

PERBANDINGAN METODE *ADMIRALTY* DAN *LEAST-SQUARE* UNTUK ANALISIS PASANG SURUT DI CILACAP

COMPARISON OF *ADMIRALTY* AND *LEAST-SQUARE* METHODS FOR TIDAL ANALYSIS IN CILACAP

Ulil Azmi¹, Adnan Dendy Mardika², Jamrud Aminudin¹, Chiquita Laila Mahfud¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

²Badan Meteorolo dan Geofisika, Cilacap, Indonesia

e-mail : ulilazmi992@gmail.com

Diterima tanggal: 19 Mei 2025; diterima setelah perbaikan: 23 Juni 2025 ; Disetujui tanggal: 01 Juli 2025

ABSTRAK

Perairan Cilacap berbatasan langsung dengan Samudera Hindia sehingga menjadi lokasi strategis untuk pelayaran nasional maupun internasional yang perlu diketahui karakteristik pasang surutnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik pasang surut di Perairan Cilacap menggunakan dua metode yaitu *Admiralty* dan *Least Square*. Data pasang surut yang digunakan berasal dari pengamatan BMKG Cilacap selama 29 hari pada Desember 2022. Penelitian ini menghitung konstanta harmonik, menentukan tipe pasang surut, dan menghitung elevasi muka air laut rencana. Hasil analisis menunjukkan bahwa konstanta harmonik M2 memberikan pengaruh terbesar terhadap pola pasang surut. Tipe pasang surut yang teridentifikasi adalah campuran condong harian ganda dengan nilai formzahl sebesar 0,405 (*Admiralty*) dan 0,394 (*Least Square*). Nilai elevasi muka air maksimum (HHWL) berdasarkan metode *Admiralty* sebesar 227 cm dan metode *Least Square* sebesar 218 cm, sedangkan nilai muka air minimum (LLWL) masing-masing sebesar -7,6 cm dan 1,4 cm. Secara keseluruhan, metode *Least Square* memberikan hasil yang lebih akurat dan detail dibandingkan metode *Admiralty*. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung berbagai aktivitas di wilayah pesisir, seperti navigasi pelayaran, pembangunan pelabuhan, dan mitigasi bencana pesisir.

Kata Kunci: *Admiralty*, *Least Square*, Pasang Surut, Cilacap.

ABSTRACT

The Cilacap coast borders the Indian Ocean, rendering it a strategic site for both international and national shipping that requires knowledge of tidal characteristics. This study aims to analyze the characteristics of tides in Cilacap Waters utilizing two methodologies: *Admiralty* and *Least Squares*. The tidal data utilized is derived from BMKG Cilacap observations over a span of 29 days in December 2022. The analysis conducted aims to compute the harmonic constant, identify the type of tides, and ascertain the projected sea level elevation. The results of the analysis show that the harmonic constant M2 has the greatest influence on the tidal pattern. The identified tidal type is a mixed double daily inclination with formzahl values of 0.405 (*Admiralty*)

and 0.394 (Least Square). The maximum water level elevation (HHWL) value based on the Admiralty method was 227 cm, and the least squares method was 218 cm, while the minimum water level (LLWL) values are -7.6 cm and 1.4 cm. Overall, the least squares method provides more accurate and detailed results than the Admiralty method. This research is expected to support various activities in coastal areas, such as navigation, harbor development, and mitigation.

Keywords: Admiralty, Least Square, Tidal, Cilacap.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan wilayah terbesarnya berupa perairan. Perairan Kepulauan Indonesia diapit oleh Samudera Hindia dan Samudera Pasifik dan dua benua yaitu Benua Asia dan Benua Australia (Listiyono *et al.*, 2022). Sebagai negara kepulauan, sebagian masyarakat Indonesia memanfaatkan wilayah pesisir untuk kegiatan aktivitas perekonomian (Donesia *et al.*, 2023). Wilayah pesisir di Indonesia menjadi sumber daya alam yang penting terhadap pembangunan Indonesia. Berdasarkan kondisi geografis Indonesia sebagai negara kepulauan maka perlu adanya survei hidrografi dalam memajukan pembangunan nasional terutama pada wilayah pesisir (Nengsih, 2020). Survei hidrografi yang bisa dilakukan adalah pengamatan pasang surut air laut.

Pengetahuan mengenai waktu, ketinggian, dan arus pasang surut sangat penting dilakukan karena diperlukan untuk berbagai hal seperti keperluan navigasi, pembangunan di pelabuhan dan wilayah pesisir, bangunan penahan gelombang, penangkapan ikan sebagai mata pencaharian dan kegiatan militer (Fitriana *et al.*, 2022). Pasang surut juga bisa merugikan akibat dari kurangnya pengetahuan hidrografi di wilayah pesisir. Beberapa kejadian akibat pasang surut yang merugikan diantaranya karamnya kapal besar ketika surut dan bencana banjir rob saat pasang (Novitasari *et al.*, 2018). Pasang surut memiliki peran yang aktif dalam proses ruang dan waktu yang ada di wilayah pesisir (Asyhar *et al.*, 2018).

Pasang surut merupakan naik turunnya permukaan air laut secara fluktuatif akibat dari interaksi benda-benda langit (Abdi, 2020). Gaya penyebab terjadinya pasang surut adalah gaya sentrifugal dan gaya gravitasi antara bumi, matahari, dan bulan (Muliati, 2020). Gaya sentrifugal merupakan gerakan menjauh dari pusat akibat rotasi bumi (Afika *et al.*, 2022). Gaya gravitasi bulan menjadi faktor pembangkit utama pasang surut (Khaq, 2020). Walaupun massa bulan lebih kecil dari massa matahari, tetapi akibat dari jarak antara bumi dan bulan lebih dekat maka pengaruh yang ditimbulkan dari gaya gravitasi bulan lebih besar (Fanani, 2021). Pasang surut menjadi parameter hidro-oseanografi yang mempengaruhi banyak sektor seperti perikanan, transportasi, organisme perairan dan profil wilayah pantai.

Salah satu daerah pesisir yang penting untuk diketahui karakteristik pasang surutnya adalah Perairan Cilacap. Perairan Cilacap berbatasan langsung dengan Samudera Hindia sehingga menjadi lokasi strategis untuk pelayaran internasional maupun nasional (Rohimah & Hermanto, 2023). Cilacap memiliki PLTU dan kilang Pertamina yang menggunakan lautan dalam proses pengangkutan batu bara dan BBM (Wahyudi, 2022). Perairan Cilacap juga menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat dan sebagai objek wisata. Dalam mendukung kegiatan penting yang dilakukan di Perairan Cilacap maka harus diketahui karakteristik pasang surutnya.

Pengetahuan tentang karakteristik pasang surut memiliki peranan penting,

sehingga penelitian ini difokuskan pada pemahaman mengenai konstanta harmonik pembangkit pasang surut, tipe pasang surut, serta elevasi muka air laut. Pemahaman ini sangat diperlukan untuk memprediksi tinggi muka air secara akurat, yang berfungsi mendukung perencanaan berbagai aktivitas seperti navigasi pelayaran, survei hidrografi, dan pembangunan dermaga. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari pengamatan pasang surut oleh BMKG Cilacap. Analisis konstanta harmonik dan tipe pasang surut dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu *Admiralty* dan *Least Square*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi pasang surut di Perairan Cilacap dan mendukung berbagai kegiatan masyarakat secara signifikan.

BAHAN DAN METODE

Data penelitian ini menggunakan data sekunder pasang surut yang berasal dari BMKG Cilacap selama 29 hari dari 3 sampai 31 Desember 2022. Data pasang surut tersebut dilakukan analisis konstanta harmoniknya menggunakan 2 metode yaitu *Admiralty* dan *Least Square*. Elevasi pasang surut air laut dipengaruhi oleh gaya gravitasi bumi dan bulan, serta gaya sentrifugal akibat rotasi bumi (Kurniawan & Mamoto, 2019). Tipe pasang surut ditentukan oleh berbagai faktor konstanta harmonik (Kurniawan *et al.*, 2019). Konstanta harmonik sendiri merupakan elemen pembentuk utama yang menyebabkan terjadinya fenomena pasang surut.

Pasang surut laut terjadi akibat kombinasi gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal sendiri merupakan gaya yang mendorong massa menjauh dari pusat rotasi (Arif *et al.*, 2019). Sementara itu, gaya gravitasi berbanding lurus dengan massa suatu benda dan berbanding terbalik dengan jaraknya (Chaidir & Tuharea, 2022). Konstanta harmonik pasut merupakan faktor-

faktor yang memicu terjadinya pasang surut. Konstanta ini terdiri dari dua parameter utama, yaitu amplitudo sejumlah komponen pasut serta keterlambatan fase antara pasang surut nyata dengan pasang surut setimbang (*equilibrium tide*) (Richasari *et al.*, 2019).

Konstanta harmonik pasang surut dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok utama. Pertama, konstanta harmonik dengan periode harian (*diurnal period tide*), yang berhubungan dengan pasang surut yang terjadi sekali dalam sehari. Kedua, konstanta harmonik dengan periode harian ganda (*semidiurnal period tide*), yang menggambarkan pasang surut yang terjadi dua kali dalam sehari. Ketiga, konstanta harmonik dengan periode panjang (*long period tide*), yang berkaitan dengan variasi pasang surut yang terjadi dalam siklus waktu yang lebih lama (Fanani, 2021).

Tipe pasang surut air laut ditentukan berdasarkan nilai bilangan *formzahl*. Bilangan *formzahl* diperoleh dengan membagi amplitudo konstanta harmonik utama dari pasang surut harian dengan amplitudo konstanta harmonik utama dari pasang surut harian ganda (Fabiola *et al.*, 2022).

$$F = \frac{AK_1 + AO_1}{AM_2 + AS_2} \dots\dots\dots 1)$$

AO₁ = Amplitudo konstanta harmonik pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AK₁ = Amplitudo konstanta harmonik pasang surut tunggal yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

AM₂ = Amplitudo konstanta harmonik pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

AS₂ = Amplitudo konstanta harmonik pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Bilangan *formzahl* memiliki rentang nilai tertentu yang digunakan untuk menentukan

tipe pasang surut air laut di suatu wilayah. Berdasarkan nilai *formzahl* (F) yang diperoleh, tipe pasang surut dapat diklasifikasikan sesuai dengan kriteria berikut.

- Pasang surut harian ganda ($F \leq 0,25$)
- Pasang surut campuran condong harian ganda ($0,25 < F \leq 1,5$)
- Pasang surut campuran condong harian tunggal ($1,5 < F \leq 3$)
- Pasang surut harian tunggal ($F > 3$) (Zakaria *et al.*, 2021).

Analisis pasang surut ini menggunakan 2 metode yaitu *Admiralty* dan *Least Square*. *Admiralty* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung konstanta harmonik pasang surut berdasarkan data pengamatan muka air laut setiap jam, yang dikumpulkan selama 15 piamtan (15 hari) atau 29 piamtan (30 hari) masa pengamatan (Lada, 2022). Metode *Admiralty* dalam penerapannya memerlukan beberapa skema dan tabel bantuan (Az Zahro & Zahrina W, 2024). Metode *Admiralty* dikembangkan oleh A.T. Doodson, yang merupakan Direktur Tidal Institute di Liverpool. Metode ini awalnya digunakan oleh kantor hidrografi Inggris, yaitu British *Admiralty*. A.T. Doodson mengembangkan metode ini untuk pengamatan dan pengolahan data pasang surut dengan menggunakan skema serta tabel perkalian sebagai alat bantu (Ichsari *et al.*, 2020).

Keuntungan lain dari metode ini adalah jumlah konstanta harmonik yang dihitung lebih sedikit, sehingga proses perhitungannya menjadi lebih sederhana dan lebih mudah dibandingkan dengan metode lainnya (Prayogo & Hanif, 2022). Metode *Admiralty* menghasilkan *output* berupa amplitudo (A) dan fase (g) dari setiap komponen pasang surut, serta elevasi sejumlah muka air penting. Komponen pasang surut yang diperoleh dari pengolahan metode ini mencakup sembilan komponen utama, yaitu M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, M4, dan MS4. Salah satu kelemahan dari metode *Admiralty* adalah penggunaannya

yang terbatas hanya untuk pengolahan data dengan jangka waktu pendek (Abdi, 2020). Selain itu, hasil perhitungan metode ini relatif terbatas karena hanya menghasilkan sembilan komponen pasang surut utama.

Metode *Least Square* adalah teknik perhitungan yang digunakan untuk menentukan persamaan tren dari data masa lalu, yang mencakup analisis deret waktu (Zhao *et al.*, 2019). Metode ini sering diterapkan untuk melakukan peramalan berdasarkan data historis, karena hasil peramalannya dianggap sangat teliti dan akurat (Arif *et al.*, 2019). Prinsip dasar perhitungan pasang surut dengan menggunakan metode *Least Square* adalah dengan meminimalkan persamaan elevasi pasang surut, sehingga diperoleh persamaan simultan (Okwuashi *et al.*, 2020). Persamaan simultan ini kemudian diselesaikan menggunakan metode numerik, yang akhirnya menghasilkan konstanta harmonik pasang surut.

Konstanta harmonik yang dapat dihitung dengan metode *Least Square* meliputi amplitudo dan fase dari masing-masing komponen, yang dihitung berdasarkan data pengamatan dalam periode waktu tertentu. Semakin banyak data yang digunakan, semakin banyak komponen pasang surut yang dapat diperoleh, dan hasilnya akan semakin akurat (Walangadi & Kumala, 2019). Menghitung pasang surut menggunakan metode *Least Square* dengan persamaan (2).

$$h(t) = S_o + \sum_{i=1}^n A_i \cos(\omega_i t - P_i) \quad 2$$

Dimana $h(t)$ merupakan elevasi pasang surut fungsi dari waktu, S_o merupakan mean sea level atau muka air rata-rata, A_i merupakan amplitudo komponen ke i . Nilai n merupakan jumlah komponen pasang surut, t merupakan waktu, dan nilai P_i merupakan fase komponen ke- i .

Selain itu, dengan diperolehnya beberapa konstanta harmonik dari hasil pengukuran, elevasi muka air rencana juga dapat dihitung (Korto *et al.*, 2015). Elevasi muka air rencana dapat ditentukan dengan menggunakan konstanta pasang surut yang telah dihitung. Elevasi muka air laut rencana merupakan parameter yang sangat penting dalam perencanaan pembangunan di pesisir (Supriyono *et al.*, 2022). Elevasi ini dihitung sebagai hasil penjumlahan dari beberapa parameter, di antaranya pasang surut, wave setup, wind setup, dan kenaikan muka air yang disebabkan oleh perubahan suhu global (Kurniawan *et al.*, 2023). Beberapa elevasi muka air rencana yang sering digunakan seperti MSL, HHWL, MHWL, MLWL, dan LLWL.

$$\begin{aligned} \text{HHWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1) \dots\dots\dots 3) \\ \text{MHWL} &= Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1) \dots\dots\dots 4) \\ \text{MLWL} &= Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1) \dots\dots\dots 5) \\ \text{LLWL} &= Z_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1) \dots\dots\dots 6) \end{aligned}$$

Elevasi yang sangat penting dalam perencanaan adalah muka air tinggi tertinggi dan muka air rendah terendah (Supriyadi *et al.*, 2019). Muka air tinggi tertinggi diperlukan untuk perencanaan pembangunan bangunan pantai, sedangkan muka air rendah terendah sangat penting untuk perencanaan pembangunan pelabuhan (Khairunnisa *et al.*,

2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis konstanta harmonik pasang surut selama 29 hari dari 3 Desember-31 Desember 2022 menggunakan dua metode, yaitu metode *Admiralty* dan *Least Square* menghasilkan 9 konstanta harmonik. Hasil perhitungan konstanta harmonik menggunakan 2 metode terdapat dalam Tabel 1.

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa komponen pasang surut utama seperti M_2 , S_2 , K_1 , dan O_1 memiliki amplitudo yang lebih besar dibandingkan komponen lainnya. Komponen M_2 , yang memiliki periode 12,42 jam, memberikan pengaruh terbesar terhadap pola pasang surut. Metode *Admiralty* menghitung amplitudo M_2 sebesar 50,18 cm, sedangkan metode *Least Square* menghasilkan amplitudo sebesar 46,83 cm. Konstanta harmonik M_2 disebabkan oleh posisi bulan sehingga mempengaruhi gaya gravitasi bulan. Konstanta harmonik yang memiliki pengaruh besar terhadap pasang surut selain M_2 adalah S_2 . Nilai amplitudo S_2 dari metode *Admiralty* sebesar 23,17 cm dan metode *Least Square* sebesar 23,81 cm yang disebabkan oleh posisi matahari sehingga mempengaruhi gaya gravitasi

Tabel 1. Perbedaan Nilai Konstanta Harmonik Metode *Admiralty* dan *Least Square*
Table 1. Comparison of Harmonic Constants Between *Admiralty* and *Least Square* Methods

Konstanta Harmonik	Periode (Jam)	Kecepatan Sudut (rad/Jam)	Admiralty		Least Square	
			Amplitudo (cm)	Fasa (der)	Amplitudo (cm)	Fasa (der)
SO			109,97	0	109,98	0
M2	12,42	0,505892537	50,18	212	46,83	131,05
S2	12	0,523598776	23,17	301	23,81	139,40
N2	12,66	0,496302157	9,47	163	9,08	132,74
K2	11,97	0,524911053	7,41	277	6,20	261,43
K1	23,93	0,262565203	17,87	232	16,70	129,33
O1	25,82	0,243345674	11,86	242	11,13	126,78
P1	24,07	0,261038027	7,15	333	3,81	251,37
M4	6,2	1,013416985	0,25	301	0,02	134,37
MS4	6,1	1,030030378	1,04	277	0,03	245,15

Sumber : Hasil Perhitungan

matahari. Perbedaan hasil ini disebabkan karena metode *Admiralty* menggunakan skema pendekatan berdasarkan tabel bantu, sedangkan *Least Square* menghitung dengan pendekatan numerik sehingga mampu meminimalkan kesalahan secara statistik. Selain itu, amplitudo dan fase dari komponen-komponen lainnya juga terlihat konsisten antara kedua metode, namun metode *Least Square* menunjukkan variasi yang lebih terperinci.

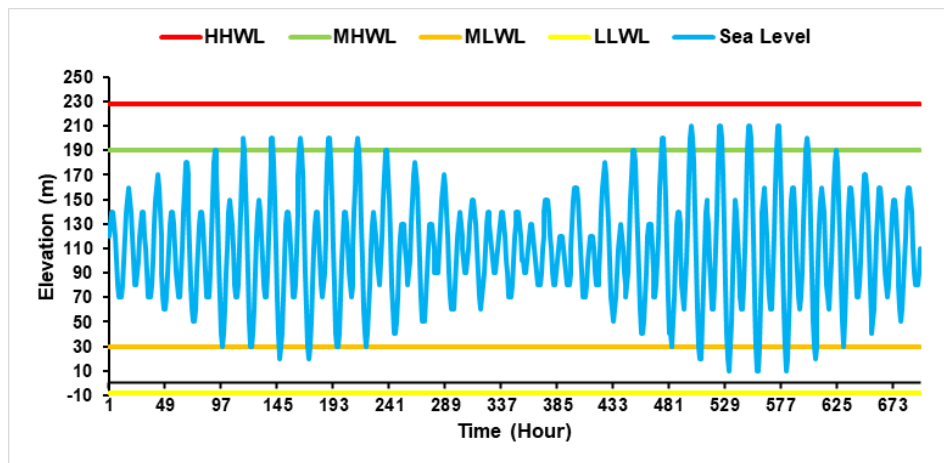
Konstanta harmonik dari penelitian ini dengan metode *Least Square* dan *Admiralty* sama sama menghasilkan 9 Konstanta Harmonik. Penelitian yang dilakukan oleh (Wicaksono *et al.*, 2024) juga menggunakan metode *Least Square* dengan T-tide diperoleh dari IOC-UNESCO *sea level station monitoring facility* menghasilkan 32 konstanta harmonik dengan 18 nilai konstanta yang signifikan ($2Q_1$, Q_1 , O_1 , NO_1 , P_1 , K_1 , J_1 , OO_1 , N_2 , M_2 , S_2 , K_2 , MO_3 , MK_3 , MN_4 , MS_4 , $2MS_6$, $2SM_6$) dan 14 nilai konstanta non signifikan (MSF , UPS_1 , ETA_2 , M_3 , SK_3 , M_4 , S_4 , $2MK_5$, $2SK_5$, $2MN_6$, M_6 , $3MK_7$, M_8 , M_{10}). Penelitian ini dari metode *Least Square* menghasilkan 9 konstanta harmonik dengan 7 konstanta signifikan (M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , O_1 , P_1 , dan K_1) dan 2 konstanta non signifikan (M_4 dan MS_4). Pada penelitian (Wicaksono *et al.*, 2024) tidak menghasilkan SO (muka air rata-rata) pada hasil perhitungan menggunakan *T-tide*, pada penelitian ini nilai SO sebesar 109,98 cm.

Penentuan tipe pasang surut air laut ditentukan dari besarnya bilangan *formzahl*. Bilangan *formzahl* merupakan bilangan yang didapatkan dari pembagian amplitudo konstanta harmonik harian utama ($K_1 + O_1$) dengan amplitudo konstanta harmonik pasang surut ganda utama ($M_2 + S_2$). Perhitungan nilai *formzahl* menggunakan persamaan (1). Dari hasil perhitungan, nilai F untuk metode *Admiralty* adalah 0,405 dan untuk metode *Least Square* sebesar 0,394. Menurut klasifikasi tipe pasang surut, nilai

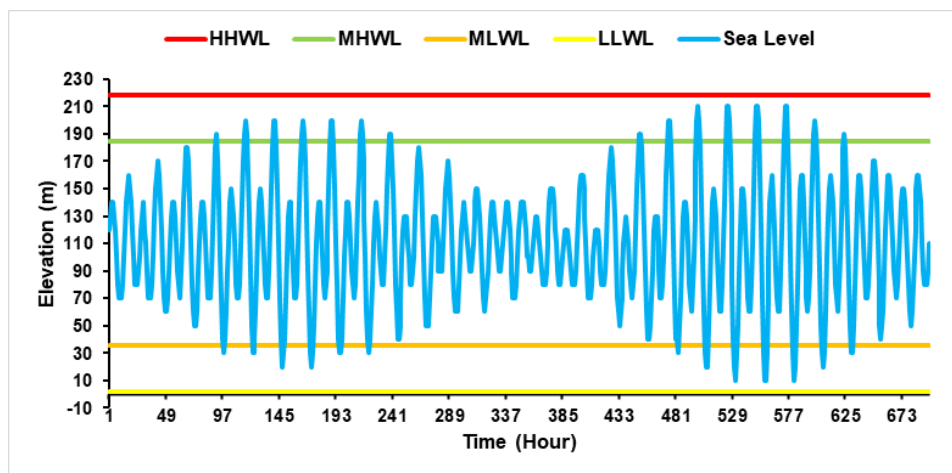
F yang berada pada rentang 0,25 hingga 1,5 menunjukkan bahwa pola pasang surut termasuk dalam tipe campuran condong ke semidiurnal. Artinya, dalam satu hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, dengan amplitudo pasang surut yang tidak selalu sama antara satu siklus dan siklus berikutnya. Hasil serupa juga ditemukan pada penelitian (Yuliardi *et al.*, 2023) menghasilkan tipe pasang surut campuran condong harian ganda di Pantai Cilacap dengan nilai Formzhal sebesar 0,53186. Penelitian (Dwikarsa & Prayogo, 2021) menghasilkan tipe pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai Formzhal 0,429 yang diolah menggunakan *software T-Tide*. Penelitian (Khairunnisa *et al.*, 2021) menggunakan metode *Least Square* dengan T-Tide di Pantai Cilacap menghasilkan nilai Formzhal sebesar 0,44913. Penelitian (Gultom *et al.*, 2022) di Cilacap menghasilkan nilai Formzhal sebesar 0,45 dengan metode *Least Square*.

Berdasarkan hasil pengolahan data elevasi pasang surut dapat ditentukan muka air rencana yang ditentukan berdasarkan konstanta harmonik. Perhitungan muka air rencana menggunakan persamaan 3, 4, 5, dan 6. Hasil perhitungan muka air rencana terdapat pada Gambar 1 untuk metode *Admiralty* dan Gambar 2 untuk metode *Least Square*.

Nilai HHWL merupakan ketinggian maksimum saat terjadinya pasang, berdasarkan metode *Admiralty* sebesar 227 cm dan metode *Least Square* sebesar 218 cm. Nilai MHWL merupakan rata-rata ketinggian air laut saat pasang, berdasarkan metode *Admiralty* sebesar 189 cm dan metode *Least Square* sebesar 184 cm. Nilai MLWL merupakan rata-rata ketinggian air laut saat terjadi surut di Pantai Cilacap, berdasarkan metode *Admiralty* sebesar 30 cm dan metode *Least Square* sebesar 35 cm. Nilai LLWL merupakan nilai ketinggian minimum saat terjadi surut di Pantai cilacap, berdasarkan metode *Admiralty* sebesar -7,6



Gambar 1. Grafik Muka Air Rencana Hasil Metode *Admiralty*.
 Figure 1. Planned Sea Level Elevation Graph Based on *Admiralty* Method.
 Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 2. Grafik Muka Air Rencana Hasil Metode *Least Square*.
 Figure 2. Planned Sea Level Elevation Graph Based on *Least Square* Method.
 Sumber : Hasil Perhitungan

cm dan metode *Least Square* sebesar 1,4 cm. Penelitian (Maulani *et al.*, 2012) yang dilakukan di Cilacap dengan metode *Admiralty* menghasilkan nilai HHWL (pasang tertinggi) sebesar 230 cm dan LLWL (pasang terendah) sebesar 5 cm. Penelitian oleh (Fathonah *et al.*, 2016) di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap dengan *Admiralty* menghasilkan nilai HHWL sebesar 210 cm, MHWL sebesar 177 cm, MSL sebesar 110 cm, MLWL sebesar 47 cm, dan LLWL sebesar 10 cm. Nilai muka air rencana sangat penting untuk keperluan praktis seperti perencanaan bangunan pesisir, pengelolaan pelabuhan, serta mitigasi terhadap risiko banjir pasang (rob). Dengan mengetahui nilai elevasi maksimum

dan minimum muka air laut, perencana dapat menentukan ketinggian konstruksi yang aman dan mengantisipasi kemungkinan terjadinya bencana alam. Akurasi dalam menentukan elevasi muka air sangat bergantung pada ketepatan dalam menghitung konstanta harmonik.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa metode *Least Square* lebih unggul dalam analisis data pasang surut dibandingkan metode *Admiralty*, terutama dari segi akurasi dan kedetailan hasil. Namun, metode *Admiralty* tetap memiliki keunggulan dari segi kecepatan perhitungan pada data berjangka waktu pendek. Namun, metode

Admiralty memiliki keterbatasan dalam pengolahan data dengan maksimal 29 hari, sedangkan metode *Least Square* tidak ada batasan maksimal data atau bisa dikatakan semakin banyak data maka semakin akurat. Dengan memahami perbedaan karakteristik kedua metode ini, pengguna dapat memilih metode yang paling sesuai dengan tujuan analisis dan kondisi data yang tersedia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Konstanta Harmonik dari hasil perhitungan metode *Least Square* dan *Admiralty* sama sama menghasilkan menghasilkan 9 konstanta harmonik dengan 7 konstanta signifikan (M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , O_1 , P_1 , dan K_1) dan 2 konstanta non signifikan (M_4 dan MS_4). Tipe pasang surut di Perairan Cilacap adalah pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai bilangan Formzhal dari metode *Admiralty* sebesar 0,405 dan metode *Least Square* sebesar 0,394. Konstanta harmonik pasang surut yang paling berpengaruh adalah M_2 dengan amplitudo hasil metode *Admiralty* sebesar 50,18 cm dan metode *Least Square* sebesar 46,83 cm. Nilai muka air rencana dengan ketinggian maksimum pasang hasil dari perhitungan dengan metode *Admiralty* sebesar 227 cm dan metode *Least Square* sebesar 218 cm. Sedangkan, nilai muka air rencana dengan ketinggian minimum saat surut hasil perhitungan dengan metode *Admiralty* sebesar -7,6 cm dan metode *Least Square* sebesar 1,4 cm.

Berdasarkan hasil dari kedua metode, metode *Least Square* lebih baik dari metode *Admiralty* karena *Least Square* mampu mengolah data pasang surut yang banyak dan tidak ada batas. Sedangkan, metode *Admiralty* maksimal data yang bisa diolah yaitu sebanyak 29 hari saja. Saran untuk pengembangan penelitian yaitu data pasang surut lebih diperbanyak (1000 jam) sehingga meningkatkan ketelitian penentuan konstanta harmoniknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis mengucapkan kepada pegawai Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) Stasiun Meteorologi Maritim Cilacap atas penyediaan data pasang surut dan membimbing sehingga sangat membantu kelancaran penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, R. Y. (2020). Analisa Pasang Surut Dengan Metode *Admiralty* Dan *Least Square* Terhadap Dermaga Tanjung Keramat Sangkulirang. *Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Sipil*, 11(2), 1–9.
- Afika, F., Jannah, N., & Aryati, D. (2022). Implikasi Gaya Sentripetal Terhadap Sentrifugal Dalam Perspektif Al Quran Sebagai Titik Balik Keimanan. *PROSIDING Seminar Nasional Pendidikan Fisika FITK UNSIQ*, 3(1), 43–53.
- Arif, M., Hendri, A., & Suprayogi, I. (2019). Analisis Pasang Surut Di Pantai Dumai Menggunakan Metode *Least Square* 15 Piantan. *Jom FTEKNIK*, 6(1).
- Asyhar, A. H., Febrianti, F., & Fajriyah, N. R. (2018). Analisis Model Exponential Smoothing Terhadap Prediksi Pasang Surut Air Laut di Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Sains Matematika dan Statistika*, 4(1), 9–15.
- Az Zahro, A., & Zahrina W, N. (2024). Analisis Tipe Pasang Surut untuk Penentuan Elevasi Muka Air Laut di Perairan Semarang menggunakan Metode *Admiralty*: Tidal Type Analysis for Sea Surface Height Determination in Semarang Waters using *Admiralty* Method. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 6(1), 7–14. <https://doi.org/10.62703/jhi.v6i1.55>

- Chaidir, F. A., & Tuharea, N. D. (2022). Analisa Perbandingan Data Pasang Surut Dengan Metode Koefisien Korelasi Dan Rmse Antara Data loc-Sealevelmonitoring Dan Data Program Naotid. *SENSISTEK:Riset Sains Dan Teknologi Kelautan*, November, 36.
- Donesia, E. A., Widodo, P., Saragih, H. J. R., Suwarno, P., & Widodo. (2023). Konsep Blue Economy Dalam Pengembangan Wilayah Pesisir dan Wisata Bahari di Indonesia. *Jurnal Kewarganegaraan*, 7(2), 1950–1959.
- Dwikarsa, Y., & Prayogo, L. M. (2021). Simulasi Penentuan Permukaan Air Laut Terendah Pada Perencanaan Pelabuhan Menggunakan Software T_{Tide}. *Juvenil:Jurnal Ilmiah Kelautan Dan Perikanan*, 2(3), 220–225. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v2i3.10972>
- Fabiola, N., Muhammad, R., Jasin, I., & Tawas, H. J. (2022). Analisis Pasang Surut Di Pantai Mahembang Kecamatan Kakas Kabupaten Minahasa Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 10(1), 63–68.
- Fanani, M. M. (2021). Pengairan pasang surut. Laporan Penelitian. Banjarmasin : Fakultas Teknik Universitas Islam Kalimantan Muhammad Arsyad Al Banjari.
- Fathonah, J. A., S, A. A. D., & Program, D. H. I. (2016). Tinggi Muka Air Rencana Guna Renovasi Breakwater di Pelabuhan Perikanan Samudera Cilacap (PPSC). *Jurnal Oseanografi*, 5, 105–114.
- Fitriana, D., Patria, M. P., & Kusratmoko, E. (2022). Karakteristik Pasang Surut Surabaya Diamati Selama 5 Tahun (2015-2020). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.22146/jgise.72856>
- 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>
- Ichsari, L. F., Handoyo, G., Setiyono, H., Ismanto, A., Marwoto, J., Yusuf, M., & Rifai, A. (2020). Studi Komparasi Hasil Pengolahan Pasang Surut Dengan 3 Metode (*Admiralty*, *Least Square* Dan *Fast Fourier Transform*) Di Pelabuhan Malahayati, Banda Aceh. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(2), 121–128.
- Khairunnisa, K., Apdillah, D., & Putra, R. D. (2021). Karakteristik Pasang Surut Di Perairan Pulau Bintan Bagian Timur Menggunakan Metode *Admiralty*. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 14(1), 58–69. <https://doi.org/10.21107/jk.v14i1.9928>
- Khaq, M. R. A. (2020). *Analisis Pasang Surut Air Laut Terhadap Resiko Kerusakan Gangway Pada MV. Geopark Venus*. Tesis. Semarang : Program Studi Nautika Diploma IV Politeknik Ilmu Pelayaran.
- 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.
- Kurniawan, A. P., & Mamoto, M. I. J. J. D. (2019). Analisis Data Pasang Surut di Pantai Sindulang Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 7(5), 567–574.
- Kurniawan, M. A., Azhari, F., Handoko, D., & Pranowo, W. S. (2023). Studi Komparasi Pengolahan Data Pasang Surut di Perairan Sebatik Kalimantan Utara Menggunakan Metode *Least Square*

- dan Metode *Admiralty*. *Jurnal Chart Datum*, 9(1).
- Lada, A. (2022). *Analisis Karakteristik Pasang Surut Air Laut menggunakan Metode Admiralty dn Hubungannya Dengan Sedimentasi Di Dermaga Pelabuhan Bolok Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur*. Tesis. Kupang : Progrm Studi Fisika Universitas Nus Cendana.
- Listiyono, Y., Prakoso, L. Y., Sianturi, D., Laut, S. P., Pertahanan, F. S., Pertahanan, U., Laut, S.P., & Education, J. (2022). Strategi Pertahanan Laut Dalam Pengamanan Alur Laut Kepulauan Indonesia Untuk Mewujudkan Keamanan Maritim dan Mempertahankan Kedaulatan Indonesia. *Jurnal Education and Development*, 10(2), 321.
- Maulani, E., Handoyo, G., & Helmi, M. (2012). Kajian Potensi Energi Pasang Surut Di Perairan Kabupaten Cilacap Propinsi Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, 1(1), 78–86.
- Muliati, Y. (2020). *Rekayasa pantai*. Bandung :Itenas. ISBN: 978-623-7525-29-5.
- Nengsih, N. S. (2020). Penerapan Indikator Pembangunan Berkelanjutan Di Daerah Pesisir Dalam Keanekaragaman Hayati Laut Untuk Mensejahterakan Masyarakat. *Jisipol (Jurnal Stisipol) Raja Haji Tanjungpinang*, 1(FEBRUARI), 151–162.
- Novitasari, D. C. R., Febrianti, F., & Setiawan, F. (2018). Analisis Kecepatan Angin pada Pasang Surut Air Laut dengan Menggunakan Algoritma Forward-Backward dalam Hidden Markov Model di Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya. *Jurnal Sains Matematika Dan Statistika*, 4(1), 26–35.
- Okwuashi, O., Ndehedehe, C., & Attai, H. (2020). Tide modeling using partial *Least Squares* regression. *Ocean Dynamics*, 70(8), 1089–1101. <https://doi.org/10.1007/s10236-020-01385-1>
- P. Kurniawan, Ag., Jasin, M. I., & J. D. Mamoto. (2019). Analisis Data Pasang Surut di Pantai Sindulang Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 7(5), 567–574.
- Prayogo, L. M., & Hanif, M. (2022). Investigation of the Tidal Character in Bawean Island East Java Using *Admiralty* Method. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan*, 27(1), 1. <https://doi.org/10.31258/jpk.27.1.1-5>
- Richasari, D. S., Rohmawati, C. N., & Fitriana, D. (2019). Analisis Perbandingan Konstanta Harmonik Pasang Surut Air Laut Menggunakan Software GeoTide dan Toga (Studi Kasus : Stasiun Pasang Surut Surabaya , Jawa Timur , Indonesia). *Seminal Nasional SPI-4*, 4, 1–8. <https://doi.org/10.21063/SPI4.2019.t>
- Rohimah, & Hermanto, F. (2023). Kearifan lokal berbasis mitigasi bencana pada masyarakat pesisir Kecamatan Adipala Kabupaten Cilacap. *Jurnal Pembelajaran IPS*, 5(1), 26–33.
- Supriyadi, E., Siswanto, & Pranowo, W. s. (2019). Analisis Pasang Surut di Perairan Pameungpeuk, Belitung, dan Sarmi Berdasarkan Metode *Admiralty*. *JURNAL METEOROLOGI DAN GEOFISIKA*, 19(1), 29–38.
- 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>

- Wahyudi, R. S. (2022). Kewajiban Pemerintah Daerah dan Badan Usaha dalam Penanggulangan dan Pemulihan Kerusakan Lingkungan Hidup Kabupaten Cilacap. *Morality : Jurnal Ilmu Hukum*, 8(2).
- Walangadi, R. A., & Surya Kumala, I. (2019). Prediksi Penjualan Motor Dengan Menggunakan Metode *Least Square*. *Jurnal Nasional CosPhi*, 3(2), 42–45.
- Wicaksono, K. R., S. Pranowo, W., & Triatmojo, Y. P. (2024). Karakteristik Pasang Surut di Wilayah Perairan Cilacap Berdasarkan Metode Analisis *Least Square*. *JURNAL HIDROPILAR*, 10(2), 65–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.37875/hidropilar.v10i2.361>
- Yuliardi, A. Y., Prayogo, L. M., & Spanton, P. I. (2023). Analisis Komponen Harmonik dan Elevasi Pasang Surut pada Alur Pelayaran Perairan Cilacap. *Jurnal Miyang: Ronggolawe Fisheries and Marine Science Journal*, 3(1), 41–46.
- Zakaria, A., Purna, B. I. M. C., & Mariyanto. (2021). Analisis Perbandingan Data Pasang Surut Hasil Peramalan dengan Data Pasang Surut Terukur (Studi Kasus Stasiun Pasut Meneng). *Rekayasa Sipil Dan Desain*, 9(2), 353–364.
- Zhao, J., Yanguo, F., & and Mu, Y. (2019). Sea Level Prediction in the Yellow Sea From Satellite Altimetry With a Combined Least Squares-Neural Network Approach. *Marine Geodesy*, 42(4), 344–366. <https://doi.org/10.1080/01490419.2019.1626306>

