

Studi Batimetri Dan Pasang Surut Untuk Rekomendasi Alur Pelayaran Di Dermaga Pelabuhan Marunda

Shofa Ahsani Mukhtar*, Gentur Handoyo dan Heryoso Setiyono

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: shofaahsani9@students.undip.ac.id

Abstrak

Tanjung Priok direncanakan oleh Kantor Otoritas Pelabuhan Tanjung Priok berbagai pengembangan dan tatanan kedepannya. sehingga perlu dilakukan penataan perairan di wilayah perairan Marunda baik alur pelayaran keluar-masuk pelabuhan Marunda di beberapa terminal serta zonasi labuh kapal-kapal dalam menjamin Keselamatan Pelayaran dan perlindungan maritim. Tujuan penelitian adalah mengetahui profil kedalaman untuk penentuan jalur masuk pelabuhan guna referensi alur pelayaran yang aman dalam membantu upaya optimalisasi pengembangan Pelabuhan Marunda. Data primer yang didapatkan berupa data kedalaman dan data pengamatan pasang surut. Pengambilan dilakukan menggunakan alat pemeruman berupa *Singleneam Echosounder DF3200 – MK-III* dan data pengamatan pasang surut menggunakan *Digital Tide Gauge (Water Level Recorder) Valemort Tide Master*. Perairan Pelabuhan Marunda memiliki tipe pasang surut bersifat harian tunggal (*diurnal tide*). Kedalaman terkoreksi pada saat LWS (*Low Water Spring*) pada perairan Pelabuhan Marunda yaitu pada area dermaga kedalaman terdangkal sebesar 1.8 meter dan yang terdalam sebesar 15 meter. Kunjungan kapal didapatkan draft kapal terbesar yang beraktivitas di pelabuhan marunda adalah 5.5 meter. Nilai sarat aman yang didapatkan dijadikan referensi yang berupa peta alur pelayaran yang aman menuju dermaga dengan menghindari area dangkal dan mengikuti area dengan kedalaman yang disarankan.

Kata kunci: Batimetri, Pasang Surut, Tanjung Priok, Marunda

Abstract

Bathymetry And Tidal Study For Shipping Channel Recommendations At Marunda Port Wharf

Tanjung Priok is planned by the Tanjung Priok Port Authority Office for various future developments and arrangements. so that it is necessary to organize the waters in the Marunda waters area, both the shipping lanes in and out of Marunda port at several terminals and the zoning of ships to ensure Shipping Safety and maritime protection. The purpose of the study was to determine the depth profile to determine the port entry route as a reference for a safe shipping lane in assisting efforts to optimize the development of Marunda Port. The primary data obtained were depth data and tidal observation data. The retrieval was carried out using a sounding device in the form of a *Singleneam Echosounder DF3200 - MK-III* and tidal observation data using a *Digital Tide Gauge (Water Level Recorder) Valemort Tide Master*. The waters of Marunda Port have a single daily tidal type (*diurnal tide*). The corrected depth during LWS (*Low Water Spring*) in the waters of Marunda Port is in the dock area with the shallowest depth of 1.8 meters and the deepest of 15 meters. Ship visits found that the largest draft ship operating in Marunda Port was 5.5 meters. The obtained safe load value is used as a reference in the form of a safe shipping route map to the pier by avoiding penetration areas and following areas with recommended depths.

Keywords: Bathymetry, Tides, Tanjung Priok, Marunda

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan daerah perairan yang sangat luas. Sekitar dua per tiga wilayah kedaulatan Indonesia adalah perairan. Wilayah lautan Indonesia lebih luas dibandingkan dengan daratannya, tentu saja potensi yang ada di dalamnya pun melimpah sehingga perlu diadakan penelitian dapat mengeksplorasi kekayaan lautan Indonesia. Namun, pemanfaatan daerah perairan yang terletak di Indonesia diberbagai bidang masih perlu pengawasan, terutama di bidang navigasi pelayaran. Informasi mengenai pengamatan laut sangat penting untuk dasar penelitian, seperti penataan alur pelayaran dan alur perlintasan, tata cara berlalu-lintas dengan mempertimbangkan kondisi alur pelayaran, survei hidrografi, pemetaan bathimetri, tata ruang perairan sebagai operasi kelautan untuk keselamatan pelayaran (Munaf & Putra, 2015).

Pelabuhan Marunda merupakan salah satu pelabuhan Pengumpul Regional yang terletak di Provinsi DKI Jakarta juga merupakan pintu gerbang perekonomian Jakarta dan juga sebagai pelabuhan alternatif bagi Pelabuhan Tanjung Priok, khususnya untuk melayani kegiatan Bongkar muat cargo curah (Bulk Carrier) antar pulau. Pelabuhan Marunda terdapat beberapa Tersus, Tuks dan BUP di bawah pengawasan dan pembinaan Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kelas IV Marunda (SOP Kelas IV Marunda). Secara geografis, Pelabuhan Marunda berada pada posisi $6^{\circ}05'44.1972''$ LS / $106^{\circ}57'41.7828''$ BT. Pelabuhan Marunda dapat dicapai melalui jalur darat dari Pelabuhan Tanjung Priok Kurang lebih 15-20 menit.

Salah satu fasilitas yang harus dimiliki pelabuhan adalah alur pelayaran guna mendukung keselamatan pelayaran. Adapun yang dimaksud dengan alur pelayaran menurut Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM. 129 Tahun 2016 tentang Alur Pelayaran Di laut dan Bangunan dan /atau Instalasi di Perairan adalah perairan dari segi kedalaman, lebar dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari.

Pengukuran batimetri merupakan salah satu cara yang dilakukan untuk pendataan kedalaman. Data spasial dapat digunakan untuk keperluan navigasi pelayaran, misalnya peta batimetri yang digunakan untuk memantau lalu lintas laut untuk menjaga keselamatan pelayaran, salah satunya di Perairan Marunda. Wilayah Perairan Marunda merupakan wilayah yang sering digunakan untuk lalu lintas pelayaran baik kapal nelayan masyarakat sekitar yang digunakan untuk mencari ikan ataupun kapal angkutan barang yang digunakan untuk perdagangan. Daerah perairan di Marunda terdapat beberapa bagang bagang milik nelayan pada perairan tersebut dan terdapat pipa bawah laut sebagai jalur perminyakan yang dapat membahayakan kapal-kapal yang melintas diatas perairan tersebut, Kendangkalan dasar perairan, dan kerangka Kapal yang tenggelam juga dapat membahayakan keselamatan alur pelayaran. Oleh sebab itu diperlukan sarana yang berfungsi sebagai penuntun bagi kapal-kapal yang sedang berlayar, agar terhindar dari bahaya-bahaya navigasi (Munaf *et al.*, 2015).

Alur-Pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar dan bebas dari hambatan pelayaran, serta telah dianggap aman untuk dilayari kapal. Data batimetri sangat penting untuk dasar dari penelitian, seperti pada dinamika pantai sebagai operasi kelautan seperti kabel komunikasi bawah laut, atau untuk penyediaan peta navigasi yang akurat guna keselamatan pelayaran. rerata muka air laut atau mean sea level (MSL) merupakan salah satu pengukuran penting yang diperlukan untuk menentukan batimetri secara akurat yang akan digunakan sebagai referensi 0 meter dan digunakan juga dalam topografi. pemeruman dalam poerbandono & Djurnarsjah (2005) dilakukan dengan membuat profil pengukuran kedalaman. lajur pemeruman dapat berbentuk garis-garis lurus, lingkaran konsentrik atau lainnya disesuaikan dengan metode yang digunakan untuk penentuan posisi titik-titik fiks pemeruman dan harus diperhatikan kecenderungan bentuk dan topografi pantai sekitar perairan yang akan disurvei. Pasang surut (pasut) juga akan dikaitkan dengan proses naik turunnya paras laut (sea level) secara berkala yang ditimbulkan oleh adanya gaya tarik dari benda benda angkasa, terutama matahari dan bulan, terhadap massa air di bumi (Ongkosongo & Suyarso, 1989).

MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Data Primer yang digunakan pada penelitian ini adalah batimetri yang diambil menggunakan *Single Beam Echosounder system (Dual Frequency) DF3200 – MK-III Teledyne Odom Echotrack* dan pasang surut yang diambil menggunakan *Digital Tide Gauge (Water Level Recorder) Valemort Tide Master*. Penelitian ini juga menggunakan data kunjungan kapal yang diperoleh dari Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas pelabuhan (KSOP) Marunda, sebagai data pendukung dalam penentuan alur pelayaran dan rekomendasi area labuh yang sesuai dengan draft kapal.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif, yaitu merupakan metode ilmiah (scientific) karena telah memenuhi kaidah-kaidah ilmiah yaitu konkret / empiris, obyektif, terukur, rasional, sistematis. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik atau model (Sugiyono, 2009).

Pengolahan Data Batimetri

Pengolahan data batimetri berhubungan dengan data posisi dan data kedalaman. Pada proses pengambilan sebuah data yang teramati disebut titik fiks yang mempunyai informasi mengenai posisi (x,y) dan kedalaman (z) yang teramati secara seksama. Hasil dari titik pasti yang akan diamati dilanjutkan dengan

pembuatan peta batimetri yang menggambarkan topografi dari penampang melintang dasar laut. Data hasil pengukuran batimetri telah dikoreksi langsung oleh Odom MK 3 pada awal penyiapan alat, maka dari itu dari hasil pemeruman sudah di dapatkan kedalaman sesungguhnya, sehingga tidak diperlukan koreksi transducer. Selanjutnya dibutuhkan data pasang surut yang digunakan sebagai data koreksi kedalaman. Persamaan pengolahan data kedalaman hasil survei batimetri adalah sebagai berikut:

Kedalaman mLWS

$$= [\text{data kedalaman dari transducer singlebeam saat waktu } t(m) \\ + \text{ draft transducer (m)}] - \text{tinggi muka air saat tertentu}$$

Koreksi kedalaman dilakukan dengan software Hypack 2018 dengan cara masuk pada menu processing, singlebeam editor sehingga di dapatkan kedalaman Mean Low Water Springs (MLWS). Selanjutnya kita melakukan penggabungan semua data kedalaman untuk mengatur interval kedalaman pada peta dengan menggunakan menu sounding selection pada fungsi sort, dan kita akan mendapatkan peta Digital Elevation Model. Model Interpolation adalah teknik untuk membuat garis, yaitu menghitung kedalaman disuatu titik dari tiga titik kedalaman yang terdekat dengan titik tersebut dengan pembobotan menurut jarak yang didapatkan (Poerbandono & Djunarsjah, 2005). Kemudian dilakukan proses penggambaran kontur dengan menggunakan TIN (Triangulated irregular network). Hasil dari analisis data berupa peta kontur yang nantinya dapat dijadikan acuan menentukan usulan alur pelayaran.

Pengolahan Data Pasang Surut

Analisa pasang surut Menggunakan metode *admiralty* merupakan metode yang digunakan menghitung konstanta pasang surut harmonik dari pengamatan ketinggian air laut tiap jam selama 29 piasan (29 hari). Metode ini digunakan untuk menentukan komponen-komponen pasang surut (Nikentari *et al.*, 2018).

Proses perhitungan analisa harmonik metode *admiralty* dilakukan pengembangan perhitungan sistem formula dengan bantuan perangkat lunak excel (Kusuma *et al.*, 2021). Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mendapatkan konstanta harmonik pasang surut meliputi M_2 , S_2 , K_1 , O_1 , N_2 , K_2 , P_1 , M_4 , MS_4 . Berdasarkan komponen pasang surut yang diperoleh, maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} \text{MSL (Mean Sea Level) } & \text{MSL} = (S_0) \\ \text{LLWL (Lowest Low Water Level)} \\ \text{LLWL} & = (S_0) - [(M_2 + S_2 + K_1 + O_1 + N_2 + K_2 + P_1 + M_4 + MS_4)] \\ \text{HHWL (Highest High Water level)} \\ \text{HHWL} & = (S_0) + [(M_2 + K_1 + K_2 + O_1 + P_1)] \\ \text{Muka Surutan (Z}_0\text{)} \end{aligned}$$

Jika tiap komponen pasut diketahui besar amplitudonya, maka nilai muka surutan dapat dihitung.

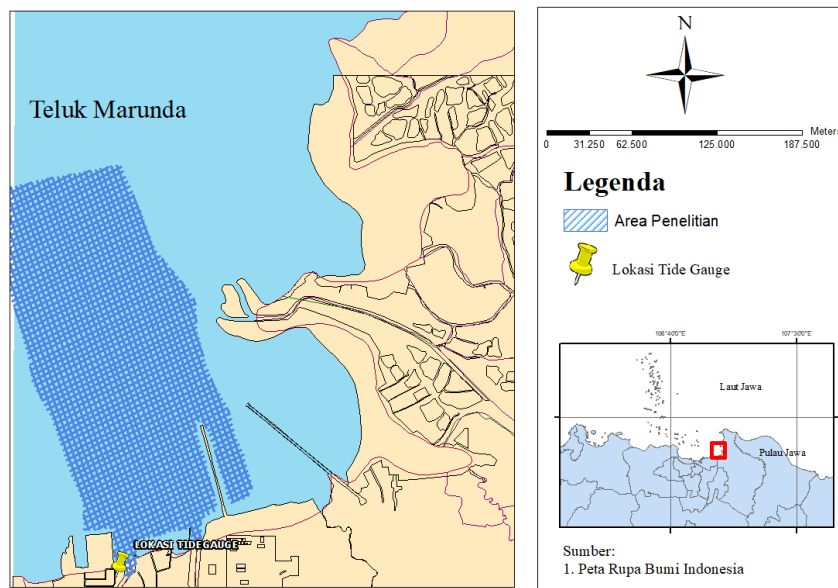
$$\begin{aligned} Z_0 & = S_0 - 1.2 (M_2 + K_2 + S_2) \\ \text{MLWL (Mean Low Water Level)} \\ \text{MLWL} & = Z_0 - (M_2 + S_2) \\ \text{MHWL (Mean High Water Level)} \\ \text{MHWL} & = Z_0 + (M_2 + S_2) \end{aligned}$$

Data pasut diolah sehingga mendapatkan hasil berupa konstanta harmonik, kemudian disalin ke Microsoft Excel dan dipisahkan antara konstanta harmonik signifikan dan konstanta harmonik non signifikan. Proses selanjutnya, untuk mengetahui jenis pasut laut yaitu dengan menggunakan rumus perhitungan bilangan formzahl menurut (Kusuma *et al.*, 2021):

$$F = \frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$$

dimana, A_{K1} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut K_1 ; A_{O1} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut O_1 ; A_{M2} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut M_2 ; A_{S2} : amplitudo dari unsur pembangkit pasut S_2 ; F : Bilangan formzahl; M_2 : Konstanta harmonik (Posisi bulan mempengaruhi); S_2 : Konstanta harmonik (Posisi matahari mempengaruhi); O_1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan mempengaruhi); K_1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan dan matahari mempengaruhi).

Menurut Triatmodjo (2012), dilihat dari pola gerakan mukalautnya dan indeks formzahl, pasut dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu: $F \leq 0,25$ yaitu semi diurnal tide atau pasut harian ganda; $0,25 < F \leq 1,5$



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

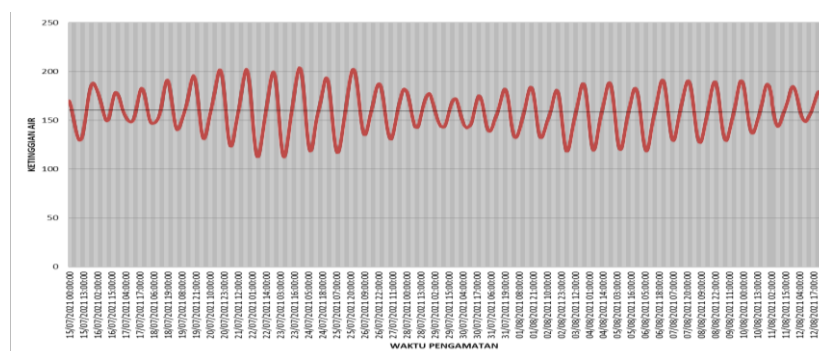
yaitu mixed tide prevailing semi diurnal atau pasut campuran condong harian ganda; $1,5 < F \leq 3$ yaitu mixed Tide Prevailing Diurnal atau pasut campuran condong harian tunggal; $F > 3$ yaitu diurnal tide atau pasut harian tunggal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pasang Surut

Dari hasil pengamatan pasang surut selama 29 piantan digunakan untuk menganalisa pasang surut yang bertujuan untuk mendapatkan nilai elevasi-elevasi referensi diantaranya adalah pasang maksimal dan surut minimum yang mungkin terjadi di lokasi kegiatan. Analisis harmonik pasang surut laut dapat menunjukkan sifat dan karakteristik pasang surut pada suatu lokasi berdasarkan hasil pengamatan pasang surut selama periode tertentu (Soeprpto, 1999).

Data pengamatan pasang surut digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut dan koreksi data kedalaman pada perairan Pelabuhan Marunda. Terjadinya 1 kali pasang dan 1 kali surut dikarenakan faktor dari topografi perairan Pelabuhan Marunda. Karakteristik gelombang serta arus juga relatif rendah. Adapun faktor ini dikarenakan perairan pantai utara jawa lebih dekat dengan garis khatulistiwa , oleh sebab itu mengakibatkan kesetimbangan antara gravitasi bumi dan bulan memiliki energi gaya tarik menarik yang jauh lebih tinggi daripada di daerah luar khatulistiwa (Rinaldy *et al.*, 2014). data pengamatan pasang surut diolah menggunakan software microsoft Excel untuk menghasilkan grafik pasang surut selama 30 hari (Gambar 2). Data hasil pengamatan pasang surut pada perairan Pelabuhan Marunda memiliki nilai pasang tertinggi 2.06 meter dan surut terendah 1,1 meter.



Gambar 2. Grafik Pasang surut

Tabel 1. Konstanta Harmoni Pasang Surut Pelabuhan Marunda

Constants	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
A (cm)	160	5	4	2	22	12	0	0	1	7
g (°)	0	267	213	213	97	61	286	125	213	97

Tabel 2. Data Kunjungan Kapal Pertahun

Jenis Kapal	Tahun		
	2019	2020	2021
Crew Boat	946	429	331
Tug Boat	3320	3126	2681
Tongkang	3215	3078	2630
Supplay	1065	896	741
Kapal Motor	258	278	307
RO Ro	203	200	186
Tanker	210	202	187
LCT	16	15	32/September

Data pasang surut yang diperoleh diolah lebih lanjut menggunakan metode *admiralty* melalui software Microsoft Excel. Tujuan pengolahan menggunakan metode *admiralty* adalah untuk menghasilkan komponen konstanta harmonik (S₀, M₂, S₂, N₂, K₂, K₁, O₁, P₁, MS₄ dan M₄). komponen konstanta harmonik yang dihasilkan digunakan untuk mengetahui nilai elevasi perairan dan nilai *formzahl*. hasil pengolahan pasang surut menggunakan metode *admiralty* yang menghasilkan komponen konstanta harmonik dapat dilihat pada tabel 1.

Pengolahan metode *admiralty* didapatkan komponen harmonik pasang surut, yang mana nilai yang didapat sebagai berikut, Tinggi Muka Air Rata-rata (Mean Sea Level) sebesar 160 cm, Air Terendah (*Low Water Level*) sebesar 151 cm, Air Tertinggi (High Water Level) sebesar 198 cm, Air Rendah Terendah (*Lowest Low Water Level*) sebesar 109 cm, Air Tinggi Tertinggi (*Highest High Water Level*) sebesar 210 cm dan Muka Surutan (Zo) sebesar 60 cm. Berdasarkan konstanta harmoni pasang surut tersebut, dapat dibuat analisa sifat pasang surut dengan menggunakan rumus Formazahl. Dari hasil perhitungan tersebut dapat di peroleh nilai F = 3,79 sehingga dapat di ketahui sifat / tipe pasang surut di alur perairan pelabuhan Marunda Provinsi DKI Jakarta adalah Pasang Harian Tunggal, diurnal.

Kunjungan Kapal

Aktivitas Pelayaran pada perairan area Pelabuhan Marunda dapat dikatakan cukup ramai karena terdapat banyak kapal dari perusahaan yang terdapat di sekitar pelabuhan yang bersandar. Perhitungan analisa kapal ideal yang dapat melalui suatu perairan memerlukan data pasang surut, batimetri dan ukuran kapal terbesar yang berlabuh (Bujana & Yuwono, 2014). Data Draft kapal diperlukan untuk mengetahui jarak vertikal dari titik terendah lunas kapal sampai dengan *Length of water Line* (LWL) atau panjang garis air. Draft tiap kapal dapat berbeda beda tergantung pada ukuran kapal tersebut.

Dari beberapa data dukung yang di dapat dari Kantor Kesyahbandaran dan Otoritas Pelabuhan Kela IV Marunda adalah sebagai berikut: Data Kunjungan Kapal Menurut Gross Ton (GT) kapal yang sandar di pelabuhan Marunda dengan GT kapal terbesar 360.142 GT dengan Draft 5.5 meter.

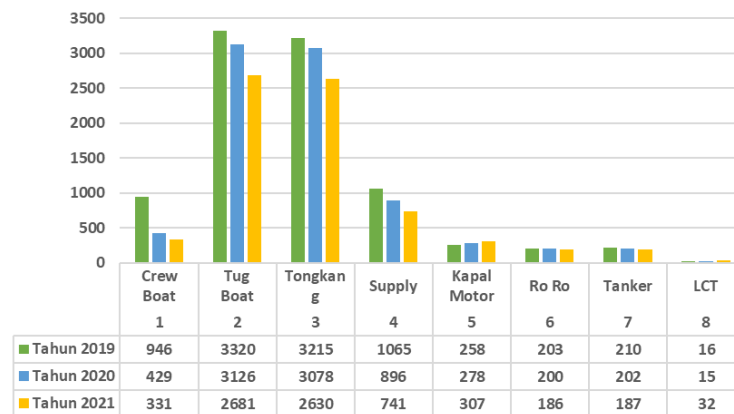
Alur Pelayaran

Alur pelayaran ini digunakan untuk memberikan arahan kepada kapal-kapal yang hendak masuk dan keluar dari pelabuhan (Nurzanah, 2019). Setelah didapatkan nilai kedalaman, draft kapal terbesar yang berlabuh di dermaga pelabuhan Marunda serta mengetahui morfologi dasar perairan dan karakteristik perairannya, dilakukan analisa untuk menentukan alur pelayaran yang akan dibuat serta digunakan sebagai acuan kapal yang akan keluar masuk pelabuhan (Gambar 4). Hal ini sesuai dengan pernyataan yang di keluarkan oleh Triatmodjo (2009). yang mana alur pelayaran difungsikan untuk mengarahkan kapal yang akan masuk ke kolam pelabuhan. Alur pelayaran direkomendasikan agar cukup tenang dari adanya pengaruh

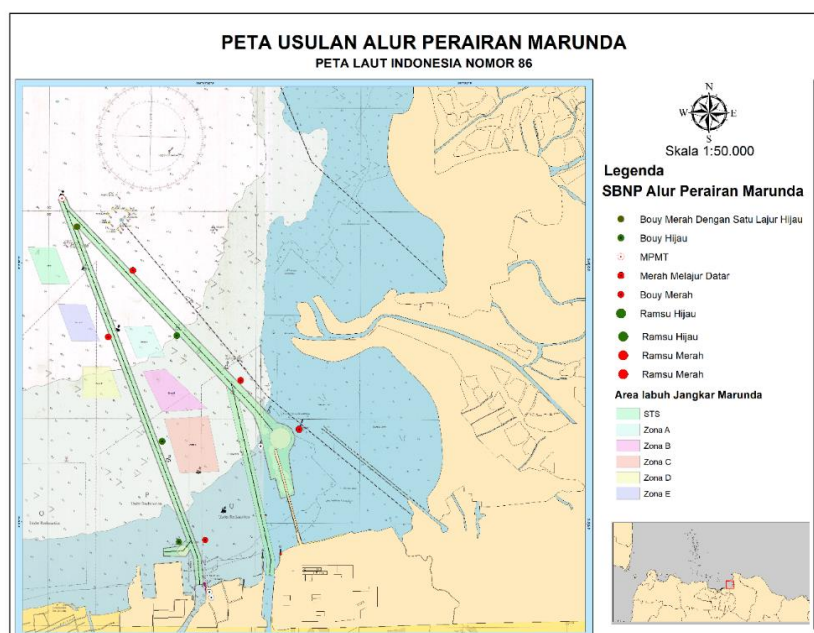
gelombang dan arus. Perencanaan alur pelayaran dan kolam pelabuhan ditentukan dari kapal dengan draft terbesar yang akan masuk kedalam pelabuhan, kondisi meteorologi dan oseanografi.

Pada Pelabuhan Marunda mempunyai kondisi perairan yang cukup tenang, yang mana hal ini akan sangat ideal untuk kapal bersandar atau berlabuh. Pada perairan Marunda ini alur pelayarannya di pengaruhi oleh kedalaman, keberadaan obstacle seperti batu besar, kerangka bagang nelayan yang tenggelam dan rambu-rambu pelayaran. Dikarenakan kondisi demikian, maka peta batimetri yang didapatkan dari survey akan digunakan sebagai acuan untuk rencana pertimbangan alur pelayaran untuk kapal yang akan berlabuh pada pelabuhan marunda (Krisnawati *et al.*, 2019).

Dikutip dari International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (IALA) tahun 2010, alat pemandu pelayaran dalam bentuk suar, yang berupa buoy pelampung beserta lampu-lampu yang di letakan pada sisi kanan dan kiri alur yang mana berfungsi sebagai rambu atau penanda titik atau sisi aman untuk dilewati kapal agar terhindar dari bahaya atau obstacle navigasi. Pelampung atau bouy pada sisi kanan kapal akan berwarna hijau dan buoy pada sebelah sisi kiri kapal akan berwarna merah pada saat kapal mengarah ke pelabuhan. Pada saat malam hari buoy-buoy ini akan terlihat karena adanya lampu penerangan pada setiap pelampung yang di pasang.



Gambar 3. Jumlah kunjungan kapal ke pelabuhan marunda meningkat tiap tahunnya



Gambar 4. Peta Alur Pelayaran

Berdasarkan data operasi survei yang saya lakukan bersama Distrik Navigasi Tanjung Priok terdapat sebuah batu besar yang berada pada posisi $83^{\circ}41'43.635''$ LU - $123^{\circ}2'47.755''$ BT yang mana bisa membahayakan alur pelayaran karena berada di perairan dangkal yang kedalamannya kurang dari 10 meter, namun hal ini dapat diantisipasi dengan memberikan pelampung atau bouy pada lokasi dimana batu tersebut berada, bouy yang digunakan adalah bouy tipe isolated Danger Mark. Isolated danger mark / tanda suatu tempat yang harus dihindari. Menunjukkan tempat yang ter-isolasi, seperti batuan bagian dasar yang terendam. Pada bagian tanda rambu ini memberikan tanda bahwa anda tidak boleh berlayar berada terlalu dekat. Tanda teratas pada rambu navigasi pelayaran ini memiliki dua bola bundar. Tanda suar berwarna hitam dan berwarna merah. Jika ada nyala lampu pada malam hari maka akan berwarna putih berkedip.

Berdasarkan Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 15 Tahun 2006, yang mana pada kawasan sekitar pantai, penentuan alur pelayaran akan lebih ditujukan pada alur pelayaran dari laut ke arah pelabuhan, dan pada selat atau kawasan yang terdapat pulau-pulau kecil, akan lebih ditujukan pada kawasan terumbu karang ditengah laut (pulau gosong) dan batuan cadas yang menonjol di tengah laut. Hasil dari pada penentuan alur pelayaran ditampilkan dalam bentuk peta alur pelayaran (gambar 3). Peta alur pelayaran ini mencakup alur masuk dan keluar pelabuhan Marunda. Kedalaman daerah perairan Marunda memiliki nilai - 1.8 hingga 15 m.

KESIMPULAN

Dari hasil survey dan penelitian yang telah diperoleh, dapat diambil kesimpulan, Alur pelayaran dari pintu masuk pelabuhan marunda sampai ke bouy terluar MPMT dengan Luas Area Survei = 16.692 Ha. Peta alur pelayaran di Perairan Marunda dapat digunakan sebagai acuan dalam navigasi pelayaran bagi kapal yang gendak masuk dan keluar ke dermaga Marunda dengan nilai kedalaman mulai dari -1.8m hingga -15m dan termasuk kedalam kategori landai. Pada desain alur yang telah direncanakan berdasarkan survey batimetri kondisi perairan serta kedalaman perairan dapat dinyatakan aman dan dapat dilayari kapal-kapal dengan bobot ± 360.000 GT, dengan lebar alur ± 150 meter dengan Panjang Alur Marunda I = 7.566 m / 4 Nm (dari MPMT / bouy terluar ke Kali Blencong), Panjang Alur Marunda II = 7.163 m / 3.8 Nm dari MPMT ke Kali Banjir Kanal Timur (BKT) dengan konsep rute dua arah (*two way*), mengingat perairan Marunda memiliki tingkat kedalaman yang cukup dangkal maka untuk kapal dengan *gross Ton*(GT) besar akan menggunakan sistem *ship to ship* (STS).

DAFTAR PUSTAKA

- Bujana, P. A. & Yuwono. 2014. Studi Penentuan *Draft* Dan Lebar Ideal Kapal Terhadap Alur Pelayaran (Studi Kasus: Alur Pelayaran Barat Surabaya). *GEOID*, 10(1): 59–64. <http://doi.org/10.12962/j24423998.v10i1.692>.
- Kusuma, H. A., Lubis, M. Z., Oktaviani, N. & Setyono, D. E. D. 2021. Tides Measurement and Tidal Analysis at Jakarta Bay. *Journal Of Applied Geospatial Information*, 5(2): 494.
- Krisnawati, S., Sugandi & Bijaksana, G. 2019. Upaya Peningkatan Kinerja Tenaga Kerja Bongkar Muat di Pelabuhan Marunda Jakarta Utara. *Jurnal Manajemen Bisnis Transportasi dan Logistik*, 5(2): 267-282. <http://dx.doi.org/10.54324/j.mbtl.v5i2.803>.
- Munaf, D. R., & Putra, D. 2015. Kontribusi Hidrografi untuk Memperkuat Early Warning System Keamanan Laut. *Jurnal Sositologi*. 14(1): 21-28. <https://doi.org/10.5614/sostek.itbj.2015.14.1.3>
- Nikentari, N., Nola, R. & Haryadi, T. 2018. Prediksi Pasang Surut Air Laut Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*. *Jurnal hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 7(1) : 1–6. <https://doi.org/10.31629/sustainable.v7i1.443>.
- Nurzanah, W. 2019. Penentuan Lokasi Pembuangan Material Keruk Alur Pelayaran Pelabuhan Belawan Dengan Sistem Informasi Geografis. *Buletin Utama Teknik*, 14(2): 80-91.
- Ongkosongo, O. S. R. & Suyarso. 1989. *Pasang Surut*. LIPI, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Jakarta.
- Rinaldy, Y. N., Nugraha, A. L. & Subiyanto, S. 2014. Analisis Pengukuran batimetri dan Pasang Surut Untuk Menentukan Kedalaman Kolam Pelabuhan (Studi Kasus: Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya). *Jurnal Geodesi Undip*, 3(4): 25–36. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2014.6793>.
- Poerbandono & Djunarsjah, E. 2005. *Survei Hidrografi*. PT. Refika Aditama, Bandung.
- Soeprapto. 1999. *Pasut Laut dan Chart Datum*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Bisnis (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Alfabeta, Bandung.
- Triatmodjo, B. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2012. *Teknik Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.