

ANALISIS TIPE PASANG SURUT DI BELAWAN MENGGUNAKAN METODE ADMIRALTY

Arrisha Anggraini, S.Tr.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil,
Universitas Pembangunan Panca Budi
Medan, Sumatera Utara

ABSTRAK

Kecamatan Medan Belawan memiliki Pelabuhan Belawan yang merupakan pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional, regional dan nasional. Kota Medan dikenal sebagai pintu gerbang Indonesia bagian Barat, karena pelabuhan Belawan merupakan urat nadi perekonomian Sumatera Utara, terutama untuk arus keluar masuk barang dan penumpang melalui angkutan laut. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tipe pasang surut di Belawan, Sumatera Utara. Data pasang surut yang digunakan merupakan data Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) dari tanggal 02 Oktober 2024 sampai dengan 30 Oktober 2024. Perhitungan pasang surut dilakukan menggunakan metode *admiralty* untuk analisis harmonik. Berdasarkan data pengolahan menggunakan metode *admiralty* (29 piantan) dihasilkan sembilan komponen pasang surut dan menunjukkan nilai bilangan *formzahl* sebesar 0,235. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut di daerah Belawan (Sumatera Utara) merupakan pasang surut harian ganda, dimana dalam sehari mengalami dua kali air pasang dan dua kali air surut yang hampir sama tingginya.

Kata Kunci: Pasang Surut, Metode *Admiralty*, Bilangan *Formzahl*, Belawan

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya terdiri dari perairan, memiliki potensi strategis bagi pelayaran baik skala internasional maupun nasional, serta transportasi antar pulau yang vital bagi kegiatan ekonomi. Banyak industri besar yang berada di wilayah pesisir karena akses transportasi yang mudah. Oleh karena itu, untuk mendukung kegiatan pelayaran dan aktivitas di perairan secara umum, penting untuk memahami gerakan pasang surut sebagai fenomena alam yang mempengaruhi naik turunnya permukaan air laut (Supriyono et al., 2022).

Kecamatan Medan Belawan memiliki Pelabuhan Belawan yang merupakan pelabuhan terbuka untuk perdagangan internasional, regional dan nasional. Kota Medan dikenal sebagai pintu gerbang Indonesia bagian Barat, karena pelabuhan Belawan merupakan urat nadi perekonomian Sumatera Utara, terutama untuk arus keluar masuk barang dan penumpang melalui angkutan laut (Pemerintah Kota Medan, 2014). Kondisi ini juga mendorong pertumbuhan industri, baik besar, menengah, kecil, maupun industri-industri perumahan. Sehingga pertumbuhan dan perkembangan industri ini akan mendorong pertumbuhan permukiman di daerah tersebut. Analisis pasang surut harus dilakukan untuk melihat wilayah Kecamatan Medan Belawan itu sendiri.

Pasang surut adalah pergerakan naik dan turunnya permukaan air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda langit seperti bulan dan matahari terhadap massa air di bumi (Triatmodjo, 1999) dalam (Korto et al., 2015). Tingkat permukaan air laut di seluruh permukaan Bumi berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari satu tempat ke tempat lain. Variasi ini mencakup *Mean Sea Level* (MSL), *Highest High Water Level* (HHWL), dan *Lowest Low Water Level* (LLWL), dan sulit untuk diprediksi karena bergantung pada kondisi dan lokasi tertentu (Muldiyatno et al. 2016).

Berbagai fenomena dan keadaan lautan dipengaruhi oleh pasang surut, yang tentunya juga akan mempengaruhi aktivitas manusia di lautan, seperti perikanan dan pelayaran. Oleh karena itu, penting untuk memahami jenis pasang surut agar dapat memberikan pemahaman mengenai frekuensi terjadinya pasang dan surut di suatu perairan, yang dapat menjadi panduan dalam merencanakan berbagai aktivitas di wilayah perairan. Selain itu pengetahuan mengenai dinamika pasang surut juga memberikan gambaran umum untuk merencanakan aktifitas lainnya pada suatu lokasi perairan. Oleh karena itu, penghitungan pasang surut diperlukan untuk menentukan tipe pasang surutnya di suatu lokasi perairan.

Untuk membuat upaya pelestarian lingkungan lebih terarah dan efektif, penentuan tipe pasang surut juga sangat penting dalam pengelolaan lingkungan pesisir serta konservasi ekosistem *mangrove*, terumbu karang,

dan hutan bakau. Kemudian dalam industri pariwisata, pengetahuan mengenai tipe pasang surut sangat bermanfaat serta berguna dalam merencanakan aktivitas rekreasi seperti *surfing*, *snorkeling*, dan *diving*. Wisatawan juga dapat menyesuaikan jadwal perjalanan mereka dengan waktu pasang surut yang tepat untuk mengunjungi tempat-tempat wisata pantai.

Metode *admiralty* digunakan untuk mengkalkulasi konstanta pasang surut harmonik dengan memantau tinggi air laut selama periode 15 atau 29 piantan. Metode ini berguna untuk mengidentifikasi pola pasang surut di suatu wilayah air serta tinggi muka air laut. Dalam penggunaan metode *admiralty*, diperoleh dua nilai konstanta harmonik, yakni amplitudo (A) dan perbedaan fase (g°), yang selanjutnya digunakan dalam menganalisis tipe pasang surut dan elevasi muka air.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini menggunakan data pasang surut oleh Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) untuk mengumpulkan data pasang surut selama 29 piantan mulai dari tanggal 02 Oktober 2024 sampai 30 Oktober 2024. Data pasang surut yang digunakan merupakan data di daerah Belawan, Sumatera Utara. Data pasang surut diolah menggunakan metode *admiralty* yang kemudian digunakan untuk mencari nilai bilangan *formzahl*. Nilai bilangan inilah yang akan menunjukkan tipe pasang surut daerah penelitian. Metode *admiralty* merupakan metode penentuan pasang surut dengan rentang data yang pendek dan memerlukan tabel pendukung berisi konstanta perhitungan dalam proses pengerjaannya (Fitriana et al., 2019).

Amplitudo konstanta harmonik pasang surut M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 dihitung berdasarkan data pengukuran pasang surut. Konstanta harmonik ini diperoleh melalui serangkaian tahapan perhitungan dari Skema 1 hingga Skema 8. Konstanta harmonik pasang surut yang terdapat pada metode *admiralty* terdapat 9 komponen berdasarkan faktor pengaruhnya, yaitu:

- 1) M_2 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi posisi bulan
- 2) S_2 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi posisi matahari
- 3) N_2 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi perubahan jarak bulan
- 4) K_1 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi deklinasi bulan dan matahari
- 5) O_1 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi deklinasi bulan
- 6) M_4 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh pengaruh ganda M_2
- 7) MS_4 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh interaksi M_2 dan S_2
- 8) P_1 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh deklinasi matahari
- 9) K_2 merupakan konstanta harmonik yang dipengaruhi oleh perubahan jarak matahari

Dalam proses perhitungan ini, diperlukan penggunaan beberapa variabel astronomis, yaitu variabel s , h , p , dan N , seperti yang dijelaskan oleh Schureman (1988), dengan rumus sebagai berikut:

$$S = 277,02 + (481267,89 \times T) + (0,0011 \times T \times T)$$

$$H = 280,19 + (36000,77 \times T) + (0,0003 \times T \times T)$$

$$P = 334,39 + (4069,04 \times T) + (0,0103 \times T^2)$$

$$N = 259,16 - (1934,14 \times T) + (0,0021 \times T \times T)$$

Variabel s , h , p , N merupakan unsur-unsur orbit bulan dan matahari yang merupakan fungsi dari:

$$T = 365 \times (Y - 1900) + (D - 1) + I$$

D merupakan jumlah hari yang berlalu dari jam 00.00 pada tanggal 1 Januari tahun tersebut sampai jam 00.00 tanggal pertengahan pengamatan,

I merupakan bagian integral tahun ($\int 1/4 (Y - 1901)$).

Setelah dilakukan perhitungan data pasang surut menggunakan metode *admiralty* maka akan diperoleh nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut yang nantinya akan digunakan untuk menghitung nilai bilangan *formzahl* dengan persamaan sebagai berikut:

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

di mana:

F merupakan bilangan Formzahl,

K_1 merupakan unsur pasut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari,

O_1 merupakan unsur pasut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan,

M_2 merupakan unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan,

S_2 merupakan unsur pasut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Parameter dan Konstanta

Penentuan tipe pasang surut dengan metode *admiralty* dilakukan dengan menghitung parameter dan konstanta dengan bantuan 8 buah skema. Langkah-langkah perhitungan metode *admiralty* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Skema 1

Pada skema pertama, data hasil pengamatan pasang surut yang diperoleh dari Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) disusun berdasarkan tanggal pengamatan dan waktu lokal. Berikut contoh penyusunan data pengamatan pasang surut di daerah Belawan yang dilakukan dari tanggal 02 Oktober 2024 hingga tanggal 30 Oktober 2024 yang berarti tanggal tengah pengamatan adalah 16 Oktober 2024.

b. Skema 2

Tujuan penyusunan skema 2 ini adalah untuk menentukan jumlah bacaan (+) dan (-) untuk masing-masing nilai X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 pada masing-masing tanggal pengamatan. Penyusunan skema 2 ini menggunakan panduan Tabel 1, untuk mengetahui jam pengamatan mana saja yang masuk kelompok positif (+) dan kelompok negatif (-) untuk masing-masing komponen X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4.

Tabel 1. Tabel Konstanta Pengali Menyusun Skema 2

Waktu	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
00:00	-1	-1	1	1	1	1
01:00	-1	-1	1	1	0	1
02:00	-1	-1	1	1	-1	1
03:00	-1	-1	-1	1	-1	-1
04:00	-1	-1	-1	1	0	-1

Tabel 2. Tabel Konstanta Pengali Menyusun Skema 2 Lanjutan

Waktu	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
05:00	-1	-1	-1	1	1	-1
06:00	1	-1	-1	-1	1	1
07:00	1	-1	-1	-1	0	1
08:00	1	-1	-1	-1	-1	1
09:00	1	-1	1	-1	-1	-1
10:00	1	-1	1	-1	0	-1
11:00	1	-1	1	-1	1	-1
12:00	1	1	1	1	1	1
13:00	1	1	1	1	0	1
14:00	1	1	1	1	-1	1
15:00	1	1	-1	1	-1	-1

Waktu	X1	Y1	X2	Y2	X4	Y4
16:00	1	1	-1	1	0	-1
17:00	1	1	-1	1	1	-1
18:00	-1	1	-1	-1	1	1
19:00	-1	1	-1	-1	0	1
20:00	-1	1	-1	-1	-1	1
21:00	-1	1	-1	-1	-1	-1
22:00	-1	1	-1	-1	0	-1
23:00	-1	1	-1	-1	1	-1

c. Skema 3

Skema 3 berisikan penjumlahan aljabar skema 2, yaitu terdiri dari kolom X0, X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dalam setiap hari pengamatan, dimana:

- 1) Kolom X0 berisi perhitungan mendatar dari hitungan X1 pada skema 2 tanpa memperhatikan tanda (+) dan (-).
- 2) Kolom X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 merupakan penjumlahan mendatar dari X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 pada skema 2 dengan memperhatikan tanda (+) dan (-). Untuk mengatasi hasilnya tidak ada yang negatif maka ditambahkan 2000 (untuk kolom X1, Y1, X2, Y2) dan 500 (untuk kolom X4 dan Y4).

d. Skema 4

Skema 4 ini merupakan hasil pengali proses bulanan untuk panjang data 29 piantan. Kolom-kolom Tabel *Doodson* dari Tabel 2 dikalikan dengan nilai-nilai dari Skema 3 untuk menghasilkan penjumlahan aljabar dari Skema 2, yang terdiri dari kolom X0 dan X1.

Tabel 3. Harga Pengali Proses Bulanan

Untuk 29 hari d-29	Indeks						
Untuk 15 hari d-15	0	2	b	3	c	4	d
-14	1	1	0	-1	1	1	0
-13	1	1	-1	-1	1	1	-1
-12	1	1	-1	1	1	-1	-1
-11	1	1	-1	1	1	-1	-1
-10	1	-1	-1	1	1	-1	1
-9	1	-1	-1	1	-1	1	1
-8	1	-1	-1	1	-1	1	1
-7	1	-1	0	-1	-1	1	0
-6	1	-1	1	-1	-1	1	-1
-5	1	-1	1	-1	-1	-1	-1

Untuk 29 hari d-29	Indeks						
Untuk 15 hari d-15	0	2	b	3	c	4	d
-4	1	-1	1	-1	1	-1	-1
-3	1	1	1	-1	1	-1	1
-2	1	1	1	1	1	-1	1
-1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	0	1	0	1	0
1	1	1	-1	1	-1	1	-1
2	1	1	-1	1	-1	-1	-1
3	1	1	-1	-1	-1	-1	-1
4	1	-1	-1	-1	-1	-1	1
5	1	-1	-1	-1	1	-1	1
6	1	-1	-1	-1	1	1	1
7	1	-1	0	-1	1	1	0
8	1	-1	1	1	1	1	-1
9	1	-1	1	1	1	1	-1
10	1	-1	1	1	-1	-1	-1
11	1	1	1	1	-1	-1	1
12	1	1	1	1	-1	-1	1

Tabel 4. Harga Pengali Proses Bulanan Lanjutan

	Untuk 29 hari d-29 Indeks						
	0	2	b	3	c	4	d
13	1	1	1	-1	-1	1	1
14	1	1	0	-1	-1	1	0

e. Skema 5 dan Skema 6

Penyusunan pada skema 5 dan skema 6 memerlukan tabel pengali yang kemudian disesuaikan dengan data pengamatan 29 piantan atau 15 piantan. Data dari skema 4, hasil perhitungan harga X dan Y, diperlukan untuk perhitungan ini.

f. Skema 7

Selanjutnya untuk penyelesaian skema 7 dapat dilihat pada Tabel 3, sebagai berikut:

Tabel 5. Skema 7

	S_0	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_4	MS_4
$V = PR \cos R$	104580,000	30778,700	2764,400	6162,680	-4824,080	891,520	570,000	318,000
$VI = PR \sin R$		12487,000	18076,200	672,160	-6850,000	-709,840	-111,400	377,600
PR	104580,000	33215,261	18286,359	6199,228	8378,201	1139,597	580,784	493,666
P	696,000	559,000	448,000	566,000	439,000	565,000	507,000	535,000
f		0,963	1,000	0,963	1,112	1,182	0,928	0,963
$I + W$		1,000	1,292	1,173	0,850	1,000	1,000	1,292
V		402,008	0,000	410,101	295,012	466,997	444,017	402,008
u		-0,208	0,000	-0,208	-0,749	0,845	-0,417	-0,208
w		0,000	16,223	4,025	15,949	0,000	0,000	16,223
p		333,000	345,000	327,000	173,000	160,000	307,000	318,000
R^o		22,083	81,305	6,225	234,845	321,473	348,942	49,897
$s = V + u + w + p + R^o$		756,882	442,528	747,142	718,057	949,314	1099,542	785,920
g		36,882	82,528	27,142	358,057	229,314	19,542	65,920
$A = PR : (p \times f \times x (I+W))$	150,259	61,672	31,591	9,691	20,174	1,706	1,234	0,741

g. Skema 8

Setelah skema 7, maka langkah terakhir yaitu melakukan rekapitulasi nilai-nilai yang telah didapatkan dari skema sebelumnya yang dapat dilihat pada Tabel 4. sebagai berikut:

Tabel 6. Skema 8

	S_o	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4
A (cm)	150,3	61,7	31,6	9,7	8,5	20,2	1,7	6,7	1,2	0,7
g (°)		36,9	82,5	27,1	82,5	358,1	229,3	358,1	19,5	65,9

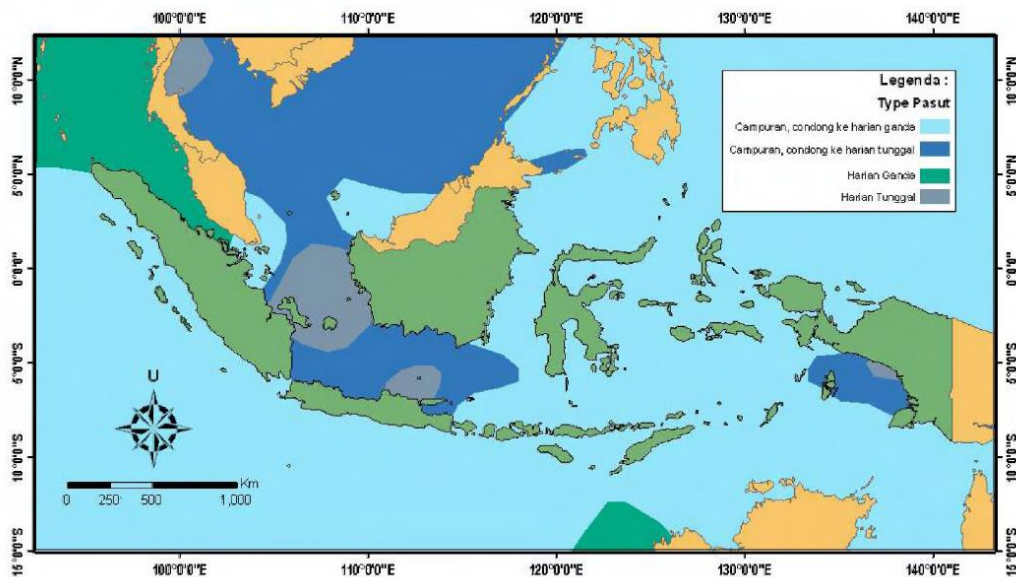
2. Penentuan Tipe Pasang Surut

Setelah melalui serangkaian tahapan perhitungan dari Skema 1 hingga Skema 8 untuk mendapatkan nilai-nilai konstanta harmonik ini. Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan bilangan *formzahl* diperoleh tipe pasang surut di daerah Belawan, yaitu sebagai berikut:

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

$$F = \frac{19,4 + 6,8}{61,7 + 29,6} = 0,235$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dari nilai-nilai konstanta harmonik yang tertera pada Tabel 4, diperoleh bilangan *formzahl* sebesar 0,235. Hal ini menunjukkan bahwa tipe pasang surut di daerah Belawan (Sumatera Utara) merupakan pasang surut *semi diurnal tide* atau harian ganda. Hal tersebut didukung dengan penelitian oleh Triatmodjo (1999), pernyataan pertama yang dibuat oleh Wyrтки, (1961), dalam Ramdhan (2011) pada Gambar 1 menunjukkan wilayah Indonesia terdiri dari empat tipe pasang surut, dimana pada daerah Belawan (Sumatera Utara) menunjukkan tipe pasang surut harian ganda yang terletak di sekitar *Malacca Strait* sampai ke *Andaman Sea*. Penelitian ini juga didukung dengan beberapa penelitian lainnya seperti Syahputra dan Rahma (2023), Frederick et al. (2016), Pariwono (1989), Thabet (1980), dan Gultom et al. (2022) dan Yuliadi (2008) yang menyatakan bahwasanya lokasi penelitian yaitu Belawan (Sumatera Utara) bertipe pasang surut harian ganda.



Gambar 1. Pola Tipe Pasut di Indonesia

Sumber: Wyrтки (1961), Nontji (1987) and Ramdhan (2011)

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan pasang surut dengan menggunakan metode *admiralty* membutuhkan ketelitian karena terdapat langkah yang cukup panjang dengan berbagai macam konstanta yang berbeda pada setiap skemanya.
2. Pengolahan data Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) menggunakan metode *admiralty* (29 piantan) dihasilkan sembilan komponen pasang surut dan menunjukkan nilai bilangan *formzahl* sebesar 0,235.
3. Tipe pasang surut di daerah Belawan, Sumatera Utara yaitu *semi diurnal tide* atau harian ganda, dimana dalam sehari mengalami dua kali air pasang dan dua kali air surut yang hampir sama tingginya.

BIBLIOGRAFI

-
- Fitriana, D., Oktaviani, N., & Khasanah, I. U. (2019). Analisa Harmonik Pasang Surut Dengan Metode Admiralty Pada Stasiun Berjarak Kurang Dari 50 Km Harmonic Analysis With Admiralty Methode on Sea Tides Station Less Than 50 Km. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 6(1), 38–48.
- Frederick, H., Dwi, A. A., & Hariadi. (2016). Pemetaan Banjir Rob Terhadap Pasang Tertinggi di Wilayah Pesisir Kecamatan Medan Belawan, Sumatera Utara. *Jurnal Oceanografi*, 5, 334–339. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Gultom, F., Harsono, G., Pranowo, W. S., & Adrianto, D. (2022). Sistem Informasi Pasang Surut Berbasis Android di Wilayah Kerja Pangkalan TNI Angkatan Laut (Studi Kasus Belawan, Tarempa, Sibolga, Natuna dan Cilacap). *Jurnal Chart Datum*, 3(2), 81–92. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v3i2.121>
- Korto, J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. (2015). Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim Dengan Metode Admiralty. *Jurnal Sipil Statistik*, 3(6), 391–402.
- Muldiyatno, F., Djunarsjah, E., Adrianto, D., & Pranowo, W.S. (2016). Kajian Awal Perubahan Muka Air Sungai Untuk Penentuan Datum Peta (Studi Kasus Sungai Musi Palembang). *Jurnal Chart Datum*, 1(2): 36-42.
- Nontji, A. (1987). *Laut Nusantara* (Bibliograp).
- Pariwono, J. I. (1989). Kondisi Pasang Surut Indonesia. *Prosiding Pasang Surut*, 135–147.
- Pemerintah Kota Medan. (2014). *Medan Belawan*. <https://pemkomedan.go.id/hal-medan-belawan.html>
- Ramadhan, M. (2011). The Comparison Between Tidal Observation And The Prediction By Using Tide Model Driver Software, In Pramuka Island And Pati Coastal Waves. *Jurnal Segara*, 7(1), 1. <https://doi.org/10.15578/segara.v7i1.43>
- Schureman, P., 1988. Manual of Harmonic Analysis and Prediction of Tides. U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey. Washington, United States.
- Supriyono, S., Pranowo, W. S., Rawi, S., & Herunadi, B. (2022). Analisa dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan dan Balikpapan). *Jurnal Chart Datum*, 1(1), 9–20. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v1i1.7>
- Syahputra, T. R., & Rahma, E. A. (2023). Karakteristik Pasang Surut Air Laut di Peairan Belawan Menggunakan Metode Admiralty *Characteristics of Sea Water Tide in Belawan Waters Using Admiralty Method*. 5(1). <https://doi.org/10.35308/jlik.v5i1.5914>
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.
- Wyrtki, K. (1961). Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters. In *Scientific Results of Marine Investigation of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961* (Vol. 2, Issue Naga Report).
- Yuliadi, L. P. S. (2008). *Aplikasi data pasang surut real time dalak penentuan kedalaman laut aktual di selat malaka*.