

# Analisis Komponen Harmonik dan Elevasi Pasang Surut pada Alur Pelayaran Perairan Cilacap

*Harmonic component analysis and tidal elevation in shipping lanes in Cilacap waters*

**Amir Yarkhasy Yuliardi<sup>1</sup>, Luhur Moekti Prayogo<sup>2</sup>, Perdana Ixbal Spanton. M<sup>3</sup>**

<sup>123</sup> Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas PGRI Ronggolawe, Tuban, Indonesia

**Penulis Korespondensi:** Amir Yarkhasy Yuliardi | **Email:** amiryarkhasy@gmail.com

Diterima (Received): 16 April 2023 Direvisi (Revised): 16 April 2023 Diterima untuk Publikasi (Accepted): 17 April 2023

## ABSTRAK

Cilacap merupakan kabupaten yang mempunyai luas area mencapai 225.360,840 ha yang terletak pada wilayah Jawa Tengah bagian selatan. Kabupaten ini menghadap langsung dengan Samudera Indonesia disebelah selatannya. Karakteristik elevasi harmonik suatu wilayah perairan bermanfaat untuk mengetahui interaksi pembentuk pasang surut pada wilayah tertentu. Hal ini dibutuhkan untuk keperluan pengelolaan lingkungan lebih lanjut serta bangunan pantai dan kegiatan lain di wilayah pesisir. Penelitian ini dilakukan menggunakan data primer berupa data elevasi pasang surut yang terekam setiap jam selama satu 31 hari pada bulan Januari 2019. Analisis harmonik menggunakan T-Tide untuk mengekstrak komponen-komponen pasang surut. Komponen pasut yang dominan diantaranya Q1, O1, NO1, K1, N2, M2. Perairan cilacap memiliki tipe pasang surut yang diklasifikasikan sebagai pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai indeks Formzahl sebesar 0.531856. Elevasi muka air laut di Perairan Cilacap MSL yang menunjukkan nilai rata-rata muka air laut sebesar 3.46m, HAT 4.74m, MHWL 4.3m, MLWL 2.62m dan LAT 2.18m.

**Kata Kunci:** Pasang Surut, Perairan Cilacap, Komponen Harmonik, Muka Laut

## ABSTRACT

*Cilacap is a district that has an area of 225,360.840 ha which is located in the southern part of Central Java. This district is directly facing the Indonesian Ocean to the south. The characteristics of the harmonic elevation of a water area are useful for knowing the interaction of tide formation in a certain area. This is needed for the purposes of further environmental management as well as beach building and other activities in the coastal area. This research was conducted using primary data in the form of tidal elevation data recorded every hour for one 31 days in January 2019. Harmonic analysis uses T-Tide to extract the tidal components. The dominant tidal components include Q1, O1, NO1, K1, N2, M2. Cilacap waters have a tidal type which is classified as mixed tidal double daily skewed with a Formzahl index value of 0.531856. Sea level elevation in Cilacap waters MSL which shows an average sea level value of 3.46m, HAT 4.74m, MHWL 4.3m, MLWL 2.62m and LAT 2.18m.*

**Keywords:** Tide, Cilacap Waters, Harmonic Component, Sea Level

© Author(s) 2023. This is an open access article under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0).

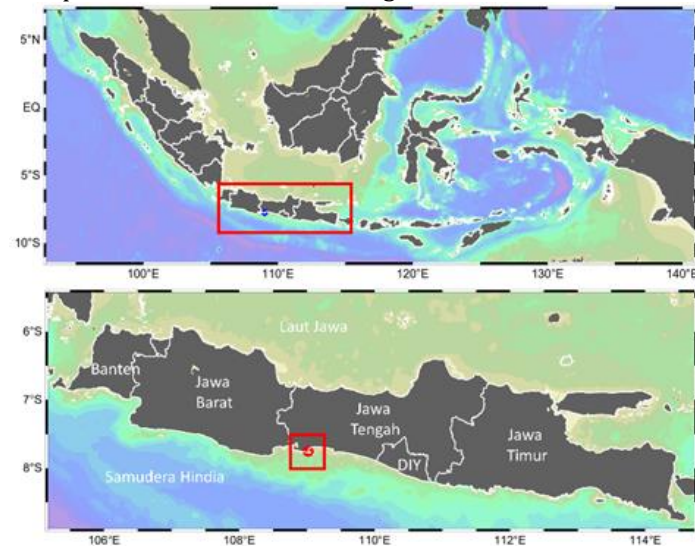
## 1. Pendahuluan

Tinggi muka air laut memiliki nilai ketinggian yang bergerak naik dan turun dengan periode osilasi yang berbeda pada setiap waktunya. Hal ini berkaitan dengan adanya pengaruh gaya tarik (gravitasi) benda-benda langit sebagai faktor astronomi yang mempengaruhi pasang surut (Supangat, 2003). Gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi merupakan gaya gravitasi utama yang bekerja. Gaya pembangkit pasang surut yang dihasilkan oleh bulan jauh lebih signifikan dibandingkan dengan matahari, berkisar 53 % dari total gaya yang bekerja. Hal ini karena jarak bulan lebih dekat dengan bumi meskipun

massa matahari lebih besar daripada massa bulan (Stewart, 2008). Selain itu, terdapat faktor non-astronomi yang bekerja pada suatu perairan seperti topografi dasar perairan dan garis pantai. Hal ini juga membentuk jenis pasang surut tertentu pada suatu perairan (Fadilah et al., 2014). Pasang surut dapat didefinisikan sebagai: naik dan turunnya muka pada siklus tertentu karena bekerjanya gaya tarik benda-benda luar angkasa terhadap massa air yang ada di bumi terutama disebabkan oleh matahari dan bulan (Bishop, 1984; Pariwono, 1989). Selain itu dapat didefinisikan juga sebagai pergerakan naik dan turun secara berkala muka air laut yang diakibatkan kombinasi gaya gravitasi matahari, bumi, dan bulan (Hicks, 2006).

Cilacap merupakan kabupaten yang mempunyai luas area mencapai 225.360,840 ha yang terletak pada wilayah Jawa Tengah bagian selatan. Kabupaten ini menghadap langsung dengan Samudera Indonesia disebelah selatannya. Wilayah pesisir di cilacap mencapai 6,6% dari seluruh kawasan pesisir pantai yang ada di Provinsi Jawa Tengah. Hal ini membuat kabupaten Cilacap mempunyai luasan pesisir terbesar dibandingkan dengan daerah lain Provinsi Jawa Tengah (Mahendra, 2013). Beberapa instrumen dapat digunakan untuk mengukur ketinggian dan volume air. Menurut Arief (2001) ketinggian muka laut dapat diukur salah satunya menggunakan sensor ultrasonik. Yuwono et al. (2016) Melakukan penelitian dengan data primer pasang surut dengan pengambilan data menggunakan instrumen pengamatan pasang surut berbasis sensor ultrasonik selama 15 piantan di Laguna Segara Anakan. Data yang didapat dianalisis menggunakan metode least square menghasilkan nilai muka rata-rata dan mendapatkan sebanyak 9 komponen harmonik pasang surut diantaranya K1, O1, P1, M2, S2, N2, K2, M4 dan MS4. Berdasarkan perhitungan nilai Fomzahl terhadap menghasilkan tipe pasang surut campuran cenderung harian ganda (mix semidiurnal), dengan nilai F sebesar 0.557.

Faktor Oseanografi yang ada pada suatu perairan berupa arus harmonik sangat dibutuhkan untuk



Gambar 1. Lokasi penelitian

## 2.2. Metodologi

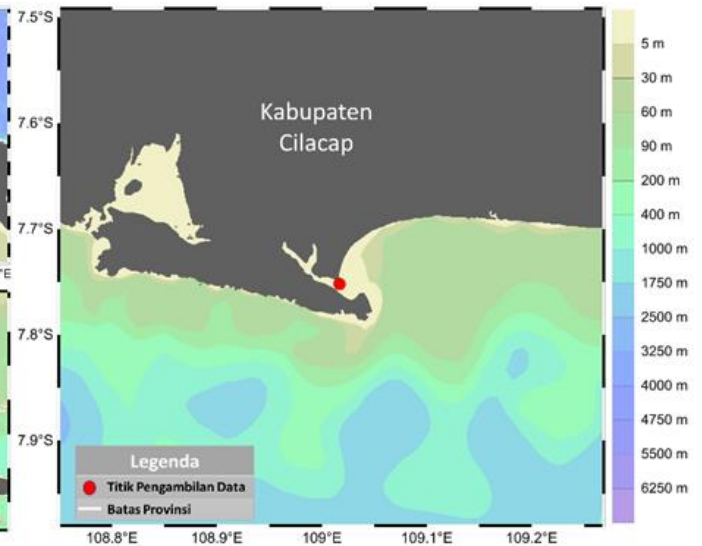
Pengamatan deret waktu pada elevasi pasang surut yang terjadi digunakan untuk menghitung nilai masing-masing komponen pasut menggunakan metode analisis harmonik. Analisis harmonik menggunakan T-Tide untuk mengekstrak komponen-komponen pasang surut (Pawlowicz et al., 2002). Elevasi pasang surut berdasarkan

penentuan tipe pasang surut. Analisis karakter komponen harmonik untuk mencari nilai yang digunakan untuk menentukan tipe pasang surut. Perairan Indonesia memiliki rentang tinggi pasang surut yang berbeda pada satu tempat dengan tempat lainnya (Dahuri et al., 2001). Karakteristik elevasi harmonik suatu wilayah perairan bermanfaat untuk mengetahui interaksi pembentuk pasang surut pada wilayah tertentu. Hal ini dibutuhkan untuk keperluan pengelolaan lingkungan lebih lanjut serta bangunan pantai dan kegiatan lain di wilayah pesisir. Sehingga dapat memberikan informasi dalam pembangunan, pengelolaan dan pengembangan lingkungan pantai secara berkala

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan menggunakan data primer berupa data elevasi pasang surut yang terekam setiap jam selama satu 31 hari pada bulan Januari 2019 yang didapatkan dari <https://uhslc.soest.hawaii.edu/> dengan titik pengamatan berada di daerah perairan Kabupaten Cilacap dengan dengan titik kordinat 109.017° BT dan 7.752° LS (Gambar 1).



nilai konstanta dituliskan sebagai (Pugh, 1987; Ongkosongo, 1989):

$$Z(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^N A_i \cos(\omega_i t + P_i) \quad (1)$$

Dimana  $Z(t)$  elevasi pasang surut,  $Z_0$  muka rerata laut,  $A_i$  amplitudo,  $\omega_i t$  periode komponen dan  $P_i$  fase. Berdasarkan nilai konstanta komponen harmonik yang telah diperoleh kemudian dilakukan penentuan tipe pasang surut pada perairan Cilacap dengan perhitungan indeks Formzahl sebagai berikut (Pugh, 1987):

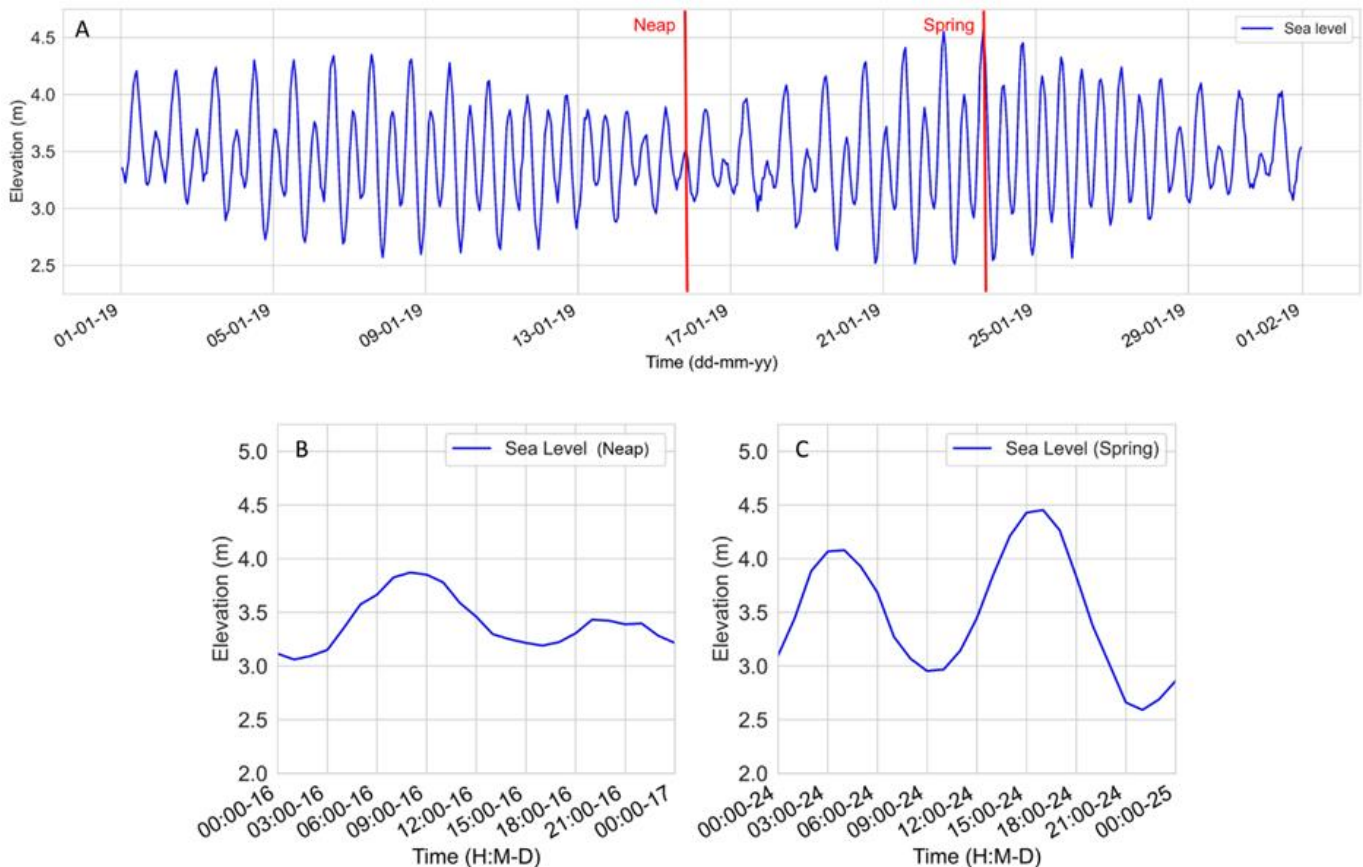
$$F = \left( \frac{K1 + O1}{M2 + S2} \right) \quad (2)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengamatan data deret waktu terhadap nilai elevasi muka laut selama 31 hari di perairan Kabupaten Cilacap menghasilkan beberapa nilai komponen harmonik yaitu nilai amplitudo dan fase. Komponen pasut yang dominan diantaranya Q1 dengan amplitudo 0.029 dan fase 150.93, O1 dengan amplitudo 0.1133 dan fase 239.33, N01 dengan amplitudo 0.0101 dan fase 322.87, K1 dengan amplitudo 0.2515 dan fase

Selanjutnya pasang surut secara temporal memiliki nilai elevasi tinggi muka laut yang berbeda. Sehingga, dibutuhkan beberapa parameter datum, seperti Highest Astronomical Tide (HAT) ( $Z_0 +$  semua komponen), Mean High Water Level (MHWL) ( $Z_0 + (M2+K1+O1)$ ), Mean Sea Level (MSL) ( $Z_0$ ), Mean Low Water Level (MLWL) ( $Z_0 - (M2+K1+O1)$ ), dan Lowest Astronomical Tide (LAT) ( $Z_0 +$  semua komponen) (UKHO, 2001)

340.33, N2 dengan amplitudo 0.1009 dan fase 175.64, M2 dengan amplitudo 0.4791 dan fase 274.96 dan S2 dengan amplitudo 0.2068 dan fase 94.44. Hasil lengkap dari komponen pasang surut dapat dilihat pada Tabel 1. Komponen pasut ini dapat digunakan lebih lanjut untuk keperluan lainnya termasuk peramalan (Qhomariyah dan Yuwono, 2016). Pasang surut memiliki periodisitas tertentu, oleh karena itu pasang surut dimungkinkan untuk diramalkan beberapa waktu kedepan. Peramalan pasang surut memerlukan data amplitudo dan beda fase dari setiap komponennya (Supriyono et al., 2015).

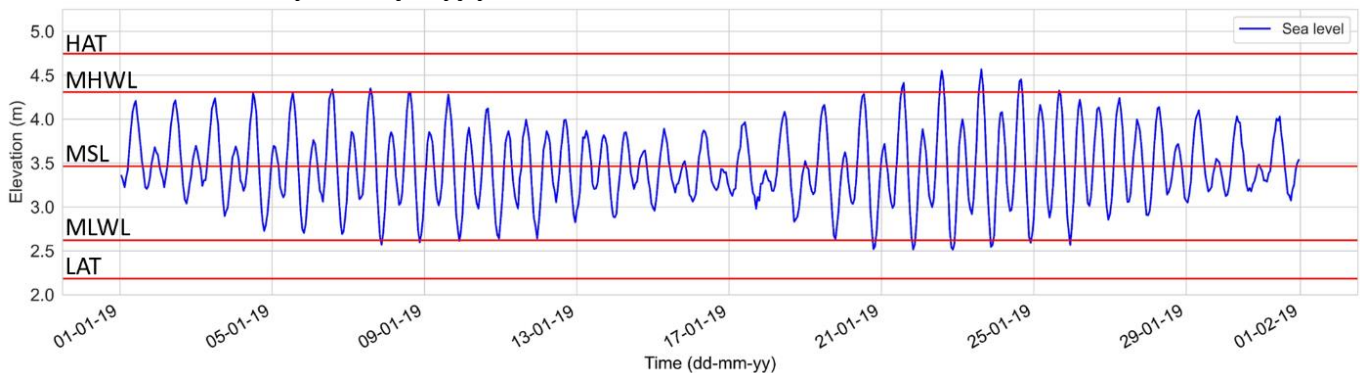


Gambar 2. (A) Deret waktu tinggi muka laut selama 1 bulan (31 hari), (B) pada saat perbani (neap) pada tanggal 17 dan (C) pada saat purnama (spring) pada tanggal 25.

Beberapa komponen utama pasang surut yang telah didapatkan digunakan untuk menentukan tipe pasang surut dan menghitung muka surutan (Mahatmawati et al., 2009). Tipe pasang surut dapat ditentukan dari frekuensi air pada saat pasang dan surut. Tipe pasang surut pada suatu perairan ditentukan secara kuantitatif dengan perbandingan amplitudo komponen-komponen pasang surut tunggal utama dan pasang surut ganda utama (Pratama et al., 2015). Pada penelitian ini perairan cilacap memiliki nilai indeks Formzahl sebesar 0.531856 yang masuk kedalam klasifikasi tipe pasang surut campuran condong harian ganda. Hasil serupa ditemukan pula pada penelitian Yuwono et al. (2016) dengan sedikit perbedaan pada nilai indeks Formzahl. Terlihat tipe pasang surut campuran condong harian ganda yang dapat dilihat pada Gambar 2A, kondisi saat perbani (neap) pada Gambar 2B

dan kondisi saat purnama (spring) pada Gambar 2C. Perairan dengan tipe pasang surut campuran condong harian ganda di dominasi oleh siklus pasang surut dimana dalam satu hari memiliki elevasi muka laut yang berbeda pada saat pasang dan surutnya. Dinamika pasang surut dipengaruhi berbagai macam faktor, diantaranya rotasi bumi, revolusi bulan, revolusi bumi, batimetri perairan, lebar dan bentuk topografi (Siswanto 2012; Rahmawati et al 2015).

Berdasarkan pengolahan data pada kondisi elevasi muka air laut di Perairan Cilacap mendapatkan hasil bahwa nilai MSL yang menunjukkan nilai rata-rata muka air laut sebesar 3.46m, HAT 4.74m, MHWL 4.3m, MLWL 2.62m dan LAT 2.18m. Nilai elevasi muka air laut sangat dibutuhkan dalam perencanaan dan pengembangan daerah pesisir dan laut termasuk alur pelayaran dan



Gambar 3. Elevasi tinggi muka laut berdasarkan HAT, MHWL, MSL, MLWL, LAT (garis merah)

dermaga pelabuhan (Wicaksono et al., 2016). Amplitudo dan fase dari masing-masing komponen memainkan peranan penting dalam menentukan kondisi tinggi rendahnya elevasi muka laut (Wuaten et al., 2018). Menurut Wijaya dan Yanuar (2019) komponen M2 pengaruh dari bulan dan S2 pengaruh dari matahari memiliki pengaruh yang signifikan pada pembangkitan pasang surut pada suatu perairan. Selain itu terdapat pula pengaruh astronomis yang signifikan termasuk fase umur bulan serta jarak bumi terhadap benda langit. Propagasi pasang surut pada suatu perairan terjadi dalam penjalaran gelombang. Penjalaran gelombang ini berpengaruh pada nilai amplitudo dari masing-masing komponen harmonik pasang surut. Hal ini dipengaruhi berbagai hal, beberapa diantaranya dari topografi dasar perairan dan garis pantai pada suatu perairan (Rampengan, 2013).

#### 4. Kesimpulan

Komponen pasut yang dominan diantaranya Q1 dengan amplitudo 0.029 dan fase 150.93, O1 dengan amplitudo 0.1133 dan fase 239.33, N01 dengan amplitudo 0.0101 dan fase 322.87, K1 dengan amplitudo 0.2515 dan fase 340.33, N2 dengan amplitudo 0.1009 dan fase 175.64, M2 dengan amplitudo 0.4791 dan fase 274.96 dan S2 dengan amplitudo 0.2068 dan fase 94.44. Perairan cilacap memiliki tipe pasang surut yang diklasifikasikan sebagai pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai indeks Formzahl sebesar 0.531856. Elevasi muka air laut di Perairan Cilacap MSL yang menunjukkan nilai rata-rata muka air laut sebesar 3.46m, HAT 4.74m, MHWL 4.3m, MLWL 2.62m dan LAT 2.18m.

Tabel 1. Komponen pasang surut

No	Komponen Pasut	Frekuensi	Amplitudo	Fase
1	MSF	0.002822	0.0143	305.23
2	2Q1	0.035706	0.007	100.26
3	*Q1	0.037219	0.029	150.93
4	*O1	0.038731	0.1133	239.33
5	*NO1	0.040269	0.0101	322.87
6	*K1	0.041781	0.2515	340.33
7	J1	0.043293	0.0069	115.04
8	OO1	0.044831	0.0068	279.04
9	UPS1	0.046343	0.0029	18.02
10	*N2	0.078999	0.1009	175.64
11	*M2	0.080511	0.4791	274.96
12	*S2	0.083333	0.2068	94.44
13	ETA2	0.085074	0.0072	267.89
14	MO3	0.119242	0.0056	248.97
15	M3	0.120767	0.0046	25
16	MK3	0.122292	0.0026	216.81
17	SK3	0.125114	0.0045	99.32
18	MN4	0.159511	0.0026	99.48
19	M4	0.161023	0.0038	144.48
20	MS4	0.163845	0.0009	231.15
21	S4	0.166667	0.0044	142.7
22	2MK5	0.202804	0.0019	295.53
23	2SK5	0.208447	0.0009	275.33
24	2MN6	0.240022	0.0031	123.13
25	M6	0.241534	0.0038	232.72
26	2MS6	0.244356	0.0021	99.64
27	2SM6	0.247178	0.0008	148.46
28	3MK7	0.283315	0.0018	200.12
29	M8	0.322046	0.0016	163.79

Keterangan:

\* Komponen dominan

### 5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

### 6. Referensi

- Arief, Ulfah Mediaty. 2011. Pengujian Sensor Ultrasonik PING untuk Pengukuran Level Ketinggian dan Volume Air. Semarang: Teknik Elektro Universitas Negeri Semarang.
- Bishop, J. M. 1984. Applied Oceanography
- Dahuri, Rokhim. Jacob Rias dan Sapta P.G. 2001. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. Pradaya Paramita: Jakarta.
- Fadilah., Suripin., Dwi P. Sasongko, 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. Maspari Journal Vol 6, No 1 :1-12
- Hicks, Steacy Dopp. 2006. Understanding Tides. NOAA.
- Mahatmawati, Anugrah Dewi., Mahfud Efendy., Aries Dwi Siswanto, 2009. Perbandingan Fluktuasi Muka Air Laut Rerata (MLR) Di Perairan Pantai utara Jawa Timur Dengan Perairan Pantai Selatan Jawa Timur. Jurnal Kelautan, Volume 2, No.1, ISSN : 1907-9931
- Aditya Dendy Pratama., Elis Indrayanti., Gentur Handoyo, 2015. Peramalan pasang surut di perairan pelabuhan kuala stabas, krui, lampung barat. Jurnal oseanografi. Vol 4, No 2, Hal 508 - 515
- Mahendra, W.A., Armono, H.D. Sambodho, K. 2013. Studi Analisa Ketahanan Masyarakat Pesisir Cilacap Terhadap Bencana Tsunami. Jurnal Teknik Pomits Vol. 2, No. 1, (2013) ISSN: 2337-3539
- Ongkosongo. 1989. Pasang Surut (Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (ed.)). Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Pariwono. 1989. Gaya penggerak Pasang Surut. P30 – LIPI. Jakarta.
- Pawlowicz, R., Bob, B., Steve L., 2002. Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE. Computers & Geosciences. 8: 929 - 937. [https://doi.org/10.1016/S0098-3004\(02\)00013-4](https://doi.org/10.1016/S0098-3004(02)00013-4)
- Pratama Aditya Dendy., Elis Indrayanti., Gentur Handoyo, 2015. Peramalan pasang surut di perairan pelabuhan kuala stabas, krui, lampung barat. Jurnal oseanografi. Vol 4, No 2, Hal 508 – 515
- Pugh D.T. 1987, Tides, surges and mean sea level. John Wiley and Sons, Chichester, England, 472 pp.
- Qhomariyah, Lailatul dan Yuwono. 2016. Analisa Hubungan antara Pasang Surut Air Laut dengan Sedimentasi yang Terbentuk (Studi Kasus : Dermaga Pelabuhan Petikemas Surabaya). Jurnal Teknik ITS Vol. 5, No. 1 : F1-F3, ISSN: 2337-3539
- Rahmawati, W., Handoyo, G., Rochaddi, B. 2015. Kajian Elevasi Muka Air Laut di Pantai Kartini Jepara. Jurnal Oseanografi, 4(2), 487-491.
- Rampengan, M.R. 2013. Amplitudo Konstanta Pasang Surut M2, S2, K1 dan O1 di Perairan Sekitar Kota

- Bitung Sulawesi Utara. Jurnal Ilmiah Platax, 1(3), 118-124.
- Siswanto, D.A. 2012. Studi Karakteristik Pasang Surut di Perairan Selat Madura Pasca Jembatan Suramadu. Seminar Nasional: Kedaulatan Pangan dan Energi
- Stewart, R. H. 2008. Introduction to Physical Oceanography. Department of Oceanography. Texas A & M University, (17):300 – 308
- Supangat. 2003. Pengantar Oseanografi. Pusat Riset wilayah laut dan sumberdaya nonhayati, Jakarta
- Pawlowicz, R., Bob, B., Steve L., 2002. Classical
- Supriyono., Widodo S Pranowo., Sofyan Rawi., Bambang Herunadi. 2015. Analisa Dan Perhitungan Prediksi Pasang Surut Menggunakan Metode Admiralty Dan Metode Least Square (Studi Kasus Perairan Tarakan Dan Balikpapan). Jurnal Chart Datum. VOL 1, NO 1 : 8-18, ISSN 2460 – 4623
- UKHO. 2001. Admiralty Tide Tables Indian Ocean and South China Sea (Including Tidal Stream Tables). 2001. United Kingdom Hydrographic Office. Vol.3
- Wicaksono, P.P., Handoyo, G., Atmodjo, W. 2016. Analisis Peramalan Pasang Surut dengan Menggunakan Metode Admiralty dan Autoagressive Intergrated Moving Average (ARIMA) di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pematang. Jurnal Oseanografi, 5(4), 489-495.
- Wijaya M.I dan Yanuar. 2019. Karateristik dan Peramalan Pasang Surut di Perairan Pagar Jaya, Lampung. Proceeding Simposium Nasional Kelautan dan Perikanan, (6)
- Wuaten, J., Tatontos, Y.V., Kumaseh, E.I. 2018. Analisis Kondisi Hidro Oseanografidi Perairan Teluk Tahuna Kabupaten Kepulauan Sangehe. Jurnal Ilmiah Tindalung, 4(2), 50 – 52
- Yuwono, Dedy Kurniawan, Nazib Faisal. 2016. ANALISIS KOMPONEN HARMONIK PENGAMATAN PASANG SURUT MENGGUNAKAN ALAT PENGAMAT PASANG SURUT BERBASIS SENSOR ULTRASONIK (Studi Kasus: Desa Ujung Alang, Kampung Laut, Cilacap). GEOID Vol.12 No.1 Agustus 2016 (48-51)Asian waters. NAGA report, volume 2, Scientific Results of Marine Investigations of the South China Sea and the Gulf of Thailand 1959-1961. La Jolla, California: The University of California, Scripps Institution of Oceanography.195pp
- Yuan, D., Li, X., Wang, Z., Li, Y., Wang, J., Yang, Y., & Storch, J.-S. von. (2018). Observed Transport Variations in the Maluku Channel of the Indonesian Seas Associated with Western Boundary Current Changes. Journal of Physical Oceanography, 48(8), 1803–1813. <https://doi.org/10.1175/JPOD-17-0120.1>.