

ANALISA KARAKTERISTIK PASANG SURUT DI PERAIRAN LEMBAR NUSA TENGGARA BARAT MENGGUNAKAN METODE KUADRAT TERKECIL PERIODE OKTOBER 2024

ANALYSIS OF TIDAL CHARACTERISTICS IN THE SHEET WATERS OF WEST NUSA TENGGARA USING THE LEAST SQUARES METHOD FOR THE PERIOD OF OCTOBER 2024

Agung Bimantara¹, Widodo S. Pranowo^{1,2}, & Agya Muhammad Akbar¹

¹Program Studi S-1 Hidrografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Jakarta, Indonesia

²Badan Riset Dan Inovasi Nasional, Bandung, Indonesia

e-mail : agungbimantara58@gmail.com

ABSTRAK

Fenomena pasang surut di perairan Lembar, Nusa Tenggara Barat, memainkan peran penting dalam berbagai aspek kegiatan pesisir, seperti perikanan, transportasi laut, dan pariwisata. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik pasang surut di perairan Lembar, Nusa Tenggara Barat, menggunakan metode kuadrat terkecil dan perangkat lunak T-Tide. Data diambil dari fasilitas *Sea Level Station* Monitoring selama 31 hari pada Oktober 2024. Lokasi penelitian dipilih karena aktivitas maritimnya yang tinggi dan topografi dasar lautnya yang beragam, yang memengaruhi pola pasang surut. Analisis data menghasilkan 32 konstanta harmonik, terdiri dari 19 konstanta signifikan dan 13 konstanta non-signifikan. Komponen K1 dan M2 menunjukkan amplitudo dominan, mengindikasikan pola pasang surut campuran condong ke harian ganda. Grafik elevasi menunjukkan fluktuasi periodik air laut dengan amplitudo maksimum 0,34 meter (K1) dan 0,26 meter (M2). Hasil penelitian ini memberikan pemahaman tentang pola pasang surut di perairan Lembar, yang strategis sebagai lokasi latihan militer dan destinasi wisata maritim. Selain itu, hasil ini dapat digunakan untuk pengembangan model prediksi pasang surut jangka panjang, mitigasi dampak perubahan iklim, serta mendukung keamanan aktivitas maritim. Penelitian ini diharapkan menjadi landasan untuk studi lebih lanjut terkait fenomena pasang surut dan pengelolaan wilayah pesisir.

Kata Kunci : Pasang surut, metode kuadrat terkecil, Semi-diurnal, konstanta harmonik, perairan Lembar, Pulau Lombok.

ABSTRACT

Tidal phenomena in Lembar waters, West Nusa Tenggara, play an important role in various as-pects of coastal activities, such as fisheries, marine transportation, and tourism. This study aims to analyze the characteristics of tides in Lembar waters, West Nusa Tenggara, using the least squares method and T-Tide software. Data was taken from the Sea Level Station Monitoring fa-cility for 31 days in October 2024. The research site was chosen due to its high maritime activity and diverse seabed topography, which affects tidal patterns. Data analysis yielded 32 harmonic constants, consisting of 19 significant constants and 13 non-significant constants. The

K1 and M2 components show dominant amplitudes, indicating a mixed tidal pattern skewed to double-daily. The elevation graph shows periodic fluctuations of seawater with maximum amplitudes of 0.34 meters (K1) and 0.26 meters (M2). The results of this study provide an understanding of tidal patterns in Lembar waters, which are strategic as a military training location and maritime tourism destination. In addition, these results can be used for the development of long-term tidal prediction models, mitigation of climate change impacts, as well as supporting the security of maritime activities. This research is expected to be the foundation for further studies related to tidal phenomena and coastal area management.

Keyword : Tides, Least Squares Method, Tidal Characteristics, Lembar water, Harmonic constants, Lombok Island.

PENDAHULUAN

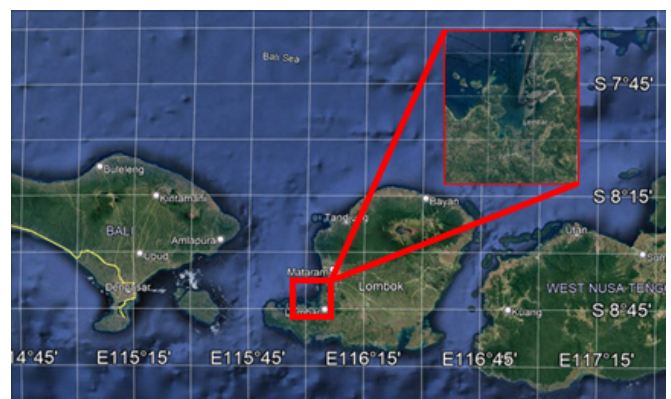
Indonesia adalah negara maritim yang memiliki 4 tipe pasang surut, yakni tipe diurnal, semi diurnal, campuran cenderung diurnal, campuran cenderung semi diurnal (Purba & Pranowo, 2015). Sehingga perlu diberikan informasi penting tentang kelautan berupa data pasang surut air laut, karena data pasang surut merupakan data penting bagi lalu lintas laut untuk kapal-kapal yang melintasi suatu perairan. Pasang surut merupakan peristiwa naik dan turunnya air laut yang disebabkan oleh gravitasi bulan dan matahari. Pengetahuan tentang pasang surut air laut sangat penting bagi kegiatan maritim Indonesia (Poerbandono & Djunarsjah, 2005).

Perairan Lembar memiliki peran strategis sebagai tempat latihan bersama (Latma) TNI AL karena letaknya yang mudah diakses dan potensinya sebagai destinasi wisata maritim. Selain menjadi lokasi latihan bersama militer, kawasan ini juga populer di kalangan wisatawan mancanegara, terutama sebagai tujuan bagi kapal pesiar dan yacht turis asing. Dengan berbagai fasilitas dan daya tarik alamnya, Lembar menjadi tempat yang ideal untuk latihan bersama sekaligus mendukung pariwisata lokal, kehadiran kapal-kapal militer dari berbagai negara menarik perhatian masyarakat dan wisatawan, yang memberi dampak positif pada perekonomian lokal. Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi karakter pasang surut di

lembar menggunakan metode kuadrat terkecil.

BAHAN DAN METODE

Objek penelitian ini adalah perairan di sekitar Pelabuhan Lembar, yang terletak di Kecamatan Lembar, Kabupaten Lombok Barat, Provinsi Nusa Tenggara Barat, Indonesia (Gambar 1). Area ini dipilih karena merupakan lokasi strategis di pesisir barat Pulau Lombok yang memiliki intensitas aktivitas maritim tinggi, termasuk lalu lintas kapal ferri, kapal kargo, kapal militer dan kapal wisata. Selain itu, kawasan ini memiliki perairan dangkal di sekitar alur masuk pelabuhan dan topografi dasar laut yang beragam, yang memengaruhi pola pasang surut secara signifikan. Pengamatan pasang surut dilakukan pada periode September-Oktober 2024 pada titik pengamatan tertentu di sekitar Pelabuhan Lembar, dengan mempertimbangkan area yang bebas dari gangguan signifikan yang

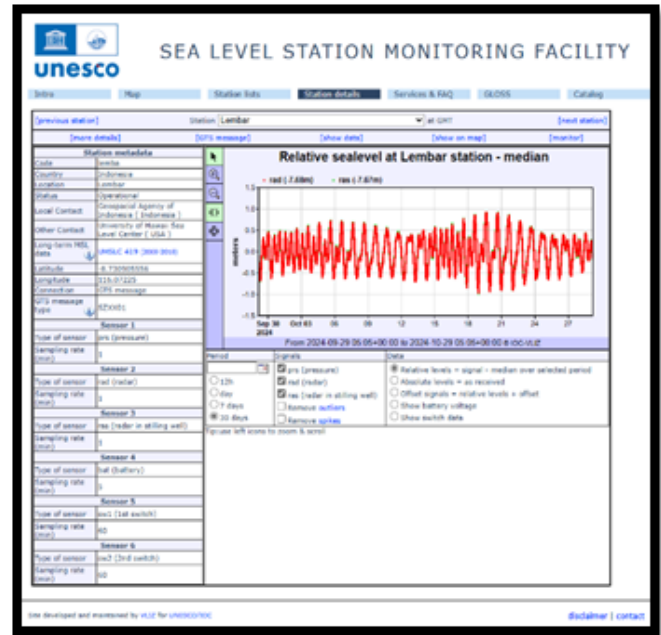


Gambar 1. Peta wilayah Nusa Tenggara Barat dan area penelitian.

dapat mempengaruhi data pasang surut, seperti arus buatan akibat aktivitas kapal yang padat. Titik ini dipilih agar dapat memberikan data yang akurat untuk mengidentifikasi pola pasang surut yang berlaku di perairan Lembar.

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan di ruang laboratorium Hidro-oseanografi Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut yang dilengkapi dengan fasilitas komputasi dan perangkat lunak statistik yang mendukung penerapan metode kuadrat terkecil. Penelitian ini menggunakan pengolahan data metode kuadrat terkecil dengan perangkat lunak T-Tide yang dijalankan dengan MATLAB R2014b untuk proses analisa harmonik pasang surut. T-Tide merupakan suatu alat bantu yang dapat digunakan untuk melakukan analisis harmonik dengan koreksi nodal. T-tide *matlab toolbox* digunakan untuk menganalisis komponen harmonik pasang surut. (Pawlowicz *et al.*, 2002). Data pasang surut pada penelitian ini diperoleh dari pemantauan *sea level station monitoring facility*, <https://www.iocealevelmonitoring.org/station.php> (Gambar 2).

Fasilitas ini menyediakan data observasi elevasi muka air laut secara berkelanjutan *real-time*, yang menjadi dasar untuk menganalisis pola pasang surut di kawasan tersebut. Data yang diperoleh dari fasilitas ini sangat bermanfaat dalam mengidentifikasi komponen pasang surut utama, serta membantu dalam pemodelan karakteristik pasang surut dengan metode kuadrat terkecil. Data pasang surut 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 (Kusuma, H. A., *et al*, 2021) (Persamaan 1).



Gambar 2. Tampilan dashboard untuk unduh data stasiun Lembar pada sea level station monitoring facility.

$$F = \frac{AK1 + AO1}{AM2 + AS2} \dots\dots\dots 1)$$

Keterangan :

- AK1 : amplitudo dari unsur pembangkit pasut K1
- AO1 : amplitudo dari unsur pembangkit pasut O1
- AM2 : amplitudo dari unsur pembangkit pasut M2
- AS2 : amplitudo dari unsur pembangkit pasut S2
- F : Bilangan formzahl
- M2 : Konstanta harmonik (Posisi bulan mempengaruhi)
- S2 : Konstanta harmonik (Posisi matahari mempengaruhi)
- O1 : Konstanta harmonik (deklinasi bulan mempengaruhi)
- K1 : Konstanta harmonik (Deklinasi bulan dan matahari mempengaruhi).

Menurut Triatmodjo (2003) dan Umam *et al* (2022), dilihat dari pola gerakan muka laut dan hasil penghitungan indeks formzahl, pasang surut dapat dibagi menjadi empat tipe,

yaitu pasang surut harian ganda, pasang surut campuran condong harian ganda, pasang surut campuran condong harian tunggal, dan pasang surut harian tunggal, lebih jelasnya pengklasifikasian pasang surut menurut indeks formzahl dapat dilihat pada (Tabel 1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengolahan data, grafik elevasi muka air laut selama 31 hari pada (Gambar 3), sumbu x menunjukkan waktu, dan sumbu y menunjukkan elevasi air laut dalam satuan meter. Garis biru mewakili data pasang surut asli atau mentah yang belum diolah, garis ini menunjukkan fluktuasi ketinggian air laut secara keseluruhan, termasuk pengaruh berbagai kom-ponen pasang surut. Garis jingga tipis merupakan prediksi pasang surut rata-rata dari beberapa komponen harmonik. Garis merah tebal bawah mewakili residu atau selisih antara data asli dan komponen utama, garis menunjukkan variasi ketinggian air laut yang tidak dapat dijelaskan oleh komponen utama dan mungkin disebabkan oleh faktor-faktor lain seperti gelombang, angin, atau perubahan tekanan atmosfer.

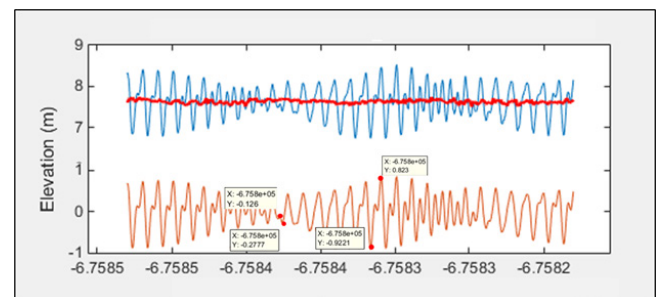
Gambar 3 menunjukkan pola pasang surut yang khas dengan ketinggian air laut yang berfluktuasi secara periodik. Garis jingga tipis menunjukkan komponen pasang surut utama yang memiliki amplitudo yang lebih besar dibandingkan dengan komponen lainnya. Kom-ponen ini kemungkinan besar adalah komponen pasang surut diurnal atau semi-diurnal, tergantung-tung pada periode

Tabel 1. Tipe Pasang Surut berdasarkan bilangan Formzahl

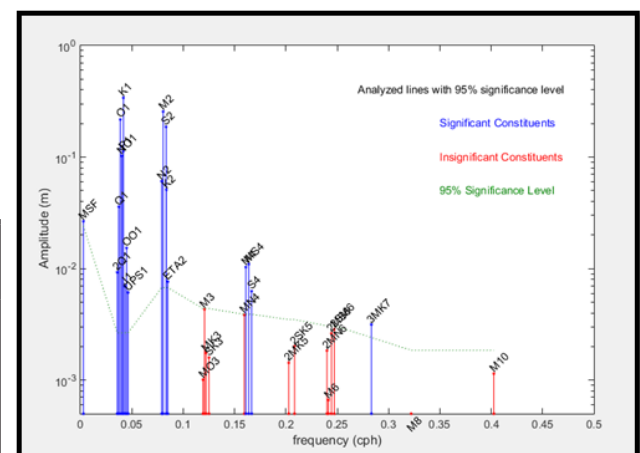
No	Bilangan Formzahl	Tipe Pasang Surut
1	$0.00 < F < 0.25$	Pasang Surut Harian Ganda
2	$0.25 < F < 1.5$	Pasang Surut Campuran Condong Harian Ganda
3	$1.5 < F < 3$	Pasang Surut Campuran Condong Harian Tunggal
4	$F > 3$	Pasang Surut Harian Tunggal

dominannya. Garis biru menunjukkan variasi ketinggian air laut yang lebih kompleks dibandingkan dengan komponen utama, variasi ini disebabkan oleh pengaruh berbagai komponen harmonik lainnya yang memiliki periode yang lebih pendek atau lebih panjang. Gambar 3 memperlihatkan data elevasi muka air laut maksimum adalah 0,9221 meter sedangkan elevasi minimum nya adalah 0,126 meter, tunggang pasang surut maksimum 1,74 meter dan tunggang pasang surut minimum 0,40 meter.

Pada Gambar 4, sumbu x menunjukkan frekuensi komponen pasang surut dalam siklus per jam atau cycle per hour (cph), dengan frekuensi rendah mewakili periode lebih panjang, dan frekuensi tinggi mewakili periode lebih pendek. Sumbu y menunjukkan amplitudo pasang surut (meter), di mana amplitudo yang lebih tinggi menunjukkan pengaruh lebih besar terhadap ketinggian air



Tabel 3. Grafik elevasi muka laut terhadap waktu.



Tabel 4. Grafik amplitudo konstanta harmonik terhadap frekuensi.

laut. Setiap garis vertikal mewakili komponen pasang surut, dengan panjang garis menunjukkan amplitudo komponen tersebut.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa komponen K1 dan M2 memiliki amplitudo yang jauh lebih besar dibandingkan komponen lainnya, ini menunjukkan bahwa pasang surut semi-diurnal (dua kali pasang surut dalam sehari) merupakan pola dominan di lokasi pengamatan. Komponen O1 juga memiliki amplitudo yang cukup signifikan, menunjukkan adanya pengaruh pasang

surut diurnal (satu kali pasang surut dalam sehari). Komponen-komponen lain seperti S2, P1, dan NO1 juga terlihat, namun dengan amplitudo yang lebih kecil. Garis hijau putus-putus membagi komponen menjadi dua kategori signifikan dan tidak signifikan berdasarkan tingkat kepercayaan statistik sebesar 95%, komponen yang berada di atas garis hijau putus-putus adalah yang signifikan dan diasumsikan berkontribusi secara nyata terhadap pola pasang surut.

Berdasarkan hasil pengolahan data

Tabel 2. Total 32 Konstanta Harmonik yang diturunkan dari data 744 jam stasiun pasut lembar

No	Komponen	Frekuensi (Hz)	Amplitudo (m)	Phase (°)	SNR (dB)
1	*MSF	0,002822	0,0266	273,96	1,2
2	*2Q1	0,035706	0,0093	295,65	12
3	*Q1	0,037219	0,0360	294,59	180
4	*O1	0,038731	0,2175	309,03	6.700
5	*NO1	0,040269	0,1025	62,48	1.500
6	*P1	0,041553	0,1128	186,49	1.800
7	*K1	0,041781	0,3409	179,42	16.000
8	*J1	0,043293	0,0069	207,63	6,80
9	*OO1	0,044831	0,0153	80,19	33
10	*UPS1	0,046343	0,0061	161,47	5,30
11	*N2	0,078999	0,0609	207,62	81
12	*M2	0,080511	0,2562	230,43	1.400
13	*S2	0,083333	0,1869	95,04	760
14	*K2	0,083562	0,0509	117,44	57
15	*ETA2	0,085074	0,0076	59,20	1,30
16	MO3	0,119242	0,0010	253,73	0,05
17	M3	0,120767	0,0043	120,56	0,97
18	MK3	0,122292	0,0018	239,32	0,16
19	SK3	0,125114	0,0016	15,85	0,13
20	MN4	0,159511	0,0038	0,75	0,98
21	*M4	0,161023	0,0103	12,15	7
22	*MS4	0,163845	0,0110	42,98	8
23	*S4	0,166667	0,0063	31,91	2,60
24	2MK5	0,202804	0,0014	304,19	0,17
25	2SK5	0,208447	0,0020	348,10	0,33
26	2MN6	0,240022	0,0018	58,01	0,36
27	M6	0,241534	0,0007	318,34	0,04
28	2MS6	0,244356	0,0026	176,18	0,73
29	2SM6	0,247178	0,0029	226,64	0,87
30	*3MK7	0,283315	0,0032	297,97	1,70
31	M8	0,322046	0,0003	335,57	0,03
32	M10	0,402557	0,0011	171,87	0,38

Ket : Konstanta dengan tanda (*) pada kolom komponen menunjukkan konstanta tersebut merupakan konstanta signifikan, sedangkan kolom komponen pada konstanta tanpa tanda (*) menunjukkan konstanta tersebut merupakan konstanta non-signifikan.

pasang surut di Lembar, dengan Panjang data 744 jam, diperoleh total ada 32 parameter Konstanta Harmonik, dengan 19 parameter merupakan nilai yang signifikan dan 13 parameter merupakan nilai yang tidak signifikan yang sebagaimana ditunjukkan pada (Tabel 2). Komponen-komponen harmonik signifikan ditandai dengan adanya tanda bintang (*) pada tiap-tiap nama komponen.

Penelitian ini menganalisis 32 konstanta harmonik pasang surut di perairan Lembar, dengan 19 konstanta signifikan ditandai oleh SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) > 1. Komponen harmonik dominan berdasarkan amplitudo adalah K1 (0,3409 meter) dan M2 (0,2562 meter), yang mencerminkan pengaruh utama pasang surut semi-diurnal. Komponen O1 juga signifikan dengan amplitudo 0,2175 meter, menunjukkan kontribusi dari pasang surut diurnal. Hasil menunjukkan bahwa pola pasang surut di perairan ini adalah campuran condong ke harian ganda, ditandai oleh kontribusi signifikan dari komponen semi-diurnal (M2, S2) dan diurnal (K1, O1). Energi pasang surut dominan terlihat dari nilai SNR tertinggi pada K1 (16.000 dB), diikuti oleh O1 (6.700 dB) dan M2 (1400 dB) (Tabel 2).

Berdasarkan perhitungan formzahl (Persamaan 1), didapatkan hasil perhitungan index sebesar 0,49, yang menunjukkan tipe pasang surut yang didapatkan adalah pasang surut campuran condong harian ganda. Angka index ini lebih kecil daripada index yang dihitung oleh Nugroho *et al* (2015) yang mendapatkan index 1,1981. Namun angka tersebut secara interpretasi masih menunjukkan pasang surut yang sama. Perbedaan angka index hasil perhitungan formzahl berbeda diduga disebabkan oleh penggunaan software analisis harmonik yang berbeda. Dimana pada penelitian tersebut Nugroho menggunakan software mike 21, bukan t_tide.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis harmonik terhadap data 744 jam, diperoleh 32 konstanta harmonik, terdiri atas 19 konstanta signifikan dan 13 konstanta non-signifikan. Komponen harmonik dominan adalah K1 (amplitudo 0,3409 meter) dan M2 (amplitudo 0,2562 meter). Tipe pasang surut di perairan lembar adalah pasang surut campuran condong ke harian ganda yang ditandai oleh kontribusi signifikan dari komponen semi-diurnal (M2, S2) dan diurnal (K1, O1). Energi pasang surut dominan terlihat dari nilai SNR tertinggi pada K1 (16.000 dB), diikuti oleh O1 (6.700) dan M2 (1.400).

Data elevasi muka air laut maksimum setelah diolah adalah 0,9221 meter sedangkan elevasi minimum nya adalah 0,126 meter, tunggang pasang surut maksimum 1,74 meter dan tunggang pasang surut minimum 0,40 meter.

Informasi ini penting untuk pengembangan model prediksi pasang surut jangka panjang, mendukung aktivitas maritim, mitigasi dampak perubahan iklim, dan pengelolaan wilayah pesisir. Penelitian ini menjadi landasan untuk studi lebih lanjut terkait dinamika pasang surut di wilayah strategis seperti perairan Lembar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis adalah contributor utama. Data pasang surut diperoleh dari lawan web milik IOC UNESCO tentang sea level station monitoring facility, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk diolah dan dianalisis. Penulis mengucapkan terimakasih pada pihak STTAL yang telah mengizinkan penggunaan sarana laboratorium dan peralatan Hidro-Oceanografi untuk pengolahan data penelitian..

DAFTAR PUSTAKA

- Kusuma, H. A., Lubis, M. Z., Oktaviani, N., Eny, D., & Setyono, D. (2021). Tides Measurement and Tidal Analysis at Jakarta Bay. *GEOSPATIAL INFORMATION*, 5(2).
- Nugroho, A., Ismunarti, D. H., & Rochaddi, B. (2015). STUDI KARAKTERISTIK DAN CO-RANGE PASANG SURUT DITELUK LEMBAR LOMBOK NUSA TENGGARA BARAT. *Journal of Oceanography*, 4(1), 93 – 99.
- Pawlowicz, R. Bob Beardsley and Steve Lentz. 2002. Classical Tidal Harmonic Analysis Including Error Estimates in Matlab Using T Tide. *Computers & Geosciences*. 28, 929–937930. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4)
- Poerbandono., & Djunarsjah. (2005). Survei Hidrografi II. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Purba, N. P., & Pranowo, W. S. (2015). *Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik Massa Air dan Sirkulasi Air Laut*. UNPAD Press. ISBN : 978-602-0810-20-1. 276 pages.
- Triatmodjo, B. (2008). Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.
- Umam, C., Pranowo, W. S., & Fatoni, K. I. (2022). Studi Perbandingan Karakteristik Pasang Surut Hasil Perhitungan Data Lokal Dengan Model Pasang Surut Global di Perairan Indonesia: Comparative Study of Tidal Characteristics Calculation of Local Data Using Global Tidal Models in Indonesian Waters. *Jurnal Chart Datum*, 5(2), 97–112. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v5i2.149>.
- Wyrтки, K. (1961). *Physical Oceanography of The Southeast Asian Waters. Naga Re-port, 2. Srippl Institution of Oceanography. The University of California, California., 226.*

