



Model Matematis Peramalan Pasang Surut Menggunakan Metode *Least Square* Di Perairan Kabupaten Kubu Raya

Azwa Nirmala^{1*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura

*E-mail: azwanirmala@civil.untan.ac.id

Abstract

A mathematical model has been developed in this research. The aim of developing this mathematical model is to predict tidal phenomena that occur in the Jawi River (Kakap) and Nipah River, Kubu Raya Regency, West Kalimantan. The tidal model is prepared based on the least squares method. Calculations using this method will provide amplitude and phase values of the tidal harmonic components at the research location. Then, these values are used to develop a mathematical model to predict tides. In addition, tidal components are also used to calculate tidal water levels and determine tidal types. The calculation results show that the Jawi River (Kakap) has a mixed, mainly diurnal type with a mean water level elevation (MSL) of 0.541 m. Meanwhile, the tidal type of the Nipah River is a mixed, mainly semidiurnal with a mean water level elevation (MSL) of 0.348 m. Based on calculations using the least squares method, a mathematical model was also obtained to predict tides in the Jawi (Kakap) River and Nipah River. This mathematical model has a Root Mean Square Error (RMSE) value of 0.101 for the Jawi River (Kakap) and 0.136 for the Nipah River. The RMSE shows that the mathematical model developed has a good level of accuracy. Finally, the mathematical models, tidal types, and tidal elevations obtained in this research can be beneficial in planning construction development in these water areas.

Keywords: Model; Least Square Method; Prediction; Tides

Abstrak

Suatu model matematis telah dikembangkan pada penelitian ini. Tujuan dari pengembangan model matematis tersebut adalah untuk meramalkan fenomena pasang surut yang terjadi di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. Model pasang surut tersebut disusun berdasarkan metode kuadrat terkecil (*least square*). Perhitungan menggunakan metode tersebut akan memberikan nilai amplitudo dan fase dari komponen-komponen harmonik pasang surut di lokasi penelitian. Kemudian, nilai-nilai tersebut digunakan untuk menyusun suatu model matematis untuk meramalkan pasang surut. Selain itu, komponen-komponen pasang surut juga digunakan untuk menghitung elevasi muka air pasang surut dan menentukan tipe pasang surut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Sungai Jawi (Kakap) memiliki tipe pasang surut campuran harian ganda dengan elevasi muka air rerata (MSL) sebesar 0,541 m. Adapun, tipe pasang surut dari Sungai Nipah yaitu pasang surut campuran harian tunggal dengan elevasi muka air rerata (MSL) adalah 0,348 m. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode least square juga diperoleh model matematis untuk meramalkan pasang surut di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah. Model matematis tersebut mempunyai nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,101 untuk Sungai Jawi (Kakap) dan 0,136 untuk Sungai Nipah. Hal ini menunjukkan bahwa model matematis yang dikembangkan mempunyai tingkat akurasi yang baik. Akhirnya, model matematis, tipe pasang surut, dan elevasi pasang surut yang diperoleh pada penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam perencanaan pembangunan konstruksi di wilayah perairan tersebut.

Kata Kunci: Model; Metode Least Square; Prediksi; Pasang Surut

PENDAHULUAN

Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah adalah sungai pasang surut, dimana ketinggian muka air di sungai tersebut sangat dipengaruhi oleh fluktuasi muka air laut. Adanya pengaruh pasang surut air laut terhadap suatu sungai menyebabkan dalam merencanakan bangunan atau infrastruktur pada sungai tersebut harus mempertimbangkan fenomena pasang surut yang terjadi. Sebagai contoh, pembangunan intake kebutuhan air baku yang bersumber dari suatu sungai akan memerlukan analisis pasang surut pada sungai tersebut (Saputra, Gunawan, & Juliana, 2021). Adapun, data pasang surut yang diperlukan misalnya elevasi muka air pada saat pasang dan surut. Selanjutnya, pemanfaatan lahan rawa pasang surut juga untuk pertanian atau perkebunan juga membutuhkan informasi mengenai karakteristik pasang surut. Hal ini dikarenakan pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh kedalaman air tanahnya, dimana air tanah pada lahan rawa pasang surut sangat dipengaruhi oleh fluktuasi muka air di sungai atau laut (Hafiyyan, Marsudi, & Nurhayati, 2017; Susilawati, Nursyamsi, & Syakir, 2016). Contoh lainnya adalah perencanaan pembangunan krib sebagai dinding penahan erosi pada tebing sungai agar tidak terjadi pendangkalan akibat sedimentasi juga membutuhkan informasi pasang surut (Harlisa, Suyanto, & Nomeritae, 2020). Informasi mengenai pasang surut juga penting dalam mempelajari dan menjelaskan fenomena banjir akibat pasang surut (Hasibuan, Surbakti, & Sitepu, 2015). Oleh karena, karakteristik pasang surut pada suatu lokasi tidak selalu sama setiap harinya, maka diperlukan suatu model matematis yang mampu memprediksi fenomena pasang surut.

Pada studi ini, model matematis pasang surut dikembangkan berdasarkan metode kuadrat terkecil (*least square*). Metode tersebut biasa digunakan dalam memprediksi pasang surut pada suatu perairan. Kelebihan dari metode *least square* adalah mampu mengolah berapapun data pasang surut yang ada (Denafiar, Nugraha, & Awaluddin, 2017). Output dari perhitungan menggunakan metode kuadrat terkecil berupa nilai fase dan amplitudo dari masing-masing komponen harmonik pasang surut. Selanjutnya, model matematis peramalan pasang surut disusun berlandaskan nilai amplitudo dari komponen harmonik tersebut. Hasil peramalan yang diperoleh dari model tersebut akan dibandingkan dengan data lapangan untuk diperoleh nilai RMSE nya. Berdasarkan nilai RMSE tersebut dapat dilihat tingkat keakuratan model dalam menggambarkan kondisi pasang surut di lokasi penelitian (Ichsari dkk., 2020). Pada penelitian ini, hasil perhitungan harmonik dengan metode *least square* juga diaplikasikan untuk memperoleh tipe dan karakteristik pasang surut pada perairan yang diteliti. Akhirnya, model matematis peramalan, tipe, dan karakteristik pasang surut tersebut diharapkan dapat berguna sebagai referensi dalam perencanaan infrastruktur pada wilayah perairan yang diteliti.

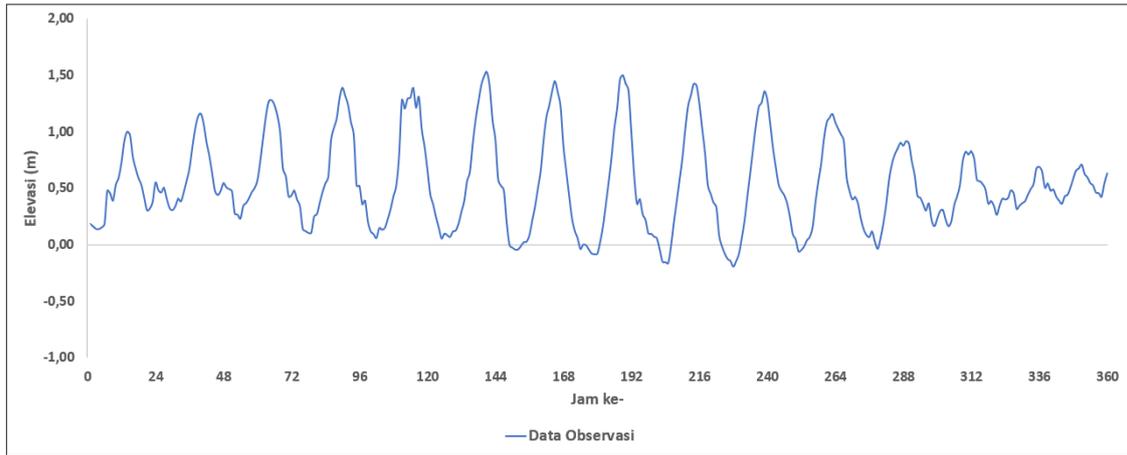
METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

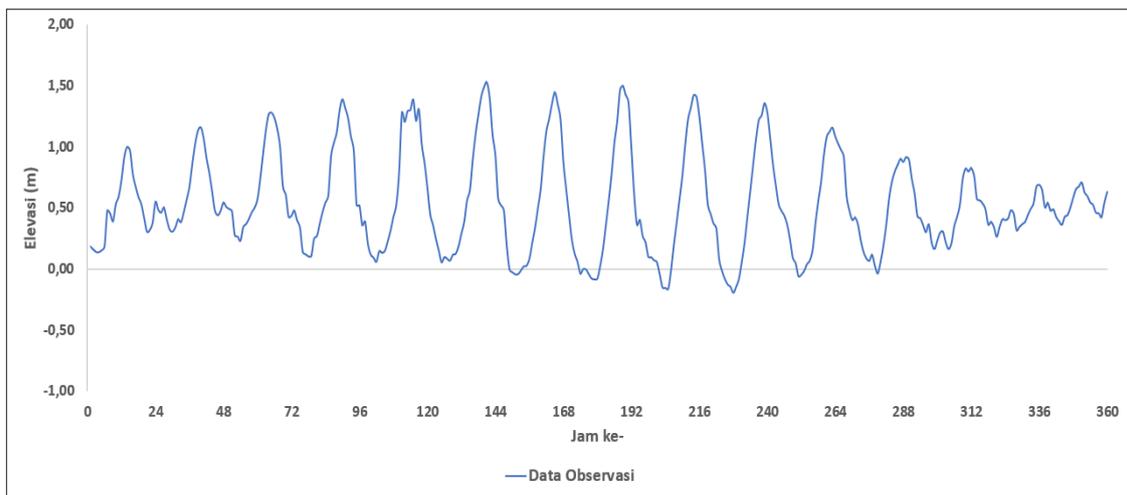
Model matematis pada penelitian ini disusun berdasarkan fenomena pasang surut di dua perairan yang berada di wilayah Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat, Indonesia. Kedua perairan tersebut adalah Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah.

B. Data

Data yang digunakan sebagai dasar dalam menyusun model matematis peramalan pasang surut merupakan data primer. Data tersebut berupa data pasang surut selama 15 hari yang dikumpulkan setiap jamnya selama 24 jam. Pengumpulan data dimulai dari pukul 00.00 WIB tanggal 1 Mei 2023 sampai pukul 23.00 WIB tanggal 15 Mei 2023. Kondisi pasang surut selama 15 hari di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah disajikan dalam Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Data Observasi Selama 15 Hari Di Sungai Jawi (Kakap)



Gambar 2. Data Observasi Selama 15 Hari Di Sungai Nipah

C. Metode *Least Square*

Studi ini menggunakan metode kuadrat terkecil (*least square*) untuk melakukan analisis harmonik pasang surut. Hasil analisis harmonik tersebut adalah fase dan amplitudo dari tiap komponen harmonik pasang surut. Metode *least square* merupakan suatu metode ilmiah dengan prinsip perhitungan menampilkan data dengan interval waktu tertentu dan membutuhkan data di masa lalu untuk memprediksi kondisi di masa mendatang (Mardika & Pratama, 2021). Penyelesaian komponen harmonik dengan metode *least square* akan menghasilkan jumlah selisih kuadrat minimum yang mungkin untuk serangkaian pengamatan data pasang surut dengan panjang pengamatan tertentu (Madah, 2020). Adapun, persamaan umum yang digunakan dalam metode *least square* adalah sebagai berikut:

$$h(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^n H_n \cos(\omega_n t_i + g_n) \quad (1)$$

$$h(t) = Z_0 + \sum_{i=1}^n A_n \cos(\omega_n t_i) - \sum_{i=1}^n B_n \sin(\omega_n t_i) \quad (2)$$

$$B_n = H_n \sin(g_n) ; A_n = H_n \cos(g_n) \quad (3)$$

$$H_n = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \quad (4)$$

$$g_n = \tan^{-1} \left(\frac{B_n}{A_n} \right) \quad (5)$$

Dimana $h(t)$ adalah prediksi elevasi muka air pada jam ke- i , n adalah banyaknya komponen harmonik pasang surut, Z_0 adalah elevasi muka air rerata, H_n dan ω_n adalah amplitudo dan kecepatan sudut dari komponen atau konstanta harmonik pasang surut ke- n secara berturut-turut.

Berikut ini adalah prosedur perhitungan menggunakan metode least square:

1. Memasukkan data observasi pasang surut.
2. Menentukan periode dan kecepatan sudut untuk setiap komponen harmonik pasang surut.
3. Mendefinisikan matriks observasi.

Matriks ini disusun berdasarkan data pengamatan pasang surut pada lokasi penelitian. Jika observasi pasang surut dilaksanakan dengan durasi 15 hari dan pencatatan data dilakukan setiap 1 jam, maka matriks observasi $[L]$ memiliki dimensi 1×360 .

$$[L] = \begin{bmatrix} ht_1 \\ \vdots \\ ht_{360} \end{bmatrix} \quad (6)$$

4. Mendefinisikan matriks desain.

Selanjutnya adalah matriks desain yang disusun berdasarkan nilai kecepatan sudut (ω) dari setiap komponen harmonik dan jam pengamatan (t). Berikut matriks desain $[A]$ untuk mencari 9 komponen harmonik pasang surut:

$$[A] = \begin{bmatrix} 1 & \cos(\omega_1 t_1) & -\sin(\omega_1 t_1) & \cdots & \cos(\omega_9 t_1) & -\sin(\omega_9 t_1) \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & \vdots \\ 1 & \cos(\omega_1 t_i) & -\sin(\omega_1 t_i) & \cdots & \cos(\omega_9 t_i) & -\sin(\omega_9 t_i) \end{bmatrix} \quad (7)$$

5. Menghitung matriks parameter

Untuk memperoleh matriks parameter dihitung berdasarkan matriks observasi dan matriks desain yang telah didefinisikan sebelumnya.

$$[X] = (A^T A)^{-1} A^T L \quad (8)$$

Dimana

$$[X] = \begin{bmatrix} Z_0 \\ A_1 \\ B_1 \\ \vdots \\ B_8 \\ A_9 \\ B_9 \end{bmatrix}$$

6. Hitung nilai amplitudo dan fase untuk setiap komponen atau konstanta harmonik. Perhitungan fase dan amplitudo dari setiap komponen dilakukan dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

D. Bilangan Formzahl

Hasil analisis harmonik dengan metode ilmiah least square adalah nilai komponen harmonik pasang surut. Nilai-nilai tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung bilangan Formzahl. Bilangan tersebut dihitung dengan cara membagi hasil penjumlahan nilai amplitudo K_1 dan O_1 dengan hasil penjumlahan nilai amplitudo M_2 dan S_2 . Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk menghitung bilangan Formzahl (F)(Pugh, 1987):

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

Dimana A menunjukkan amplitudo dan subskrip K_1 , O_1 , M_2 , dan S_2 menunjukkan komponen harmonik pasang surut.

Selanjutnya, tipe atau jenis dari pasang surut di suatu perairan dapat ditentukan dengan mengacu pada besarnya bilangan formzahl pada perairan tersebut. Berdasarkan bilangan Formzahl, pasang surut suatu perairan dapat diklasifikasikan kedalam 4 tipe pasang surut (Pugh, 1987). Jika bilangan Formzahnya lebih dari 3, maka perairan tersebut diklasifikasikan kedalam bentuk pasang surut harian tunggal (*diurnal form*). Selanjutnya, perairan dengan bilangan Formzahl antara 1,5 sampai 3 diklasifikasikan kedalam bentuk pasang surut campuran harian tunggal (*mixed, mainly diurnal*). Perairan dengan bilangan Formzahl yang berada diantara 0,25 dan 1,5 digolongkan kedalam pasang surut campuran harian ganda (*mixed, mainly semidiurnal*). Terakhir, perairan yang bilangan Formzahnya kurang dari 0,25 dapat digolongkan sebagai pasang surut harian ganda (*semidiurnal form*).

E. Elevasi Pasang Surut

Perhitungan elevasi muka air pasang surut dihitung berdasarkan besaran amplitudo dari empat komponen harmonik yaitu P_1 , M_2 , S_2 , dan O_1 . Elevasi muka air yang dihitung pada penelitian ini adalah muka air saat pasang tertinggi (HHWL), muka air saat surut terendah (LLWL), rerata muka air pasang (MHWL), rerata muka air surut (MLWL), dan muka air rata-rata (MSL). Adapun formula untuk memperoleh nilai-nilai tersebut dapat dilihat pada persamaan (10) sampai (14).

$$HHWL = Z_o + A_{M_2} + A_{S_2} + A_{K_1} + A_{O_1} \quad (10)$$

$$MLWL = Z_o + A_{M_2} + A_{K_1} + A_{O_1} \quad (11)$$

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

$$MLWL = Z_o - A_{M_2} - A_{K_1} - A_{O_1} \quad (13)$$

$$MLWL = Z_o - A_{M_2} - A_{S_2} - A_{K_1} - A_{O_1} \quad (14)$$

dengan Z_o adalah muka air rata-rata.

F. Model Pasang Surut

Pada studi ini, suatu model matematis disusun menggunakan 9 komponen harmonik. Nilai amplitudo dan fase dari 9 komponen tersebut disubstitusikan ke dalam persamaan (1), sehingga diperoleh suatu model matematis. Setelah itu, model matematis tersebut diaplikasikan untuk memprediksi fenomena pasang surut pada lokasi penelitian. Kemudian, hasil prediksi atau peramalan tersebut dihitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) untuk setiap model yang diperoleh. Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana akurasi model dalam meramalkan pasang surut yang terjadi. Untuk memperoleh nilai RMSE dari suatu model dapat digunakan persamaan (15).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \hat{h}_i)^2}{n}} \quad (15)$$

dengan h_i adalah nilai pasang surut hasil observasi ke- i , \hat{h}_i adalah nilai hasil prediksi pasang surut oleh model ke- i , dan n adalah banyaknya data.

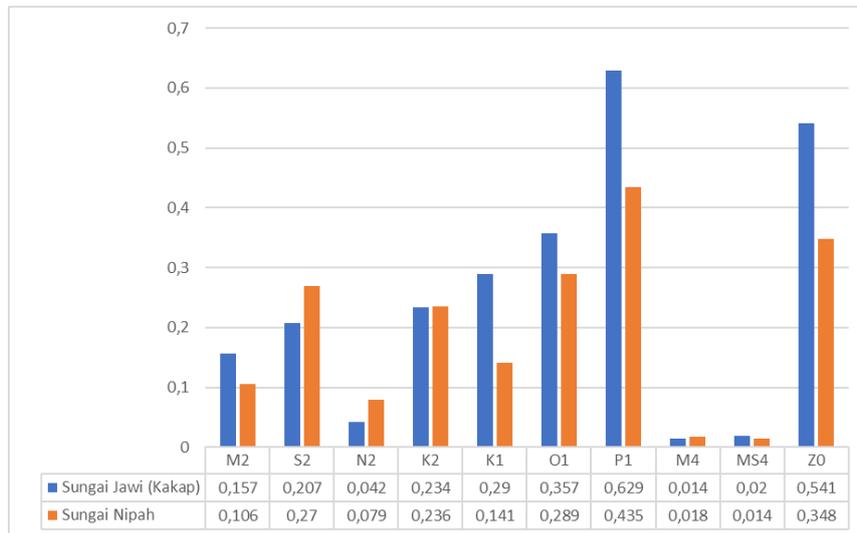
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komponen Harmonik Pasang Surut

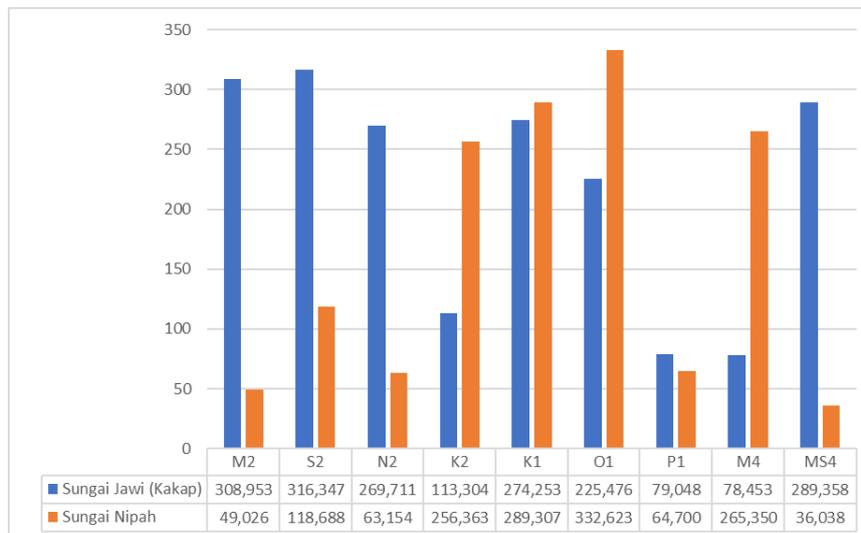
Nilai amplitudo dan fase untuk 9 komponen pasang surut sebagai luaran dari perhitungan metode least square ditampilkan dalam grafik batang pada Gambar 3 dan 4. Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa komponen harmonik pasang surut dengan nilai terbesar untuk Sungai Jawi dan Sungai Nipah adalah komponen P_1 . Adapun nilai untuk komponen P_1 di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah adalah 0,6294 m dan 0,4347 m secara berturut-turut. Hal ini menunjukkan bahwa komponen pembangkit dari

pasang surut harian tunggal oleh efek deklinasi matahari (P1) mempunyai pengaruh yang sangat besar pada karakteristik pasang surut pada kedua sungai tersebut.

Gambar 3 juga menunjukkan bahwa komponen harmonik pasang surut dengan nilai terendah atau yang memiliki pengaruh paling kecil pada Sungai Jawi (Kakap) adalah komponen M4 dengan nilai sebesar 0,0143 m. Kondisi berbeda terjadi di Sungai Nipah, dimana pada sungai tersebut komponen harmonik dengan nilai terendah berada pada komponen MS4 dengan nilai sebesar 0,0139 m.



Gambar 3. Hasil Perhitungan Amplitudo Komponen Harmonik Pasang Surut



Gambar 4. Hasil Perhitungan Fase Komponen Harmonik Pasang Surut

B. Tipe Pasang Surut

Tahap selanjutnya adalah mengklasifikasikan jenis atau tipe dari fenomena pasang surut yang terjadi di kedua sungai yang diteliti. Penentuan tipe pasang surut ini dilakukan berdasarkan bilangan Formzahlnya. Hasil perhitungan diperoleh bahwa bilangan Formzahl sebesar 1,78 untuk Sungai Jawi (Kakap) dan 1,15 untuk Sungai Nipah. Berdasarkan hasil tersebut dapat diklasifikasikan bahwa Sungai Jawi memiliki tipe atau jenis pasang surut campuran harian tunggal. Karakteristik dari tipe tersebut adalah terjadi pasang dan surut sebanyak dua kali dengan periode dan ketinggian yang tidak sama dalam satu siklus pasang surut. Adapun, jenis atau tipe pasang surut untuk Sungai Nipah yakni pasang surut campuran harian ganda. Hal tersebut menunjukkan bahwa muka air di

Sungai Nipah mengalami pasang dan surut sebanyak dua kali setiap harinya, dimana dua pasang dan surut tersebut memiliki periode dan ketinggian yang sangat berbeda.

Tipe karakteristik pada kedua Sungai ini sangat dipengaruhi oleh besarnya amplitudo komponen harmonik K_1 , O_1 , M_2 , dan S_2 . Jika nilai amplitudo komponen K_1 dan O_1 jauh lebih besar daripada amplitudo komponen M_2 dan S_2 , maka tipe pasang surut suatu perairan akan condong menjadi harian tunggal (*diurnal*). Hal ini terjadi pada Sungai Jawi (Kakap), dimana penjumlahan dari amplitudo komponen K_1 dan O_1 lebih besar 1,78 kali dari penjumlahan amplitudo M_2 dan S_2 .

C. Elevasi Muka Air Pasang Surut

Untuk memperoleh elevasi muka air seperti HHWL, MHWL, MSL, MLWL, dan LLWL di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah dihitung dengan menggunakan nilai-nilai amplitudo komponen harmonik P_1 , M_2 , S_2 , dan O_1 yang telah diperoleh sebelumnya. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan persamaan (10) sampai (11). Hasil perhitungan elevasi-elevasi muka air tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Elevasi Muka Air Pasang Surut

| | HHWL (m) | MHWL (m) | MSL (m) | MLWL (m) | LLWL (m) |
|---------------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| Sungai Jawi (Kakap) | 1,552 | 1,345 | 0,541 | -0,264 | -0,471 |
| Sungai Nipah | 1,154 | 0,884 | 0,348 | -0,189 | -0,459 |

Tabel 1 menunjukkan bahwa elevasi muka air pasang tertinggi (HHWL) di Sungai Jawi (Kakap) sebesar 1,552 m (+1,011 m terhadap MSL) dan elevasi muka air surut terendahnya sebesar -0,471 m (-1,012 m terhadap MSL). Berdasarkan Tabel 1 juga dapat dilihat tinggi muka air tertinggi (HHWL) di Sungai Nipah adalah 1,154 m (+1,502 m terhadap MSL) dan muka air terendahnya (LLWL) adalah -0,459 m (-0,807 m terhadap MSL). Hal ini menunjukkan bahwa Sungai Jawi (Kakap) memiliki nilai elevasi pasang tertinggi lebih besar dibandingkan dengan Sungai Nipah. Selain itu, Sungai Jawi (Kakap) juga memiliki nilai elevasi surut terendah lebih rendah dibandingkan Sungai Nipah. Informasi mengenai elevasi muka air pasang surut ini akan berguna dalam perencanaan suatu konstruksi di wilayah perairan tersebut.

D. Model Matematis Pasang Surut

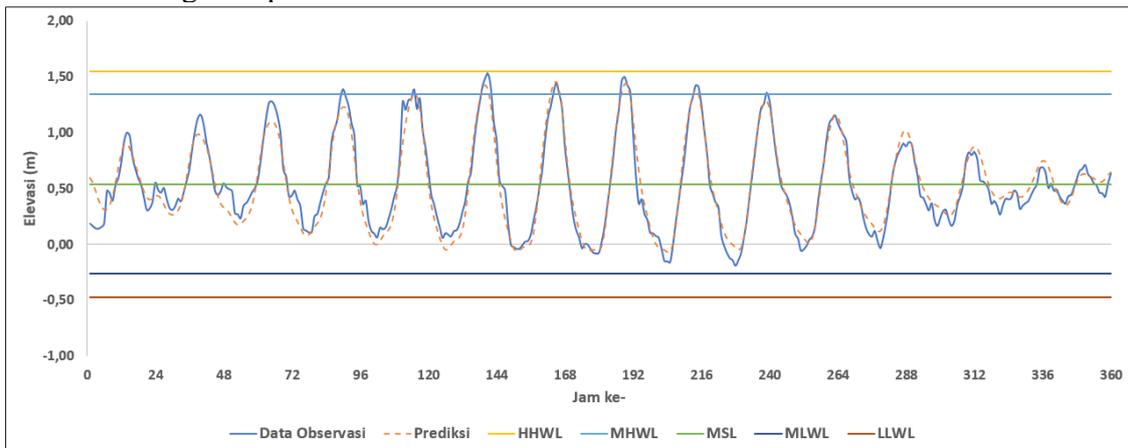
Terakhir, nilai komponen harmonik yang telah diperoleh diaplikasikan untuk menyusun suatu model matematis. Model tersebut nantinya dapat digunakan untuk meramalkan atau memprediksi pasang surut di lokasi penelitian. Berikut ini adalah model matematis yang diperoleh pada Sungai Jawi (Kakap):

$$ht_i = 0,541 + 0,629 \cos(14,96t_i + 79,048) + 0,014 \cos(57,96t_i + 78,453) + 0,020 \cos(58,98t_i + 289,358) + 0,234 \cos(30,08t_i + 113,304) + 0,207 \cos(30t_i + 316,347) + 0,157 \cos(28,98t_i + 308,953) + 0,042 \cos(28,44t_i + 269,711) + 0,357 \cos(13,94t_i + 225,476) + 0,290 \cos(15,04t_i + 274,253)$$

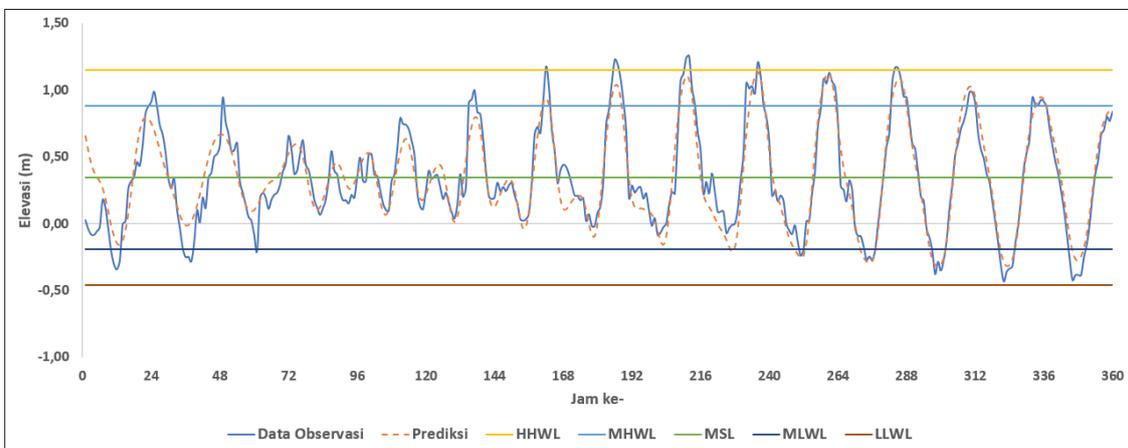
Adapun, model matematis untuk Sungai Nipah adalah sebagai berikut:

$$ht_i = 0,348 + 0,435 \cos(14,96t_i + 64,699) + 0,018 \cos(57,96t_i + 265,349) + 0,014 \cos(58,98t_i + 36,038) + 0,236 \cos(30,08t_i + 256,363) + 0,270 \cos(30t_i + 118,688) + 0,106 \cos(28,98t_i + 49,026) + 0,079 \cos(t_i + 63,154) + 0,289 \cos(13,94t_i + 332,623) + 0,141 \cos(15,04t_i + 289,307)$$

Berdasarkan model matematis yang telah diperoleh tersebut selanjutnya diperoleh prediksi pasang surut selama 15 hari untuk kedua sungai yang diteliti yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Prediksi Pasang Surut Di Sungai Jawi (Kakap)



Gambar 6. Prediksi Pasang Surut Di Sungai Nipah

Cara yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi model matematis yang telah diperoleh dalam memprediksi atau meramalkan fenomena pasang surut adalah dengan menghitung akar kuadrat dari rerata kesalahan kuadrat (RMSE). Hasilnya yaitu nilai RMSE untuk model matematis di Sungai Jawi adalah sebesar 0,101, sedangkan nilai RMSE untuk model matematis di Sungai Nipah adalah sebesar 0,136. Kedua nilai RMSE tersebut sangat dekat dengan nol yang berarti menunjukkan bahwa kedua model matematis tersebut mempunyai akurasi sangat baik dalam meramalkan fenomena pasang surut yang terjadi. Berdasarkan nilai RMSE tersebut juga dapat dilihat bahwa model matematis untuk Sungai Jawi (Kakap) akurasinya lebih baik dibandingkan Sungai Nipah, karena nilai RMSE model matematis untuk Sungai Jawi lebih kecil dibandingkan nilai RMSE model matematis untuk Sungai Nipah.

PENUTUP

A. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang diperoleh berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada bagian sebelumnya, yaitu; komponen harmonik P1 menjadi komponen yang paling dominan di Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah. Hal ini menunjukkan bahwa komponen pembangkit pasang surut harian tunggal oleh deklinasi matahari sangat mempengaruhi tipe dan karakteristik pada kedua sungai tersebut. Tipe pasang surut di Sungai Jawi (Kakap) diklasifikasikan ke dalam pasang surut campuran

harian ganda (*mixed, mainly semidiurnal*) dan untuk Sungai Nipah diklasifikasikan ke dalam pasang surut campuran harian tunggal (*mixed, mainly diurnal*). Sungai Jawi (Kakap) mempunyai nilai muka air pasang paling tinggi (HHWL), muka air rerata (MSL), dan rerata muka air pasang (MHWL) yang lebih tinggi daripada Sungai Nipah. Kemudian, nilai muka air surut terendah (LLWL) dan rata-rata muka air surut (MLWL) di Sungai Jawi (Kakap) lebih rendah dibandingkan Sungai Nipah. Serta model matematis peramalan pasang surut untuk Sungai Jawi (Kakap) dan Sungai Nipah mempunyai akurasi yang baik. Hal ini dapat dilihat dari nilai RMSE untuk kedua model tersebut yang mendekati nol, yaitu 0,101 untuk Sungai Jawi (Kakap) dan 0,136 untuk Sungai Nipah.

B. Saran

Model matematis yang telah diperoleh dalam penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam perencanaan suatu konstruksi pada wilayah perairan yang diteliti, seperti dermaga, jetty, dan lain sebagainya. Dan perhitungan pada studi atau penelitian selanjutnya dapat dilakukan berdasarkan pada rentang data pengamatan yang lebih panjang dengan maksud melihat bagaimana pengaruh panjang data terhadap hasil perhitungan. Serta perlu dilakukan perhitungan menggunakan metode lain seperti metode *Fast Fourier Transform*, sehingga diperoleh metode mana yang paling cocok dalam analisis pasang surut di lokasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Denafiar, F. S., Nugraha, A. L., & Awaluddin, M. (2017). Pembuatan Program Penentuan Konstanta Harmonik Dan Prediksi Data Pasang Surut Dengan Menggunakan Visual Basic For Application (VBA) Ms. Excel. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4).
- Hafiyyan, Q., Marsudi, & Nurhayati. (2017). Dinamika Aliran Air Tanah Pada Lahan Rawa Pasang Surut. *JeLAST*, 4(4). <http://dx.doi.org/10.26418/jelast.v4i4.22967>
- Harlisa, P. S., Suyanto, H., & Nomeritae. (2020). Perencanaan Bangunan Krib Untuk Mencegah Bahaya Erosi Di Tebing Sungai Seruyan. *Jurnal Teknika*, 3(2).
- Hasibuan, R. D., Surbakti, H., & Sitepu, R. (2015). Analisis Pasang Surut Dengan Menggunakan Metode Least Square dan Penentuan Periode Ulang Pasang Surut Dengan Metode Gumbel Di Perairan Boom Baru dan Tanjung Buyut. *Maspari Journal*, 7(1), 35–48.
- 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. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i2.7985>
- Madah, F. A. (2020). The amplitudes and phases of tidal constituents from Harmonic Analysis at two stations in the Gulf of Aden. *Earth Systems and Environment*, 4(2), 321–328. <https://doi.org/10.1007/s41748-020-00152-y>
- Mardika, M. G. I., & Pratama, M. I. (2021). Analisis Pasang Surut Menggunakan Metode Least Square di Wilayah Perairan Muara Sungai Poso. *Journal of Infrastructure Planning and Design*, 1(2), 1–8.
- Pugh, D. (1987). *Tides, surges, and mean sea-level*. Chichester ; New York: J. Wiley.
- Saputra, A., Gunawan, T. A., & Juliana, I. C. (2021). Analisis Pasang Surut di Perairan Sungai Musi Menggunakan Metode Least Square (Studi Kasus Intake Air Baku Sistem Gandus Kota Palembang). *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 9(2), 115–124. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v9i2.57>
- Susilawati, A., Nursyamsi, D., & Syakir, M. (2016). Optimalisasi Penggunaan Lahan Rawa Pasang Surut Mendukung Swsembada Pangan Nasional. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 10(1), 51–64.