

Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode *Least Square* di Wilayah Perairan Muara Sungai Poso

Received 29th October 2021
Accepted 08th November 2021
Published 31th December 2021

Open Access

M Gilang Indra Mardika^{*a}, Maryo Inri Pratama^b

^aProgram Studi Teknik Sipil, Jurusan Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

^bProgram Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, President University, Jawa Barat

*Korespondensi E-mail: m.indra@si.itera.ac.id

Abstract: River estuary is water resources that potentially has many utilities and an important role of supporting creature life. The Poso River Estuary is part of the resources that is capable of being utilized by the community to highly cater their necessities. One of the parameters that affect the hydrodynamic changes of the estuary is the tidal phenomenon where the tides occur periodically. For that reason, that phenomenon is the background of this research, so that the purpose of analyzing the tidal harmonic components and types in the throughout of the Poso River Estuary is able to be useful. The analytical method used in the tidal calculation is the Least Square Method. According to the outcome of data calculation which has been carried out, it is capable of being explained that the amplitude of the harmonic component parameters M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 and MS_4 is worth (0,317), (0,219), (0,044), (0,076), (0,186), (0,122), (0,084), (0,023) and (0,038) sequentially. In addition to this analysis, the calculation of the Formzahl value resulted in 0,5897 so the category of tides in the around of the Poso River Estuary is mixed tides prevailing semidiurnal. Subsequently, the calculation of the design sea level elevation has been analyzed and obtained an important elevation value of HHWL +1,63, MHWL +1,41, MSL +0,8, MLWL +0,19 and LLWL -0,03 with a tidal value of 1,66 meters.

Keywords: *Tides, Least Square, Estuary, Type of Tides*

Abstrak: Muara sungai merupakan sumber daya air yang secara potensial memiliki banyak kegunaan dan peranan penting dalam mendukung aktivitas manusia. Muara Sungai Poso menjadi salah satu sumber daya yang dapat dimanfaatkan masyarakat guna memenuhi kebutuhan. Salah satu parameter yang mempengaruhi perubahan secara hidrodinamika muara adalah fenomena pasang surut di mana pasang surut terjadi secara periodik. Oleh sebab itu, fenomena ini yang menjadi latar belakang dari penelitian dilakukan sehingga tujuan untuk mengkaji unsur harmonik pasang surut beserta tipenya di perairan Muara Sungai Poso dapat bermanfaat. Penggunaan metode pada penelitian dalam kajian pasang surut adalah Metode *Least Square*. Bersumber pada hasil perhitungan data yang dilakukan, maka dijelaskan besaran amplitudo dari parameter komponen harmonik M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 dan MS_4 bernilai (0,317), (0,219), (0,044), (0,076), (0,186), (0,122), (0,084), (0,023) dan (0,038). Disamping analisis tersebut, perhitungan nilai *Formzahl* dihasilkan 0,5897 sehingga jenis air pasang dan air surut di kawasan Muara Sungai Poso merupakan campuran condong harian ganda. Kemudian perhitungan level permukaan air laut rancangan dianalisis sehingga mendapatkan nilai elevasi penting HHWL +1,63, MHWL +1,41, MSL +0,8, MLWL +0,19 dan LLWL -0,03 dengan nilai tunggang pasang sebesar 1,66 meter.

Kata Kunci: *Pasang Surut, Least Square, Muara, Tipe Pasang Surut*

Pendahuluan

Pasang surut yaitu perubahan fluktuatif permukaan laut sebagai fungsi waktu yang disebabkan gaya tarik-menarik dari benda langit, terkhusus bulan dan matahari pada massa air laut di darat. Walaupun massa bulan lebih kecil, namun gaya gravitasi bulan di bumi akan lebih besar dibandingkan dampak dari gaya tarik matahari karena jarak dari bumi jauh lebih dekat. [1]. Pemahaman dan pengetahuan tentang

pasang surut akan menyuguhkan variasi informasi, baik untuk keperluan faktual ilmiah mau pun pendayagunaan praktis secara luas [2]. Pasang surut memiliki peranan yang cukup aktif dalam memberikan pengaruh pada proses – proses di dalam ruang dan waktu yang dapat terjadi di wilayah perairan [3]. Sehingga gambaran mengenai perilaku fenomena pasang surut dapat menjadi salah satu faktor dalam menyelesaikan atau merencanakan aktifitas di sekitar lokasi perairan khususnya muara. Muara adalah pesisir semi tertutup dengan badan air yang mempunyai kadar air laut

terlarut dalam air tawar dari sungai dan hubungan bebas dengan laut terbuka [4].

Muara Sungai Poso yang terletak di Kabupaten Poso, Sulawesi Tengah merupakan pertemuan antara aliran air dari Sungai Poso dengan arus pasang dari perairan laut Teluk Poso yang merupakan bagian dari Teluk Tomini [5]. Pemilihan Muara Sungai Poso sebagai lokasi penelitian adalah untuk menganalisis bagaimana pengaruh atas peralihan permukaan air laut yang ditimbulkan oleh fenomena pasang surut sehingga dapat dilakukan penelitian selanjutnya yang lebih mendetail dalam melakukan pemanfaatan sumber daya perairan di sekitar lokasi pengkajian.

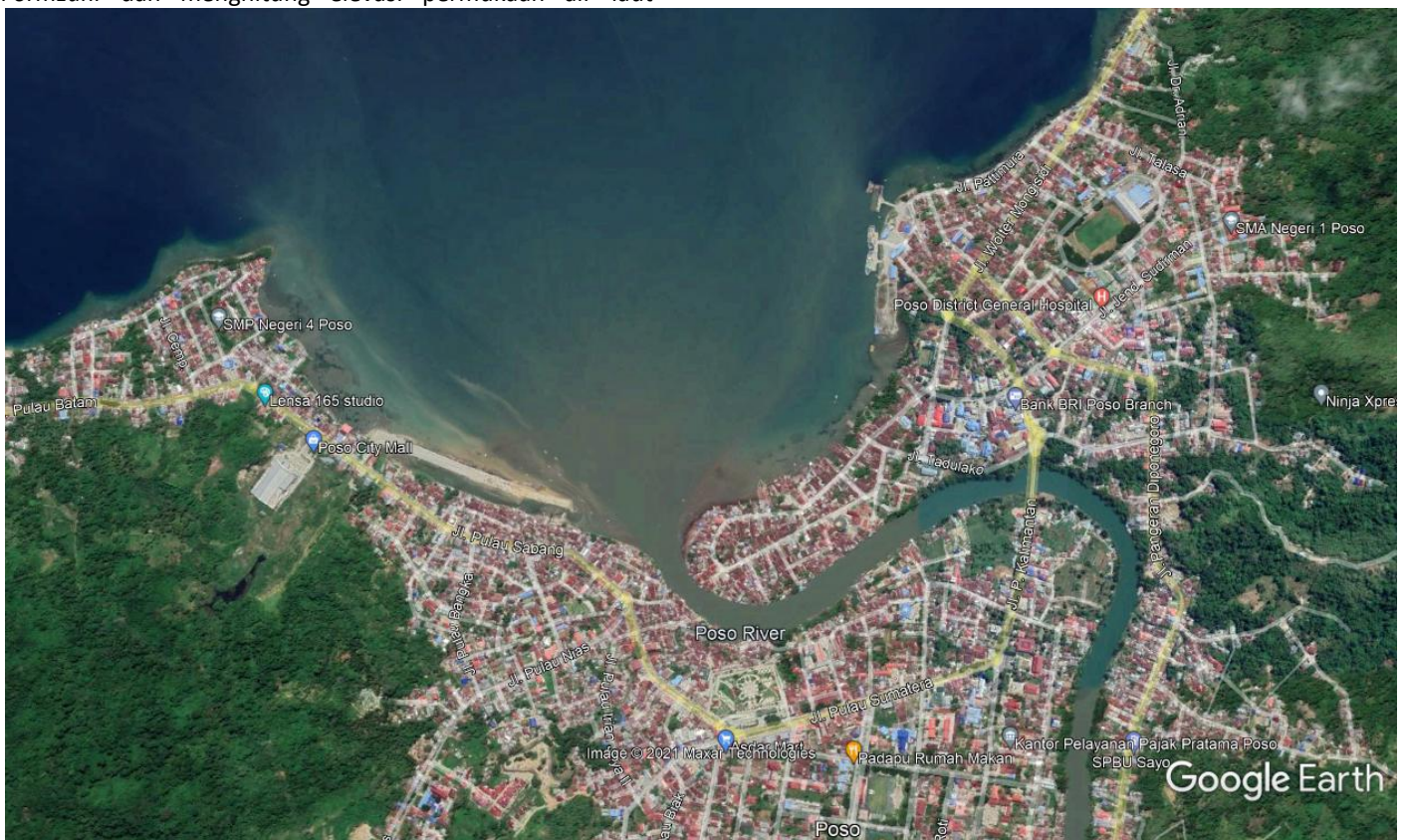
Kajian dilakukan secara objektif untuk menganalisis komponen harmonik dan pola pasang surut, mengklasifikasikan tipe dari pasang surut dengan nilai *Formzahl* dan menghitung elevasi permukaan air laut

rencana untuk mendapatkan nilai elevasi penting pada pasang surut di Muara Sungai Poso dengan Metode *Least Square*.

Hasil analisis penelitian diharapkan untuk dapat menyediakan penjelasan dan keterangan secara mendasar mengenai perhitungan dan analisis pasang surut untuk kepentingan ilmiah serta data dalam merencanakan atau pengelolaan infrastruktur kewilayahan di sekitar Muara Sungai Poso.

Metode

Penelitian kali ini lokasi yang ditinjau untuk dilakukan perhitungan mengenai fenomena pasang surut adalah tepat pada Muara Sungai Poso, Kabupaten Poso, Provinsi Sulawesi Tengah.



Gambar 1. Muara Sungai Poso (Sumber: Google Earth)

Analisis dan penghimpunan data pada penelitian ini menggunakan Metode *Least Square* dengan bantuan software *Microsoft Excel* di mana objek penelitian yang dianalisis merupakan data pasang surut pada kurun waktu 15 hari. Data telah dikumpulkan dan didapat dari Pusat

Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) dimana instansi tersebut terdahulu bernama Dinas Hidro Oseanografi TNI Angkatan Laut (Dishidrosal) yang merupakan data pada tahun 2016 di setengah bulan pertama awal Bulan November.

Kajian ini akan menggunakan data pada Tabel 1:

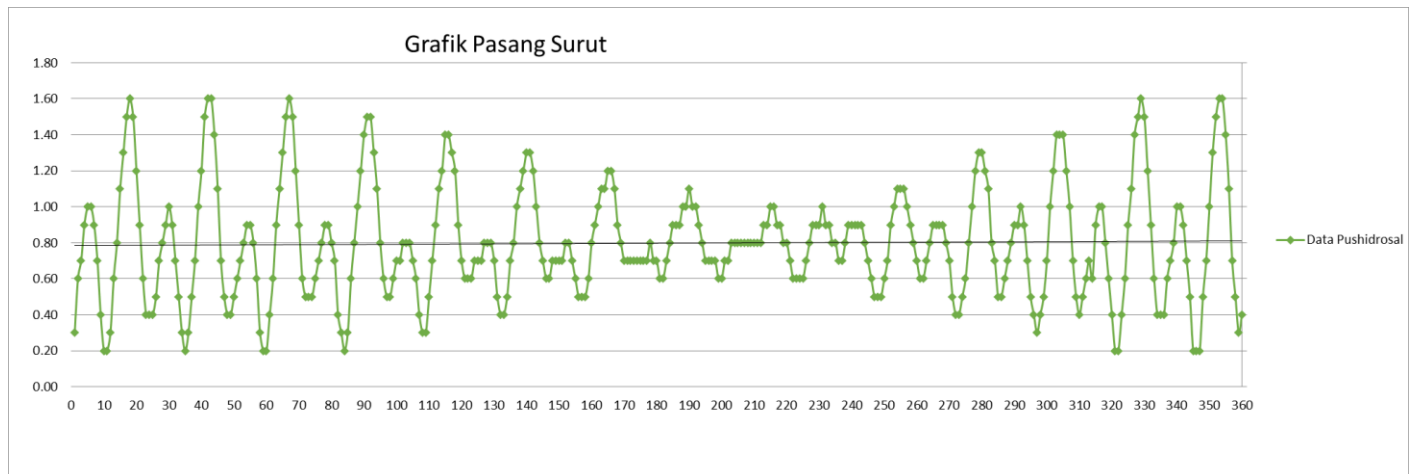
Tabel 1. Data Pasang Surut Muara Sungai Poso

Tanggal	Pukul																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
11/1/2016	0,3	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	0,9	0,7	0,4	0,2	0,2	0,3	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,6	1,5	1,2	0,9	0,6	0,4	0,4
11/2/2016	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,2	1,5	1,6	1,6	1,4	1,1	0,7	0,5	0,4
11/3/2016	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,3	1,5	1,6	1,5	1,2	0,9	0,6	0,5
11/4/2016	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,7	0,4	0,3	0,2	0,3	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,5	1,3	1,1	0,8	0,6
11/5/2016	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2	1,4	1,4	1,3	1,2	0,9	0,7
11/6/2016	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,2	1,0	0,8
11/7/2016	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	0,9
11/8/2016	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0
11/9/2016	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	1,0	1,0
11/10/2016	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9
11/11/2016	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,7	0,8
11/12/2016	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,3	1,3	1,2	1,1	0,8	0,7	0,5	0,5	0,6	0,7
11/13/2016	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,7	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,2	1,0	0,7	0,5	0,4	0,5	0,6
11/14/2016	0,7	0,6	0,9	1,0	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,2	0,4	0,6	0,9	1,1	1,4	1,5	1,6	1,5	1,2	0,9	0,6	0,4	0,4	0,4
11/15/2016	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5	1,6	1,6	1,4	1,1	0,7	0,5	0,3	0,4

Sumber: Pushidrosal

2016 dimana nilai muka air laut tertinggi adalah 1,6 dan nilai muka air laut terendah adalah 0,2 dengan ditunjukkan secara fluktuatif pada **Gambar 2**:

Tabel 1 data pasang surut menampilkan nilai perubahan ketinggian muka air laut pada data jam – jaman selama 15 hari dari tanggal 1 November 2016 sampai 15 November



Gambar 2. Grafik Data Pasang Surut (Sumber: Pushidrosal)

Perkiraan pasang surut yang baik diperlukan pada pelbagai tujuan seperti pada perancangan bangunan pantai hingga navigasi di daerah perairan. Untuk dapat memprediksi secara akurat gelombang tinggi pada waktu tertentu di suatu

tempat, informasi akurat tentang berbagai parameter pasang surut di tempat itu diperlukan. Hasil analisis dari pengamatan pada pasang surut secara periodik dalam jangka waktu tertentu menghasilkan data parameter pasang surut

[6]. Analisis yang dilakukan selanjutnya adalah menghitung beberapa tahapan dalam Metode *Least Square*. Metode *Least Square* ialah contoh kaidah perhitungan yang menampilkan data berbentuk deret (*time series*) dan memerlukan data penjualan di masa lampau agar prediksi penjualan dapat ditetapkan di masa yang akan datang. *Least Square* yaitu metode pendugaan yang diterapkan untuk mengkaji *trend* pada data *time series* [7]. Metode *Least Square* juga untuk menghitung komponen – komponen harmonik pasang surut. Tahapan yang dapat dilakukan dalam metode ini antara lain:

1. Menentukan Konstanta Astronomi

Untuk mendapatkan komponen harmonik pasang surut, seorang peneliti bernama Doodson pada tahun 1928 mengembangkan pemrosesan sistematis data pasang surut observasional dengan bantuan skema dan tabel pengganda. Dengan metode ini diperoleh sembilan komponen sistem pasang surut yang dapat diturunkan. [6]. Berikut merupakan **Tabel 2** mengenai konstanta:

Tabel 2. Tabel Konstanta Astronomi untuk Komponen Harmonik Pasang Surut

Tidal Component	Periode	w	w	Keterangan	Description
	jam	der/jam	rad/jam		
Z ₀					Average water level
M ₂	12,4206	28,9841	0,5059	Semi-diurnal	Principal lunar
S ₂	12,0000	30,0000	0,5236		Principal solar
N ₂	12,6582	28,4401	0,4964		Larger lunar elliptical
K ₂	11,9673	30,0820	0,5250		Luni-solar
K ₁	23,9346	15,0410	0,2625	Diurnal	Luni-solar diurnal
O ₁	25,8194	13,9430	0,2434		Principal lunar diurnal
P ₁	24,0658	14,9590	0,2611		Principal solar diurnal
M ₄	6,2103	57,9682	1,0117	Compound	
MS ₄	6,1033	58,9845	1,0295		

Keterangan:

- Z₀ = Permukaan air laut rerata
- M₂ = Konstanta harmonik bulan
- S₂ = Konstanta harmonik matahari
- N₂ = Konstanta harmonik transformasi jarak bulan
- K₂ =Konstanta harmonik transformasi jarak matahari
- O₁ = Konstanta harmonik deklinasi bulan

- P₁ = Konstanta harmonik deklinasi matahari
- K₁ = Konstanta harmonik deklinasi bulan dan matahari
- MS₄ = Konstanta harmonik interaksi antara S₂ dan M₂
- M₄ = Konstanta harmonik ganda M₂

Tabel 2 menjadi salah satu parameter perhitungan dalam meramalkan pasang surut di suatu lokasi peninjauan.

2. Perhitungan dengan Model Matematis dan Persamaan *Matrix* Observasi

Tahapan selanjutnya sebelum menentukan amplitudo dan *phase* tiap komponen harmonik, terdapat model secara matematis dan persamaan *matrix* observasi dengan ditunjukkan persamaan (1) sampai dengan persamaan (8) :

a. Model Matematis

Perhitungan dengan Model Matematis ditunjukkan pada persamaan (1) – (7):

$$ht_i = Z_o + \sum_1^n H_n \cos(\bar{\omega}_n t_i + g_n) \tag{1}$$

$$ht_i = Z_o + \sum_1^n H_n [\cos(\bar{\omega}_n t_i) \cos g_n - \sin(\bar{\omega}_n t_i) \sin g_n] \tag{2}$$

$$A_n = H_n \cos(g_n) \tag{3}$$

$$B_n = H_n \sin(g_n) \tag{4}$$

$$ht_i = Z_o + \sum_1^n A_n \cos(\bar{\omega}_n t_i) - \sum_1^n B_n \sin(\bar{\omega}_n t_i) \tag{5}$$

$$H_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \tag{6}$$

$$g_n = \arctg \left(\frac{B_n}{A_n} \right) \tag{7}$$

Keterangan :

- ht_i = Elevasi permukaan air saat jam ke-i (meter)
- Z₀ = Elevasi permukaan air rerata (meter)
- n = konstituen ke-n
- H_n = Amplitudo saat konstituen ke-n (meter)
- $\bar{\omega}_n$ = Kecepatan konstanta astronomis saat konstituen ke-n (radian/jam)
- g_n = *phase* (radian)

b. Persamaan *Matrix* Observasi

Perhitungan dengan menggunakan perkalian *Matrix* ditunjukkan persamaan (8) :

$$[L] = [A]x[X] \tag{8}$$

dimana :

$$[L] = \begin{bmatrix} ht_i \\ \dots \\ ht_x \end{bmatrix}$$

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\bar{\omega}_1 t_1) & -\sin(\bar{\omega}_1 t_1) & \dots & \cos(\bar{\omega}_9 t_1) & -\sin(\bar{\omega}_9 t_1) \\ 1 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & \cos(\bar{\omega}_1 t_x) & -\sin(\bar{\omega}_1 t_x) & \dots & \cos(\bar{\omega}_9 t_x) & -\sin(\bar{\omega}_9 t_x) \end{bmatrix}$$

$$[X] = \begin{bmatrix} Z_0 \\ A_1 \\ B_1 \\ A_2 \\ B_2 \\ \dots \\ A_9 \\ B_9 \end{bmatrix}$$

Keterangan :

[L] = Persamaan Observasi

[A] = *Jacobian Matrix*

[X] = *Matrix Parameter* = $(A^T A)^{-1} A^T L$

Mengenai persamaan di atas, Matriks *Jacobian* aritmatika berhubungan dengan independensi perkalian dengan cara yang sama seperti Matriks *Jacobian* biasa berhubungan dengan independensi fungsional [8].

3. Menentukan Amplitudo dan *Phase* untuk Semua Komponen Harmonik

Tahapan yang berikutnya setelah dilakukan perhitungan dengan formula di atas maka dengan mengetahui nilai dari parameter komponen harmonik pasang surut dari komponen pembangkit pasang surut yang dibuat dengan analisis untuk memprediksi pasang surut. [6].

4. Menentukan Tipe Pasang Surut

Pelbagai area – area, pasang surut memiliki bentuk berbeda. Di satu kawasan dalam sehari, pasang surut bisa terjadi satu hingga dua kali. Secara umum, pasang surut di pelbagai kawasan diklasifikasikan pada empat macam [9]:

a. Pasang Surut Harian Ganda

Kejadian surut akan terjadi dua kali dan juga kejadian pasang terjadi dua kali dalam sehari dimana tipe pasang surut ini memiliki ketinggian yang mendekati sama, kondisi ini terjadi secara teratur dan berurutan.

b. Pasang Surut Harian Tunggal

Kejadian surut akan terjadi sekali dan kejadian pasang akan terjadi satu kali dalam satu hari.

c. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda

Kejadian surut akan terjadi dua kali dan kejadian pasang akan terjadi dua kali, tetapi memiliki perbedaan pada periode dan tinggi.

d. Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Tunggal

Dalam sehari ada pasang surut, namun terkadang (sementara) ada dua kali pasang dan surut pada elevasi dan periode yang berbeda secara signifikan.

Metode yang digunakan dalam menetapkan tipe pasang surut adalah dengan mengkalkulasi bilangan *Formzahl* pada daerah lokasi penelitian. *Formzahl* adalah besaran nilai yang telah diklasifikasikan guna penentuan tipe pasang surut [10] dengan ditunjukkan oleh persamaan (9):

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} \quad (9)$$

Keterangan:

F = *Formzahl Number*

O₁ = Nilai amplitudo dari pasang surut berjenis tunggal utama yang diakibatkan oleh gaya gravitasi bulan

K₁ = Nilai amplitudo dari pasang surut berjenis tunggal utama yang diakibatkan oleh gaya gravitasi bulan serta matahari

M₂ = Nilai amplitudo dari pasang surut berjenis ganda utama yang diakibatkan oleh gaya gravitasi bulan

S₂ = Nilai amplitudo dari pasang surut berjenis tunggal utama yang diakibatkan oleh gaya gravitasi matahari

Dalam penentuan jenis pasang surut pada lokasi kajian digunakan Bilangan *Formzahl* yang terbagi dalam *range* besaran nilai yang sudah ditetapkan. Rentang nilai *Formzahl* dijelaskan dalam **Tabel 3**:

Tabel 3. Tipe Pasang Surut Menurut *Formzahl Number*

<i>Formzahl</i>	Tipe Pasang Surut
0,00 < F ≤ 0,25	Setengah Harian (Semidiurnal/Ganda)
0,25 < F ≤ 1,50	Campuran dengan tipe ganda lebih menonjol (Condong Ganda)
1,50 < F ≤ 3,00	Campuran dengan tipe tunggal lebih menonjol (Condong Tunggal)
F > 3,00	Harian (Tunggal)

Maka **Tabel 3** dapat dijadikan pedoman sebagai penentuan tipe dari pasang surut.

5. Menganalisis Elevasi Penting Permukaan Air pada Peramalan Pasang Surut

Karena ketinggian permukaan laut tidak menentu setiap saat, maka dibutuhkan elevasi bersumber pada data pasang surut, kemudian dimanfaatkan sebagai rujukan dalam melakukan perancangan pelabuhan [1]. Macam-macam elevasi penting adalah:

a. Permukaan air tinggi paling tinggi (*Highest High Water Level*) merupakan kondisi dimana elevasi permukaan paling tinggi yang terjadi ketika pasang surut bulan mati atau bulan purnama.

- b. Permukaan air tinggi rata rata (*Mean High Water Level*) merupakan rata-rata dari elevasi permukaan tinggi terjadi dalam kurun waktu 19 tahun.
- c. Permukaan air laut rata rata (*Mean Sea Level*) merupakan ketinggian air rata-rata antara ketinggian air sedang-tinggi dan permukaan air sedang-rendah. Nilai MSL digunakan untuk elevasi ke tanah.
- d. Permukaan air rendah rata rata (*Mean Low Water Level*) merupakan rata rata dari elevasi permukaan air rendah yang terjadi dalam kurun waktu 19 tahun.
- e. Permukaan air rendah paling terendah (*Lowest Low Water Level*) merupakan ketinggian permukaan paling rendah yang berlangsung ketika pasang surut bulan mati atau purnama.

Elevasi permukaan air rencana diperoleh dengan perhitungan komponen harmonik pasang surut pada persamaan (10) sampai dengan persamaan (15):

$$HHWL = Z_0 + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1) \quad (10)$$

$$MHWL = Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1) \quad (11)$$

$$MSL = Z_0 \quad (12)$$

$$LHWL = Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1) \quad (13)$$

$$LLWL = Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1) \quad (14)$$

$$\text{Tunggang Pasang} = HHWL - LLWL \quad (15)$$

Hasil dan Diskusi

Analisis Perhitungan Persamaan Matrix Observasi

Berdasarkan pada kajian yang sudah tertuang pada penelitian ini, tahap perhitungan menggunakan metode matriks observasi dianalisis setelah melakukan penentuan konstanta komponen harmonik pasang surut. Dengan menggunakan 9 komponen dimana komponen tersebut yang akan ditentukan hasil perhitungan sebagai bagian dari analisis perilaku dari pasang surut. Maka didapatkan hasil yang ditampilkan pada **Tabel 4**:

Tabel 4. Tabel Perhitungan Matrix

X[i]	Parameter	Nilai
1	Z0	0,79759
2	A1	-0,24770
3	B1	-0,17227
4	A2	-0,21876
5	B2	0,01713
6	A3	0,00231
7	B3	0,04410

X[i]	Parameter	Nilai
8	A4	-0,00275
9	B4	-0,07593
10	A5	0,13219
11	B5	0,13029
12	A6	-0,09066
13	B6	0,08119
14	A7	-0,05826
15	B7	0,06002
16	A8	0,02104
17	B8	0,00883
18	A9	0,02069
19	B9	-0,03208

Tabel 4 menunjukkan nilai muka air rata – rata dan juga nilai dari hubungan amplitudo terhadap fase sudut yang beragam dimana tiap komponen memiliki 2 variabel perhitungan yang akan dihipunkan resultannya.

Analisis Perhitungan Amplitudo dan Phase

Tahapan selanjutnya pada analisis Metode *Least Square* adalah menghitung nilai amplitudo dan *phase* untuk setiap komponen harmonik pasang surut. Berikut hasil analisis yang ditampilkan pada **Tabel 5**:

Tabel 5. Tabel Hasil Perhitungan Amplitudo dan *Phase* pada Metode *Least Square*

Symbol	Parameter	A	B	Amplitudo	Phase	Phase
	Z0			meter	der/jam	rad/jam
Z0	0,798			0,798		
M2		-0,248	-0,172	0,302	214,817	3,749
S2		-0,219	0,017	0,219	175,522	3,063
N2		0,002	0,044	0,044	86,996	1,518
K2		-0,003	-0,076	0,076	267,927	4,676
K1		0,132	0,130	0,186	44,587	0,778
O1		-0,091	0,081	0,122	138,154	2,411
P1		-0,058	0,060	0,084	134,148	2,341
M4		0,021	0,009	0,023	22,773	0,397
MS4		0,021	-0,032	0,038	302,814	5,285

Hasil perhitungan mengenai amplitudo dan *phase* yang tercantum pada **Tabel 5** menunjukkan besaran nilai untuk 9 parameter komponen harmonik pasang surut dimana nilai amplitudo tertinggi pada Z0 sebesar 0,798 meter dan amplitudo terendah pada M4 sebesar 0,023 meter.

Analisis Penetapan Tipe Pasang Surut

Determinasi tipe pasang surut akan dilakukan setelah analisis mengenai amplitudo dan *phase* ke-9 komponen harmonik pasang surut terpecahkan karena penentuan tipe pasang surut dipengaruhi oleh besaran nilai *Formzahl* dimana nilai *Formzahl* itu sendiri dipengaruhi oleh beberapa besaran nilai amplitudo komponen harmonik pasang surut. Berikut merupakan hasil perhitungan bilangan *Formzahl* dan penentuan tipe pasang surut dengan menggunakan persamaan (9):

$$F = \frac{O_1 + K_1}{M_2 + S_2} = \frac{0,1217 + 0,1856}{0,3017 + 0,2194} = 0,5897$$

Bilangan *Formzahl* yang telah dihitung dengan hasil 0,5897, maka tipe pasang surut bisa ditentukan sesuai dengan tabel 3 yang dilampirkan yaitu Pasang Surut Campuran Condong ke Harian Ganda atau *Mixed Tides Prevailing Semidiurnal*.

Analisis Perhitungan Elevasi Penting Permukaan Air Laut

Analisis selanjutnya yang dapat dilakukan adalah menghitung elevasi penting untuk muka air laut rencana. Berikut hasil analisis pada **Tabel 6**:

Tabel 6. Tabel Perhitungan Elevasi Permukaan Air Laut Rancangan pada Analisis Pasang Surut

Elevasi Permukaan Air Laut	Formula	Hasil
HHWL	$Z_0 + (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	+1,63
MHWL	$Z_0 + (M_2 + K_1 + O_1)$	+1,41
MSL	Z_0	+0,80
MLWL	$Z_0 - (M_2 + K_1 + O_1)$	+0,19
LLWL	$Z_0 - (M_2 + S_2 + K_1 + O_1)$	-0,03

Tabel 6 dapat dijelaskan nilai – nilai elevasi penting muka air laut dimana besaran tersebut dapat dijadikan salah satu parameter perhitungan dalam merencanakan sebuah bangunan di perairan seperti pantai dan muara.

Analisis Perhitungan Tunggang Pasang

Perhitungan yang dapat dikalkulasi setelah mendapatkan nilai permukaan air laut yang tertinggi dan terendah pada hasil analisis pasang surut adalah dengan menghitung nilai tunggang pasang menggunakan persamaan (15):

Tunggang Pasang = HHWL – LLWL = 1,63 – (-0,03) = 1,66 meter

Maka dapat disimpulkan selisih beda tinggi maksimum yang dapat terjadi pada daerah Muara Sungai Poso adalah 1,66 meter dan diharapkan dapat dijadikan acuan dalam perencanaan infrastruktur atau bangunan pantai lainnya.

Kesimpulan

Jadi, ulasan perhitungan mengenai pasang surut dengan pemakaian Metode *Least Square* di wilayah perairan Muara Sungai Poso dilakukan, dapat disimpulkan antara lain:

1. Perhitungan mengenai parameter komponen harmonik mendapatkan hasil amplitudo untuk 9 parameter sebagai berikut : M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , M_4 dan MS_4 secara berurutan bernilai (0,317), (0,219), (0,044), (0,076), (0,186), (0,122), (0,084), (0,023) dan (0,038).
2. Setelah didapat nilai amplitudo maka penentuan tipe pasang surut pada area riset Muara Sungai Poso adalah Campur Condong ke Harian Ganda atau *Mixed Tides Prevailing Semidiurnal* dengan besaran bilangan *Formzahl* yaitu 0,5897.
3. Analisis mengenai elevasi penting untuk permukaan air laut rancangan pasang surut pada lokasi kajian adalah HHWL sebesar +1,63, MHWL sebesar +1,41, MSL sebesar +0,8, MLWL sebesar +0,19 dan LLWL sebesar -0,03 dimana selisih tunggang pasang bernilai 1,66 meter.

Konflik Kepentingan

Kajian analisis ini tidak ada pernyataan mengenai konflik kepentingan.

Ucapan Terima Kasih

Tuturan terima kasih diberikan kepada Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) yang sudah mendukung dalam penyusunan penelitian ini dalam penyediaan data.

Referensi

- [1] B. Triatmodjo, Perencanaan Pelabuhan. Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
- [2] O. S. R. Ongkosongko, Penerapan Pengetahuan dan Data Pasang-Surut. Jakarta: Puslitbang Oseanologi LIPI, 1989.
- [3] A. P. Trujillo dan H. V. Thurman, Essentials of Oceanography. New Jersey: Pearson Prentice Hall, Pearson Education Inc, pp. 534, 2008.
- [4] M. R. Leeder, Sedimentology, Process and Product. London: Chapman & Hall 2-6 Boundary Row, pp. 284, 1982.

- [5] A. A. Sentosa dan Y. Sugianti, "Sebaran Kelimpahan Meroplankton di Muara Sungai Poso," presented at Prosiding Forum Nasional Pemacuan Sumber Daya Ikan III, Bandung, Indonesia, 2011.
- [6] E. A. Kisanarti dan V. D. Prasita, *Pemodelan Hidrodinamika Muara Sungai*. Surabaya: Hang Tuah Press, 2019.
- [7] S. Assauri, *Teknik dan Metode Peramalan*. LPFE UI, Jakarta, 1991.
- [8] P. Haukkanen dan J. K. Merikoski, The Arithmetic Jacobian Matrix and Determinant, *Journal of Integer Sequences*, Vol. 20, Finland, 2017.
- [9] B. Triatmodjo, *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset, 1999.
- [10] Fadilah, Suripin dan D. P. Sasongko, Menentukan Tipe Pasang Surut dan Muka Air Rencana Perairan Laut Kabupaten Bengkulu Tengah Menggunakan Metode Admiralty, *Maspuri Journal* Vol. 6 (1), 2013.