



Implementasi *multibeam echosounder* sebagai alat bantu pencarian rambu penuntun yang runtuh di alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak

Implementation of multibeam echosounder as a finding tool for collapsed cardinal bouy in Pontianak Kapuas River cruise line

Nathanael Bagaskara Siregar¹, Mochammad Meddy Danial¹, Arfena Deah Lestari¹, Jasisca Meirany¹, Asep Supriyadi²

¹ Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Kalimantan Barat

² Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Kota Pontianak, Kalimantan Barat

E-mail : nathanaelbagaskara.tekla@student.untan.ac.id

ABSTRAK

Sungai Kapuas Pontianak memiliki lebar alur pelayaran yang sempit dengan sistem rute satu arah (*One Way Route*). Untuk mengurangi bahaya dalam berlayar dialur pelayaran tersebut diperlukan alat navigasi berupa rambu penuntun. Berdasarkan informasi yang didapatkan adanya rambu penuntun I yang runtuh dan membahayakan alur pelayaran. Sehingga perlu dilakukan survei hidrografi-batimetri menggunakan teknologi alat *Multibeam Echosounder* (MBES). Survei ini bertujuan untuk mengidentifikasi titik koordinat dan arah objek rambu penuntun. Metode pemeruman adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan data kedalaman perairan di wilayah survei. Setelah dilakukan pengolahan data didapatkan koordinat rambu penuntun yang runtuh yaitu 0°4'29" N - 109°10'02" E serta mengalami perpindahan posisi sekitar ± 38 meter. Rambu penuntun yang telah di temukan tidak menghalangi alur pelayaran dikarenakan posisinya sejauh 240,39 meter dari alur pelayaran. Untuk hal tersebut maka rambu penuntun tidak perlu dilakukan pengangkatan hanya diberikan bouy penanda.

Kata Kunci: Rambu Penuntun, *Multibeam Echosounder*, Hidrografi-Batimetri

ABSTRACT

The Pontianak Kapuas River has a narrow shipping lane with a one-way route system. To reduce the danger in sailing in the shipping channel, a navigation tool is needed in the form of cardinal buoy. Based on the information obtained, there is a cardinal buoy I that has collapsed and endangered the shipping lanes. So it is necessary to carry out a hydrographic-bathymetric survey using the Multibeam Echosounder (MBES) technology. This survey aims to identify the coordinates and direction of the cardinal buoy object. The sounding method is a method used to obtain water depth data in the survey area. After processing the data, it was found that the coordinates of the cardinal buoy that collapsed were 0°4'29" N - 109°10'02" E and experienced a position shift of around ± 38 meters. The cardinal buoy that have been found do not block the shipping lanes because of their position as far as 240.39 meters from the shipping lanes. For this reason, the cardinal buoy that has collapsed does not need to be lifted, only a marker bouy is given.

Keywords: Cardinal Buoy, *Multibeam Echosounder*, Hydrographic-Bathymetric

I. Pendahuluan

Sungai Kapuas Pontianak Kalimantan Barat memiliki alur pelayaran yang sangat sempit dengan panjang alur pelayaran sekitar 17 *Nautical Miles* (NM) dan lebar 80 meter mempunyai sistem rute satu arah (*One Way Route*) dari pelampung suar Merah Putih Melaju Tegak (MPMT) sampai pelampung suar No.9. Kedalaman minimal alur pelayaran Sungai Kapuas yang telah ditetapkan yaitu -4,0 meter LWS (Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 442 Tahun 2015). Alur pelayaran Sungai Kapuas terdapat banyak tikungan atau haluan sehingga para nakhoda kapal harus berhati-hati ketika berlayar di alur pelayaran Sungai Kapuas.

Menurut Peraturan Menteri Nomor 25 Tahun 2011 tentang Sarana Bantu Navigasi Pelayaran (SBNP). Rambu penuntun adalah Sarana Bantu Navigasi Pelayaran tetap yang bersuar dan mempunyai jarak tampak sama atau lebih dari 10 (sepuluh) mil laut sehingga dapat membantu para navigator bahwa adanya bahaya/rintangan navigasi antara lain karang, air dangkal, timbunan pasir (gosong), dan bahaya terpencil, menentukan posisi dan/atau haluan kapal serta dapat dipergunakan sebagai tanda batas wilayah negara.

Rambu penuntun terletak di Sungai Kapuas Pontianak dikenal sebagai rambu penuntun I Sungai Kapuas di kelola oleh Distrik Navigasi Kelas III Pontianak, kondisi sebelum terjadinya tabrakan rambu penuntun ini terletak pada titik koordinat $0^{\circ}4'26.43''$ N - $109^{\circ}10'4.04''$ E dapat dilihat pada Gambar 1 (Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 Tahun 2011).



Gambar 1. Rambu penuntun I Sungai Kapuas

Berdasarkan informasi yang telah didapatkan oleh Distrik Navigasi Kelas III Pontianak melalui kapal yang melintasi alur pelayaran Pontianak bahwa terdapatnya rambu penuntun I Sungai Kapuas telah runtuh. Sehingga menindaklanjuti hal ini, pihak Distrik Navigasi Kelas III Pontianak melakukan beberapa wawancara dengan hasil didapatkan runtuhnya rambu penuntun ini disebabkan oleh adanya tabrakan kapal, namun identitas dari kapal ini sendiri tidak diketahui. Runtuhnya rambu penuntun pada alur pelayaran Pontianak dapat membahayakan kapal-kapal yang melintasi alur pelayaran (Fauzy et al., 2020), untuk hal itu maka Instalasi Pengamatan Laut Distrik Navigasi Kelas III Pontianak melakukan survei hidrografi-batimetri bertujuan untuk melihat runtuhnya posisi rambu penuntun akan menghalangi alur pelayaran atau tidak.

Dalam mendukung pencarian rambu penuntun yang hilang di dasar Sungai Kapuas Pontianak diperlukan ada kegiatan survei hidrografi-batimetri dikarenakan dengan

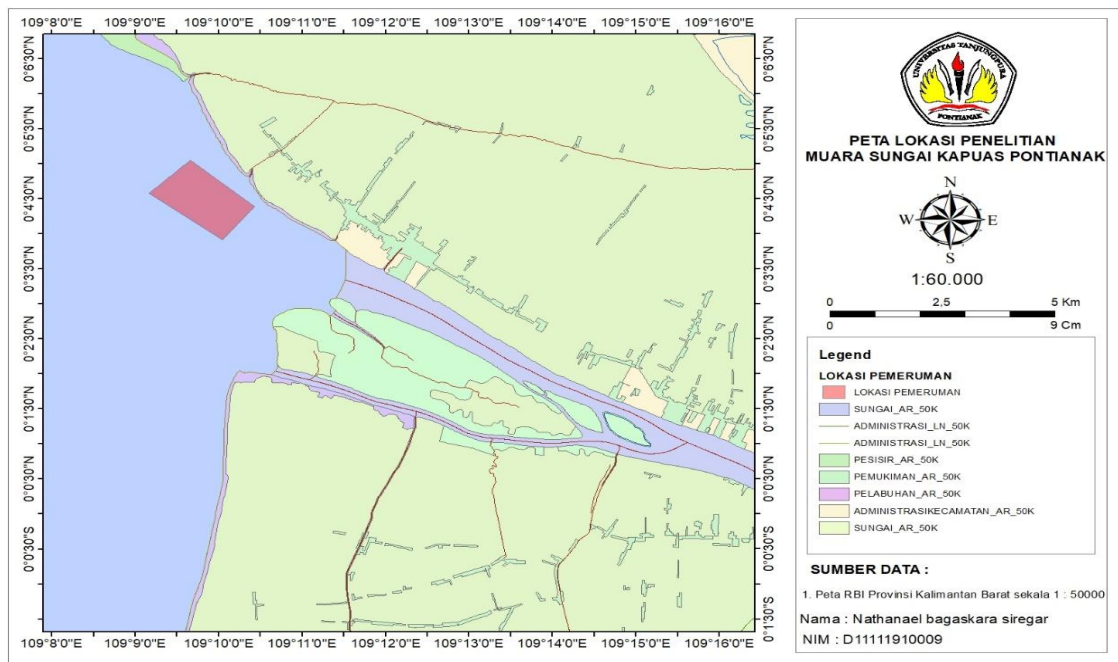
menggunakan survei hidrografi-batimetri ini dapat mencari bangkai rambu penuntun dengan akurasi paling efektif dan memakan waktu yang singkat (Islami et al., 2019).

Survei hidrografi-batimetri dapat dilakukan dengan beragam metode tetapi untuk penelitian ini penulis menggunakan metode pemeruman dengan teknologi *Multibeam echosounder* (MBES). Saat ini teknologi *Multibeam echosounder* (MBES) sering digunakan oleh surveyor untuk survei pengukuran kedalaman dikarenakan *Multibeam echosounder* (MBES) ini memancarkan gelombang suara dalam bentuk kipas langsung dari bawah lambung kapal (Resda et al., 2021).

II. Metode penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 20 Juli 2022 s/d 22 Juli 2022 lokasi survei pemeruman berada di Muara Sungai Kapuas Kota Pontianak (Gambar 2). Penelitian terdiri dari studi literatur, survei awal lokasi, pengambilan data pemeruman, pengolahan data, analisa data, dan penyusunan laporan penelitian.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

2.2 Analisis Data

1) Data Kedalaman

Pelaksanaan pengambilan data kedalaman dilakukan pada tanggal 20 Juli 2022 s/d 22 Juli 2022, menggunakan alat *Teledyne Odom MB2 Multibeam Echosounder* dan *Software* akuisisi data *Teledyne PDS*. Tujuan dalam pelaksanaan sounding yaitu menentukan posisi vertikal (kedalaman) dan horizontal. Terdapat beberapa tahapan untuk melakukan proses pemeruman, tahap pertama yaitu membuat jalur perum terlebih dahulu untuk menentukan acuan jalanya kapal saat melakukan pemeruman. Tahapan selanjutnya yaitu proses kalibrasi atau uji kesetimbangan kapal (*roll, pitch, heading/yaw*) dan melakukan proses pengambilan data kecepatan rambat suara (Pambudhi, 2017)(Kusuma et al., 2016).



Data kedalaman yang telah terekam oleh alat *multibeam echosounder* dapat diuji kebenarannya, dikarenakan jika terdapat penghalang transduser saat mengirim gelombang suara ke dasar laut akan langsung teridentifikasi (Iwen & Waz, 2018).

Pengukuran data pemeruman yang telah dikoreksi, maka menghasilkan data kedalaman teruji akurat. Data kedalaman tersebut kemudian diinterpolasi dengan bantuan *software ArcGIS 10.8*, kemudian diplot dalam format 3D. Data kedalaman didapatkan dari hasil sounding yaitu berupa *raw data* kemudian dikonversikan ke dalam format XYZ untuk melakukan koreksi data kedalaman dengan data pasang surut dan elevasi muka air sehingga mendapatkan data kedalaman yang sebenarnya (*real depth*).

2) Data Pasang Surut

Pengambilan data pasang surut ini penulis hanya menggunakan data sekunder dimana data ini didapatkan dari buku Pasang Surut Pontianak Tahun 2022 yang diterbitkan oleh Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUSHIDROSAL). Data pasang surut diambil pada buku ini dikarenakan penelitian ini bukan untuk melakukan pemetaan yang meluas hanya berfokus agar *Buoy Tender Vessel* dapat memasang *Buoy* penanda sehingga kapal tidak karam saat memasuki zona survei untuk memasang *buoy* penanda.

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode Duduk Tengah Sementara (DTS) dalam 1 piantan selama 39 jam. Untuk mendapatkan hasil nilai DTS yang akurat maka menggunakan rumus:

$$DTS = \frac{\sum(T \times F)}{\sum F} \quad (1)$$

Keterangan:

DTS = Duduk Tengah Sementara

T = Tinggi air (m)

F = Faktor pengali

3) Data Sound Velocity

Pengambilan data *sound velocity* berguna untuk memperoleh koreksi data akustik, dikarenakan data gelombang suara merupakan faktor penting dalam mengukur kedalaman menggunakan instrument *multibeam echosounder* (Prakoso et al., 2016). Sebaran data kecepatan suara berbeda-beda dalam perairan sehingga diambil dengan instrumen CTD. Data ini berupa salinitas, kedalaman dan suhu kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai kecepatan rambat suara per kedalaman. Rumus yang digunakan untuk menghitung kecepatan suara sebagai berikut (Tollefsen, 2013):

$$c = 1,448.6 + 4.618T - 0.0523T^2 + 1.25(S-35) + 0.017D \quad (2)$$

Keterangan:

c = Kecepatan suara (m/s)

T = Suhu ($^{\circ}C$)

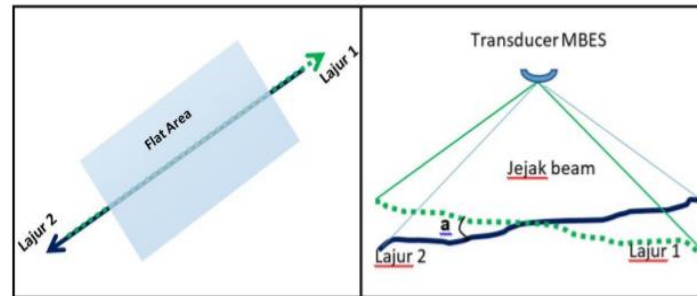
S = Salinitas (ppt)

D = Kedalaman (m)

4) Kalibrasi Multibeam Echosounder

a) Kalibrasi Roll Test

Kalibrasi *roll* merupakan proses kalibrasi dengan mengoreksi kesalahan diakibatkan pergerakan rotasi kapal pada sumbu X atau gerakan miring ke samping (kanan/kiri) sonar *multibeam echosounder* dengan pergerakan MRU Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi penentuan sudut *Roll Test*

Dari pengukuran hasil *roll test* maka untuk pengoreksian kesalahan data dapat dicari dengan rumus:

$$b = \arctan (Y/X) \quad (3)$$

Keterangan:

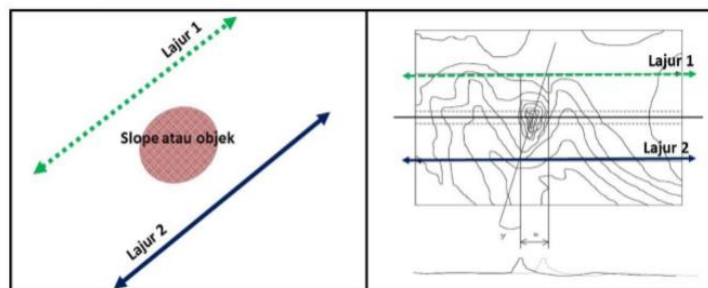
b = *Offset roll*

Y = Kedalaman titik jalur pemeruman terluar

X = Lebar lajur pemeruman dari garis tengah

b) Kalibrasi *Pitch Test*

Kalibrasi *pitch test* diartikan proses pengoreksian data kesalahan akibat adanya pergerakan oleng/rotasi kapal atau adanya kemiringan saat pemasangan transduser searah sumbu Y atau gerakan depan/belakang dari sonar *multibeam echosounder* Gambar 4.



Gambar 4. Ilustrasi kalibrasi *Pitch Test* terhadap lajur perum

Untuk menentukan koreksi kesalahan dari *pitch test* dapat ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$a = \arctan \left(\frac{d}{Z} \right) \quad (4)$$

Keterangan:

a = Sudut *pitch offset*

Z = Kedalaman benda/objek

d = Jarak titik benda/objek hasil pengukuran lajur 1 dan lajur 2

c) Kalibrasi *Yaw Test*

Kalibrasi *Yaw test* disebut juga kalibrasi *azimuthal* atau kalibrasi *gyro* diartikan proses pengoreksian data kesalahan yang disebabkan oleh rotasi kapal pada sumbu Z atau dapat disebut *heading* kapal. Kalibrasi *yaw test* untuk menentukan ketidaktepatan sudut yang terbentuk pada orientasi kepala sonar *multibeam echosounder* dengan antena *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Penentuan *offset yaw* memerlukan dua jalur perum paralel terhadap objek yang terdefinisi atau tegak lurus terhadap kemiringan transduser (Muljawan et al., 2020)

Dalam menentukan *offset yaw test* diperlukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\gamma = \sin^{-1} \frac{\left(\frac{da}{2}\right)}{X} \quad (5)$$

Keterangan:

γ = Sudut *yaw offset*

da = Jarak titik objek hasil pengukuran lajur 1 dan lajur 2

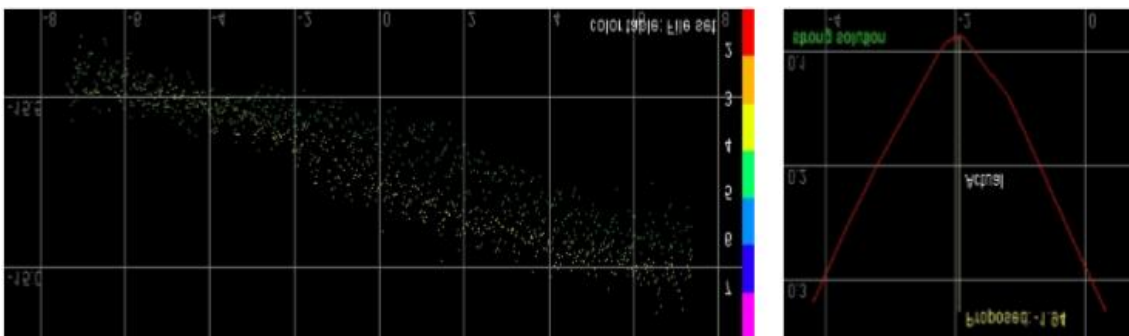
X = Jarak melintang *relative* terhadap gelombang akustik

III. Hasil dan pembahasan

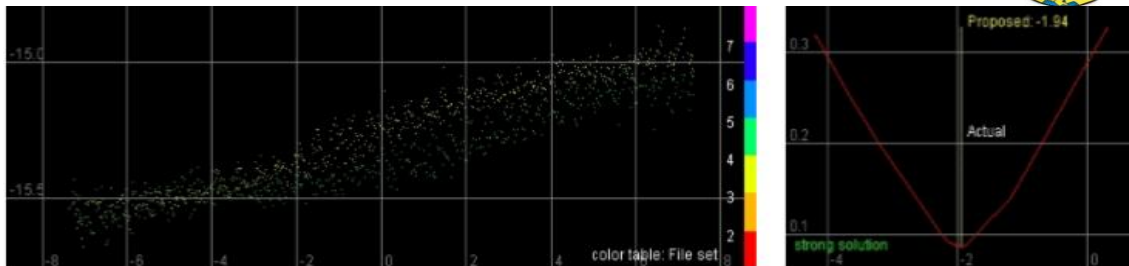
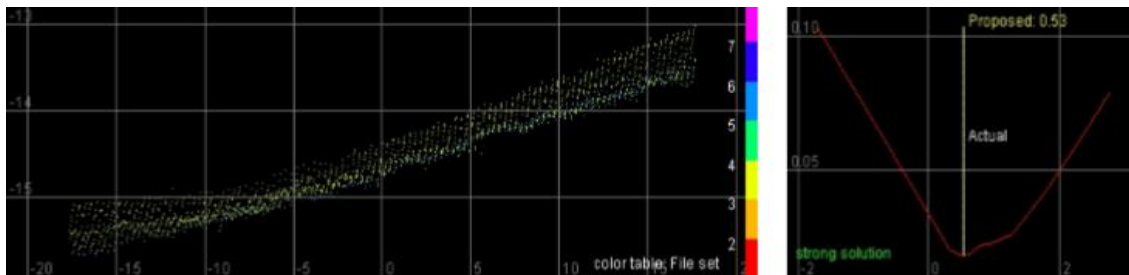
3.1 Hasil

1) Data Kalibrasi *Patch Test*

Sebelum dilaksanakan survei pemeruman diperlukan terlebih dahulu pengambilan data kalibrasi *patch test* dimana data ini bertujuan untuk mengoreksi nilai kesalahan kesetimbangan kapal terhadap posisi stabil kapal. Kalibrasi *patch test* hanya menggunakan parameter *roll test*, *pitch test*, *yaw/heading test*. Hasil kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Hasil kalibrasi *roll test*

Gambar 6. Hasil kalibrasi *pitch test*Gambar 7. Hasil kalibrasi *yaw/heading test*

Pada gambar diatas merupakan hasil dari kalibrasi *roll test* dimana sebaran titik-titik menandakan hasil lajur kalibrasi. Pada gambar tersebut terdapat dua warna sebaran titik-titik menjelaskan lajur saat melakukan kalibrasi pada arah berlawanan, lajur yang sama, kecepatan yang sama serta kondisi gradien kemiringan (*slope*) *seabed*. Semakin berhimpit lajur kalibrasi maka data yang dihasilkan semakin baik. Hasil dari proses kalibrasi *patch test* memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu pada tingkat *strong solution* dengan akurasi 99% dan tingkat kesalahan 0,01°.

2) Data Konfigurasi Kapal

Tahapan awal survei adalah kegiatan pemasangan alat yang harus tepat sehingga mampu menghasilkan data yang akurat. Pemasangan alat survei pemeruman disebut juga konfigurasi kapal. Pemasangan alat pada *survey boat* harus ditentukan posisinya untuk menentukan *offset Motion Reference Unit/Inertial Motion Unit* (MRU/IMU) yang dianggap sebagai pusat kesetimbangan kapal (*center of gravity*) dengan posisi (x,y,z) atau (0,0,0). *Differential GPS* berada pada posisi sebelah kiri buritan kapal dengan nilai berturut-turut sebesar -1.50 meter, -4.00 meter, dan 2.00 meter. Untuk *heading* dengan nilai berturut-turut sebesar -1.50 meter, -3.00 meter, dan 2.00 meter. Posisi kedalaman pemasangan *transducer* yaitu -0,67 meter berada di buritan pada sisi bagian kiri kapal. Hasil yang sudah dijelaskan di atas terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai *offset* konfigurasi kapal

NO	Offset List	X Meter	Y Meter	Z Meter
1	Zero Offset	0.00	0.00	0.00
2	GPS	-1.50	-4.00	2.00
3	Heading	-1.50	-3.00	2.00
4	Transducer	-1.50	-4.00	-0.67
5	MRU/IMU	0.00	-4.00	0.50

3) Pasang Surut



Pengolahan data pasang surut terbagi atas 2 metode dalam penelitian ini yaitu:

a) Pasang Surut Berdasarkan Bulanan

Pasang surut bulanan menggunakan metode *Admiralty* dengan interval waktu selama 29 hari sesuai standar *Admiralty* yang dikembangkan oleh Doodson (1928). Dalam penelitian ini data pasang surut yang dikumpulkan meliputi priode waktu 01 Juli 2022 pukul 00:00 WIB s/d 29 Juli 2022 00:00 WIB.

Hasil perhitungan nilai amplitudo dapat digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut pada area sekitar lokasi penelitian. Dari konstanta harmonik ini dapat dihitung perbandingan elevasi pasang surut pada lokasi Sungai Kapuas Pontianak (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil nilai-nilai elevasi pasang surut

Elevasi	Simbol	Hasil(cm)
<i>Mean Sea Level</i>	MSL	99,8
Muka Surutan Peta	Z_0	86,66
<i>High Water Level</i>	HWL	180,0
<i>Low Water Level</i>	LWL	30,0

Hasil dari komponen pasang surut dapat dihitung nilai *Formzahl* dengan menggunakan rumus:

$$F = \frac{(O_1 + K_1)}{(M_2 + S_2)} \quad (6)$$

$$F = \frac{(24,0 + 27,5)}{(11,7 + 5,8)} \quad (7)$$

$$F = 3,0 \quad (8)$$

Dari penjelasan tipe pasang surut menurut Triatmodjo (1999) dan perhitungan bilangan *Formzahl* di atas menunjukkan bahwa pasang surut pada perairan Sungai Kapuas Pontianak adalah tipe *Diurnal Tide* (Pasaribu et al., 2022).

b) Pasang Surut Berdasarkan Harian

Pasang surut survei harian ini menggunakan metode Duduk Tengah Sementara (DTS) dengan interval waktu 1 piantan atau 39 jam dan satu kali pengamatan. Metode ini dikembangkan oleh Doodson (1928). Perhitungan koreksi berdasarkan nilai Duduk Tengah Sementara (DTS) digunakan karena dalam penggunaan metode ini tidak memerlukan waktu standar observasi penuh (15 atau 29 hari), sehingga dapat disesuaikan waktu pemerumannya. Nilai ketetapan faktor pengali (F) menjadi nilai tetap dalam perhitungan DTS seperti pada Tabel 3.



Tabel 3. Hasil perhitungan nilai DTS

NO	Jam	T (Meter)	F	T X F
1	00:00	1,1	1	1,1
2	01:00	1,3	0	0
3	02:00	1,2	1	1,2
4	03:00	1,1	0	0
5	04:00	1	0	0
6	05:00	0,9	1	0,9
7	06:00	0,9	0	0
8	07:00	0,9	1	0,9
9	08:00	0,9	1	0,9
10	09:00	0,9	0	0
11	10:00	0,9	2	1,8
12	11:00	0,9	0	0
13	12:00	0,9	1	0,9
14	13:00	1	1	1
15	14:00	1	0	0
16	15:00	1	2	2
17	16:00	1	1	1
18	17:00	0,9	1	0,9
19	18:00	0,9	2	1,8
20	19:00	1	0	0
21	20:00	1	2	2
22	21:00	1,1	1	1,1
23	22:00	1,1	1	1,1
24	23:00	1,1	2	2,2
25	00:00	1	0	0
26	01:00	1,1	1	1,1
27	02:00	1,1	1	1,1
28	03:00	1,1	0	0
29	04:00	1	2	2
30	05:00	0,9	0	0
31	06:00	0,9	1	0,9
32	07:00	0,8	1	0,8
33	08:00	0,8	0	0
34	09:00	0,9	1	0,9
35	10:00	0,9	0	0
36	11:00	0,9	0	0
37	12:00	1	1	1
38	13:00	1,1	0	0
39	14:00	1,1	1	1,1
	JUMLAH		30	29,70
	DTS			0,9

3) Data *Sound Velocity*

Pengambilan data kecepatan rambat suara menggunakan alat *Sound Velocity Profiler* (SVP) dengan cara kerja alat dicelupkan sampai ke dasar sungai dengan kondisi kapal berhenti agar alat yang tercelup turun ke dasar sungai tanpa adanya pergerakan dari kecepatan kapal, sehingga data yang dihasilkan stabil. Data kecepatan suara

merupakan data pendukung yang harus digunakan dalam melakukan survey batimetri dikarenakan data ini akan mengoreksi kecepatan suara dari pulsa suara melalui kolom air yang di pengaruhi oleh faktor suhu, salinitas, dan kedalaman.

Hasil dari pengambilan data *sound velocity* dengan menggunakan alat *Sound Velocity Profiler* (SVP) menunjukkan kedalaman maksimum yang tercelup yaitu 5.38 meter dengan nilai kecepatan rambat suara adalah 1.501,006 m/s. Nilai minimum kecepatan rambat suara adalah 1.500,894 m/s dengan kedalaman minimum perairan yaitu 0,12 meter, sehingga dari nilai 1.500,894 m/s – 1.501,006 m/s dapat ditentukan nilai rata-rata kecepatan suara pada saat pengambilan data yaitu 1.500,947 m/s. Penjelasan diatas berdasarkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Data *sound velocity profiler*

4) Data Kedalaman

Data Sound Velocity Profiler (SVP)

<i>Date</i>	<i>Time</i>	<i>SV (m/s)</i>	<i>Depth (m)</i>	<i>Temperature (C)</i>	<i>Battery (V)</i>	<i>Salinity (PSU)</i>	<i>Density (kg m-3)</i>
07/21/2022	3:50:33 PM	1.500,946	4.07	26.364	7.88	0.528	997.105
07/21/2022	3:50:34 PM	1.500,944	4.26	26.364	7.85	0.522	997.101
07/21/2022	3:50:35 PM	1.500,960	4.33	26.369	7.88	0.523	997.101
07/21/2022	3:50:36 PM	1.500,953	4.55	26.367	7.85	0.517	997.098
07/21/2022	3:50:37 PM	1.500,943	4.57	26.363	7.85	0.519	997.101
07/21/2022	3:50:38 PM	1.500,944	4.67	26.362	7.85	0.521	997.103
07/21/2022	3:50:39 PM	1.500,946	4.92	26.362	7.85	0.519	997.102
07/21/2022	3:50:40 PM	1.500,945	4.88	26.362	7.85	0.52	997.103
07/21/2022	3:50:41 PM	1.500,953	5.03	26.362	7.88	0.523	997.106
07/21/2022	3:50:42 PM	1.500,954	5.07	26.363	7.85	0.522	997.105
Nilai	<i>Min</i>	1.500.894	0.12	26.362	7.85	0.511	997.076
	<i>Max</i>	1.501.006	5.38	26.399	7.88	0.569	997.115
	<i>Average</i>	1.500.947	-	26,372	7.861	0.525	997,095

Pengambilan data kedalaman menggunakan instrumen bawah laut atau teknologi bawah laut yaitu *multibeam echosounder* di pasang pada buritan samping kanan pada *survey boat*. bertujuan untuk mengidentifikasi rambu penuntun yang runtuh di Sungai Kapuas Pontianak.

Hasil pemeruman di Sungai Kapuas Pontianak ialah sebagai berikut:

1. Hasil data pemeruman yang dihasilkan melalui teknologi *multibeam echosounder* sebanyak 98.134 data kedalaman yang terekam.
2. Hasil data kedalaman rata-rata yang telah dilakukan koreksi pasang surut yaitu 4,403 meter.

3.2 PEMBAHASAN

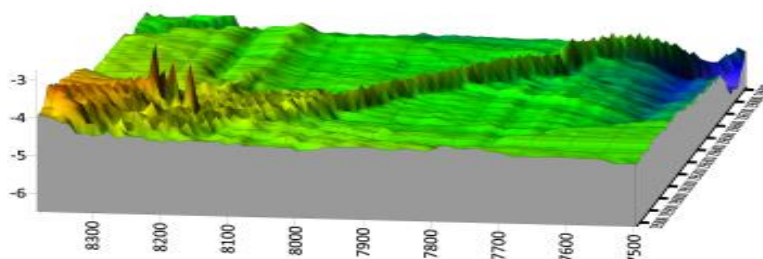
- 1) Pengimplementasian Penggunaan *Multibeam Echosounder* dalam Pencarian Anomali Objek Rambu Penuntun yang Runtuh.

Berdasarkan hasil dari penggunaan *multibeam echosounder* dalam pencarian objek rambu penuntun bahwa terdapat perbedaan kedalaman, dimana survei ini diawali dari titik koordinat awal sebelum runtuhnya rambu penuntun sampai dengan penemuan perbedaan kedalaman yang menjadi anomali objek rambu penuntun. Rambu penuntun yang runtuh disebabkan karena adanya tabrakan oleh kapal sehingga mengalami perpindahan posisi sekitar ± 38 meter dari titik lokasi rambu penuntun sebelum terjadi tabrakan yaitu $0^{\circ}4'29''$ N - $109^{\circ}10'02''$ E. Rambu penuntun yang telah runtuh dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Posisi rambu penuntun yang telah runtuh

Terlihat pada Gambar 8 bahwa posisi rambu penuntun ini runtuh ke arah hilir, dimana warna merah pada gambar tersebut merupakan tanda rambu penuntun yang telah runtuh dari lokasi sebelumnya yang kemudian tergerus. Penggunaan teknologi *multibeam echosounder* mendeteksi kedalaman yang berubah secara tiba-tiba atau abnormal dari kedalaman rata-rata pada perairan yang kemudian dikategorikan sebagai objek. Terlihat adanya perubahan secara abnormal pada hasil pemeruman dari data ke 72802 s/d 72808 dengan kedalaman 1,8 meter, 1,4 meter, 1,6 meter, 2 meter, 1,9 meter, 2,5 meter, dan 3,4 meter secara berurutan sedangkan untuk kedalaman rata-rata $\pm 4,403$ meter di sekitar wilayah objek rambu penuntun. Kedalaman karena perubahan secara abnormal ini menimbulkan *pull up* data elevasi kedalaman pada saat pengolahan seperti terlihat pada Gambar 9.

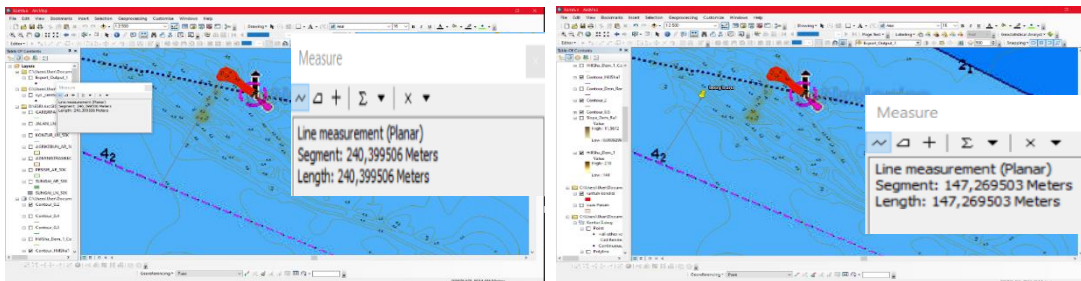
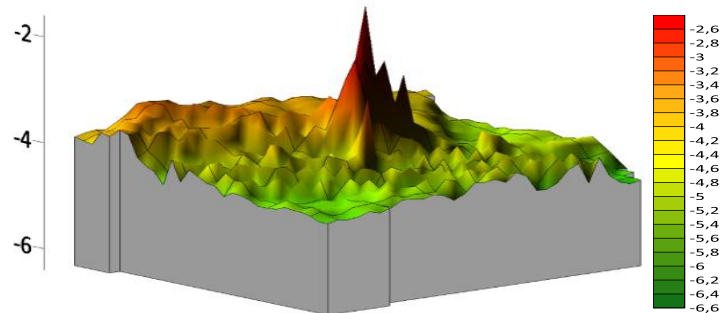


Gambar 5. Tampilan peta 3D kedalaman lokasi penelitian

Data perbedaan elevasi kedalaman kemudian di *cut and fill* untuk melihat kontras yang terdapat rambu penuntun yang runtuh seperti pada Gambar 10. Kemudian dapat dilihat bahwa rambu penuntun yang runtuh dengan lebar puing baja galvanis $\pm 2,3$ meter dan panjang sebaran puing ± 14 meter hasil data lebar didapatkan melalui pengukuran *Arcscene 10.8*, *surfer 21* dan melalui *SAS Planet*. Berdasarkan hasil

backscatter dan 3D mosaik hasil data pemeruman *multibeam echosounder* terlihat bahwa bentuk runtuhnya rambu penuntun ini tidak tetap melainkan tersebar dan hancur karena tabrakan.

Gambar 10. Sebaran puing-puing rambu penuntun yang telah runtuh



Gambar 11. Jarak antara rambu penuntun ke alur pelayaran dan jarak buoy penanda ke alur pelayaran

Lokasi dimana rambu penuntun yang runtuh dan pemasangan rambu penanda dapat dilihat pada Gambar 11, bahwa terdapat garis putus-putus yang diberi warna ungu adalah alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak. jarak antara lokasi penyebaran rambu penuntun ke arah alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak adalah 240,39 meter dan jarak antara lokasi *buoy* penanda ke alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak adalah 147,26 meter. Dari hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa rambu penuntun yang telah runtuh tidak perlu dilakukan pengangkatan karena posisi lokasi rambu penuntun tidak menghalangi alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak.

2) Analisa Kedalaman Pada Perairan Runtuhnya Rambu Penuntun Sehingga *Buoy Tender Vessel* Dapat Memasang *Buoy* Penanda.

Hasil pengolahan data *multibeam echosounder* menunjukkan kedalaman nilai rata-rata adalah 4,403 meter. Area pemasangan *buoy* penanda pada koordinat $0^{\circ}4'26,93''$ N - $109^{\circ}9'56,90''$ E dan jarak lokasi *buoy* penanda ke alur pelayaran Sungai Kapuas Pontianak sejauh 147,26 meter.

Pengolahan data pasang surut seperti pada tabel 4.10 menjelaskan pasang tertinggi pada tanggal 23 juli 2022 pukul 15.00 WIB setinggi 120 cm atau 1,2 m. jika ditambahkan



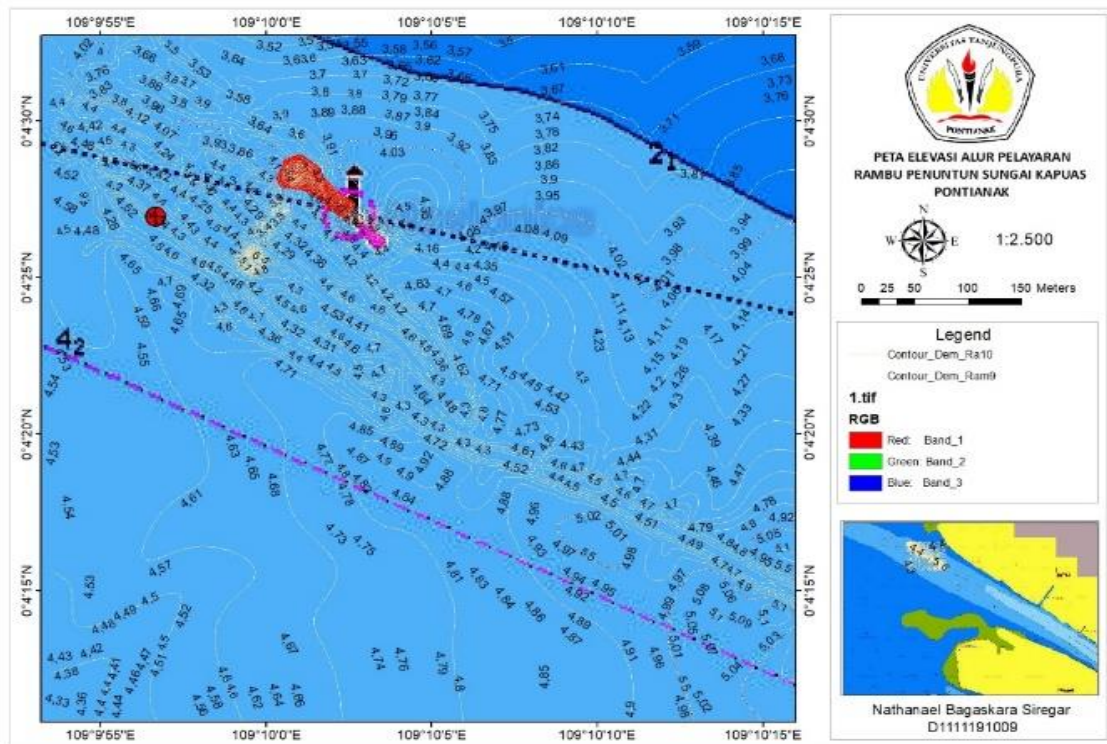
dengan nilai rata-rata kedalaman sekitar lokasi pemasangan *buoy* penanda sebesar 4,403 meter didapatkan kedalaman seluruhnya yaitu 5,6 m.

Tabel 5. Pengolahan data pasang surut tanggal 7/22/22 s/d 7/23/22

Tanggal/Jam	Elevasi (cm)	MSL(cm)
11:59 PM	100	99,8
12:59 AM	110	99,8
1:59 AM	110	99,8
2:59 AM	110	99,8
3:59 AM	100	99,8
4:59 AM	90	99,8
5:59 AM	90	99,8
6:59 AM	80	99,8
7:59 AM	80	99,8
8:59 AM	90	99,8
9:59 AM	90	99,8
10:59 AM	90	99,8
11:59 AM	100	99,8
12:59 PM	110	99,8
1:59 PM	110	99,8
2:59 PM	120	99,8
3:59 PM	110	99,8
4:59 PM	110	99,8
5:59 PM	110	99,8
6:59 PM	110	99,8
7:59 PM	100	99,8
8:59 PM	100	99,8
9:59 PM	100	99,8
10:59 PM	100	99,8

Menurut Triatmodjo (2009) kedalaman elevasi air dengan draft kapal memiliki ruang kebebasan bersih (*clearance*) sebagai pengaman antara lunas dengan dasar laut (*seabed*) sebesar 0,5 meter. Oleh karena itu jika dikurangi kedalaman lokasi pemasangan *buoy* penanda dengan lunas kapal didapatkan hanya draft < 5,1 meter dapat melewati sekitar lokasi pemasangan *buoy* penanda

Berdasarkan kedalaman dan draft kapal maka bisa ditentukan kapan kapal *Buoy Tender Vessel* memasang *buoy* penanda tanpa adanya rasa takut untuk melewati area pemasangan. Sebelum keberangkatan kapal *Buoy Tender Vessel* menginformasikan kepada *Vessel Traffic Control* (VTS) mengenai draft kapal depan yaitu 2,1 meter dan draft belakang 2,8 meter. Berdasarkan hal tersebut draft kapal dapat diasumsikan 2,8 meter karena bagian paling dekat dengan arah *seabed*. Dari perhitungan kedalaman aman didapatkan draft kapal lebih kecil dibandingkan perhitungan kedalaman aman sebesar $2,8 < 5,1$ (meter). Oleh karena itu, dengan adanya jarak antara lunas kapal ke *seabed* yang memiliki jarak interval yang cukup jauh yaitu 2,3 meter, maka tidak perlu takut untuk melewati area lokasi pemasangan *buoy* penanda Gambar 12.



Gambar 12. Peta elevasi kedalaman alur pelayaran

IV. Kesimpulan

Pencarian runtuhnya rambu penuntun dengan menganalisa data perubahan kedalaman yang terjadi secara abnormal dari hasil pemeruman berdasarkan data ke 72802 s/d 72808 terlihat bahwa kedalaman setinggi 1,8 meter, 1,4 meter, 1,6 meter, 2 meter, 1,9 meter, 2,5 meter, 3,4 meter secara berurutan sedangkan kedalaman rata-rata ± 4 meter pada sekitar wilayah objek rambu penuntun sehingga diindikasikan bahwa pada area tersebut merupakan runtuhnya rambu penuntun dengan didukung penggunaan plat besi yang di turunkan ke bawah permukaan air.

Berdasarkan hasil nilai kedalaman aman yaitu 5,1 meter dan draft kapal *Buoy Tender Vessel* 2,8 meter sehingga kapal *Buoy Tender Vessel* dapat memasang *buoy* penanda karena draft kapal *Buoy Tender Vessel* lebih kecil dibanding perhitungan kedalaman aman sebesar $2,8 < 5,1$ (meter) oleh sebab itu kapal tidak perlu takut untuk melewati area lokasi pemasangan *buoy* penanda.

Daftar Pustaka

- Fauzy, A. F., Pratomo, D. G., Darminto, M. R., & Sulistian, T. (2020). Identifikasi Fitur Dasar Laut Menggunakan Data Multibeam Echosounder (Studi Kasus : Perairan Utara Papua). *Journal of Geodesy and Geomatics*, Vol. 16(1), 36–45.
- Islami, A. A., Yuwono, Y., & Handoko, E. Y. (2019). River Depth Analysis Using Multibeam Echosounder for Coal Ship Cruise Line (Case Study: Mahakam River, East Kalimantan). *IPTEK Journal of Proceedings Series*, No. 2, 45.



- <https://doi.org/10.12962/j23546026.y2019i2.5304>
- Iwen, D., & Wąż, M. (2018). Detection of Small Bottom Objects From Multibeam Echosounder Data. *Annual of Navigation*, 25(1), 219–232. <https://doi.org/10.1515/aon-2018-0015>
- Keputusan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor KP 442 Tahun 2015 Tentang Penetapan Alur Pelayaran, Sistem Rute, Tata Cara Berlalu Lintas dan Daerah Labuh Kapal Sesuai Dengan Kepentingannya di Pelabuhan Pontianak.
- Kusuma, Y. A., Djaja, R., & Ibrahim, A. L. (2016). Pembuatan Peta Batimetri Dan Peta Profil Lapisan Tanah Dengan Menggunakan Data Multibeam Echosounder Dan Sub Bottom Profiler. *Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Pakuan Bogor, Vol, 1 No, 1–10*.
- Muljawan, D., Haryanto, D., & Ilyas, M. (2020). Kalibrasi Patch Test Untuk Multibeam Echosounder Laut Dalam Di Kr . Baruna Jaya-I. *Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi (BPPT), Vol, 1 No.(1), 1–13*. <https://doi.org/https://doi.org/10.29122/oseanika.v1i1.4055>
- Pambudhi, D. (2017). *Pengolahan Data Multibeam Echosounder untuk Mendeteksi Pipa Bawah Laut Menggunakan Perangkat Lunak Eiva Navisuite (Studi Kasus: Muara Bekasi)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pasaribu, R. P., Sewiko, R., & Arifin, A. (2022). Penerapan Metode Admiralty Untuk Mengolah Data Pasang Surut Di Perairan Selat Nasik - Bangka Belitung. *Jurnal Ilmiah PLATAX, 10(1), 146–160*. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.39719>
- Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 25 Tahun 2011 Tentang Sarana Bantu Navigasi-Pelayaran.
- Prakoso, E., Widodo, S. P., Ainun, P. W., & Dian, A. (2016). Pengaruh Sound Velocity Terhadap Pengukuran Kedalaman Menggunakan Multibeam Echosounder Di Perairan Surabaya. *Jurnal Chart Datum, Vol, 2 No.(2), 161–176*. <https://doi.org/https://doi.org/10.37875/chartdatum.v2i2.102>
- Resda, D. P., Lubis, M. Z., & Timbang, D. (2021). Pemetaan Kedalaman Laut Menggunakan Multibeam Echosounder, (MB1) di Perairan Punggur, Kepri. *Jurnal Integrasi, Vol. 13 No, 84–92*. <https://doi.org/10.30871/ji.v13i1.3042>
- Tollefsen, C. D. S. (2013). Recommendations for calculating sound speed profiles from field data Defence R & D Canada – Atlantic. *DRDC Atlantic TM, TM 2013-15, 1–12*.