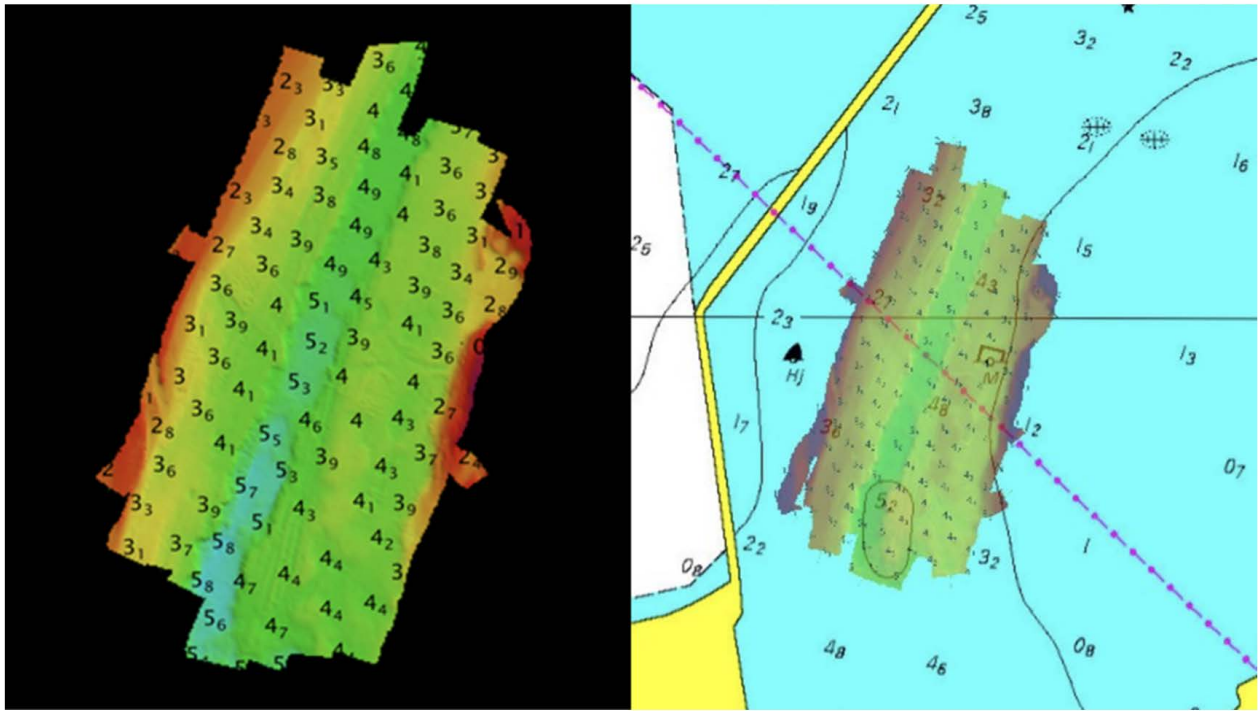
diperlukan pengelolaan yang tepat terhadap alur pelabuhan. Profil batimetri di area penelitian direpresentasikan pada Gambar 10. Profil bawah laut dengan kedalaman bervariasi yaitu antara 2 s.d 5 meter, hasil *surface* batimetri didapatkan gambar dua dimensi yang menunjukkan terdapat alur yang pernah dilakukan pengerukan hingga kedalaman menjadi 4 s.d 5 meter (hijau dan biru), pengerukan tersebut kemungkinan dilakukan untuk mencegah terjadinya pendangkalan, namun disisi barat dan timur terjadi pendangkalan sedimen hingga kedalaman 2 meter (berwarna merah). Profil dasar laut hasil penelitian ini setelah di *overlay*-kan dengan peta Pushidrosal tidak terjadi perbedaan kedalaman yang signifikan. Pada peta Pushidrosal terdapat kabel melintang di area penelitian, namun dari analisa profil dasar laut kabel tersebut tidak terlihat, karena sesuai aturan, kabel harus tertanam di dasar laut.

Analisa nilai Backscatter MBES dan pengujian sedimen skala Wentworth

Hasil dari pengamatan nilai *backscatter* (Gambar 10) didapatkan setelah melakukan *surface* batimetri. Pada area *surface* batimetri dilakukan pengeplotan titik pengambilan sampel sedimen (b), kemudian dilaksanakan pengidentifikasian nilai *ARA* dan didapatkan *mozaik* (c), setelah itu dilaksanakan pengklasifikasian menggunakan *SAT* ditunjukkan pada gambar (a).

Berdasarkan Gambar 10 (a) dapat diketahui bahwa hasil dari *SAT* daerah pemeruman memiliki nilai intensitas *backscatter* -14 s.d -40 dB, warna hijau tua dan hijau muda memiliki nilai intensitas -25 s.d -32 dB, dari hasil interpretasi tersebut dilakukan pengambilan dan analisis sampel sedimen dengan posisi Gambar 10 (b) dan hasil uji sedimen ditampilkan dalam Tabel 7 dan Tabel 8.

Persentase sedimen pada stasiun 1 s.d stasiun 6 di dominasi sebaran sedimen pasir halus dan halus sekali sesuai diameter sedimen skala Wentworth.



Gambar 9. Profil dasar laut area penelitian

Berdasarkan pengamatan visual, area penelitian merupakan area alur masuk dermaga dimana terdapat *break water* yang berfungsi sebagai pertahanan pelabuhan, melindungi kapal dan struktur pelabuhan dari dampak langsung gelombang besar sehingga area yang relatif tenang dan kapal berlabuh dengan aman (IADC, 2020). Perairan tenang seperti perairan Rukindo dapat menjadi tempat deposisi pasir halus dan halus sekali, yaitu ketika air melambat partikel yang lebih kecil cenderung mengendap, membentuk lapisan sedimen di dasar perairan (Fitri, Hashim, Abolfathi, & Maulud, 2019).

Pada tabel 8 prosentase sedimen di stasiun 7 s.d stasiun 12 didominasi oleh pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali. Hasil sebaran sedimen stasiun 1 s.d stasiun 12 sama halnya dengan penelitian sampling sedimen di wilayah pesisir Jakarta Utara oleh (Oktiarini, dkk., 2015) yaitu sedimen didominasi pasir.

Faktor faktor yang mempengaruhi distribusi sedimen ini selain lokasi penelitian merupakan perairan yang tenang juga tidak ada Sungai yang mengalir kearah area penelitian. Kondisi konsentrasi pasir sedang, pasir halus dan halus sekali disebabkan oleh arus pasang surut yang terjadi perairan Rukindo sesuai penelitian Taohid, dkk (2017) kondisi penyebaran sedimen di Perairan Ancol dipengaruhi oleh pola arus pasang surut. Kondisi pasang arus bergerak ke arah timur-tenggara sedangkan saat kondisi surut arus bergerak kearah barat-barat laut.

Berdasarkan Tabel 9 posisi pengambilan sampel sedimen Stasiun 1 dan 2. Hasil uji sedimen skala Wentworth Keduanya menghasilkan "pasir halus", namun kedua stasiun tersebut tidak masuk kedalam area

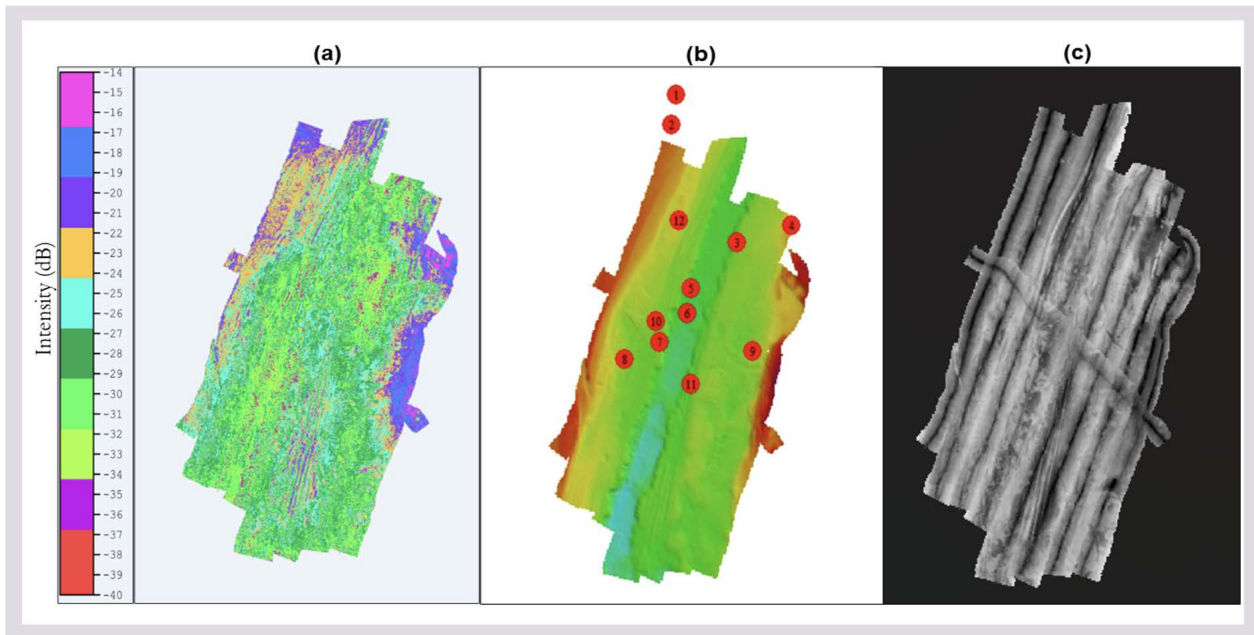
pemeruman, sehingga tidak bisa dianalisa nilai *backscatter*-nya.

Stasiun 3 memiliki nilai intensitas *backscatter MBES* yang sangat rendah (-30.53 dB). Hal ini bisa mengindikasikan bahwa sedimen di stasiun ini mungkin memiliki sifat yang lebih halus dibandingkan dengan sedimen di stasiun-stasiun lainnya. Nilai *backscatter* yang rendah bisa menunjukkan adanya keberadaan endapan yang lebih halus di dalam sedimen (Wienberg, 2005) (Alodia, dkk., 2023).

Stasiun 7 memiliki nilai intensitas *backscatter MBES* sebesar -26.609 dB. Nilai *backscatter* lebih besar menunjukkan bahwa sedimen pada stasiun memiliki tekstur yang lebih kasar atau ukuran partikel yang lebih besar dibandingkan dengan sedimen di stasiun lainnya (Fonseca & Mayer., 2007). Hasil uji sedimen juga menunjukkan bahwa stasiun ini menghasilkan "pasir sedang", yang mendukung asumsi bahwa sedimen di stasiun ini memiliki ukuran partikel yang lebih besar.

Stasiun 8, 9, dan 10 semuanya menghasilkan "pasir halus sekali" berdasarkan hasil uji sedimen. Meskipun memiliki hasil uji yang sama, nilai intensitas *backscatter MBES* di setiap stasiun tersebut cukup berbeda. Stasiun 8 memiliki nilai -23.715 dB, stasiun 9 memiliki nilai -29.853 dB, dan stasiun 10 memiliki nilai -26.254 dB. Perbedaan ini bisa mengindikasikan perbedaan dalam tekstur atau komposisi sedimen di setiap stasiun mempengaruhi nilai *backscatter* (Wienberg, 2005) (Fonseca & Mayer., 2007) (Alodia, dkk., 2023).

Stasiun 11 memiliki nilai intensitas *backscatter MBES* yang relatif tinggi (-15.69 dB). Nilai ini menunjukkan adanya perbedaan dalam tekstur atau komposisi sedimen di stasiun ini dibandingkan dengan stasiun-stasiun lainnya. Hal ini mungkin mengindikasikan



Gambar 10. Profil nilai Intensitas *Backscatter* (a), base surface area penelitian dan 12 titik pengambilan sampel sedimen (b), *Mozaik backscatter* (c).

Tabel 7. Presentase sedimen stasiun (St) 1 s.d 6 berdasarkan skala Wentworth

No	Persentase Sedimen di tiap stasiun (%)						Keterangan*
	St 1	St 2	St 3	St 4	St 5	St 6	
1	0.238	0.198	0.000	0.084	0.000	0.000	Kerikil
2	0.809	0.783	0.387	0.977	1.389	0.943	Pasir kasar sekali
3	1.285	3.231	6.248	1.991	15.047	10.587	Pasir kasar
4	4.524	11.241	18.961	6.994	19.444	22.138	Pasir sedang
5	48.900	36.898	26.569	52.812	24.867	26.623	Pasir halus
6	30.831	33.301	29.661	25.219	19.369	18.571	Pasir halus sekali
7	6.340	6.364	6.395	0.923	6.643	8.055	Lanau kasar
8	2.354	2.881	4.375	3.891	4.312	4.222	Lanau sedang
9	2.103	2.447	3.586	2.961	3.926	4.279	Lanau halus
10	1.724	1.990	2.596	3.015	4.227	3.414	Lempung kasar
11	0.892	0.666	1.223	1.132	0.776	1.166	Lempung halus

Tabel 8. Presentase sedimen stasiun (St) 7 s.d 12 berdasarkan skala Wentworth

No	Persentase Sedimen di tiap stasiun (%)						Keterangan*
	St 7	St 8	St 9	St 10	St 11	St 12	
1	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.078	Kerikil
2	1.399	0.166	0.489	2.325	0.714	0.637	Pasir kasar sekali
3	13.638	2.145	4.670	16.773	9.233	2.882	Pasir kasar
4	24.370	11.154	18.776	20.366	21.062	11.237	Pasir sedang
5	22.519	33.682	29.712	22.189	29.072	29.053	Pasir halus
6	15.600	34.088	27.992	23.554	18.799	27.947	Pasir halus sekali
7	5.408	6.303	6.947	5.605	7.282	12.073	Lanau kasar
8	5.304	3.706	3.821	2.902	4.429	7.465	Lanau sedang
9	4.770	3.277	3.288	2.885	4.655	4.924	Lanau halus
10	5.385	3.560	2.937	2.588	3.567	2.427	Lempung kasar
11	1.608	1.919	1.369	0.779	1.186	1.277	Lempung halus

Tabel 9. Nilai Intensitas MBES dan hasil uji sedimen skala wenthworth tiap stasiun (St)

Nama Stasiun	Posisi Pengambilan Sampel Sedimen	Nilai Intensitas Backscatter MBES (dB)	Hasil Uji Sedimen Skala Wenthworth
St 1	06° 06' 24,9" S - 106° 51' 43,9" T		pasir halus
St 2	06° 06' 25,6" S - 106° 51' 43,8" T		pasir halus
St 3	06° 06' 28,4" S - 106° 51' 45,5" T	-30.53	pasir halus sekali
St 4	06° 06' 28,0" S - 106° 51' 46,9" T	-25.817	pasir halus
St 5	06° 06' 29,5" S - 106° 51' 44,3" T	-29.763	pasir halus
St 6	06° 06' 30,1" S - 106° 51' 44,2" T	-19.45	pasir halus
St 7	06° 06' 30,8" S - 106° 51' 43,5" T	-26.609	pasir sedang
St 8	06° 06' 31,2" S - 106° 51' 42,6" T	-23.715	pasir halus sekali
St 9	06° 06' 31,0" S - 106° 51' 45,9" T	-29.853	pasir halus sekali
St 10	06° 06' 30,3" S - 106° 51' 43,4" T	-26.254	pasir halus sekali
St 11	06° 06' 31,8" S - 106° 51' 44,3" T	-15.69	pasir halus
St 12	06° 06' 27,9" S - 106° 51' 44,0" T	-28.296	pasir halus

keberadaan sedimen yang lebih kasar atau lebih padat di stasiun 11. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian (Farihah, dkk., 2020) nilai *backscatter* pasir berkisar -14 dB s.d -29 dB, sama dengan penelitian menurut (Sitanggang, dkk., 2021) nilai *backscatter* pasir -14 dB sd -29 dB. Pada penelitian (Jayanto, dkk., 2021) nilai *backscatter* sedimen lempung pasir berkisar -23,23 dB hingga - 21,13 dB. Menurut penelitian Adi (2017) nilai *backscatter* pasir berkisar antara -22 dB s.d -17 dB. Secara umum sedimen yang berada di area penelitian ini adalah pasir, yang mana nilai *backscatter*nya dianalisa dengan *software* caris memiliki nilai intensitas berkisar -15.69 dB s.d -30.53 dB.

Berdasarkan Tabel 8 terjadi ketidak-konsistensi nilai *backscatter*, hal ini diduga karena kesulitan pengambilan grab sampel pada posisi titik stasiun yang telah ditentukan, sehingga dalam penelitian kedepan perlu di bandingkan dengan pengambilan data *coring* agar didapatkan posisi yang tetap sesuai titik stasiun dan dapat menyamakan posisi pada peta pada waktu akuisisi data, namun dari hasil ini dapat dianalisa bahwa nilai intensitas di area pemeruman berdasarkan hasil *backscaterr MBES* yaitu berkisar antara -15.69 dB s.d -30.53 dB dengan 3 karakteristik tipe sedimen yaitu pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini dapat disimpulkan yaitu penentuan profil dasar laut menggunakan *MBES* dalam mendukung kegiatan pengerukan alur Pelabuhan untuk keselamatan navigasi harus memenuhi beberapa koreksi agar keakuratan data terpenuhi, koreksi tersebut yaitu mulai dari pelaksanaan *offset* peralatan, *pacth test*, surutan dan kualitas data. Kedalaman area penelitian berkisar 2 s.d 5meter termasuk ordo eksklusif dan khusus. Hasil *surface* batimetri didapatkan bahwa di area alur pernah dilakukan

pengerukan kedalaman menjadi 4 s.d 5 meter. Profil dasar laut hasil penelitian ini setelah di *overlay*-kan dengan peta laut Indonesia tidak terjadi perbedaan kedalaman yang signifikan. Karakteristik sedimen di laut Jakarta menggunakan *backscatter MBES* didapatkan nilai intensitas -15.69 dB s.d -30.53 dB dengan hasil uji sampel sedimen didapatkan tiga klasifikasi sedimen yaitu pasir sedang, pasir halus dan pasir halus sekali, diduga sebaran sedimen di wilayah penelitian disebabkan oleh pengaruh arus pasang surut.

Saran penelitian kedepannya untuk mendapatkan keakuratan posisi pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan *coring* agar didapatkan posisi tetap titik stasiun dengan posisi *backscatter MBES* dan penting adanya kajian oseanografi penyebab sebaran sedimen di wilayah penelitian.

DAFTAR ACUAN

- Adi, A. P., 2017. Integrasi Data Multibeam Batimetri Dan Mosaik Backscatter Untuk Klasifikasi Tipe Sedimen. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 77-84.
- Alodia, G., Nurhidayat, Sobarudin, D., Adrianto, D., Dwinovantyo, A., Solikin, S., . . . Mccaig, A., 2023. Discovery Of A Conical Feature In Halmahera Waters, Indonesia: Traces Of A Late-Stage Hydrothermal Activity. *Geoscience Letters*, 10:47 <https://doi.org/10.1186/S40562-023-00302-W>.
- Asmoro, N. W., Pratomo, G. D., Negara, A. K., & Santoso, A. I., 2018. Studi Penentuan Dimensi Dan Posisi Wreck Menggunakan Data Batimetri – Data Kolom Air Multibeam Echosounder (Studi Kasus Di Perairan Teluk Jakarta). *Jurnal Chart Datum*, Vol. 4 No. 2 (2018): Jurnal Chart Datum.

- Bmkg, 2022. <https://www.bmkg.go.id/Berita/?P=Analisis-Dinamika-Atmosfer-Dasarian-I-Desember-2022&Lang=Id&Tag=Dinamika-Atmosfer>.
- Clarke, J. E., 2003. A Reassessment Of Vessel Coordinate Systems: What Is It That We Are Really Aligning? *Us Hydrographic Conference 2003*, 1-12.
- Craig, B. J., Jonathan, B., Brissette, M., & Gazz, V., 2019. Multispectral Multibeam Echo Sounder Backscatter As A Tool For Improved Seafloor Characterization. *Geosciences*, 9(3), 126; <https://doi.org/10.3390/Geosciences9030126>.
- Guruh, Chedru, J., Daniel, S., & Maillard, E., 2000. The Patch Test: A Comprehensive Calibration Tool For Multibeam Echosounders. *Oceans 2000 Mts/Ieee Conference And Exhibition. Conference Proceedings (Cat. No.00ch37158)*, Providence, Ri, Usa., Pp. 1655-1661 Vol.3,
- Erdian, O., Satriadi, A., & Atmodjo, W., 2017. Studi Sebaran Jenis Sedimen Dasar Di Perairan Pantai Marina Ancol Jakarta. *Jurnal Oseanografi*, Halaman 203 – 212.
- Fahrulian, Manik, H., Jaya, I., & Udrek., 2016. Angular Range Analysis (Ara) And K-Means Clustering Of Multibeam Echosounder Data For Determining Sediment Type. *Ilmu Kelautan*, Vol 21(4):177-184.
- Fahrulian, Manik, H., Jaya, I., & Udrek., U., 2016. Angular Range Analysis (Ara) And K-Means Clustering Of Multibeam Echosounder Data For Determining Sediment Type. *Journal Of Marine Sciences*, 21(4):177-184.
- Fitri, A., Hashim, R., Abolfathi, S., & Maulud, K., 2019. Dynamics Of Sediment Transport And Erosion-Deposition Patterns In The Locality Of A Detached Low-Crested Breakwater On A Cohesive Coast. *Mdpi Water*, 11(8), 1721; <https://doi.org/10.3390/W11081721>.
- Fonseca., 2009. Angular Range Analysis Of Acoustic Themes From Stanton Banks Ireland: A Link Between Visual Interpretation And Multibeam Echosounder Angular Signatures. *Applied Acoustics*, 70(10):1298-1304.
- Fonseca, & Mayer., 2007. Remote Estimation Of Surficial Seafloor Properties Through The Application Angular Range Analysis To Multibeam Sonar Data. *Marine Geophysical Research*, 28(2):119-126 [Doi:10.1007/S11001-007-9019-4](https://doi.org/10.1007/S11001-007-9019-4).
- Fonseca, L., & Mayer, L., 2007. Remote Estimation Of Surficial Seafloor Properties Through The Application Angular Range Analysis To Multibeam Sonar Data. *Mar. Geophysical Res.*, 28(2):119-126.
- Fonseca, L., Brown, C. J., Calder, B., & Mayer, L., 2009. Angular Range Analysis Of Acoustic Themes From Stanton Banks Ireland: A Link Between Visual Interpretation And Multibeam Echosounder Angular Signatures. *Applied Acoustics*, 1298-1304.
- Gross, M., 1990. *Oceanography: A View Of The Earth. 5 Th Edition*. London: Prentice Hall.
- Hafizh, A., Sasmito, B., & Awaludin, M., 2021. Pemetaan Sedimen Perairan Dangkal Menggunakan Data Multibeam Echosounder (Studi Kasus: Pantai Kartini, Jepara). *Jurnal Geodesi Undip*, Volume [10] Nomor [1] Tahun 2021 [Isn: 2337-845x].
- Haryanto, D., Febriawan, H., Rahadian, & Haryadi, Y., 2021. Survei Dimensional Untuk Pemasangan Multibeam Echosounder Laut Dalam Di Kr Baruna Jaya Iii. *Fit Isi 2020 Vol 1*, 14-21.
- Hasan, R., Ierodionou, D., Laurenson, L., & Schimel, A., 2014. Integrating Multibeam Backscatter Angular Response, Mosaic And Bathymetry Data For Benthic Habitat Mapping. *Plos One*, 9(5):PE97339. [Doi: 10.1371/Journal](https://doi.org/10.1371/Journal).
- Hesse, R., & Schacht, U., 2011. Early Diagenesis Of Deep-Sea Sediments. *Developments In Sedimentology*, Volume 63, 2011, Pages 557-713.
- Hutabarat, S., & Evans, S., 2000. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Ui -Press.
- Iadc., 2020. *Dredging For Development*. Tokyo Japan: International Association Of Dredging Companies (Iadc), .
- Iho., 2011. *Iho. Manual On Hydrography, C-13, Chapter Depth Determination. International Hydrographic Organization (Iho), 1st Edition*.
- Jayanto, H., Manik, H., & Adi, A., 2021. Analisis Akustik Backscatter Untuk Pemprofilan Dasar Laut Guna Penentuan Lokasi Duduk Kapal Selam (Studi Kasus Di Perairan Laut Jawa Utara Segmen 8). *Chart Datum*, 143-161.
- Kusworo, H., Danar, G. P., & Hascaryo, A. P., 2019. Studi Penentuan Catzoc Berdasarkan Kontrol Kualitas Data Batimetri Dari Multibeam Echosounder (Mbes) (Studi Kasus Pulau Bawean). *Chart Datum*, 17-30.
- Lurton, X., & Lamarche, G., 2015. Backscatter Measurements By Seafloor-Mapping Sonars. Guidelines And Recommendations. *Lurton, X.; Lamarche, G. (Eds.) Backscatter Measureavailable Online: Http://Geohab.Org/Wp-Content/Uploads/2014/05/Bswg-Report-May2015.Pdf (Accessed On 15 January 2019)*.
- Mann, R., 1998. *Field Calibration Procedures For Multibeam Sonar Systems*. Virginia, Usa.: U.S. Army Corps Of Engineers Topographic Engineering Center.
- NOAA., 2020. *Education Ocean*. Diambil Kembali Dari <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-floor-features>
- Nugroho, Manik, H. M., Gultom, D. A., & Firdaus, M., 2022. Implementasi Multibeam Echosounder

- Untuk Pengukuran Dan Analisis Data Kedalaman Perairan Teluk Jakarta Berdasarkan International Hydrographic Organization Standards. *Positron*, Hal. 60 - 71.
- Oktiarini, D., Atmodjo, W., & Widada, S., 2015. Transport Sedimen Di Lokasi Perencanaan Pembangunan Pelabuhan Marunda, Jakarta Utara. *Jurnal Oseanografi*, Volume 4, Nomor 1, Tahun 2015, Halaman 325 - 332.
- Ongkosongo., 1989. *Project 1: Tides And Tidal Phenomena, Pasang_Surut*. Pusat Penelitian Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Pettijohn, F., 1975. *Sediment Rocks*. New York-Evanston-Sanfransisco London: Harper & Row Publisher.
- Rajput, S., & Thakur, K. N., 2016. Sedimentation Pattern. *Geological Controls For Gas Hydrate Formations And Unconventionals*, Pages 69-106.
- Sitanggang, W., Trismadi, & Harsono, G., 2021. Deteksi Nilai Hambur Balik Dasar Perairan Teluk Palu Menggunakan Multibeam Echosounder Dan Pemanfaatannyadalam Pertahanan Bawah Permukaan. *Teknologi Penginderaan*, 33-41.
- Sumirang, E., Pranowo, W., & Surya, A.,(2020). Pemutakhiran Web Database Sistem Fusi Oseanografi Dengan Menambahkan Variabel Sound Speed (Kecepatan Suara). *Jurnal Hidropilar*, Vol. 6 No. 2 (2020) <https://doi.org/10.37875/Hidropilar.V6i2.179>.
- Taohid, R. A., Satriadi, A., & Saputro, S., 2017. Studi Pola Arus Dan Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Pantai Marina Ancol, Jakarta. *Jurnal Oseanografi*, Volume 6, Nomor 1 Halaman 116 – 123.
- Triatmodjo, B., 2012. Perencanaan Bangunan Pantai. *Vol. 2. Beta Offset*, 327 Hlm.
- Wentworth, C., 1922. A Scale Of Grade And Class Terms For Clastic Sediments. *The Journal Of Geology* 30 (5), 377-392.
- Wienberg, C., 2005. Acoustic Seabed Classification In A Coastal Environment (Outer Weser Estuary, German Bight)—A New Approach To Monitor Dredging And Dredge Spoil Disposal. *Cont Shelf Research*, 25(9):1143–1156.
- Wyrтки, K., 1961. Scientific Results Of Marine Investigation Of The South China Sea And The Gulf Of Thailand 1959-1961. *Physical Oceanography Of The Southeast Asian Waters.*, Naga Report Volume 2.
- Yananto, A., & Sibarani, R. M., 2016. Analisis Kejadian El Nino Dan Pengaruhnya Terhadap Intensitas Curah Hujan Di Wilayah Jabodetabek (Studi Kasus : Periode Puncak Musim Hujan Tahun 2015/ 2016). *Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca*, Vol.17 No.2, 2016: 65 - 73.
- Yani, A., Riki, R., Muhammad, I., & Riko, A., 2020. *Pengantar Oseanografi*. Malang Jatim: Intimedia.