

ANALISIS KARAKTERISTIK PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE ADMIRALTY DI TANJUNG LESUNG PROVINSI BANTEN

Mizha Nur Fitria¹, Ahmad Zakaria², Romi Fadly³, Citra Dewi⁴

Universitas Lampung; Jl. Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145,

Telepon (0724) 704947 Faxsimile (0721) 704947

Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT – UNILA

mizhanurfitria@email.com

(Diterima 09 Agustus 2023 , Disetujui 27 Desember 2023)

Abstrak

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang rentan mengalami perubahan fisik diakibatkan kegiatan masyarakat dan proses oseanografi. Selain itu, kondisi fisik laut memiliki gelombang pasang surut yang berbeda – beda pada setiap periode. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan informasi terkait karakteristik pasang surut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pasang surut air laut meliputi komponen pasang surut, tipe pasang surut dan datum elevasi muka air laut di Tanjung Lesung Provinsi Banten. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif komperatif terhadap time series data oseanografi. Analisis data pasang surut menggunakan metode admiralty untuk menentukan komponen harmonik pasang surut yaitu S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_2 , P_2 dan perhitungan bilangan *formzahl* untuk menentukan tipe pasang surut, menggunakan software MCR (matlab compiler runtime) untuk menentukan datum elevasi muka air laut dan pengujian data menggunakan RMSE (root mean square error). Data yang digunakan yaitu data pengamatan pasang surut di Tanjung Lesung pada tahun 2008 – 2012 yang diperoleh dari instansi resmi milik Universitas Hawaii. Hasil penelitian menyatakan bahwa wilayah pantai Tanjung Lesung memiliki tipe pasang surut campuran ganda (*mixed tide prevelailing semidiurnal tide*). Elevasi muka air tertinggi (HHWL) sebesar 433 cm dan elevasi muka air terendah (LLWL) sebesar 133 cm dengan level muka air rata – rata (MSL) sebesar 283 cm. Karakteristik pasang surut air laut dapat digunakan untuk pengelolaan wilayah pesisir dan sebagai gambaran kondisi pantai Tanjung Lesung pada masa mendatang.

Kata kunci: Admiralty, Karakteristik pasang surut, Tanjung Lesung.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang dan Masalah

Permukaan air laut yang berdekatan dengan pantai tidak pernah memiliki nilai ketinggian tetapi bergerak naik dan turun dalam siklus yang berbeda. Hal ini disebabkan pengaruh tarikan gravitasi benda langit, khususnya tarikan gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi. Meskipun massa matahari jauh lebih besar dari massa bulan (Pranowo dan Supriyadi, 2019). Fenomena kenaikan muka air laut akibat peningkatan volume air laut yang menyebabkan perubahan elevasi muka air laut dapat dikatakan sebagai fenomena alam yang terjadi secara periodik atau terus menerus. Perubahan periodik dapat diamati dari fenomena pasang surut (Kresteva, 2020).

Pantai adalah batas antara daratan dan lautan, dimana daratan adalah daerah di atas dan di bawah permukaan tanah dari batas pasang surut tertinggi (Jonathan, 2023).

Wilayah pesisir merupakan wilayah yang rentan mengalami perubahan fisik diakibatkan kegiatan masyarakat dan proses oseanografi. Dalam penelitian ini menggunakan data pengamatan pasang surut selama 5 tahun di Tanjung Lesung dengan pengolahan data menggunakan metode *admiralty* dan matlab yang menghasilkan nilai karakteristik pasang surut.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tujuan, yakni sebagai berikut :

1. Mengetahui nilai komponen harmonik dari data pengamatan pasang surut selama 5 tahun (2008 - 2012) di Tanjung Lesung.
2. Mengetahui bilangan *formzahl* untuk menentukan nilai tipe pasang surut selama 5 tahun (2008 - 2012) di Tanjung Lesung.

3. Mengetahui nilai datum elevasi muka air laut selama 5 tahun (2008 - 2012) di Tanjung Lesung.

1.3. Kerangka Pemikiran

Berdasarkan Gaya gravitasi antara bulan dan matahari mempengaruhi massa air laut dan akan menimbulkan gelombang laut yang menyebabkan terjadinya perubahan pasang surut air laut. Pasang surut dapat mengubah kedalaman air dan menyebabkan pusaran yang dikenal sebagai gelombang pasang bukan hanya memengaruhi lapisan pada bagian teratas saja, tetapi semua massa air dan energinya pun besar. Pada perairan-perairan, terutama pada teluk-teluk atau pada selat - selat sempit, gerakan naik turun atau variasi muka air laut menimbulkan gelombang pasang surut, kemudian menyangkut massa air pada jumlah sangat besar yang arahnya kurang lebih membolak-balik. Untuk mengetahui nilai komponen harmonik pasang surut menggunakan metode *admiralty*, untuk mengetahui tipe pasang surut maka diperlukan perhitungan bilangan *formzahl* dan untuk mengetahui nilai - nilai datum elevasi muka air laut menggunakan program *MCR (matlab compiler runtime)*. Dari hasil analisis tersebut menghasilkan nilai datum elevasi muka air laut tertinggi dan terendah. Karakteristik pasang surut air laut berguna untuk perencanaan dan pengembangan pembangunan wilayah perairan yang optimal dan berkelanjutan untuk aktivitas pelayaran, pelabuhan, transportasi kelautan, perikanan maupun navigasi juga dapat mengantisipasi ancaman gelombang pasang naik dan waktu yang tepat bagi para nahkoda atau nelayan setempat yang ingin berlayar dan mengetahui kapan saja perkiraan waktu pasang surut di Tanjung Lesung, Provinsi Banten.

1.4. Hipotesis

Kabupaten Penentuan karakteristik pasang surut dipengaruhi oleh lokasi, gaya gravitasi, gaya tarik menarik benda - benda astronomi oleh matahari, bumi, dan bulan yang mempunyai nilai periode setiap waktunya terhadap massa air di bumi. Penelitian ini akan menganalisis konsistensi karakteristik pasang surut di Tanjung Lesung dalam 5 tahun (2008 - 2012) apakah terjadi perubahan terhadap komponen pasang surut,

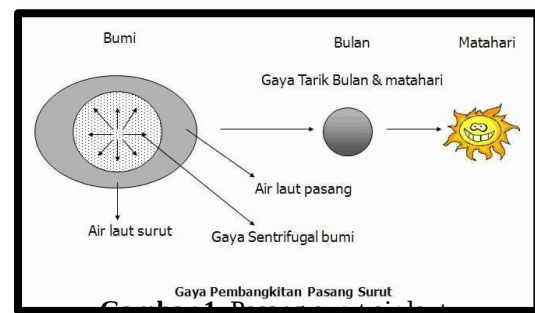
tipe pasang surut dan datum elevasi muka air laut di Tanjung Lesung.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut yang disebabkan gaya tarik menarik benda - benda langit yaitu matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi jaraknya terhadap bumi lebih dekat yang mengakibatkan gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar daripada gaya tarik matahari terhadap bumi (Kurniawan & Mamoto 2019; Wicaksono 2016; Zakaria, 2015)

Gaya pasang surut adalah hasil dari gaya sentrifugal dan gravitasi benda ruang angkasa seperti bulan dan matahari. Gaya sentrifugal dihasilkan oleh rotasi bulan mengelilingi bumi yang bergerak menjauhi bulan dan setiap titik di permukaan bumi berukuran sama sedangkan gravitasi bulan akan dipengaruhi oleh jarak antara suatu titik di permukaan bumi dengan bulan. Jarak semakin dekat ke suatu titik di permukaan bumi, semakin besar tarikan gravitasi bulan. Gabungan gaya dari kedua gaya ini akan menciptakan gaya pasang surut yang akan menghasilkan pasang surut di laut. Periode pasang surut adalah 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit. Berikut merupakan fenomena terjadinya pasang surut air laut :



Gambar 1. Pasang surut air laut.
(Sumber: Wijaya & Yanuar, 2021)

2.2. Komponen Pasang Surut

Komponen pasang surut adalah Komponen pasang surut air laut yaitu dua konstanta amplitudo dan perbedaan fase. Komponen utamanya adalah tengah harian dan beda fase. Amplitudo komponen harmonik pasut di perairan merupakan faktor

pembangkit tenaga pasut yaitu yaitu M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , K_2 , O_1 , P_1 , Q_1 , M_f , M_m , S_{sa} , M_4 dan MS_4 . Pergerakan pasut terjadi dalam bentuk gelombang akibat topografi dasar dan garis pantai di suatu wilayah perairan. Dalam jangka panjang, kombinasi pasang surut dapat terjadi, kemungkinan kombinasi frekuensi. Hal ini menyebabkan variasi dalam komposisi pasang surut (F Lang, 2019)

2.3. Tipe Pasang Surut

Tipe pasang surut ditentukan oleh frekuensi antara air pasang dengan air surut setiap hari dikarenakan terdapat perbedaan pada masing-masing gaya pembangkit pasang surut di suatu lokasi. Secara kuantitatif, tipe pasang surut di suatu perairan dapat ditentukan dengan membandingkan amplitudo faktor pasang surut tunggal utama dan faktor pasang surut ganda utama dengan menggunakan bilangan *formzahl* (Suhaemi, 2018)

Tipe-tipe pasang surut adalah sebagai berikut :

1. Pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*) yaitu pada sehari terdapat satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut rerata yaitu 24 jam 50 menit.
2. Pasang surut harian ganda (*semi diurnal tide*) yaitu pada sehari terdapat dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama datang secara teratur dan berurutan. Periode pasang surut yaitu 12 jam 24 menit.
3. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide prevailing diurnal*) yaitu pada tipe ini dalam sehari terjadi hanya satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang hanya sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan periode dan tinggi yang sangat berbeda. Sedangkan jenis campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*).
4. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevailing semidiurnal*) yaitu pada sehari terdapat dua kali air pasang dan dua kali air surut, akan tetapi periode dan tingginya berbeda. Pada pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide, prevailing semidiurnal*) (Chen, 2022; Korto, 2015)

2.4. Datum Elevasi Muka Air Laut

Datum elevasi muka air laut adalah kombinasi dari berbagai faktor, termasuk pasang surut, kenaikan permukaan laut, angin dan pengaturan gelombang. Merancang daerah perairan bisa menjadi sulit jika ketinggian permukaan air tidak diperhitungkan. Datum elevasi muka air laut tertinggi berguna untuk perencanaan pantai, kemudian datum elevasi muka air laut terendah berguna untuk perencanaan pembangunan pelabuhan. Datum elevasi muka air dapat berubah-ubah setiap waktu (Sasongko, 2014). Berikut ini adalah rumus perhitungan datum elevasi muka air laut sebagai berikut:

Tabel 1. Rumus datum elevasi muka air laut
(Sumber: Istiarto, 2015) (1)

Datum Muka Air Laut	Rumus Komponen Pasang Surut
MHWL	$S_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$
MHWS	$S_0 + (M_2 + S_2)$ atau $S_0 + (K_1 + O_1)$
HHWL	$S_0 + (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$
MSL	S_0
MLWL	$S_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$
MLWS	$S_0 - (M_2 + S_2)$ atau $S_0 - (K_1 + O_1)$
LLWL	$S_0 - (M_2 + S_2 + K_2 + K_1 + O_1 + P_1)$
LAT	$S_0 - (\text{jumlah unsur-unsur pasang surut})$

Tabel 2. Datum elevasi muka air laut
(Sumber: Istiarto, 2015)

No	Datum elevasi Muka Air	Keterangan
1.	MHWL (Mean High Water Level)	Nilai rerata muka air laut tinggi dalam periode 18,6 tahun.
2.	MHWS (Mean High Water Spring)	Nilai rerata muka air laut tinggi ketika pasang surut purnama.
3.	HHWL (Higher High Water Level)	Muka air laut tertinggi ketika pasang surut purnama atau bulan mati.
4.	MSL	Nilai rerata MHWL dan MLWL.

	(Mean Sea Level)	
5.	MLWL (Mean Low Water Level)	Nilai rerata muka air laut rendah dalam periode 18,6 tahun.
6.	MLWS (Mean Low Water Spring)	Nilai rerata muka air laut terendah ketika pasang surut purnama.
7.	LLWL (Lower Low Water Level)	Muka air laut terendah ketika pasang surut.
8.	LAT (Lowest Astronomical Tide)	Muka air laut terendah.

2.5. Bilangan *Formzahl*

Bilangan *formzahl* adalah pembagian antara amplitudo konstanta pasang surut harian utama dengan amplitudo konstanta pasang surut ganda utama. Hasil perhitungan bilangan *formzahl* ini akan diketahui tipe pasang surut pada suatu perairan. Rumus bilangan *formzahl* untuk menentukan tipe pasang surut sebagai berikut :

$$F = (O_1 + K_1) / (M_2 + S_2) \quad (2)$$

Keterangan =

F = Bilangan *formzahl*.

O₁ = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama disebabkan gaya bulan.

K₁ = Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama disebabkan gaya matahari.

M₂ = Amplitudo komponen pasang surut ganda utama disebabkan gaya bulan.

S₂ = Amplitudo komponen pasang surut ganda utama disebabkan gaya matahari. (Fitriana, 2022; Jasin dan Jansen, 2019)

2.6. MCR (Matlab Compiler Runtime)

MCR (*matlab compiler runtime*) adalah program yang mengolah data pengamatan pasang surut untuk menentukan nilai datum elevasi muka air laut selang waktu satu jam pada umumnya menggunakan data 15 hari

atau 30 hari. MCR (*matlab compiler runtime*) dapat di instalasi kemudian program *matlab* pasang surut Universitas Gajah Mada dapat dijalankan. Hasil akhir berupa data perhitungan konstanta datum elevasi muka air

laut dan hasil prediksi selang waktu satu jam selama 19 tahun. Data yang dihasilkan berupa HHWL, MHWS, MHWL, MSL, MLWL, MLWS dan LLWL berbentuk data angka dan data grafik datum elevasi muka air laut.

2.7. Metode *Admiralty*

Metode *admiralty* adalah suatu metode untuk menghitung konstanta pasut harmonik berdasarkan data yang digunakan yaitu data pengamatan muka air laut 29 hari (Fitriana, 2019; Prayogo, 2021). Metode ini digunakan untuk menentukan muka air laut rata-rata (MLR) harian, bulanan, tahunan atau lainnya. Metode perhitungan pasang surut yang digunakan untuk menghitung dua konstanta harmonik, amplitudo dan beda fase. Proses perhitungan metode *admiralty* dilakukan dengan bantuan tabel dan skema, dimana untuk waktu pengamatan yang tidak terdaftar harus dilakukan pendekatan dan interpolasi dengan bantuan tabel. Analisis harmonik dan proses perhitungan metode *admiralty* dihitung dengan bantuan tabel dan skema yang dioperasikan oleh perangkat lunak *Microsoft Office Excel*. Perhitungan menggunakan *admiralty* memberikan konstanta harmonik yaitu M₂, S₂, N₂, K₁, K₂, O₁, P₁, Q₁, M_f, M_m, S_{sa}, M₄ dan MS₄. Metode *admiralty* mempunyai kelebihan dalam hasil penentuan nilai bilangan *formzahl* yang lebih mendekati atau berkesesuaian terhadap nilai referensi dan mempunyai efisiensi keakuratan tinggi yang fleksibel untuk waktu kapan saja (Khairunnisa, 2021)

2.8 RMSE (Root Mean Square Error)

Root Mean Squared Error (RMSE) adalah cara untuk penilaian suatu model regresi linear melalui pengukuran tingkat akurasi hasil prediksi suatu model. Nilai RMSE yaitu standar deviasi dari suatu residual. Nilai RMSE dari suatu model yang paling rendah menunjukkan model yang lebih baik dari model lainnya. Rumus perhitungan RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Y - \hat{Y})^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan:

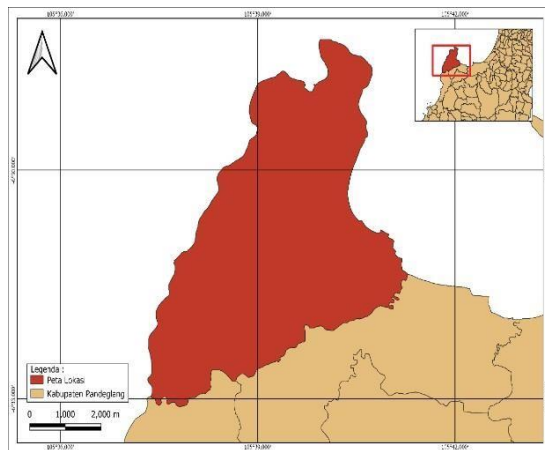
X = Nilai ramalan pasang surut

Y = Nilai *observasi* pasang surut
 n = jumlah data (Alam dan Indrayanti, 2023; Fawaiz S, 2017; Ulha Fadika, Aziz Rifai, 2014)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Pelaksanaan penelitian ini berlokasi di Kawasan Tanjung Lesung, Desa Tanjung Jaya, Kecamatan Panimbang, Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten terletak pada $105^{\circ} 39'20''$ BT dan $06^{\circ} 28'43''$ LS. Semenanjung menghadap Provinsi Lampung, berbatasan dengan Teluk Lada juga berhadapan dengan Selat Sunda serta Gunung Krakatau.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop
2. *Microsoft Excel*
3. *Software Admiralty*
4. *Software MCR (Matlab Compiler Runtime)*
5. *Software QGIS 3.14.0*

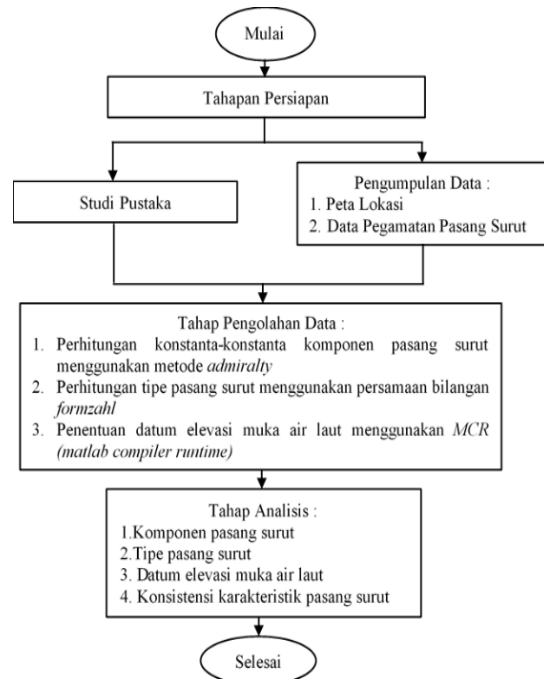
Penelitian ini menggunakan data sekunder, data penelitian yang digunakan terdapat pada tabel 1 :

Tabel 3. Data Penelitian

No	Nama Data
1.	Data Pengamatan Pasang Surut Tanjung Lesung 2008 – 2012
2.	Peta Shp Kab. Pandeglang

3.3. Tahap Pengolahan Data

Pada pengolahan data penelitian ini akan dilakukan pada beberapa proses tahapannya, yang akan dijelaskan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Komponen Pasang Surut di Tanjung Lesung

Komponen harmonik pasang surut terdiri dari amplitudo dan beda fase yang diperoleh dari data pengamatan pasang surut menggunakan metode *admiralty* di Tanjung Lesung 29 piamtan pada bulan Januari, Mei dan Desember kurun waktu 5 tahun (2008 - 2012). Gaya tarik matahari dan bulan sangat berpengaruh sebagai gaya pembangkit kekuatan pasang surut. Topografi dasar perairan dan pergerakan gelombang yang memberikan pengaruh besar terhadap perbedaan besaran komponen pasang surut di perairan Tanjung Lesung. Nilai konstanta – konstanta pasang surut sangat penting untuk perencanaan suatu struktur bangunan pantai. Komponen harmonik pasang surut terdapat 9 komponen S_0 , M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 , M_4 , MS_4 , K_2 dan P_2 sebagai berikut :

Tabel 4. Komponen harmonik pasang surut bulan Januari (2008 - 2012)

Tahun	Komponen Pasang Surut Januari (cm)									
	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
2008	319	33,3	0,9	4,5	41,8	23,7	2,5	0,1	0,3	13,8
2009	326	32,1	-0,6	4,9	9,8	9,4	0,7	0	-0,2	3,2
2010	321	31,1	0,3	6	14,9	7,7	0,3	0	0,1	4,9
2011	318	30,5	-0,2	6,2	14,9	22,4	1,6	0	-0,1	4,9
2012	221	17,9	0,2	14,6	33,8	25,4	3,4	0,2	0,1	11,1

Tabel 5. Komponen harmonik pasang surut bulan Mei (2008 - 2012)

Tahun	Komponen Pasang Surut Mei (cm)									
	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
2008	323	31,5	-0,6	9,1	13,2	9,5	0,5	0	-0,2	4,4
2009	319	29,6	0,4	4,7	33,5	16,3	2,9	0	0,1	11,1
2010	336	30,6	-0,3	5,7	11,3	7,5	0,3	0	-0,1	3,7
2011	334	30,7	0,3	7,6	16	7	0,2	0	0,1	5,3
2012	339	33,2	-0,4	16,1	16,3	9,5	10,5	-0,7	-0,1	5,4

Tabel 6. Komponen harmonik pasang surut bulan Desember (2008 - 2012)

Tahun	Komponen Pasang Surut Desember (cm)									
	S ₀	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁	M ₄	MS ₄	K ₂	P ₁
2008	337	31,8	0,5	8,3	19,3	9,7	0,6	0	0,1	6,4
2009	327	30	0,6	8,3	20,1	8,3	0,2	0	0,2	6,6
2010	345	30,8	-2,1	7	16,8	7,9	0,4	-0,1	-0,6	5,6
2011	339	29,4	2,2	6,8	15,3	6,8	0,2	0,1	0,6	5,1
2012	332	28,4	0,4	5	10,2	5,5	0,3	0	0,1	3,4

Komponen pasang surut pada tahun 2008 – 2012 memiliki nilai komponen pasang surut yang tertinggi yaitu komponen K₁ (komponen pasang surut tunggal utama disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari) sebesar 41,8 cm pada bulan Januari tahun 2008 dan komponen pasang surut terendah yaitu S₂ (komponen pasang surut ganda utama disebabkan oleh gaya tarik matahari) dengan nilai komponen yaitu -2,1 cm pada bulan Desember tahun 2010. Komponen pasang surut M₂ (komponen pasang surut ganda utama disebabkan oleh gaya tarik bulan) dengan nilai kisaran 17,9 cm sampai 33,3 cm dengan rata-rata yaitu 30 cm. Komponen pasang surut S₂ (komponen pasang surut ganda utama disebabkan oleh gaya tarik matahari) memiliki nilai kisaran -2 cm sampai 2,2 cm. Pada komponen pasang surut K₁

(komponen pasang surut tunggal utama disebabkan oleh gaya tarik matahari) memiliki nilai kisaran 9,8 cm sampai 41,8 cm dengan rata-rata yaitu 19 cm dan komponen O₁ (komponen pasang surut tunggal utama disebabkan oleh gaya tarik matahari) dengan nilai kisaran 5,5 cm sampai 25,4 cm dengan rata-rata yaitu 12 cm. Komponen pasang surut N₂ (komponen pasang surut semi diurnal disebabkan oleh lintasan elips bulan) memiliki nilai kisaran 4,5 cm sampai 16,1 cm dengan rata-rata yaitu 8 cm. Komponen pasang surut M₄ (komponen pasang surut laut dangkal) memiliki nilai kisaran 0,2 cm sampai 10,5 cm dengan rata-rata yaitu 2 cm. Komponen pasang surut MS₄ (komponen pasang surut laut dangkal) memiliki nilai kisaran -1 cm sampai 0,2 cm. Komponen pasang surut K₂ (komponen pasang surut semi diurnal

disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari) memiliki nilai kisaran -1 cm sampai 0,6 cm. Komponen pasang surut P_1 (komponen pasang surut diurnal disebabkan oleh gaya tarik matahari) memiliki nilai kisaran 3,2 cm sampai 13,8 cm dengan rata-rata yaitu 6 cm.

4.2. Tipe Pasang Surut di Tanjung Lesung

Berdasarkan hasil perhitungan nilai bilangan *formzahl* pada bulan Januari tahun 2008 – 2012 di Tanjung Lesung berfluktuasi dengan kisaran 0,6 sampai 3,3 dengan rata-rata bilangan *formzahl* yaitu 1,5. Nilai bilangan *formzahl* pada bulan Mei tahun 2008 – 2012 di Tanjung Lesung berfluktuasi dengan kisaran 0,6 sampai 1,7 dengan rata-rata bilangan *formzahl* yaitu 0,9 dan nilai bilangan *formzahl* pada bulan Desember tahun 2008 – 2012 berfluktuasi dengan kisaran 0,7 sampai 1 dengan rata-rata bilangan *formzahl* yaitu 0,8. Nilai bilangan *formzahl* terbesar yaitu sebesar

3,3 terdapat pada bulan januari tahun 2012 dan nilai bilangan *formzahl* terkecil yaitu sebesar 0,6 terdapat pada bulan januari tahun 2009 dan pada bulan mei 2010.

Berdasarkan nilai hasil tipe pasang surut rata-rata pada tahun 2008 – 2012 yaitu sebesar 1,07 yang menunjukkan bahwa perairan di Tanjung Lesung memiliki tipe pasang surut campuran ganda (*mixed tide prevelailing semidiurnal tide*) yaitu pasang surut tipe ini merupakan pasang surut 2 kali pasang sehari memiliki perbedaan tinggi dan interval yang berbeda. Tipe pasang surut berdasarkan frekuensi air pasang dan surut di setiap harinya yang terjadi disebabkan karena perbedaan respon wilayah perairan terhadap gaya pembangkit komponen pasang surut dan perbedaan kenaikan ombak air laut di saat pasang dan surut karena adanya gaya gravitasi bumi terhadap bulan dan matahari. Berikut hasil perhitungan menggunakan rumus bilangan *formzahl* dan tipe pasang surut:

Tabel 7. Tipe pasang surut di Tanjung Lesung tahun (2008 - 2012)

Tahun	Nilai Bilangan <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut Mei
2008	0,7	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2009	1,7	Campuran Tunggal (<i>Mixed Tide Prevelailing Diurnal Tide</i>)
2010	0,6	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2011	0,7	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2012	0,8	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
Tahun	Nilai Bilangan <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut Januari
2008	1.5	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2009	0.6	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2010	0.7	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2011	1.2	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2012	3.3	Harian Tunggal (<i>Diurnal Tide</i>)
Tahun	Nilai Bilangan <i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut Desember
2008	0,9	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2009	0,9	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2010	0,9	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2011	0,7	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)
2012	0,8	Campuran Ganda (<i>Mixed Tide Prevelailing Semidiurnal Tide</i>)

4.3. Datum Elevasi Muka Air Laut di Tanjung Lesung

Datum elevasi muka air laut pada tahun 2008 - 2012 di Tanjung Lesung menunjukkan bahwa level muka air laut tertinggi sebesar 433 cm pada bulan januari tahun 2008 dan

level muka air laut terendah sebesar 133 cm pada bulan januari tahun 2012. Nilai datum elevasi muka air laut di perairan Tanjung Lesung menunjukkan bahwa datum elevasi muka air relatif berfluktuasi dari tahun 2008 – 2012. Nilai datum HHWL pada Tanjung

Lesung memiliki nilai 310 cm sampai 433 cm dengan rata – rata yaitu 391 cm. Nilai datum MHWS pada Tanjung Lesung memiliki nilai 239 cm sampai 374 cm dengan rata – rata yaitu 353 cm. Nilai datum MHWL memiliki nilai 298 cm sampai 419 cm dengan rata – rata yaitu 383. Nilai datum MSL di Tanjung Lesung memiliki nilai kisaran 316 cm sampai 345 cm dengan rata – rata yaitu 328. Nilai datum MLWL di Tanjung Lesung memiliki nilai

kisaran 144 cm sampai 290 cm dengan rata – rata yaitu 262 cm. Nilai datum MLWS di Tanjung Lesung memiliki nilai fluktuasi kisaran 203 cm sampai 316 cm dengan rata – rata yaitu 292 cm dan Nilai datum LLWL di Tanjung Lesung memiliki nilai fluktuasi kisaran 133 cm sampai 287 cm dengan rata – rata yaitu 254 cm. Berikut ini merupakan elevasi muka air laut tahun 2008 – 2012 di Tanjung Lesung:

Tabel 8. Datum elevasi muka air laut bulan Januari (2008 – 2012)

Tahun	Datum Elevasi Muka Air Laut (cm)						
	HHWL	MHWS	MHWL	MSL	MLWL	MLWS	LLWL
2008	433	354	419	319	221	286	206
2009	380	358	377	326	274	293	271
2010	380	353	375	321	268	290	263
2011	391	349	386	318	251	288	246
2012	310	239	298	221	144	203	133

Tabel 9. Datum elevasi muka air laut bulan Mei (2008 – 2012)

Tahun	Datum Elevasi Muka Air Laut (cm)						
	HHWL	MHWS	MHWL	MSL	MLWL	MLWS	LLWL
2008	381	354	377	323	269	293	266
2009	410	349	398	319	240	289	228
2010	389	366	385	336	286	305	283
2011	393	365	388	334	280	303	275
2012	404	372	398	339	280	306	275

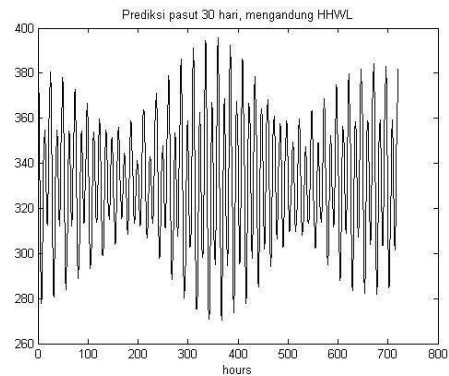
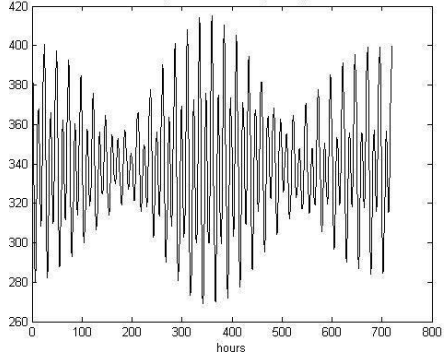
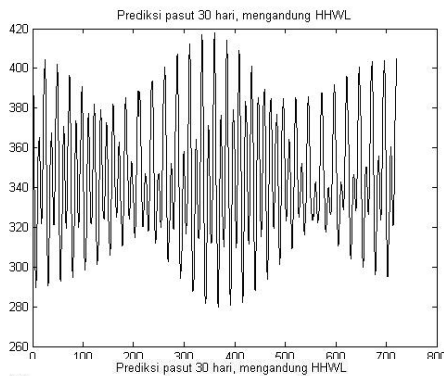
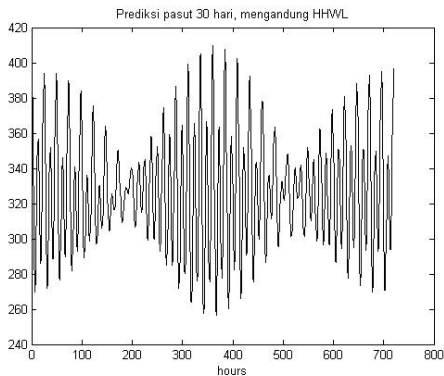
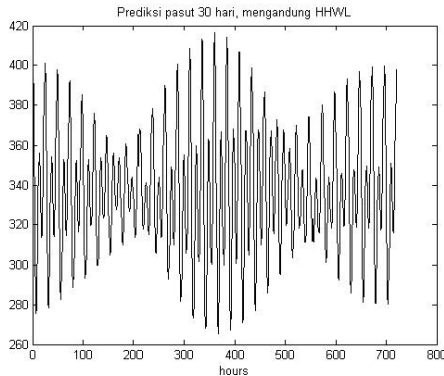
Tabel 10. Datum elevasi muka air laut bulan Desember (2008 – 2012)

Tahun	Datum Elevasi Muka Air Laut (cm)						
	HHWL	MHWS	MHWL	MSL	MLWL	MLWS	LLWL
2008	405	369	398	337	276	304	269
2009	392	357	385	327	268	296	261
2010	403	374	401	345	290	316	287
2011	398	371	390	339	287	307	280
2012	380	361	376	332	288	303	284

Grafik elevasi muka air laut tertinggi atau HHWL (highest high water level) diatas menggambarkan pola sirkulasi gelombang pasang surut selama 29 hari dari tahun 2008 - 2012 di pantai Tanjung Lesung pada waktu 24 jam di setiap harinya. Nilai HHWL terbesar yaitu sebesar 433 cm dan nilai HHWL terkecil yaitu sebesar 310 cm. Pada ketinggian tertinggi perairan digunakan untuk ketinggian dasar dermaga dan acuan batasan pada saat

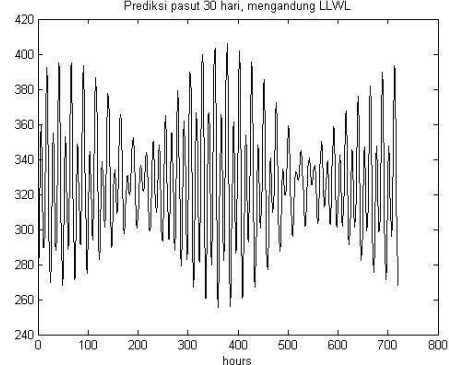
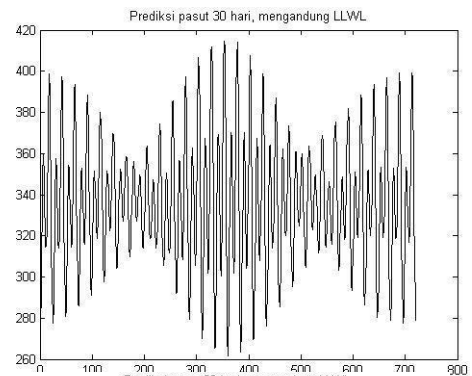
ketinggian puncak pemecah gelombang. Dalam satu bulan, kisaran pasang surut berubah secara sistematis dengan siklus bulan. Kisaran pasang surut tergantung pada bentuk air dan komposisi dasar laut. Data panjang data yang diperlukan untuk menghitung nilai tinggi yang lebih valid adalah 18,6 tahun.

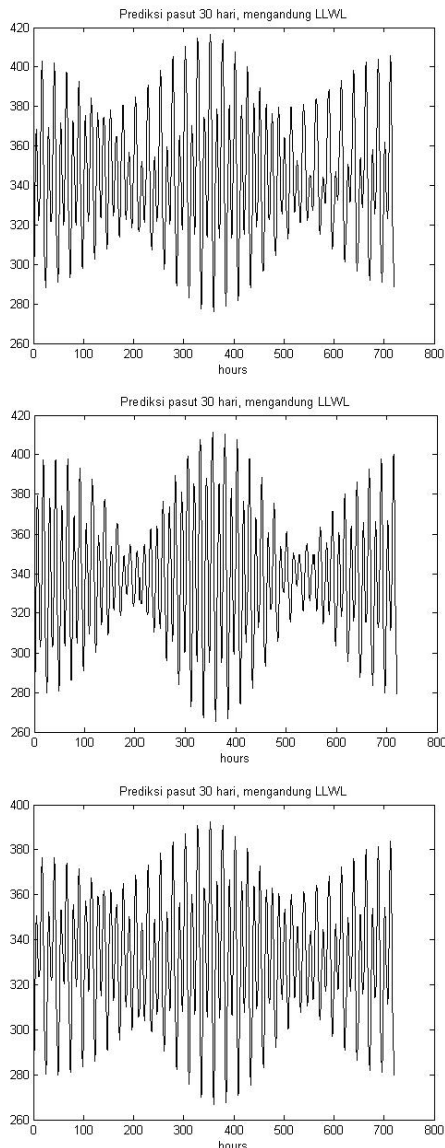
Berikut merupakan grafik HHWL datum elevasi muka air laut menggunakan matlab di Tanjung Lesung pada bulan Desember tahun 2008 – 2012 :



Gambar 4. Grafik HHWL tahun 2008 – 2012 matlab datum elevasi muka air laut

Grafik elevasi muka air laut terendah LLWL (*lowest low water level*) menggambarkan pola sirkulasi gelombang pasang surut selama 29 hari dari tahun 2008 - 2012 di pantai Tanjung Lesung pada waktu 24 jam di setiap harinya. Nilai LLWL terbesar yaitu sebesar 284 cm dan nilai LLWL terkecil yaitu sebesar 133 cm. Nilai LLWL dapat digunakan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran pada pelabuhan. Berikut merupakan grafik LLWL datum elevasi muka air laut menggunakan matlab di Tanjung Lesung pada bulan Desember tahun 2008 – 2012 :





Gambar 5. Grafik LLWL tahun 2008 - 2012 matlab datum elevasi muka air laut

Grafik elevasi muka air laut terendah LLWL (*lowest low water level*) menggambarkan pola sirkulasi gelombang pasang surut selama 29 hari dari tahun 2008 - 2012 di pantai Tanjung Lesung pada waktu 24 jam di setiap harinya. Nilai LLWL terbesar yaitu sebesar 284 cm dan nilai LLWL terkecil yaitu sebesar 133 cm. Nilai LLWL dapat digunakan untuk menentukan kedalaman alur pelayaran pada pelabuhan.

4.4. RMSE (Root Mean Square Error)

Hasil analisis RMSE elevasi muka air laut di Tanjung Lesung memiliki RMSE

sebesar 0,34. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa data elevasi muka air laut memiliki akurasi prediksi yang baik sehingga peramalan dapat digunakan. Hasil peramalan memiliki pola elevasi muka air laut pasang surut yang konsisten dengan waktu yang presisi walaupun berbeda pada tinggi level. Perbedaan besaran nilai sebagai informasi residual hal ini dikarenakan mengacu pada datum global (dunia). Berdasarkan hasil menunjukkan nilai RMSE yang kecil sehingga dapat dijadikan sebagai referensi untuk perencanaan pembangunan di pantai Tanjung Lesung Provinsi Banten. Berikut gambar RMSE HHWL pasang surut di Tanjung Lesung :



Gambar 6. RMSE Pasang Surut di Tanjung Lesung

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di Tanjung Lesung Provinsi Banten maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Amplitudo harmonik pasang surut tertinggi pada tahun 2008 - 2012 di Tanjung Lesung yaitu K_1 (komponen pasang surut tunggal utama disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari) sebesar 41,8 cm pada bulan Januari tahun 2008 dan amplitudo pasang surut terendah yaitu S_2 (komponen pasang surut ganda utama disebabkan oleh gaya

- tarik matahari) dengan nilai komponen - 2 cm pada bulan Desember tahun 2010.
2. Perairan Tanjung Lesung memiliki tipe pasang surut yaitu tipe pasang surut campuran ganda (*mixed tide prevelailing semidiurnal tide*) tipe pasang surut yang mengalami 2 kali pasang sehari memiliki perbedaan tinggi dan interval yang berbeda.
 3. Elevasi muka air laut pada tahun 2008 – 2012 di Tanjung Lesung yang tertinggi (HHWL) sebesar 433 cm dan elevasi muka air terendah (LLWL) sebesar 133 cm dengan level muka air rata – rata (MSL) sebesar 283 cm.

5.2. Saran

Adapun Saran yang perlu diperhatikan setelah dilakukannya penelitian ini yaitu untuk penelitian selanjutnya jika menggunakan metode *admiralty* untuk melakukan pemeriksaan terhadap data pengamatan pasang surut dan menganalisis karakteristik perairan sebaiknya perlu dikaitkan lagi dengan faktor oseanografi seperti gelombang agar diperoleh hasil yang representatif tentang studi kelayakan rekayasa suatu wilayah dan diperlukan panjang data 18,6 tahun untuk menentukan datum elevasi suatu wilayah perairan.

Daftar Pustaka

- Alam, M. F., & Indrayanti, E. 2023. *Simulasi Pola Arus Permukaan 2 Dimensi di Perairan Pulau Nyamuk Taman Nasional Karimunjawa Pada Musim Peralihan II*. 05(02), 187–197.
- Chen, N., Sipil, S. T., Teknik, F., & Batam, U. I. 2022. *Analisis Karakteristik Pasang Surut Air Laut terhadap Elevasi pada Pelabuhan Perairan Tanjung Uncang*. 19(1), 20–27.
- F Lang, A. E., I Kalangi, P. N., Dien, H. V, Masengi, K., Ch Pamikiran, R. D., Kaparang, F. E., Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, P., & Perikanan dan Ilmu Kelautan, F. 2019. Perbandingan Hasil Analisis Pasang Surut di Pelabuhan Perikanan Pantai Tumumpa Menggunakan Metode Kuadrat Terkecil dan Metode Admiralty. *Lang Jurnal Ilmiah Platax*, 10(1), 77–84.
- http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/platax
- Fawaiz S, A., Guruh P, D., & Nur Cahyadi, M. 2017. Pengamatan Pasang Surut Air Laut Sesaat Menggunakan GPS Metode Kinematik. *Jurnal Teknik Its*, 6(2), G180–G185.
- 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.
- 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>
- Istiarto. 2015. Analisis Harmonik Pasang Surut. *Makalah Universitas Gajah Mada*, 1(2).
- Jasin, M. I., & Jansen, T. 2019. Analisis Pasang Surut Pada Daerah Pantai Tobololo Kelurahan Tobololo Kota Ternate Provinsi Maluku Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 7(11), 1515–1526.
- Jonathan, S. 2023. Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai. *Jurnal Universitas Sam Ratulangi*, 21(85). <https://slideplayer.info/slide/14263010/>
- 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>
- Korto, J., Jasin, M. I., & Mamoto, J. D. 2015. Analisis Pasang Surut di Pantai Nuangan (Desa Iyok) Boltim dengan Metode Admiralty. *Sipil Statistik*, 3(6), 391–402.
- Kresteva, G. D., Rochaddi, B., Satriadi, A., Kelautan, J. I., Perikanan, F., Diponegoro, U., Soedarto, J. P. H., & Semarang, T. 2020. Studi Kenaikan Muka Air Laut Di Perairan Kendal. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 535–539.
- 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.
- Pranowo, W., & Supriyadi, E. 2019. Tidal Analysis in Pamenugpeuk, Belitung, and Sarmi Waters Based on Admiralty Method. *Jurnal Metereologi Dan Geofisika*, 19(1), 29–38.
- Prayogo, L. M. 2021. *Comparison of Admiralty and Least Square Methods for Tidal Analysis in Mandangin Island , Sampang Regency , East Java*. April. <https://doi.org/10.33512/jpk.v10i2.10215>
- Sasongko, D. P. 2014. Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty. *Maspari Journal*, 6(1), 1–12.
- Suhaemi, Raharjo, S., & Marhan. 2018. Penentuan Tipe Pasang Surut Perairan pada Alur Pelayaran Manokwari Dengan menggunakan Metode Admiralty. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*, 2(1), 57–64.
- Ulha Fadika, Aziz Rifai, B. R. 2014. 16. Ulha. *Arah Dan Kecepatan Angin Musiman Serta Kaitannya Dengan Sebaran Suhu Permukaan Laut Di Selatan Pangandaran Jawa Barat*, 3(3), 429–437. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Wicaksono, P. P., Handoyo, G., & Atmodjo, W. 2016. Analisis Peramalan Pasang Surut dengan Metode Admiralty dan Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) di Perairan Pantai Widuri Kabupaten Pemalang. *Jurnal Oseanografi*, 5(September 2015), 489–495.
- Wijaya, M. I., & Yanuar, T. 2021. *Characteristics and tidal forecasting in Pagar Jaya , Lampung).* 191–200. Zakaria, A. 2015. Model Periodik dan Stokastik Data Pasang Surut Jam-jaman dari Pelabuhan Panjang. *Jurnal Rekayasa*, 19 (1).