



KESELAMATAN ALUR PELAYARAN MENGGUNAKAN INFORMASI BATIMETRI MULTIBEAM ECHOSOUNDER (STUDI KASUS: PELABUHAN BELAWAN)

Febry Krisnanto*, Yuwono, Dinar Guruh Pratomo

Departemen Teknik Geomatika, FTSLK, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

*Corresponding author, email: febrykrisnanto@gmail.com

ABSTRACTS

The Belawan Harbor Shipping Line is the access used by ships that will dock and sail from the Belawan port. Belawan port itself is the largest port on the island of Sumatra, so many ships with large drafts enter the port. It takes a maintenance of the shipping lane by acoustic method so that the depth of the channel is maintained. The results showed that the depth of the Belawan port shipping lane was between -6 to -11 meters MSL. The depth plan that has been set by the port management is -8.5 meters MSL so that dredging of the channel is needed at several points. The results of the bathymetric data accuracy test based on the IHO S44 special order indicate that the survey still meets the tolerance. The tolerance threshold value given is 0.2617 meters and the standard deviation of the measurements in this study is 0.0480 meters. In addition, the value of the margin of error is 0.0480 meters.

ARTICLE INFO

Article history:

Submitted/Received: 20 Oktober 2020

First revised: 5 November 2020

Accepted: 5 Desember 2020

First Available online: 27 Desember 2020

Publication Date: 01 Januari 2021

Keywords:

Cruise line, IHO S44 Special Order, MSL, Ship draft

1. PENDAHULUAN

Pelabuhan Belawan adalah pelabuhan yang terletak di Kota Medan Provinsi Sumatera Utara dan merupakan pelabuhan terpenting di pulau Sumatera. (Nurzanah,W. 2019) Pelabuhan Belawan adalah sebuah pelabuhan kelas utama berkoordinat geografis 03° 47' 00" Lintang Utara (LU) dan 98° 42' 00" Bujur Timur (BT). (Hasolan, A. 2017). Pelabuhan ini memiliki peranan penting bagi lalu lintas barang dan angkutan penumpang. Pada tahun 2020 Terminal Peti Kemas Belawan melayani bongkar muat peti kemas sebanyak 1,42 (satu koma empat dua) juta *twenty-foot equivalent* unit (TEUs). Penggunaan kapal sebagai moda transportasi barang dipilih karena memiliki kelebihan seperti dapat mengangkut barang dengan jumlah yang banyak, harga yang lebih terjangkau, dan dapat menjangkau daerah pesisir. Terdapat suatu alur pelayaran pada setiap pelabuhan yang berfungsi mengarahkan kapal yang akan bersandar dan berlayar.

Alur pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar, dan hambatan pelayaran dianggap aman dan selamat untuk dilayari oleh kapal di laut, sungai atau di danau. Alur pelayaran dicantumkan dalam peta laut dan buku petunjuk pelayaran serta diumumkan oleh instansi yang berwenang. Alur pelayaran Pelabuhan Belawan memiliki panjang 13,5 km dan lebar 100 m. Alur tersebut memiliki kedalaman -6 meter sampai dengan -9 meter LWS (*Low Water Spring*) dan kedalaman tersebut akan terus dijaga untuk keselamatan kapal yang melintas. Salah satu cara yang dilakukan untuk menjaga kedalaman alur pelayaran adalah *maintenance dredging*. *Maintenance Dredging* (miring) adalah pekerjaan pengangkatan tanah yang mengendap di dasar perairan menggunakan kapal keruk dan dilakukan berkesinambungan pada jangka waktu tertentu. Intensitas dilakukannya pekerjaan tersebut bergantung pada besar sedimentasi yang terjadi di alur pelayaran tersebut. Sebelum dilakukan *maintenance dredging* pada alur pelayaran perlu dilakukan survei bathimetri untuk mengetahui kedalaman dan kondisi topografi dasar perairannya. Alat yang digunakan yaitu *multibeam echosounder*. Alat tersebut dapat mengetahui kedalaman perairan, bentuk topografi dasar laut dan pada sejumlah penelitian *multibeam echosounder* dapat menentukan jenis sedimen dasar perairan melalui data back scatter.(Brammadi, S. 2017).

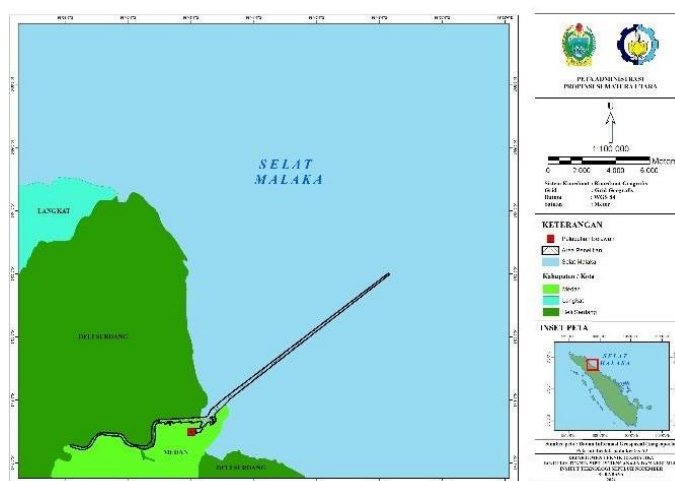
Penelitian tentang aplikasi survei batimetri menggunakan multibeam echosounder untuk alur pelayaran pernah dilakukan oleh (Yuwono, Y. 2018; Yusuf, I.M. 2019). Penelitian tersebut bertujuan untuk mengetahui lokasi kerangka kapal yang karam di Alur Pelayaran Barat Surabaya. Sedangkan pada penelitian ini dibahas mengenai analisa survei batimetri menggunakan *multibeam echosounder* pada Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan pada Tahun 2018.(Setiadarma, A.P. 2019). Dimana akan dibahas beberapa analisa seperti perhitungan volume pengerukan sedimen Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan, ketelitian data kedalaman berdasarkan IHO S44 edisi ke-6 Orde Spesial dan identifikasi fitur dasar laut yang dapat

membahayakan alur pelayaran. (arminto, et. al. 2017). Analisa yang dilakukan oleh penulis merupakan pelengkap dari analisa yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu (Rassarandi, F. D. 2020) terkait penggunaan data batimetri multibeam echosounder yang diaplikasikan untuk alur pelayaran.

2. METODE

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di wilayah Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan dengan sistem koordinat geografis $3^{\circ} 46' 29,9'' - 3^{\circ} 52' 3,04''$ LU dan $98^{\circ} 38' 9,64'' - 98^{\circ} 48' 13,59''$ BT. Dimana lokasi tersebut dapat dilihat pada gambar peta di bawah ini :



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan, Kota Medan
Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Data batimetri *multibeam echosounder* ini merupakan milik Badan Informasi Geospasial (BIG) (Wijayanto, A.W. 2017) dimana pada survei tersebut BIG sedang melakukan pemeliharaan (*maintenance*) kedalaman alur dan mendeteksi apakah terdapat fitur dasar laut yang membahayakan draft kapal.(Yunardhi, 2019). Survei tersebut dilakukan pada September - Oktober 2018.

2.2. Data dan Peralatan

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG) adapun data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Data Multibeam Echosounder hasil pengukuran survei batimetri di wilayah Perairan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan pada Tahun 2018.

- 1) Data pengamatan pasang surut air laut selama 30 piantan di wilayah Perairan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan pada Tahun 2018.

DOI:

- 2) Data Sound Velocity Profile di wilayah Perairan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan pada Tahun 2018.
- 3) Data Patch Test di wilayah Perairan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan pada Tahun 2018. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :
 - a) Perangkat keras (hardware) berupa laptop atau Personal Computer (PC).
 - b) Perangkat lunak Qimera untuk pengolahan data multibeam echosounder.
 - c) Perangkat lunak AutoCAD Civil 3D untuk menghitung

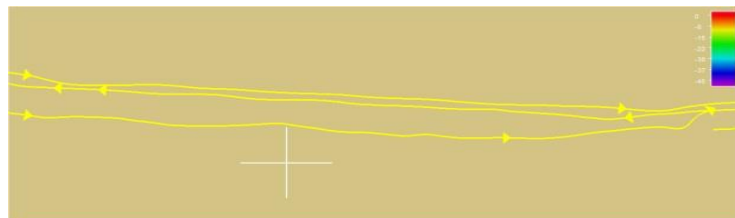
2.3. Pengolahan Data

2.3.1. Convert format Data

Data batimetri *multibeam echosounder* yang didapatkan berformat (.pds) hal tersebut dikarenakan *multibeam echosounder* yang digunakan pada saat akuisisi data adalah Teledyne Odom MB2. (Wiyono, A. 2015; Kusworo, H. 2019). Perangkat lunak yang digunakan untuk mengolah data batimetri adalah *Qimera*. Dibutuhkan *convert* format data batimetri dari (.pds) menjadi (.s7k) agar *Qimera* dapat mengolah data batimetri tersebut. Perangkat lunak yang digunakan untuk *convert* format data adalah *Teledyne PDS* (Rusdiana, 2019)

2.3.2. Pembuatan Dynamic Surface

Dynamic Surface merupakan bagian dari sistem kerja *Qimera* yang bergantung pada hasil mentah pengukuran, hasil pengolahan dan produk lain yang sejenis. (Tubalawony, 2012). Apabila terdapat perubahan konfigurasi dalam hasil pengukuran mentah *dynamic surface* akan otomatis berubah sesuai dengan perubahan yang dilakukan. Pada perangkat lunak *Qimera* dibutuhkan pembuatan *dynamic surface* agar data batimetri dapat dibersihkan dari *noise* dan dapat dilakukan analisa hasil *sounding multibeam echosounder* baik secara dua dimensi atau tiga dimensi. Data dengan format (.s7k) selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak *Qimera* untuk dihasilkan data batimetri yang dapat merepresentasikan kondisi alur pelayaran yang sebenarnya. Digunakan sistem koordinat WGS 84 UTM Zone 47 N pada proses pengolahan data batimetri *multibeam echosounder*.



Gambar 2 Lajur Sounding Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan
Sumber: Hasil Olah Data (2021)

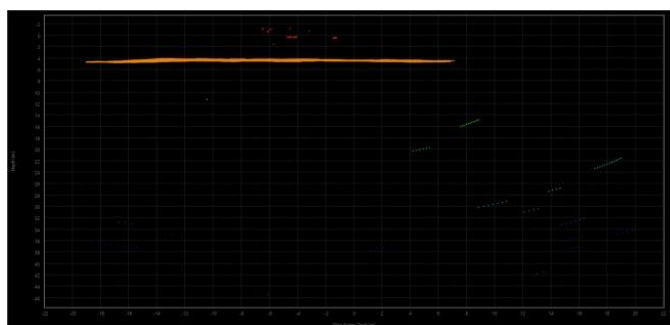


Gambar 3. Dynamic Surface Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan
Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Terlihat pada gambar nomor 2 ketika data batimetri *multibeam echosounder* belum dilakukan pengolahan *dynamic surface* pada perangkat lunak *Qimera*. Pada data tersebut hanya menampilkan lajur survei kapal dan letak dari survei tersebut. Sedangkan *dynamic surface* pada gambar nomor 3 terdapat visualisasi sapuan *multibeam echosounder* dan informasi koordinat XYZ pada setiap titiknya.

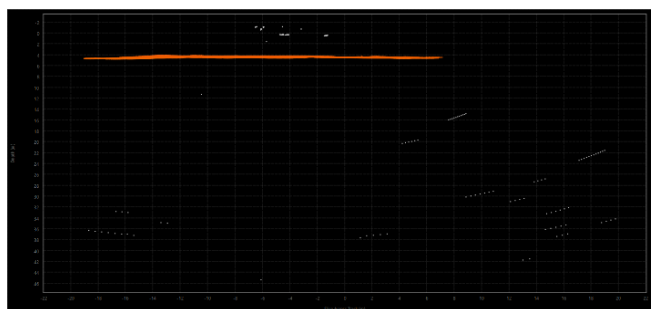
2.3.3. Cleaning Data

Cleaning data merupakan bagian dari pekerjaan pengolahan data batimetri yang bertujuan untuk menghilangkan data *noise* atau outlier. (Mardi, Y. 2017). Data batimetri yang telah menjadi *dynamic surface* selanjutnya dilakukan pembersihan *noise* menggunakan fitur *Slice Editor* dimana fitur tersebut dapat membersihkan data sounding per *swath*. Jika terdapat titik *sounding* yang berupa *noise* atau *outlier* dilakukan *reject selection* agar data tersebut terhapus dan data batimetri dapat mempresentasikan kondisi di dasar alur pelayaran dengan baik.



Gambar 4. Hasil sounding sebelum dilakukan perbesihan noise

Sumber: Hasil Olah Data (2021)



Gambar 5. Hasil sounding sesudah dilakukan perbesihan noise

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

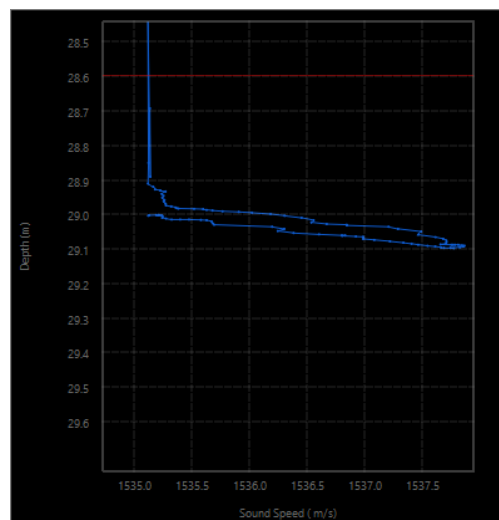
Pada gambar nomor 5 data *outlier* yang berwarna putih merupakan data yang sudah terhapus. Sedangkan data *outlier* yang belum terhapus memiliki warna tertentu. Data *noise* batimetri yang tidak dihilangkan dapat mempengaruhi visualisasi dari alur pelayaran. Selain itu *noise* tersebut juga mempengaruhi perhitungan volume pengerukan alur. Hal tersebut terjadi karena proses perhitungan volume menggunakan sistem *Triangulated Irregular Network* (TIN).

DOI:

2.3.4. Menerapkan Sound Velocity Profiler (SVP)

Sound velocity profile merupakan sebuah gambaran atau *profil* yang menggambarkan tingkat kecepatan rambat suara di perairan.(Sholeh, 2017). Kecepatan suara sering disimbolkan dengan *c*. Nilai kecepatan rambat suara air laut berada antara 1.450 m/s — 1.540 m/s (Fahrulian 2012). Pada prinsipnya alat *multibeam echosounder* mengukur kedalaman perairan dengan mengirimkan gelombang suara atau akustik melalui transduser dan menerima kembali pantulannya. Kedalaman air dihitung dari waktu perjalanan suara di dalam air yang diperlukan untuk menuju ke dasar laut dan kembali lagi ke alat. Sehingga data kecepatan suara merupakan faktor yang penting dalam menentukan hasil pengukuran kedalaman suatu *multibeam echosounder*. Pada *project* pemeliharaan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan dilakukan pengambilan sampel kecepatan suara pada tujuh titik yang berbeda. Hal tersebut bertujuan agar data kecepatan yang diambil dapat merepresentasikan seluruh area alurpelayaran.

Pada *project* ini digunakan *Valeport MiniSVP* untuk mengukur kecepatannya dimana data kecepatan suara yang dihasilkan dikeluarkan dalam format (.txt).



Gambar 6. Data Kecepatan Suara di Pelabuhan Belawan

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

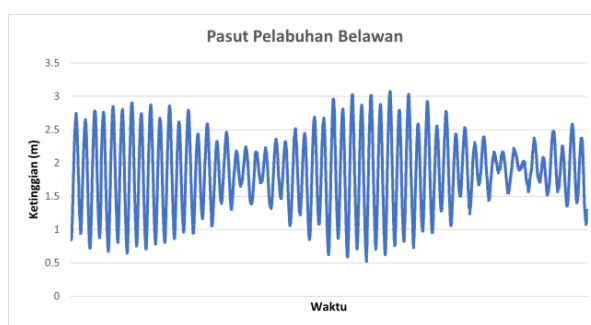
Pada perangkat lunak *Qimera* digunakan fitur *Import ASCII SVP* untuk menerapkan data kecepatan suara pada data hasil *sounding*. Terdapat pilihan sistem koordinat untuk lokasi pengambilan data kecepatan suara. Salah satu lokasi pengambilan data kecepatan suara adalah X:468918,78 meter ;Y: 420042,11 meter ; ; UTM WGS 84 Zona 47 North.

Data kecepatan suara yang telah dimasukkan selanjutnya dilakukan pemrosesan menggunakan fitur *Sound Velocity Strategy*. Selanjutnya pada fitur tersebut dirubah pengaturannya dari “*fixed velocity from surface sensor*” menjadi “*specific sound velocity profiler*”.

2.3.5. Menerapkan Data Pasang Surut

Dari hasil pengamatan pasang surut akan didapatkan datum vertikal tertentu sesuai dengan keperluan tertentu. Pengamatan pasut dilakukan dengan mencatat atau merekam data tinggi muka air laut setiap interval waktu tertentu. Rentang waktu yang biasanya dilakukan untuk keperluan praktis adalah selama 15 atau 29 piantan (1 piantan = 25 jam). Pada penelitian ini didapatkan data pasang surut selama 29 piantan dengan interval data selama 5 menit.

Pada perangkat lunak *Qimera* digunakan fitur *Add Tide File* untuk menambahkan data pasang surut. Dibutuhkan data ketinggian pasang surut, waktu, koordinat stasiun pasut dan zona waktu yang digunakan. Selanjutnya data hasil *sounding* diatur referensi vertikalnya agar menggunakan data pasut yang telah dimasukkan dengan cara mengubah *Vertical Referencing Method* menjadi *Tide*.

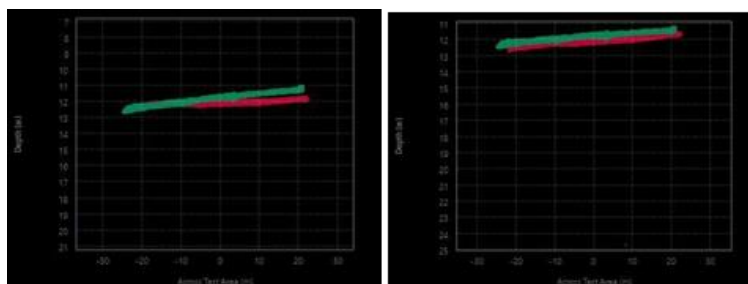


Gambar 7. Pasang Surut Pelabuhan Belawan

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

2.3.6. Patch Test

Patch test merupakan kalibrasi alat *echosounder* dengan memeriksa sebagian kecil dasar laut dari berbagai sudut dan kecepatan yang bertujuan untuk mengatasi kesalahan dalam pengukuran. Kalibrasi pada penelitian ini meliputi *roll*, *pitch*, dan *heading*. Pada perangkat lunak *Qimera* untuk melakukan *patch test* digunakan fitur *Patch Test Tool*. Dimana pada fitur tersebut dapat memilih jalur survei secara otomatis yang digunakan untuk melakukan koreksi *roll*, *time delay*, *pitch* dan *heading*.



Gambar 8. Sebelum Dan Sesudah Dilakukan Kalibrasi Roll

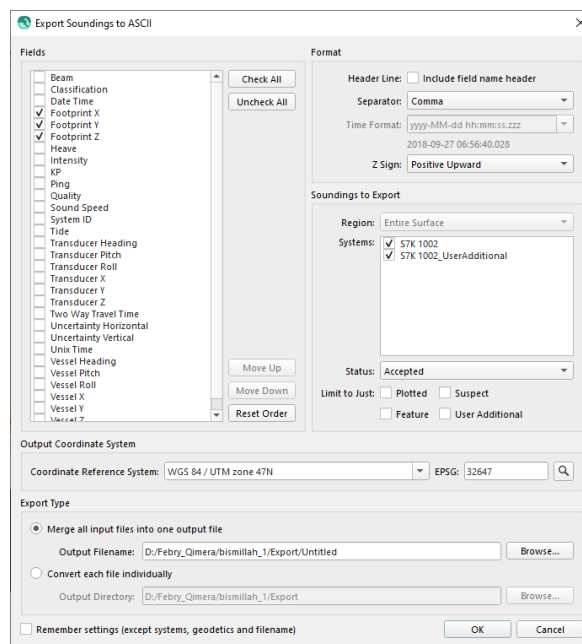
Sumber: Hasil Olah Data (2021)

DOI:

Gambar diatas merupakan contoh hasil pengukuran sebelum dan sesudah dilakukan kalibrasi roll. Terlihat pada gambar sebelum dilakukan kalibrasi bahwa pada daerah survei yang sama terdapat sedikit perbedaan hasil. Setelah dilakukan kalibrasi hasil pengukuran *multibeam echosounder* menjadi lebih baik. Dimana kalibrasi tersebut dilakukan pada jalur yang sama, arah kapal yang berlawanan dan diusahakan pada saat akuisisi berada di tengah jalur survey atau nadir.

2.3.7. Export Data

Setelah hasil sounding telah dilakukan pengolahan cleaning noise, menerapkan data SVP, menerapkan data pasut dan menerapkan *kalibrasi Patch Test data dynamic surface* dari hasil *sounding multibeam echosounder* diekstrak menjadi data berformat (.txt). Fitur yang digunakan dalam perangkat lunak Qimera adalah *Export Sounding*.



Gambar 9. Fitur Export pada Qimera

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

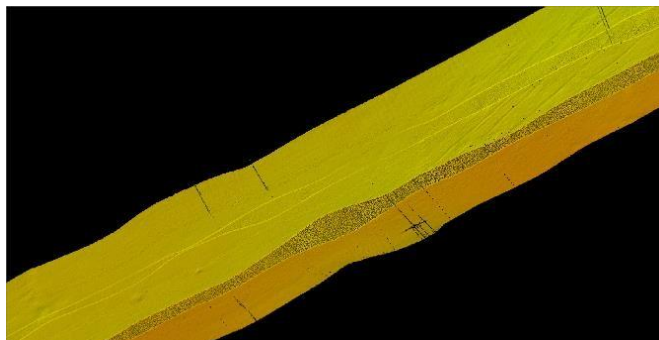
2.3.8. Analisa data

Pada penelitian ini akan membahas mengenai keselamatan Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan. Beberapa analisa yang dilakukan seperti memeriksa fitur dasar laut yang dapat membahayakan draft kapal, menghitung banyak volume pengerukan sedimen terhadap kedalaman yang direncanakan dan memeriksa ketelitian pengukuran survei berdasarkan *International Hydrographic Organization (IHO) S44 orde Spesial* (edisi ke-6).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

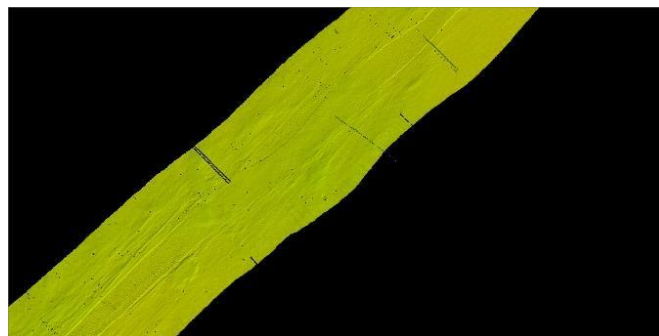
3.1. Fitur Dasar Laut

Secara umum bentuk topografi yang berada di Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan suatu dataran yang landai. (Nurzanah, W. 2019; Ayu, et. al. 2020). Hal tersebut dikarenakan alur tersebut dilakukan pemeliharaan seperti survei batimteri dan pengerukan alur pelayaran.



Gambar 10. Sampel Kondisi Topografi Dasar Laut Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan

Sumber: Hasil Olah Data (2021)



Gambar 11. Sampel Kondisi Topografi Dasar Laut Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan

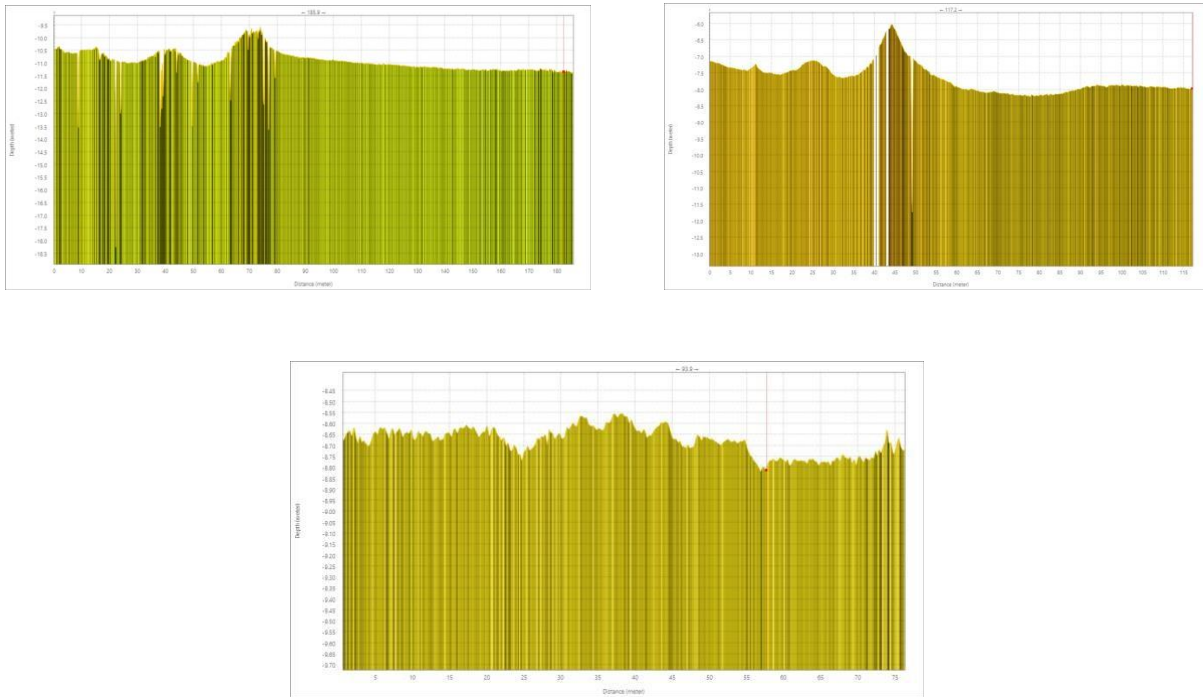
Sumber: Hasil Olah Data (2021)



Gambar 12. Sampel Kondisi Topografi Dasar Laut Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Pada gambar 12 merupakan contoh dari beberapa bagian dari bentuk topografi dasar laut alur pelayaran. Terlihat bahwa sebagian pada dasar laut tersebut tidak terdapat fitur dasar laut yang dapat membahayakan draft kapal. Pada foto tersebut memvisualisasikan dasar laut pada kedalaman -10 hingga -11 meter MSL.



Gambar 133. Penampang Melintang

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Terlihat pada gambar nomor 13,14 dan 15 kontur dari dasar laut Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan relatif landai. Berikut adalah informasi lokasi dan topografi dasar laut pada gambar diatas

Tabel 1. Informasi penampang melintang pada Alur Pelayaran Belawan

Profil	X (meter)	Y (meter)	Topografi Dasar Laut
Gambar ...	465672,9 — 465861,2	418836,1 — 418803,2	Relatif datar
Gambar ...	465583,1 — 465695,1	418803,7 — 418772,4	Relatif datar, terdapat sedikit gundukan.
Gambar ...	467641,8 — 467731,5	418988,0 — 419017,1	Relatif datar, terdapat sedikit perbedaan kontur

3.2. Ketelitian Data

Pada pengukuran *multibeam echosounder* tentunya terdapat standar yang digunakan agar data yang dihasilkan dapat mempresentasikan objek secara baik. (Saputra, et. al. 2012; Catherina, M. 2015; Fariyah, 2020). Pada penelitian ini digunakan IHOS44 orde spesial untuk memeriksa apakah data hasil pengukuran memasuki tolerensi atau kah tidak. Berikut adalah hasil uji ketelitiannya :

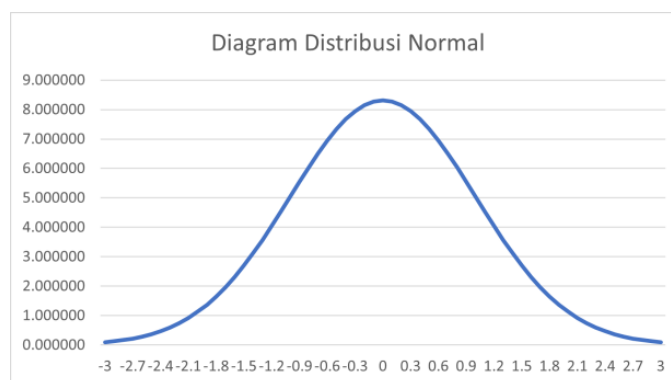
Tabel 2. Hasil Ketelitian

Deviasi Minimum (m)	Deviasi Maksimum (m)	Rata-Rata Kedalaman (m)	Standar Deviasi (m)	Batas Toleransi IHO (m)
10.251	10.418	10.3271	0.0480	0.2617

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Dari tabel hasil uji ketelitian data pengukuran berdasarkan IHO S44 orde spesial (Setiawan, et. al. 2018; Setiadarma, et. al. 2019) dengan nilai “a” atau faktor kesalahan yang bergantung pada kedalaman sebesar 0.25 meter. Dan nilai “b” atau faktor kesalahan yang tidak bergantung pada kedalaman sebesar 0.0075 meter. Didapatkan hasil pengukuran masih sesuai dengan batas tolerensi IHO dimana batas toleransinya sebesar 0.2617 meter dan nilai dari standar deviasi pengukuran sebesar 0.048 meter.

Data tersebut diambil pada data pengukuran pada saat kalibrasi roll dan diambil sebanyak 98 titik sampel.



Gambar 16. Diagram distribusi normal

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Dilakukan juga perhitungan tingkat kepercayaan pada data hasil *sounding* menggunakan teori distribusi normal. Dimana didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 3. Tingkat kepercayaan

Tingkat Kepercayaan	Tabel Z	Margin of Error	Min	Max	
1 σ	68%	1	0.0480	10.2791	10.3750
2 σ	95%	1.96	0.0940	10.2330	10.4211
3 σ	99.7%	2.96	0.1420	10.1851	10.4691

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Tabel 4. Informasi kepercayaan setiap titik sampel

			Data	X	Y
0	10.3271	8.315547			
0.1	10.3223	8.274073	-3	10.4710	0.092377
0.2	10.3175	8.150888	-2.9	10.4662	0.124074
0.3	10.3127	7.949642			
0.4	10.3079	7.676217	-2.8	10.4614	0.164990
0.5	10.3031	7.338445	-2.7	10.4566	0.217214
0.6	10.2983	6.945729	-2.6	10.4518	0.283123
0.7	10.2935	6.508616	-2.5	10.4470	0.365360
0.8	10.2887	6.038327	-2.4	10.4422	0.466791
0.9	10.2839	5.546277	-2.3	10.4374	0.590448
1	10.2791	5.043634	-2.2	10.4326	0.739432
1.1	10.2743	4.540908	-2.1	10.4278	0.916793
1.2	10.2695	4.047611	-2	10.4230	1.125387
1.3	10.2647	3.572004	-1.9	10.4182	1.367695
1.4	10.2599	3.120917	-1.8	10.4134	1.645636
1.5	10.2551	2.699663	-1.7	10.4086	1.960358
1.6	10.2503	2.312032	-1.6	10.4038	2.312032
1.7	10.2455	1.960358	-1.5	10.3990	2.699663
1.8	10.2407	1.645636	-1.4	10.3942	3.120917
1.9	10.2359	1.367695	-1.3	10.3894	3.572004
2	10.2311	1.125387	-1.2	10.3846	4.047611
2.1	10.2263	0.916793	-1.1	10.3798	4.540908
2.2	10.2215	0.739432	-1	10.3750	5.043634
2.3	10.2167	0.590448	-0.9	10.3702	5.546277
2.4	10.2119	0.466791	-0.8	10.3654	6.038327
2.5	10.2071	0.365360	-0.7	10.3606	6.508616
2.6	10.2023	0.283123	-0.6	10.3558	6.945729
2.7	10.1975	0.217214	-0.5	10.3510	7.338445
2.8	10.1927	0.164990	-0.4	10.3463	7.676217
2.9	10.1879	0.124074	-0.3	10.3415	7.949642
3	10.1831	0.092377	-0.2	10.3367	8.150888
			-0.1	10.3319	8.274073
			0	10.3271	8.315547

Sumber: Hasil Olah Data (2021)

Dari tabel diatas dapat diketahui setiap titik pemerumannya tergolong dalam kepercayaan berapa persen.

4. KESIMPULAN

Hasil pengukura batimetri pada alur pelayaran belawan menunjukkan bahwa sebagian besar topografi alur tersebut adalah landai. Hal tersebut dikarenakan alur tersebut dilakukan pemeliharaan yang rutin oleh BIG untuk menjaga keamanan draft kapal. Rata-rata kedalaman alur berkisar antara -6 hingga -11 meter MSL. Dimana rencana kedalaman untuk alur yang direncanakan adalah 8,5 meter MSL sehingga diperlukan pengerukan di beberapa titik. Ketelitian hasil survei batimetri berdasarkan IHO S44 Orde spesial menunjukkan hasil masih memenuhi toleransi. Dimana nilai maksimal yang diperbolehkan oleh IHO adalah 0.2617 meter dan standar deviasi dari pengukuran pada penelitian ini adalah 0.0480 meter. Selain itu didapatkan nilai margin error sebesar 0.0480

REFERENSI

- Ayu, S. M., Subardjo, P., Widada, S., & Purwanto, P. (2020). Pengukuran batimetri untuk perencanaan pengerukan kolam pelabuhan peti kemas Belawan Sumatera Utara. Indonesian. *Journal of Oceanography*, 2(3), 210-224.
- Brammadi, S., Nugraha, A. L., Sudarsono, B., & Mudita, I. (2017). Analisis pengolahan data multibeam echosounder menggunakan perangkat lunak Mb-system dan Caris Hips and Sips berdasarkan standar S-44 Iho 2008. *Jurnal geodesi undip*, 6(4), 351-360.
- Catherinna, M., Subarjo, P., & Satriadi, A. (2015). Pemetaan Batimetri Perairan Anyer, Banten Menggunakan Multibeam Echosounder System (Mbes). *Journal of Oceanography*, 4(1), 253-261.
- Darminto, D., Mulyadi, D. S., Prasetyo, A., & Setiyadi, J. (2017). Pengolahan data bathymetry dan side scan sonar system edgetech 6205 untuk pemetaan kondisi permukaan dasar laut (Studi kasus Perairan Tanjungkubu, Kepulauan Riau). *Jurnal Hidropilar*, 3(1), 1-10.
- Fariyah, R. A., Manik, H. M., & Harsono, G. (2020). Pengukuran dan analisis hambur balik akustik menggunakan teknologi multibeam echosounder untuk klasifikasi sedimen dasar laut TELUK PALU. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 12(2), 437-453.
- Hasoloan, A. (2017). Sistem dan prosedur operasional pelayanan kapal dan barang berbasis online pada PT. Pelabuhan Indonesia (persero) cabang Pelabuhan Belawan. *Publik Reform*, 3(2).105-119
- Kusworo, H., Pratomo, D. G., & Hascaryo, A. P. (2019). Studi penentuan catzoc berdasarkan kontrol kualitas data batimetri dari multibeam echosounder (MBES)(Studi kasus Pulau Bawean). *Jurnal Chart Datum*, 5(1), 17-30.
- Mardi, Y. (2017). Data mining: Klasifikasi menggunakan algoritma C4. 5. *Jurnal Edik Informatika Penelitian Bidang Komputer Sains dan Pendidikan Informatika*, 2(2), 213-219.
- Nurzanah, W. (2019). Penentuan lokasi pembuangan material keruk alur pelayaran pelabuhan Belawan dengan sistem informasi geografis. *Buletin Utama Teknik*, 14(2), 80-91.
- Rassarandi, F. D., Chayati, S. N., Sari, L. R., Lubis, M. Z., Gustin, O., Ditya, D. N., ... & Wardani, A. E. (2020). Pemetaan batimetri untuk pertimbangan alur pelayaran kapal nelayan di Pantai Sembulang, Kecamatan Galang. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 3(1), 1-6.
- Rusdiana, I. W., Sobarudin, D. P., Amarona, M. Q., & Ibrahim, A. L. (2019). Studi kartografi marine protected area (mpa) di pulau sangiang menggunakan model marine information overlay (mio). *Jurnal Chart Datum*, 5(1), 45-70.

DOI:

- Saputra, L. R., Awaluddin, M., & Sabri, L. M. (2012). Identifikasi nilai amplitudo sedimen dasar laut pada perairan dangkal menggunakan multibeam echosounder. *Jurnal Geodesi Undip*, 1(1).
- Setiadarma, A. P., Sasmito, B., & Amarrohman, F. J. (2019). Analisis pengaruh data SVP (Sound Velocity Profiler) pada hasil pengolahan data multibeam echosounder menggunakan perangkat lunak EIVA (Studi kasus: marine station Teluk Awur, Jepara). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 83-92.
- Setiawan, K. T., Manessa, M. D. M., Winarso, G., Anggraini, N., Giarrastowo, G., Asriningrum, W., ... & Supardjo, A. H. (2018). Estimasi batimetri dari data spot 7 studi kasus perairan Gili Matra Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penginderaan Jauh dan Pengolahan Data Citra Digital*, 15(2), 69-82.
- Sholeh, A., Prihantono, J., & Prasetyo, A. (2017). Komparasi pengolahan data sub-bottom profile (SBP) menggunakan 2 (dua) perangkat lunak coda survei engine seismic+ dan sonarwiz (Studi Kasus Perairan Utara Karawang Jawa Barat). *Jurnal Hidropilar*, 3(2), 105-111.
- Tubalawony, S., Kusmanto, E., & Muhadjirin, M. (2012). Suhu dan salinitas permukaan merupakan indikator upwelling sebagai respon terhadap angin muson tenggara di perairan bagian utara Laut Sawu (surface temperature and salinity are indicators of upwelling in response to southeast moonson in the savu sea). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 17(4), 226-239.
- .Wijayanto, A. W., Saputro, S., & Muslim, M. (2017). Pemetaan batimetri untuk perencanaan pengerukan kolam pelabuhan Benoa, Bali. *Journal of Oceanography*, 6(1), 313-321.
- Wiyono, A., Mulyadi, D. S., Kamija, K., & Negara, A. K. (2015). Pengolahan data multibeam echosounder menggunakan perangkat lunak PDS 2000 (Studi kasus perairan selat Sunda). *Jurnal Hidropilar*, 1(2), 125-135.
- Yunardhi, H. (2019). Analisa kerusakan jalan dengan metode pci dan alternatif penyelesaiannya (Studi kasus: Ruas jalan di Panjaitan). *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 2(2).38-47
- Yuwono, Y., Pratomo, D. G., & Al-Azhar, M. I. F. (2018). Analisis posisi kerangka kapal terhadap keselamatan alur pelayaran menggunakan data multibeam echosounder (Studi kasus: Alur pelayaran barat Surabaya). *Geoid*, 14(1), 13-21.
- Yusuf, I. M., & Handoko, E. Y. (2019). Analisis volume pengerukan alur pelayaran barat surabaya dengan data multibeam echosounder menggunakan perangkat lunak hypack dan autocad civil 3D. *Geoid*, 14(2), 111-116