

STUDI IDENTIFIKASI DASAR LAUT DALAM PENDETEKSIAN PIPA BAWAH LAUT (STUDI KASUS PIPA PERTAMINA BALIKPAPAN)

Study of Seabed Identification on Submarine Pipeline Detection (Case Study of Pertamina Balikpapan Submarine Pipeline)

Alin Abimanyu¹, Dyan Primana S², Janjan Rechar²

¹ Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220

² Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, Jl. Pantai Kuta V No.1 Ancol Timur, Jakut

Email: aloysiusalin@gmail.com

Diterima : 07-07-2021, Disetujui : 17-11-2021

ABSTRAK

Pada tanggal 31 Maret 2018 telah terjadi pencemaran laut yang diakibatkan oleh tumpahnya minyak bumi di perairan Balikpapan. Hasil survei ditemukan bahwa tumpahan minyak di perairan tersebut terjadi karena patahnya pipa bawah laut milik Pertamina. Dalam upaya identifikasi pipa tersebut, digunakan 3 peralatan survei bawah laut yakni *Multibeam echosounder (MBES)*, *Side Scan Sonar (SSS)* dan *Magnetometer*. Peralatan survei yang digunakan, berbeda pada tahap akuisisi maupun tahap analisis dalam memperoleh informasi yang akan disajikan, oleh karena itu, diperlukan metode serta analisis tertentu untuk mempercepat identifikasi suatu objek dibawah laut. Selain menyediakan informasi batimetri, *MBES* memiliki fitur informasi hambur balik (*backscatter*) yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai intensitas akustik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi jenis sedimen (substrat dasar laut) dan objek dasar laut lain berdasarkan tingkatan nilai intensitas akustik. Dengan nilai intensitas akustik tersebut suatu objek bawah laut dapat segera diidentifikasi di lapangan. Hasil identifikasi dengan nilai intensitas akustik di area perairan Balikpapan diperoleh material pipa bawah laut memiliki intensitas akustik sebesar 24,1 dB dan sedimensi berupa Lanau sedang (*Medium Silt*) dan Pasir sangat halus (*Very Fine Sand*).

Kata kunci: *Multibeam Echosounder, Backscatter, Intensitas akustik, Sedimen*

ABSTRACT

On March 31st 2018 has been sea pollution caused by oil spill in the Balikpapan waters. The survey found oil spill caused by broken fragment of the Pertamina oil pipeline. In the effort to identify the pipeline, 3 underwater survey equipments was used, that are multibeam echosounder (MBES), side scan sonar (SSS) and magnetometer to detect the pipeline below the surface, and obtain information and data regarding submarine pipeline. The survey equipments used were different in acquisition process and analysis stage in obtaining the information to be presented. Therefore, certain methods and analyzes are needed in order to accelerate identification of objects under the sea. Beside giving bathymetric data, MBES provides backscatter information that can be used to obtain acoustic intensity values used to identify the type of sediments (seabed substrate) and other underwater objects based on their level of acoustic intensity value. Based on this value, and underwater object can immediately be identified in the field. The results of the identification using acoustic intensity values in the Balikpapan waters area suggest that underwater pipe material having acoustic intensity of 24,1 dB, meanwhile sediments in the area are medium silt and very fine sand.

Keyword: *Multibeam Echosounder, Backscatter, Acoustic Intensity, Sediment*

Kontribusi:

Alin Abimanyu adalah kontributor utama pada makalah ini, Dyan Primana S. dan Janjan Rechar adalah kontributor anggota.

PENDAHULUAN

Pada survei investigasi umumnya *Multibeam Echosounder (MBES)* digunakan dalam survei batimetri untuk mendapatkan kedalaman serta bentuk topografi bawah laut, *side scan sonar* dapat menghasilkan berbagai variasi gambar dasar laut yang beresolusi tinggi serta memberikan informasi tentang tekstur sedimen dan struktur permukaan dasar laut (Charnila & Manik, 2010), sedangkan magnetometer digunakan dalam survei geofisika untuk mendeteksi objek logam dengan tingkat deteksi yang berbeda tergantung sensitivitas dan akurasi (Subarsyah & Aryawan, 2009). Peralatan survei yang dipakai dalam identifikasi objek bawah laut, menggunakan metode yang berbeda pada tahap proses akuisisi maupun analisis dalam memperoleh informasi yang akan disajikan, oleh karena itu, diperlukan metode serta analisis yang dapat mempercepat identifikasi objek dibawah laut.

Saat ini beberapa *MBES* memiliki fitur yang dapat memproses jenis sedimen di dasar laut dengan memanfaatkan sinyal hambur balik (*backscatter*). Dari hasil pendeteksian tersebut akan diperoleh tingkatan nilai intensitas akustik pada suatu objek yang terkandung di dasar laut. Nilai tersebut berasal dari fungsi respon sudut pancaran sinyal akustik yang dipantulkan dari dasar perairan, dimensi objek, jenis sedimentasi serta bentukan topografi sangat mempengaruhi nilai intensitas akustik.

Dalam upaya mempercepat proses identifikasi objek bawah laut khususnya pipa bawah laut, maka dalam penelitian ini dilaksanakan analisis objek pipa bawah laut berdasarkan data batimetri, dimensi objek serta nilai intensitas akustik.

METODE

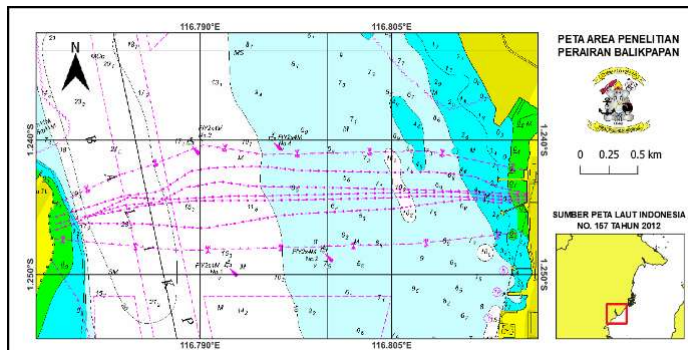
Untuk memperoleh nilai hasil olahan data yang diinginkan, maka dalam penelitian ini digunakan metode kuantitatif dengan pendekatan deskriptif dari data hasil survei Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut tanggal 7 April – 22 April 2018 di Perairan Balikpapan Kalimantan Timur pada daerah jalur pipa Pertamina Balikpapan yang tercantum pada peta Laut Indonesia Nomor 157. Pemeruman menggunakan *MBES Kongsberg EM2040C* yang dipasang pada perahu motor yang telah dilengkapi dengan alat penentu posisi (*DGPS Veripos*) dengan akurasi 0,05 m, perangkat lunak *Seafloor Information Sistem (SIS)* digunakan sebagai sistem akuisisi data. Gerakan relatif kapal dikoreksi menggunakan *Motion Reference Unit (MRU)*.

Pada proses akuisisi data, kecepatan rata-rata wahana adalah 4 knot sampai dengan 5 knot dengan *coverage angle* 60°. Desain lajur utama *MBES* dibuat relatif sejajar arah kontur kedalaman atau garis pantai dengan *coverage area* 100%, interval/spasi lajur utama *MBES* adalah 3 (tiga) kali kedalaman rata-rata sapuan yaitu 50 m. Sebelum akuisisi data dilaksanakan kalibrasi peralatan atau *patch test* dan validasi data melalui *performance test*.

Selanjutnya data hasil akuisisi menggunakan *software* SIS dalam format *.all* diekstrak dan diolah menggunakan perangkat lunak *Caris Hips/Sips*. Data anomali kemagnetan digunakan sebagai data pembanding dalam penentuan posisi pipa terdeteksi.

a. Analisis batimetri.

Pada tahap analisis data batimetri, *raw* data diolah



Gambar 1. Area Penelitian

menjadi *surface* menggunakan perhitungan *Beam footprint size (BFS)* untuk menentukan resolusi yang akan digunakan dalam menggambarkan bentukan objek pipa. Apabila bentukan *surface* telah dapat menggambarkan bentukan pipa maka tahap selanjutnya dilaksanakan *plotting* posisi pipa dengan resolusi maksimal yang dapat digunakan.

b. Analisis intensitas akustik

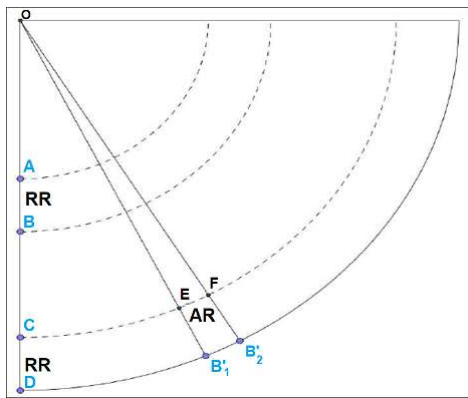
Pada tahap ini nilai intensitas akustik hasil pengolahan dengan perangkat lunak *Geocoder* diklasifikasikan berdasarkan perbedaan nilai intensitas. Hasil nilai intensitas akustik tersebut disesuaikan dengan *grain size table* untuk menganalisis jenis sedimen dasar lautnya. Nilai intensitas akustik pipa bawah laut akan diambil rata-rata dengan mengikuti bentukan *surface* data batimetri maupun bentukan *mosaic*.

Data yang telah diolah akan dibuat tabel posisi pipa beserta intensitas akustik dan nilai anomali kemagnetannya sebagai data validasi kenampakan dan posisi pipa di dasar laut. Keseluruhan hasil olahan posisi pipa baik olahan *MBES* dan magnetometer diekstrak dalam format *raster* sehingga dapat digambarkan pada perangkat lunak *Global Mapper 15* atau *QGIS*.

c. Resolusi sudut dan jarak.

MBES memiliki kemampuan yang lebih baik dalam merepresentasikan dasar laut dibandingkan dengan *Singlebeam echosounder (SBES)* dalam hal tingkat resolusi pemetaan yang lebih tinggi (Heide, 2017). Namun, sejauh menyangkut pengukuran kedalaman, resolusi akan tergantung pada frekuensi akustik, *beamwidth transmit* dan *receive* serta penggunaan algoritma yang digunakan dalam pendeteksian dasar laut. Resolusi dalam pendeteksian target pada *MBES* merupakan nilai fungsi dari panjang pulsa gelombang yang dipancarkan *MBES* pada suatu objek terdeteksi (IHO, 2010). Terdapat 2 tipe resolusi yang mempengaruhi pendeteksian suatu objek *MBES* yakni resolusi sudut dan jarak.

Pada gambar 2 jarak antara E dan F adalah resolusi sudut (AR) dan jarak antara jarak A, B, C dan D

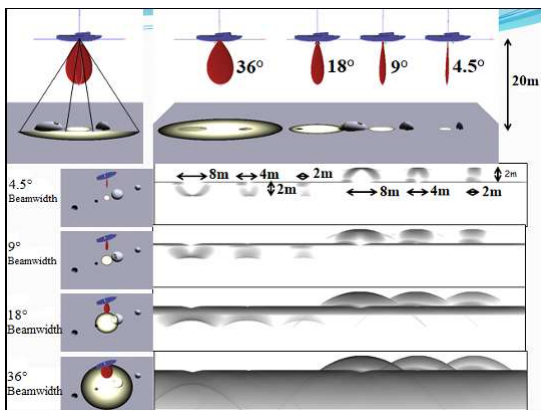


Gambar 2. Ilustrasi resolusi sudut dan jarak pada MBES (Heide, 2017)

adalah resolusi jarak (RR).

Resolusi sudut adalah kemampuan untuk membedakan dua objek yang berada di dasar laut dengan menggunakan *beamwidth* (lebar beam), semakin besar *beamwidth* maka akan semakin sulit membedakan dua objek, sedangkan semakin kecil *beamwidth* semakin mudah membedakan dua objek di dasar laut karena resolusi semakin detil. Pada gambar 3 digambarkan bahwa besar resolusi yang dihasilkan oleh MBES bergantung pada jarak dan *beamwidth*.

Sedangkan resolusi jarak adalah kemampuan untuk dapat membedakan ketinggian suatu objek yang berada di



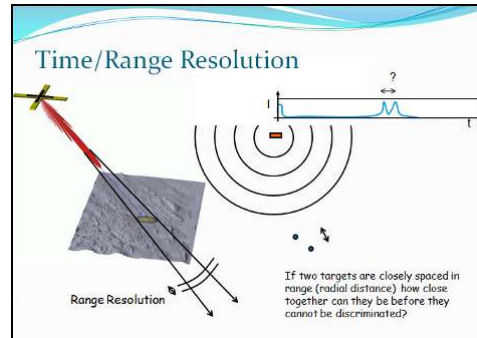
Gambar 3. Resolusi sudut pada MBES (Pratomo, 2017)

dasar laut dengan menggunakan *pulse length* (panjang pulsa). Semakin besar panjang pulsa yang ditransmisikan semakin besar energi yang dipancarkan ke dalam air sehingga semakin dalam jarak yang dapat dicapai oleh *echosounder* (IHO, 2010).

Resolusi sudut dan jarak pada MBES sangat dipengaruhi oleh besaran *beamwidth* sehingga akan juga mempengaruhi besaran *footprint* yang dihasilkan, sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil *beamwidth*, semakin besar sudut pantul *beam* (lebih dekat ke nadir), dan semakin dangkal kedalaman maka semakin kecil *footprint*. Dimensi *footprint* ini memainkan peran

mendasar dalam mengendalikan *resolusi* keseluruhan sistem MBES, yang lebih dekat ke nadir akan mampu menghasilkan resolusi yang lebih baik dari pada *outer beam*, karena ukuran *footprint* yang berbeda (Galway, 2000).

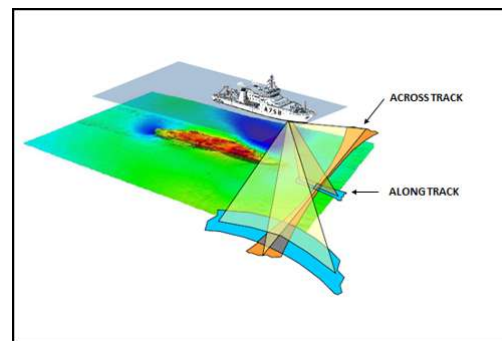
MBES pada umumnya memiliki sistem pemancar



Gambar 4. Ilustrasi resolusi jarak (Pratomo, 2017)

dan penerima dalam satu sistem yang mengadopsi sistem antenna *Mills Cross*. Kedua sistem tersebut terintegrasi dan akan menghasilkan sebuah resolusi *footprint* pada sebuah *array*. Sistem *transmitter* (TX) akan mengontrol sistem *along track footprint* sedangkan sistem *receiver* (RX) akan mengontrol sistem *across track footprint* dimana kedua sistem tersebut akan menghasilkan sebuah resolusi pada pendeteksian target di bawah air.

Untuk mengukur hasil resolusi *footprint* pada *across*



Gambar 5. *Across Track* dan *Along Track* pada MBES (SHOM, 2014)

track dan *along track* dapat menggunakan perhitungan sebagai berikut (Galway, 2000):

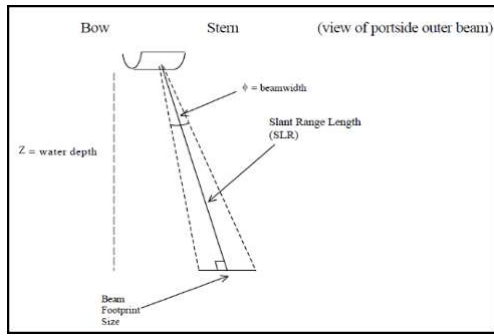
$$BFS_{Along\ Track} = 2 \times \left(\left(\frac{Z}{\cos(\beta)} \right) \times \left(\tan \left(\frac{\phi}{2} \right) \right) \right)$$

dengan:

β : *beam angle*

Z : kedalaman

ϕ : *beamwidth*



Gambar 6. Ilustrasi pengukuran *Along Track* (Galway, 2000)

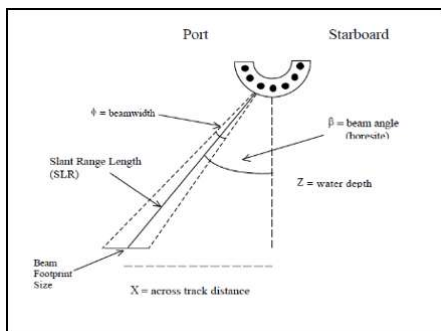
Sedangkan untuk mengukur resolusi yang dihasilkan oleh *across track* menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$BFS_{Across\ Track} = \left(\left(\tan \left(\beta + \left(\frac{\phi}{2} \right) \right) \times Z \right) - \left(\tan \left(\beta - \left(\frac{\phi}{2} \right) \right) \times Z \right) \right)$$

β : beam angle

Z : kedalaman

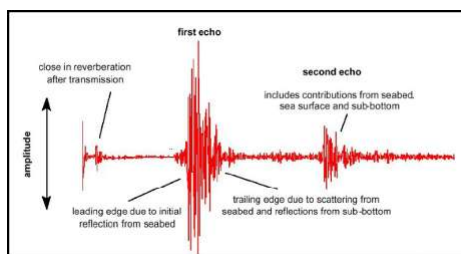
ϕ : beamwidth



Gambar 7. Ilustrasi pengukuran *Across Track* (Galway, 2000)

d. Backscatter Multibeam Echosounder

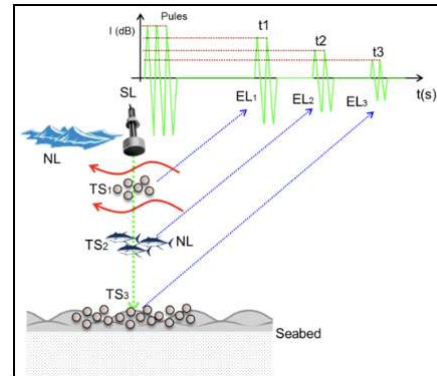
Sistem *MBES* menggunakan *backscatter reflection echo* (intensitas akustik) untuk pengukuran. *Transducer* mentransmisikan gelombang akustik ke dasar laut berdasarkan sudut pancaran. Kemudian gelombang akustik mencapai dasar laut, tersebar ke segala arah dan sebagian dipantulkan kembali ke penerima.



Gambar 8. Ilustrasi proses penerimaan sinyal *Backscatter* pada *MBES* (Poerbandono, 2015)

Gelombang akustik yang tersebar kembali ke penerima sebagai intensitas sinyal (Trismadi, 2017). Gema *backscatter* tidak hanya berasal dari refleksi dasar

laut, tetapi juga dari hal-hal lain selain dari target asli seperti gelembung, ikan, dan partikel tersuspensi (Lurton, 2002). Selain itu intensitas sinyal serta panjang gelombang yang dipancarkan kekuatan *backscatter* juga dipengaruhi oleh bentuk kemiringan dasar laut, kekasaran dasar laut dan kondisi dasar laut yang mempengaruhi proses *scattering* dan refleksi dari gelombang akustik (Trismadi, 2017).



Gambar 9. Deteksi *Echo Level* pada *MBES* Dalam Pendeteksian dasar laut (Prayoga, 2016)

e. Sedimen

Sedimen adalah pecahan batuan dari berbagai proses (pelapukan fisik, kimia, biologi). Batuan terbentuk karena adanya proses vulkanik, sedimentasi, metamorfosa, atau biogenik (karang). Ukuran butir sedimen umumnya diwakili oleh diameternya (d), dengan asumsi bahwa butiran sedimen adalah ideal bola. Berdasarkan dimensinya, sedimen diklasifikasikan menjadi lumpur ($d \leq 62,5 \mu\text{m}$), pasir ($62,5 \mu\text{m} < d \leq 2 \text{mm}$), dan kerikil ($d > 2 \text{mm}$) (Poerbandono, 2015).

Sedimen didefinisikan secara luas sebagai material yang diendapkan di dasar suatu cairan (air dan udara), atau secara sempit sebagai material yang diendapkan oleh air, angin, atau gletser/es. Menurut asalnya sedimen dibagi menjadi tiga macam, yakni sedimen *lithogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa pengikisan batubatuan di darat dan sedimen *biogenous* ialah sedimen yang berasal dari sisa rangka organisme hidup (Hutabarat & Evans, 1985). Besaran diameter butir sedimen dapat menggunakan skala ϕ (phi) yakni:

$$\phi = -\log_2 d$$

$$d = -2^\phi$$

dengan :

Φ = ukuran sedimen (dalam phi)

d = diameter sedimen (dalam mm)

Umumnya pengukuran butiran sedimen dilakukan di laboratorium dengan cara pengayakan hingga mencapai nilai ukuran terkecil dan disesuaikan dengan tabel skala ukuran *Wentworth* (Prayoga, 2015).

Tabel 1. Klasifikasi Sedimen *Wentworth* (Chotiros, 2017)

Grain diameter range		Classification	
mm	ϕ	Detailed	Coarse
>256	<-8	Boulder	Gravel
64-256	-8 to -6	Cobble	Gravel
4-64	-6 to -2	Pebble	Gravel
2-4	-2 to -1	Granule	Gravel
1-2	-1 to 0	Very coarse sand	Sand
1/2-1	0-1	Coarse sand	Sand
1/4-1/2	1-2	Medium sand	Sand
1/8-1/4	2-3	Fine sand	Sand
1/16-1/8	3-4	Very fine sand	Sand
1/256-1/16	4-8	Silt particle	Mud
<1/256	>8	Clay particle	Mud

Sedimen memiliki kekuatan hamburan yang berbeda-beda karena variasi ukuran butir dan kekasaran permukaan. Akibatnya, data *backscatter* dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menginterpretasikan struktur sedimen dan dasar laut (Trismadi, 2017). Perhitungan nilai kekuatan hambur balik (*backscatter strength*) dihubungkan dengan rata-rata diameter dari tipe sedimen diformulasikan dengan persamaan (Manik, dkk, 2006):

$$BS (dB) = 9.0 \text{ Log}_{10} (d(\mu\text{m})) - 36.4$$

dengan:
 d = Ukuran butir (*Grain Size*)

Dalam penentuan klasifikasi jenis dasar laut menggunakan *MBES* sangat tergantung pada intensitas nilai *backscatter*. Hal tersebut dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain:

- Jarak target
- Source Power* dan arah *beam*
- Area pendeteksian (*Slope*, kemiringan objek, refraksi)

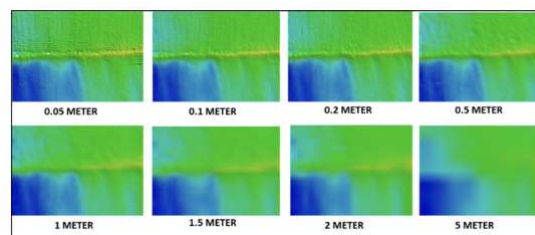
Salah satu metode untuk klasifikasi dasar laut adalah dengan menggunakan metode *Angular Response Analysis (ARA)* untuk menentukan nilai besaran hambur balik. *ARA* menggunakan model pendekatan bahwa setiap tipe sedimen dasar perairan memiliki respon sudut pancaran yang unik, dimana variasi hambur balik akustik ini terhubung dengan respon tiap sudut pancaran untuk menentukan tipe substrat dasar perairan (Adi, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil Identifikasi Target

MBES Kongsberg 2040C memiliki *beamwidth* sebesar $1^\circ \times 1^\circ$ yang artinya *MBES* memiliki *beamwidth* pada *transmitter* 1° dan pada *receiver* 1° sehingga dengan menggunakan perhitungan *beam footprint size* pada kedalaman 10 m, maka ukuran *footprint* yang dihasilkan pada *transmitter / along track* 0,17 m dan pada *receiver / across track* 0,17 m, yang artinya *footprint* yang dihasilkan berbentuk bulat dengan diameter

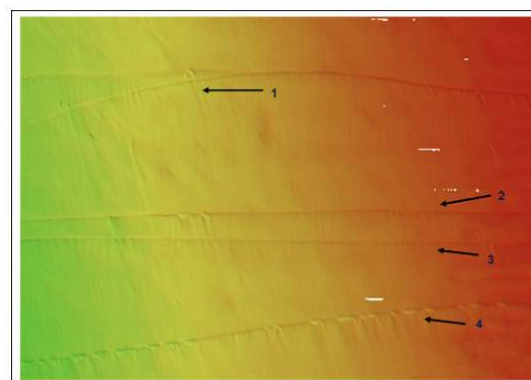
0,17 x 0,17 m², ini berarti target dikedalaman 10 m yang berukuran 0,17 m ke atas dapat dideteksi. Pada pipa



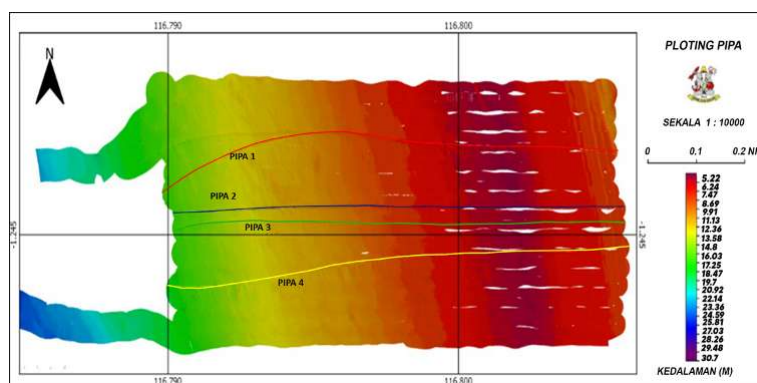
Gambar 10. Hasil *grid surface* target pipa

Pertamina Balikpapan memiliki diameter 20 inchi (0,5 m) sehingga untuk memperoleh hasil yang maksimal dilaksanakan *gridding* dengan resolusi dibawah 0,5 m.

Pada Gambar 10 terlihat bahwa dengan menggunakan *grid surface* di bawah 0,5 m bentuk target pipa masih terlihat baik akan tetapi semakin besar *grid surface* yang digunakan maka semakin tidak terlihat bentuk target yang dideteksi. Berdasarkan analisis gambar diatas maka penggunaan *MBES* dengan besar objek 0,5 m minimal menggunakan resolusi *grid surface* dibawah 0,5 m untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pendeteksian objek tersebut. *Gridding* topografi bawah laut dalam bentuk *base surface* dilakukan terhadap data batimetri dengan kedalaman bervariasi antara 6–10 m. Dari hasil *base surface* setelah dilaksanakan *zoom in* menunjukkan 4 posisi target yang terdeteksi sebagai kenampakan pipa bawah laut. Pengukuran dimensi



Gambar 11. Hasil identifikasi objek Pipa Bawah Laut

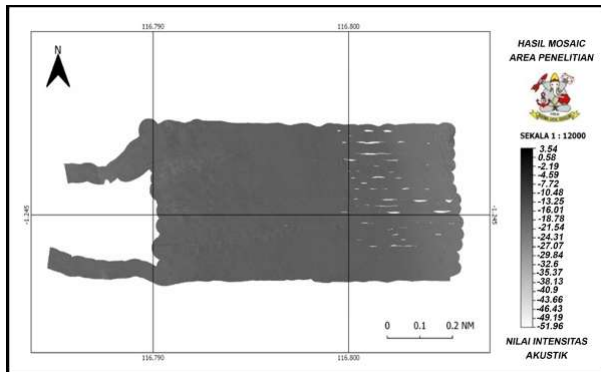


Gambar 12. Hasil plotting pipa

masing - masing pipa ditemukan pipa 1 memiliki panjang 1,81 Km, Pipa 2 sepanjang 1,722 Km, Pipa 3 sepanjang 1,73 Km dan pipa 4 sepanjang 1,775 Km.

b. Hasil Mosaic

Mosaic backscatter hasil pengolahan batimetri dihasilkan melalui algoritma *Geobars/ARA* untuk mendapatkan besaran nilai hambur balik. *Geobars* dibangun oleh algoritma yang cukup efektif digunakan untuk mengestimasi, mengklasifikasi serta mendelineiasi jenis-jenis sedimen, sehingga sinyal akustik yang terekam dapat diolah dan dianalisis lebih jauh lagi (Indramawan, 2017).



Gambar 13. Profil Mosaic

Dalam penentuan *Seabed Classification* digunakan *Sediment Analysis Tool* pada perangkat lunak *Caris Hips/Sips*. Proses pengklasifikasian sedimen memanfaatkan hasil *mosaic backscatter* yang sebelumnya telah dilakukan dalam identifikasi nilai intensitas objek pipa bawah laut. *CARIS HIPS & SIPS* menerapkan algoritma *Geocoder* sebagai pilihan dalam memproses data *backscatter*. Beberapa koreksi dalam perangkat lunak perlu diterapkan saat memproses data menggunakan *Geocoder*. Hasil pengolahan data *backscatter* menghasilkan *backscatter mosaic* yang mewakili nilai intensitas akustik spasial. Selanjutnya analisis *Geobars/ARA* digunakan untuk memperkirakan karakteristik sedimen dasar laut (Trismadi, 2017).

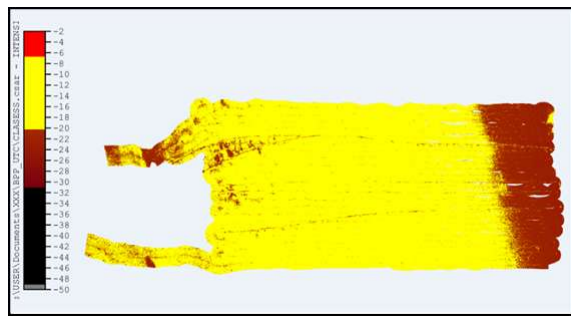
Mengacu pada *grain size* tabel hasil permodelan oleh Chotiros (2017) melalui tabel Wentworth (1922), hasil pengukuran intensitas akustik suatu sedimen dasar laut berhubungan langsung dengan besaran ukuran diameter sedimen yang dinyatakan secara langsung sebagai diameter butir (dalam millimeter atau micron) atau dengan nilai phi (ϕ).

Interpretasi data hasil olahan *mosaic* ditampilkan ke dalam gradasi warna yang mengacu pada nilai histogram intensitas akustik sedimen pada area survei. Histogram akan mencerminkan kelas dan warna pada setiap kelas yang akan ditentukan (Caris, 2015). Hasil klasifikasi sedimen berdasarkan nilai intensitas akustiknya terlihat pada tabel 2. Perhitungan nilai kekuatan *backscatter* diperoleh hasil perhitungan terhadap diameter sedimen sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai intensitas akustik

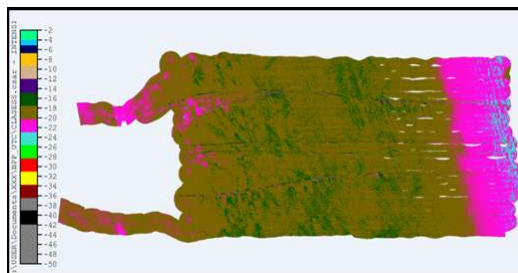
NAMA TIPE SEDIMEN	DIAMETER (mm)	INTENSITAS
BATU (ROCK)	BOULDER	>256
	COUBLE	65 - 256
	PEBBLE	4-64
PASIR (SAND)	GRANULE	2-4
	VERY COARSE SAND	1-2
	COARSE SAND	1/2 - 1
	MEDIUM SAND	1/4 - 1/2
	FINE SAND	1/8 - 1/4
LANAU (SILT)	VERY FINE SAND	1/16 - 1/8
	COARSE SILT	1/32 - 1/16
	MEDIUM SILT	1/64 - 1/8
LUMPUR (CLAY)	FINE SILT	1/128 - 1/64
	VERY FINE SILT	1/256 - 1/128
	COARSE CLAY	1/640 - 1/256
	MEDIUM CLAY	1/1024 - 1/640
	FINE CLAY	1/2360 - 1/1024
	VERY FINE CLAY	1/4096 - 1/2360

Berdasarkan tabel *Wentworth*, pada Gambar 14. secara umum terlihat bahwa pada perairan Balikpapan umumnya didominasi oleh sedimen berupa lanau (*silt*) dan pasir (*sand*) yang ditandai dengan warna coklat dan kuning dengan nilai intensitas antara -31,07 dB s/d -20,23 dB. Sedimentasi lumpur sebagian besar berada pada sisi Timur dan sebagian kecil pada sisi Barat sedangkan pada sisi tengah area berupa sedimen pasir.



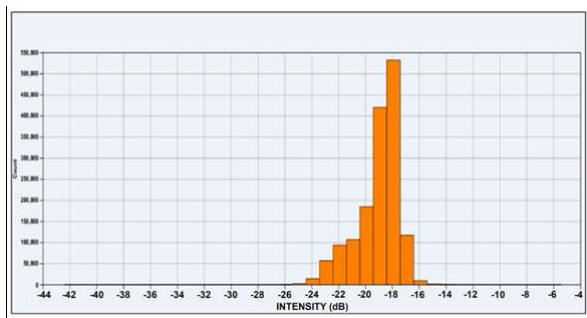
Gambar 14. Hasil Klasifikasi 4 Kelas Sedimen

Apabila dipisahkan menjadi 17 kelas sedimen (tabel 2), pada bagian timur dan sebagian sisi barat perairan Balikpapan terdiri atas sedimentasi lanau sedang (*medium silt*) dan lanau kasar (*coarse silt*) dengan nilai intensitas antara -25,65 dB s/d -20,23 dB yang ditandai dengan klasifikasi berwarna ungu dan biru, pada area tengah sedimentasi teridentifikasi campuran antara pasir sangat halus (*very fine sand*) hingga pasir halus (*fine sand*) dan beberapa area berupa lanau kasar (*coarse silt*).



Gambar 15. Hasil Klasifikasi 17 Kelas Sedimen

Berdasarkan nilai intensitas akustik yang dihasilkan, perbedaan sedimentasi pada area penelitian menunjukkan perbedaan jenis berupa lumpur di sisi timur dan barat serta pasir sangat halus di bagian sisi tengah area penelitian, hal tersebut dipengaruhi oleh adanya beberapa sungai besar yang bermuara pada sisi utara area penelitian dan menyebabkan terjadinya pergerakan sedimen serta mempengaruhi bentuk topografi dasar laut area tersebut. Menurut Bakri (2018), daerah muara atau perairan berenergi tinggi umumnya akan memiliki endapan sedimen berupa pasir. Hal tersebut disebabkan karena karakteristik hidrodinamika pantai dan muara yang didominasi gelombang dan pasang surut serta arus, yang mempengaruhi konfigurasi dasar laut (Poerbandono, 2015). Identifikasi jenis sedimen secara umum menggunakan nilai histogram akustik hasil akuisisi *backscatter MBES*. Berdasarkan hasil histogram akustik, diperoleh 6.166.749 data nilai intensitas akustik. Hasil histogram intensitas akustik sebanyak 556.000 data bernilai -18 dB. Nilai tersebut, mengindikasikan bahwa perairan Balikpapan didominasi sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*).



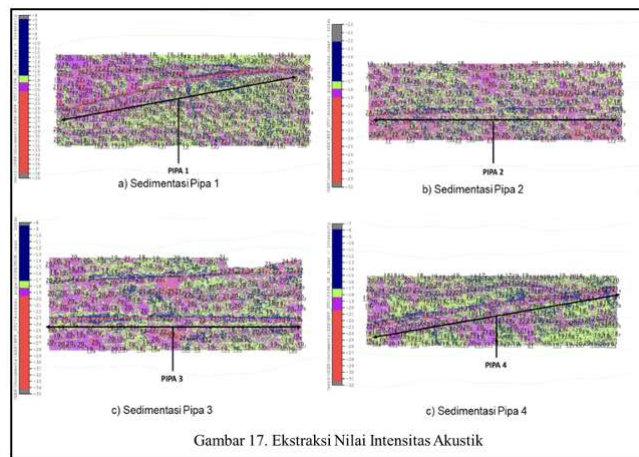
Gambar 16. Histogram Intensitas

c. Ekstraksi nilai hambur balik sedimentasi

Pada segmentasi pipa 1 sepanjang 303 m umumnya pada posisi pipa terdapat sedimen berupa lanau sedang (*Medium Silt*) dengan nilai intensitas yang bervariasi antara -25 dB s/d -25,45 dB. Sedangkan pada sisi utara maupun selatan pipa umumnya terdiri atas sedimen lumpur pasir hingga pasir halus dengan nilai intensitas antara -28,2 dB s/d -17,7 dB.

Pada segmentasi pipa 2 sepanjang 252,79 m umumnya pada posisi pipa terdapat sedimen yang didominasi oleh pasir sangat halus (*very fine sand*) dengan nilai intensitas bervariasi antara -19 dB s/d -17 dB yang ditandai dengan warna ungu dan hijau, sedangkan pada area pipa terdeteksi sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*) hingga lanau sangat halus (*very fine silt*) dengan nilai intensitas antara -29 db s/d -19 dB.

Pada posisi pipa 3 sepanjang 240,45 m terdapat sedimen berupa lumpur sedang (*medium silt*) dengan nilai intensitas yang bervariasi antara -23,7 dB s/d -19,1 yang ditandai dengan warna merah, serta sedimen berupa pasir sangat halus (*very fine sand*). Pada sisi utara pipa memiliki sedimen berupa lumpur sangat halus hingga

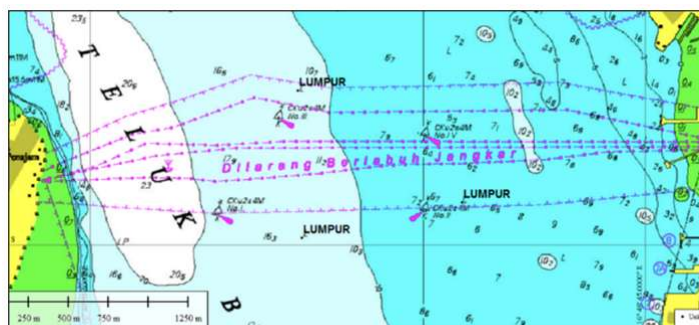


Gambar 17. Ekstraksi Nilai Intensitas Akustik

pasir halus dengan nilai intensitas antara -34,3 dB s/d -16,6 dB. Pada area selatan pipa umumnya terdiri atas sedimen lumpur sedang (*medium silt*) serta pasir sangat halus (*very fine sand*) intensitas antara -24,3 dB s/d -18,2 dB.

Pada posisi pipa 4 sepanjang 294,45 m didominasi sedimen campuran lanau sangat halus (*very fine silt*) hingga pasir sangat halus (*very fine sand*) dengan nilai intensitas bervariasi antara 31,4 dB s/d -19 dB. Sedangkan pada sisi utara umumnya memiliki sedimen berupa lanau sedang (*medium silt*) hingga pasir halus (*fine sand*) dengan nilai intensitas antara -23,3 dB s/d -17,4 dB. Pada area pipa bagian selatan umumnya terdiri atas sedimen lanau sedang (*fine silt*) hingga pasir halus (*fine sand*) dengan nilai intensitas antara -26 dB s/d -15,5 dB.

Berdasarkan nilai intensitas, perairan Balikpapan terdiri atas sedimen pasir sangat halus, pasir halus hingga lanau sedang. Dengan menggunakan *SAT Caris Hips/Sips 10.4*, hasil analisis sedimen menunjukkan sedimen berupa lumpur sedang terjadi karena pada pengolahan menggunakan *SAT* terdapat interpolasi nilai pengukuran intensitas yang menyebabkan jenis sedimentasi cenderung



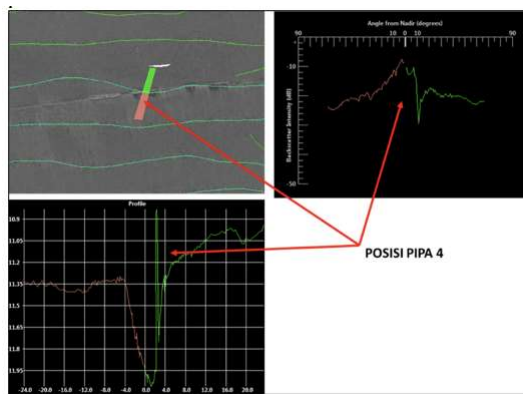
Gambar 18. Plotting Jenis Dasar Laut Perairan Balikpapan

homogen. Hasil analisis jenis dasar laut cukup berbeda dengan Peta Laut Indonesia No. 157 di perairan Balikpapan yang umumnya berupa Lumpur. Hal tersebut dapat terjadi karena dalam pengklasifikasian jenis sedimentasi pada Peta Laut Indonesia menggunakan generalisasi dan pengklasifikasian yang berbeda. Namun, secara umum jenis dasar laut di perairan Teluk

Balikpapan dari hasil pengolahan data *MBES* cenderung sama.

d. Identifikasi Intensitas Akustik Pipa bawah laut

Untuk mengidentifikasi nilai *backscatter* pipa bawah laut maka digunakan 4 sampel posisi pipa untuk mendapatkan besaran nilai intensitas akustiknya. Masing-masing posisi pipa diambil 10 titik sampel pada objek identifikasi pipa. Selanjutnya akan diambil rata-rata nilai intensitas akustik pada objek teridentifikasi pipa laut dengan menggunakan metode *time series*. Format ini dipilih karena tampilan pada format *time series* sangat kasar dan memiliki nilai intensitas yang bervariasi, sedangkan pada format *beam average*, mempunyai tampilan lebih halus dikarenakan hanya menghasilkan satu nilai intensitas tiap *beam* (Adi, 2016). Berdasarkan hasil analisis dan *ploting mosaic* keempat pipa tersebut diperoleh nilai rata-rata intensitas akustik sebesar -24.1



Gambar 19. Profil nadir identifikasi pipa

dB dengan kecenderungan nilai intensitas terbesar berada pada sisi mendekati nadir.

Hal tersebut disebabkan karena pada sisi nadir merupakan posisi dimana transmisi frekuensi sinyal yang dipancarkan oleh *MBES* berada pada posisi *narrow beam* sehingga nilai intensitas akustik pipa akan melemah seiring menjauhnya posisi pipa tersebut dari sisi nadir, namun hal tersebut bergantung juga pada bentuk topografi dasar lautnya, karena seiring bertambah besarnya sudut datang dari *MBES* terhadap dasar perairan maka nilai hambur balik akan semakin rendah (Pramudita, 2015). Sehingga, apabila terdapat *slope* yang dihasilkan oleh suatu bentukan topografi maupun objek di bawah laut dengan kekerasan material tertentu maka nilai intensitas akustiknya juga memiliki nilai yang berbeda.

Pada beberapa penelitian sebelumnya telah dilaksanakan identifikasi intensitas akustik beberapa target kapal dengan panjang relatif antara 10-90 m dan lebar antara 4-13 m seperti yang dilaksanakan oleh Indramawan, (2017), serta dengan berbagai macam jenis bahan kapal antara lain kayu, oleh Simbolon (2014) maupun besi oleh Marsugi (2012). Pada penelitian ini objek target berupa pipa laut berdiameter 20 Inchi (0,5 m

Tabel 3. Hasil intensitas akustik penelitian

NO	NAMA	LOKASI	OBJEK	INTENSITAS	ALAT
1	Marsugi (2012)	Tuban	Bangkai Kapal	-29.84 s/d -24.84	SSS Klein Sistem 3000 (500 KHz)
2	Mahdi (2014)	Teluk Jakarta	Bangkai Kapal	-6.23 dB	SSS Klein Sistem 3000 (500 KHz)
		Selat Sunda	Bangkai Kapal	-4.20 Db	
3	Simbolon (2014)	Selat Sunda	Bangkai Kapal (Besi)	-13.3 Db s/d -2.88 dB	MBES Elac Seabem 1050D
4	Indramawan (2017)	Belawan	Bangkai Kapal (Besi)	-9.7 dB s/d -3.02 dB	MBES Kongsberg EM2040C
			Bangkai kapal (Kayu)	-27.3 dB s/d -21.5 dB	
5	Penelitian ini	Teluk Balikpapan	Pipa Laut	-24.1 dB	MBES Kongsberg EM2040C

dengan material logam yang dilapisi beton. Dalam pembuatan *mosaic*, identifikasi objek dipengaruhi oleh aspek dimensi material yang terdeteksi sesuai dengan nilai resolusi. Pada penelitian yang telah dilaksanakan, nilai intensitas objek pipa yang dideteksi mendekati nilai yang diperoleh oleh Marsugi (2012) yang menggunakan kapal besi sebagai objek penelitian, akan tetapi Marsugi (2012) menggunakan *Side Scan Sonar* sebagai peralatan penelitian. Hasil yang berbeda tersebut dipengaruhi oleh banyak aspek salah satunya adalah persamaan respon sudut pancaran yang dapat mempengaruhi nilai dalam pembuatan *mosaic backscatter* (Fonseca & Calder, 2005). Hasil tersebut dapat dilihat pada posisi pipa 2 dimana nilai intensitas akustik rata-rata memiliki nilai di bawah pipa nomor 1, 3, dan 4 yang disebabkan hasil tangkapan sinyal pada pipa tersebut berada pada sudut bukaan pada sisi *outerbeam MBES*. Apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilaksanakan oleh Indramawan (2017), maka nilai intensitas rata-rata pipa laut memiliki intensitas di atas bangkai kapal kayu dan di bawah bangkai kapal besi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pipa bawah laut di perairan Balikpapan dapat dideteksi dengan menggunakan *MBES Kongsberg 2040C*. Nilai intensitas hambur balik pipa bawah laut terdeteksi rata-rata sebesar -24,1 db dengan jenis dasar laut pada area pipa berupa lanau sedang (*medium silt*) hingga pasir sangat halus (*very fine sand*). Klasifikasi tersebut dipengaruhi oleh sudut pancaran *MBES* terhadap topografi bawah laut. Pendeteksian objek berdimensi kecil harus memperhitungkan besar *beamwidth MBES* serta kedalaman area survei yang akan berpengaruh pada tingkatan resolusi spasial. Untuk itu, pada penelitian selanjutnya validasi menggunakan *grab sampler* pada area sedimentasi masih harus dilakukan guna mengetahui dimensi material (*grain size*) sedimen melalui proses laboratorium serta diperlukan peralatan pendukung lain seperti *Sub Bottom Profiller (SBP)* sebagai pembanding untuk memperhitungkan jarak antara pipa terpendam dengan material hasil sedimentasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami sangat berterima kasih kepada Komandan Pusat Hidro-Oceanografi TNI Angkatan Laut, Komandan Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut serta seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR ACUAN

- Adi, A. P. 2016. Analisis sudut pancaran (*angular response analysis*) hasil deteksi *Multibeam echosounder* di Sungai Kapuas Pontianak. (Tesis Master), Sekolah Pasca Sarjana Intitut Pertanian Bogor, Bogor.
- Caris. 2015. *Caris training module practical session part II*. Caris. Fredricton, New Brunswick, p.73
- Chotiros, N. P. 2017. *Acoustics of the Seabed as a Poroelastic Medium*. Springer Nature, Cham, Switzerland. ISBN: 978-3-319-14276-0. p. 78
- Fonseca, L., and Calder, B. 2005. *Geocoder: an efficient backscatter map constructor*. University of New Hampshire, New Hampshire.
- Galway, R. S. 2000. *Comparision of target detection capabilities of the Reson Seabat 8101 and Reson Seabat 9001 Multibeam sonars*. University of New Hampshire, New Hampshire. p. 15-17.
- Heide, D. V. 2017. *Shallowest point determination with water coloum imaging*. Maritime Institute Willem Bartentsz, Delft.
- Hutabarat, S., dan Evans, S. M. 1985. *Pengantar Oseanografi*. UI Press. Jakarta
- International Hydrographic Organization (IHO)*. 2010. *C-13 Manual on Hydrography*. International Hydrographic Bureau.
- Indramawan, B. S. 2017. Analisis nilai hambur balik pada kapal karam (*wreck*) menggunakan data multibeam echosounder di perairan Belawan. (Skripsi Sarjana). Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. Surabaya.
- Lurton, X. 2002. *An Introduction Underwater Acoustic Principle and Aplication*. Praxis Publishing, Chichester, UK, ISBN: 9783540784807. p.69.
- Manik, H. M., Furusawa, M., dan Amakasu, K. 2006. *Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echo sounder*. Fisheries Science, p.507. doi:10.1111/j.14444-2906.2006.01178.x.
- Marsugi, S. 2012. Kuantifikasi sinyal akustik pada beberapa target dasar laut dengan instrumen *Side Scan Sonar Klein Sistem 3000* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Poerbandono. 2015. *Hydroacoustics Survey for Study of Seabed*. Training On Seabed Classification and Multibeam Survey East Asian Hydrographic Commision. Bandung.
- Pramudita, D. Y. 2015. Pemetaan batimetri dan penerapan sudut referensi terhadap nilai hambur balik menggunakan *multibeam echosounder* (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Pratomo, D. G. 2017. *Multibeam performance: Range and Angular Resolution*. Jakarta.
- Prayoga, A. 2015. Studi karakteristik hambur balik data *Multibeam echosounder* untuk klasifikasi dasar perairan (studi kasus *Marine Electronic Highway (MEH)* di *One Fathom Bank* Selat Malaka tahun 2015) (Skripsi Sarjana). Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut. Surabaya.
- Service Hydrographique et Oceanographique de la Marine (SHOM). 2014. *OSV190 Project: theoretical training*. SHOM
- Simbolon, S. 2014. Aplikasi instrumen multibeam sonar dan side scan kapal Bahuga Jaya di perairan Selat Sunda (Skripsi Sarjana). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Subarsyah, dan Aryawan, I. K. 2009. Desain survei metoda magnetik menggunakan marine magnetometer dalam pendeteksian ranjau. *Jurnal Geologi Kelautan*. 7(1), 29-35. doi: 10.32693/jgk.7.1.2009.168
- Trismadi, H. D. 2017. *Seabed classification based on multibeam echo sounder backscatter data in the area of Lombok Strait Indonesia* (Tesis Master). Hafencity Universitat, Hamburg.
- Wentworth, C. K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. *The Journal of Geology*. 30(5), 377–392. doi:10.1086/622910

