

**PEMODELAN ARUS PASANG SURUT MENGGUNAKAN METODE NUMERIK DI PERAIRAN
PULAU SIPORA SUMATERA BARAT PADA BULAN MARET 2025**

**TIDAL CURRENT MODELING USING NUMERICAL METHODS IN THE WATERS OF
SIPORA ISLAND, WEST SUMATRA IN MARCH 2025**

¹Feri Martin*, ²Arochim

¹Program Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, UNIB, Bengkulu, Sumatera, Indonesia

²Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut, Jakarta, Indonesia

*Koresponden penulis: ferimartin1503 @gmail.com

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang pemodelan arus laut di perairan Pulau Sipora Kepulauan Mentawai Sumatera Barat. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan pemahaman dan wawasan terhadap pengelolaan dan menganalisa pemodelan pasang surut khususnya dilokasi penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data dari Badan Informasi Geospasial (BIG), melaksanakan simulasi hidrodinamika untuk memprediksikan pasang surut dan arus, serta informasi terkait karakteristik arus melalui studi literatur dan pemodelan numerik. Data tersebut kemudian diverifikasi dengan data dari BIG dan dianalisis untuk mengetahui karakteristik arus pasang surut. Hasil analisis menunjukkan bahwa arus pasang surut perairan Pulau Sipora mempunyai arah dominan Tenggara saat menuju pasang dan pasang tertinggi, sedangkan saat menuju surut dan surut terendah arah arus bergerak ke arah Utara dan Barat Laut. Kecepatan arus tertinggi pada saat menuju pasang dan surut terendah dengan nilai sekitar 0,016 sampai 0,032m/s dan pada saat surut terendah 0,030 sampai 0,040m/s. Kecepatan arus di Pulau Sipora mengikuti elevasi pasut. Pada elevasi muka air laut perairan didapatkan hasil menuju pasang tertinggi dengan nilai 0,037meter, saat pasang tertinggi dengan nilai 0,060meter, saat menuju surut terendah 0,180meter dan saat surut terendah 0,48meter

Kata Kunci: Pasang Surut, Model Aliran, Pulau Sipora

Abstract

This research discusses modeling ocean currents in Sipora Island, Mentawai Islands, West Sumatra. The aim of this research is to provide understanding and insight into the management and analysis of tidal modeling especially in the research region. The method used in this research is collecting data from Badan Informasi Geospasial (BIG), conducting hydrodynamics simulation to predicts the tide and surface currents condition, and information related to current characteristics through literature studies and numerical modeling. The data was then verified with data from BIG and analyzed to determine the characteristics of tidal currents. The results of the analysis show that the tidal currents in the waters of Sipora Island have a dominant southeast direction when heading towards the highest tides and high tides, while when heading towards the lowest ebbs and flows the direction of the current moves towards the North and Northwest. The highest current speed is at the lowest ebb and flow with a value of around 0,016 to 0,032m/s and at the lowest ebb is 0,030 to 0,040m/s. The current speed on Sipora Island follows the tidal elevation. In terms of sea level elevation, the results obtained at the highest tide were 0,037m, at the highest tide the value was 0,060m, at the lowest low tide it was 0,180m and at the lowest low tide it was 0,48m

Keyword: Tide, Flow Model, Pulau Sipora

1. PENDAHULUAN

Pulau Sipora bagian dari Kepulauan Mentawai di Sumatera Barat, memiliki karakteristik oseanografi yang unik. Perairan di sekitar pulau ini dipengaruhi oleh arus pasang surut dari Samudera Hindia, yang dapat memengaruhi aktivitas nelayan dan transportasi laut. Namun, studi spesifik mengenai pola arus pasang surut di perairan

Pulau Sipora masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami dinamika arus di wilayah ini.

Pasang surut merupakan fenomena perubahan tinggi permukaan air laut yang terjadi secara berkala. Perubahan ini disebabkan oleh gaya gravitasi benda-benda langit, terutama bulan dan matahari, yang memengaruhi massa air laut di bumi (Rizki

Effendi *et al.*, 2107). Perubahan tersebut berlangsung secara periodik dalam bentuk siklus naiknya permukaan air (pasang) dan turunnya permukaan air (surut). Selain dipengaruhi oleh gaya gravitasi, variasi ketinggian muka air laut juga dapat dipengaruhi oleh faktor lain seperti hembusan angin, intensitas curah hujan, serta kondisi iklim yang turut berkontribusi terhadap dinamika perubahan tersebut seiring waktu (Ismunarti & Rochaddi, 2015).

Arus pasang surut merupakan pergerakan horizontal massa air yang bergerak mendekati atau menjauhi pantai sesuai dengan perubahan ketinggian permukaan laut. Perubahan ini terjadi akibat gaya-gaya yang mempengaruhi pasang surut. Kecepatan maksimum dan minimum arus pasang surut ditentukan oleh perbedaan elevasi antara saat air mencapai titik tertinggi (pasang) dan titik terendah (surut) (Indrayanti *et al.*, 2021).

Arus laut diklasifikasikan menjadi empat jenis, yaitu arus yang dipengaruhi oleh perbedaan densitas, arus pasang surut, arus yang disebabkan oleh gelombang, dan arus yang dihasilkan oleh angin. Arus pasang surut merupakan pergerakan horizontal massa air laut yang terjadi akibat perubahan ketinggian permukaan laut, yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Arus ini mengalami perubahan arah secara periodik seiring dengan siklus pasang surut air laut.

Pemodelan numerik telah menjadi alat yang efektif dalam mempelajari dinamika arus pasang surut. Pemodelan arus pasang surut menggunakan metode numerik adalah pendekatan yang memanfaatkan persamaan matematika untuk mensimulasikan dinamika arus laut. Metode ini memungkinkan peneliti untuk memprediksi pola arus berdasarkan data *input* tertentu, seperti kondisi pasang surut, topografi dasar laut, dan parameter oseanografi lainnya. Menurut Rahma *et al.*, (2025) metode numerik dapat secara efektif menggambarkan pola arus dan gelombang, yang penting untuk perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir.

Perairan di sekitar Pulau Sipora dipengaruhi oleh arus pasang surut dari Samudra Hindia, yang dapat memengaruhi aktivitas nelayan dan transportasi laut.

Namun, studi spesifik mengenai pola arus pasang surut di perairan Pulau Sipora masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami dinamika arus di wilayah ini. Sehingga dilaksanakan penelitian pemodelan prediksi pasang surut dan arus laut di Pulau Sipora pada bulan Maret 2025 yang bertujuan agar mengetahui prediksi pasang surut dan juga arus laut di Pulau Sipora

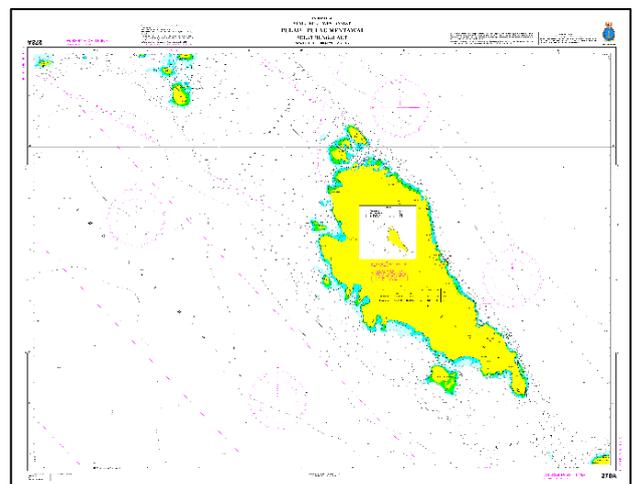
2. METODE

Penelitian ini menggunakan beberapa data, diantaranya adalah:

- a. Data pasang surut dengan menggunakan *Tidal Prediction of Heights Toolbox* yang telah tersedia sebagai *input* parameter model dan menggunakan data prediksi Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai validasi pasang surut hasil model.
- b. Data batimetri dan garis pantai didapatkan dari digitasi peta (PLI No.278).

Pengolahan data dimulai dengan melaksanakan pemodelan numerik dua dimensi untuk menganalisis arus pasang surut. Hasil pemodelan kemudian diverifikasi dengan metode RMSE yang membandingkan hasil simulasi pasang surut dan arus dari model dengan data BIG. Area model yang digunakan mencakup wilayah Pulau Sipora, khususnya Desa Simangkoyo dan Sipagugu.

Penelitian ini dilakukan dilokasi Perairan Pulau Sipora yang disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Laut Indonesia (PLI) No.278
(Sumber: Pushidrosal, 2013)

Persamaan kekekalan massa atau kontinuitas ditulis sebagai berikut (DHI, 2013):

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots\dots\dots(1)$$

dan persamaan momentum untuk 2 komponen horizontal x dan y ditulis sebagai berikut

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $h(x, y, t)$ = kedalaman air ($\eta - d, m$)
- $d(x, y, t)$ = kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
- $\eta(x, y, t)$ = elevasi permukaan (m)
- $p, q(x, y, t)$ = flux densities dalam arah x dan y ($m^3/s/m$) = (uh, vh); (u, v) = depth averaged velocities dalam arah x dan y
- $C(x, y)$ = Chezy resistace ($m^{1/3}/s$)
- g = kecepatan gravitasi (m/s^2)
- $V, V_x, V_y(x, y, t)$ = kecepatan angin dalam arah x dan y (m/s)
- $\Omega(x, y)$ = Coriolis parameter (s^{-1})
- $p_a(x, y, t)$ = tekanan atmosfer ($kg/m/s^2$)
- ρ_w = berat jenis air (kg/m^3)
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = shear stress

2.1 Pemodelan Arus Menggunakan Flow Model

Adapun proses pemodelan arus ini dengan modul *Flexible Mesh*. Tahapan yang dilaksanakan diantaranya yaitu:

1. *Pre-Processing model*, atau proses pengolahan data mentah. Data yang digunakan pada tahap ini adalah data batimetri perairan, data garis pantai dan data pasang surut untuk memodelkan arus totalnya. Data batimetri dan garis pantai diolah menjadi format (xyz). Kemudian dilakukan pembuatan *mesh* persegi pada wilayah yang ditentukan untuk

pemodelan dengan konfigurasi *arc properties* dari domain tersebut adalah kode barat (0), kode utara (2), kode timur (3) dan kode selatan (4).

2. *Processing Model*, pada tahap ini dilakukan setting parameter pemodelan, *input* pemodelan, *time control* jangka waktu pemodelan serta *Output set-up model*. Output yang dihasilkan pada tahap ini adalah *surface elevation, u-velocity, v-velocity, current direction* dan *current speed*

Proses pengaturan model Mike 21/3 secara umum disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Setup Model

Lama simulasi	31 hari
Jumlah <i>timestep</i>	745
Interval <i>timestep</i>	1 jam
<i>Simulation start time</i>	01/03/2025 00:00:00
<i>Simulation stop time</i>	02/04/2025 00:00:00
<i>Grid</i>	<i>Unstructured Grid</i>

3. *Post-processing Model*, pada tahap ini dilakukan esktraksi data pemodelan dianalisis lebih lanjut dan lakukan verifikasi model dengan data pasang surut BIG yang merupakan hasil observasi di lapangan.

2.2 Verifikasi Data

Akurasi dilakukan untuk mengetahui besarnya penyimpangan yang terjadi antara data dari hasil pengukuran di lapangan dengan data hasil simulasi model. Perhitungan akurasi yang dilakukan pada pemodelan kali ini menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE). RMSE merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, dimana semakin kecil (mendekati 0) nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat (Suprayogi, dkk., 2012). Nilai RMSE dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

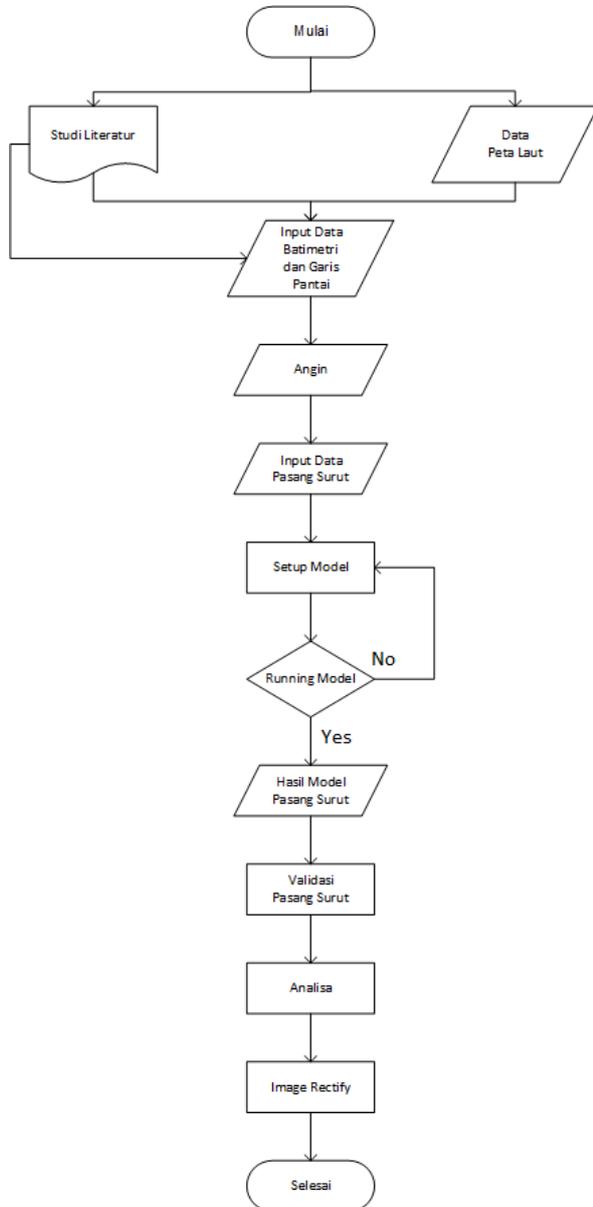
$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{X}_i - X_i]^2} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- $RMSE$ = akar dari rata-rata kuadrat kesalahan
- \hat{X}_i = hasil pemodelan
- X_i = data validasi

N = jumlah data

Pelaksanaan penelitian secara terstruktur dapat dilihat dari Gambar 2.

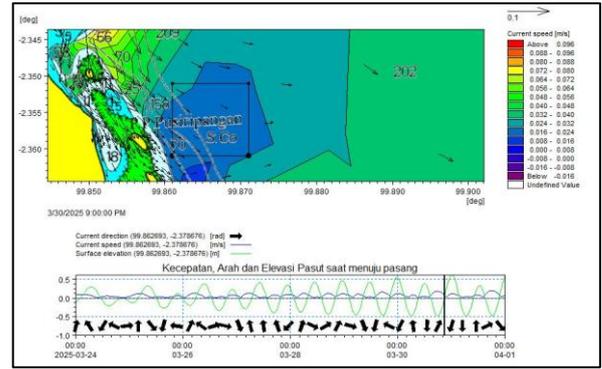


Gambar 2. Flowchart pengerjaan model

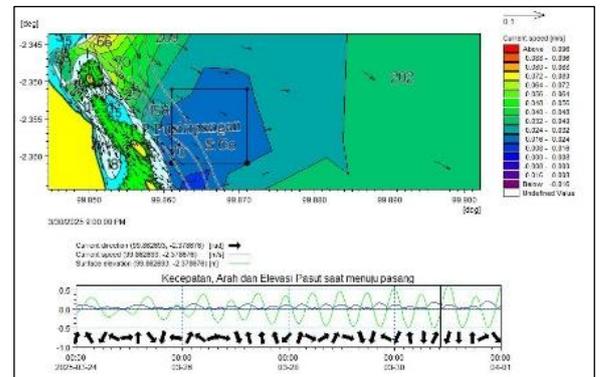
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kecepatan Dan Arah Arus Pasang Surut

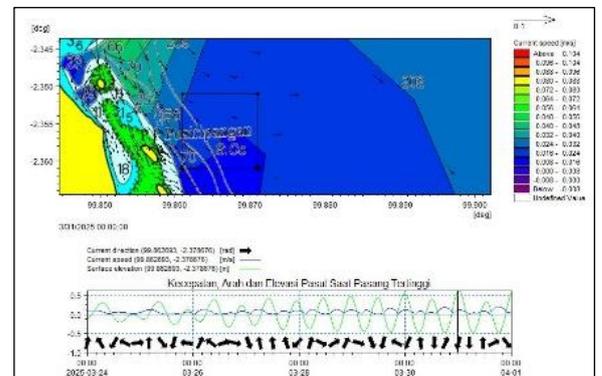
Hasil yang diperoleh dalam data pasang surut diperairan Pulau Sipora mendapatkan data kecepatan arus pasang surut dan Arah arus dengan 4 kondisi yaitu menuju pasang, pasang tertinggi, menuju surut dan surut terendah. Bisa dilihat pada Gambar 3-6.



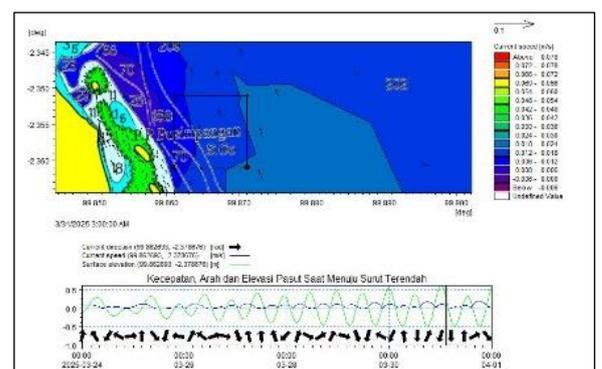
Gambar 3. Kecepatan arus pasut dan arah pada saat menuju pasang



Gambar 4. Kecepatan arus pasut dan arah pada saat pasang tertinggi



Gambar 5. Kecepatan arus pasut dan arah pada saat menuju surut



Gambar 6. Kecepatan arus pasut dan arah pada saat surut terendah

Gambar 3-6 menunjukkan kecepatan arus pasut pada 4 kondisi yaitu saat menuju pasang tertinggi pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 09:00 WIB, pada saat pasang tertinggi pada tanggal 31 Maret 2025 pukul 00:00 WIB, pada saat menuju surut terendah pada tanggal 31 Maret 2025 pukul 03:00 WIB dan saat surut terendah pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 06:00 WIB.

Berdasarkan hasil pemodelan yang sudah plot setiap titik diperoleh arah arus dan kecepatan arus saat menuju pasang tertinggi yaitu sekitar 0,016 sampai 0,032 m/s dengan arah arus bergerak menuju arah Tenggara, sedangkan pada saat tertinggi yaitu sekitar 0,016 sampai 0,024 m/s dengan arah arus Tenggara. Pada saat kecepatan menuju surut terendah yaitu sekitar 0,006 sampai 0,030 m/s dan arah arus menuju ke Utara, sedangkan saat surut terendah yaitu sekitar 0,030 sampai 0,040 m/s dengan arah arus bergerak ke barat laut. Jadi kecepatan arus yang sangat tinggi terjadi pada saat menuju pasang dengan nilai 0,016 sampai 0,032 dan pada saat surut terendah 0,030 sampai 0,040 m/s.

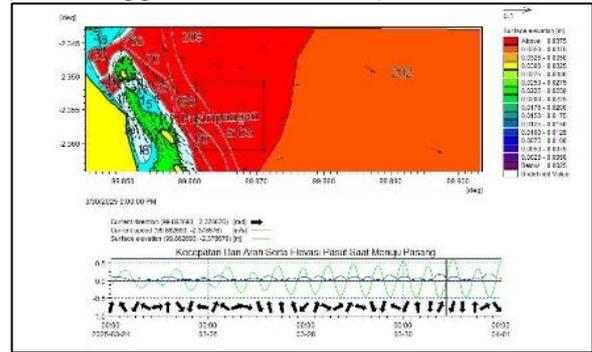
Hal ini dapat terjadi karena saat menuju pasang tertinggi volume air yang masuk meningkat dan menyebabkan perubahan elevasi permukaan laut lebih tinggi, sedangkan saat pasang tertinggi dan menuju surut terendah volume air laut berkurang menyebabkan elevasi permukaan air relatif kecil. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh (Indrayanti et al., 2021) kecepatan arus pasang surut maksimum dan minimum dipengaruhi oleh perbedaan tinggi elevasi saat air tinggi atau air rendah.

3.2 Elevasi Permukaan Air Laut

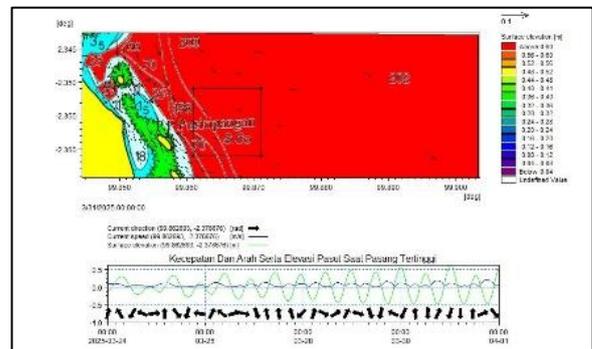
Hasil elevasi muka air laut sangat bervariasi dan berubah-ubah mengikuti pasang surut diperairan Pulau Sipora. Bisa dilihat yang sudah disajikan pada Gambar 7-10.

Gambar 7-10 menunjukkan elevasi muka air laut pada 4 kondisi pada 4 kondisi yaitu saat menuju pasang tertinggi pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 09:00 WIB, pada saat pasang tertinggi pada tanggal 31 Maret 2025 pukul 00:00 WIB, pada saat menuju surut terendah pada tanggal 31 Maret 2025

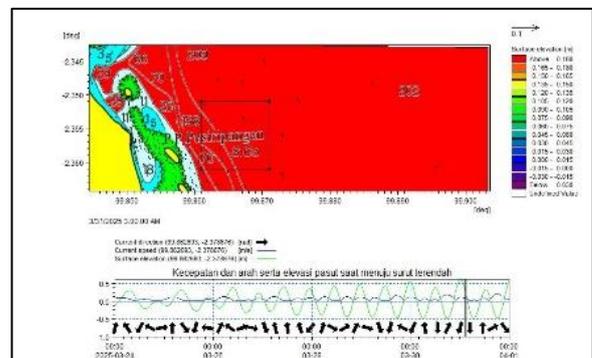
pukul 03:00 WIB dan saat surut terendah pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 06:00 WIB.



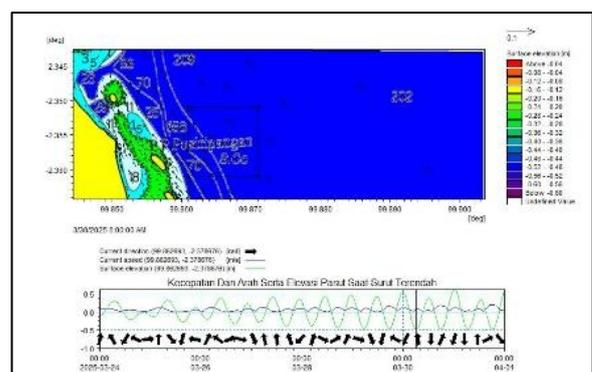
Gambar 7. Elevasi muka air laut pada saat menuju pasang



Gambar 8. Elevasi muka air laut pada saat pasang tertinggi



Gambar 9. Elevasi muka air laut pada saat menuju surut

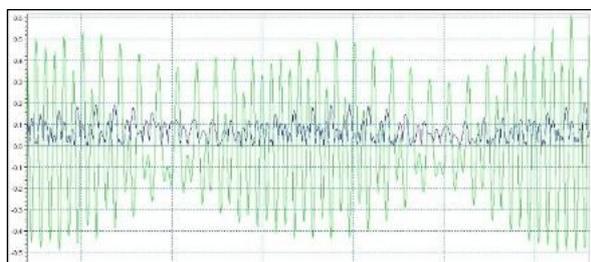


Gambar 10. Elevasi muka air laut pada saat surut terendah

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada saat menuju pasang nilai ketinggian permukaan air yang sudah di plot kotak dengan nilai 0,037 m, saat pasang tertinggi dengan nilai 0,060 m, saat menuju surut terendah 0,180 m dan saat surut terendah 0,48 m.

3.3 Time Series Pasang Surut

Time series pasang surut selama 1 bulan yang dimulai pada tanggal 1 Maret 2025. Bisa dilihat yang sudah disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Time series pasang surut pada Maret 2025



Gambar 12. Validasi pasang surut data mike 21 dengan data BIG selama 1 bulan

Berdasarkan hasil gambar 11 menunjukkan elevasi muka air laut pada 4 kondisi yaitu saat menuju pasang tertinggi pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 09:00 WIB, pada saat pasang tertinggi pada tanggal 31 Maret 2025 pukul 00:00 WIB, pada saat menuju surut terendah pada tanggal 31 Maret 2025 pukul 03:00 WIB dan saat surut terendah pada tanggal 30 Maret 2025 pukul 06:00. Hasil dari elevasi tersebut kemudian divalidasi menggunakan data prediksi pasang surut dari BIG (Badan Informasi Geografis) seperti pada Gambar 12 untuk melihat keakuratan hasil. Berdasarkan hasil nilai RMSE, didapatkan nilai RMSE antara hasil model dengan data BIG sekitar 0,262 yang

berarti nilai prediksi akurat. Menurut (Chai dan Draxler, 2014) jika RMSE bernilai 0, maka berarti selisih antara nilai prediksi dan nilai aktual adalah nol untuk semua data. Ini menunjukkan bahwa model memiliki prediksi yang sempurna.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa kecepatan arus yang sangat tinggi terjadi pada saat menuju pasang dengan nilai 0,016 sampai 0,032 dan pada saat surut terendah 0,030 sampai 0,040 m/s. Arah arus saat menuju pasang tertinggi bergerak ke arah Tenggara dan Pasang tertinggi bergerak ke arah Tenggara. Sedangkan arah arus saat menuju surut terendah bergerak ke arah Utara dan arah arus saat surut terendah bergerak ke arah barat laut. Elevasi permukaan laut pada saat menuju pasang nilai ketinggian permukaan air yang sudah di plot kotak dengan nilai 0,037m, saat pasang tertinggi dengan nilai 0,060, saat menuju surut terendah 0,180 dan saat surut terendah 0,48.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Komandan Pusat Hidro-Oceanografi TNI AL yang telah memberikan ijin dalam melaksanakan penelitian di Pusat Hidro-oceanografi. Terima kasih juga disampaikan kepada website ECMWF yang telah menyediakan data angin dan gelombang yang bisa digunakan sebagai input model.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? -Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- DHI. (2013). *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Hydrodynamic Module*. 14.
- Indrayanti, E., Sugianto, D. N., Purwanto, P., & Siagian, H. S. R. (2021). Identifikasi Arus Pasang Surut di Perairan Kemujan, Karimunjawa Berdasarkan Data Pengukuran Acoustic Doppler Current Profiler. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 247–254.

<https://doi.org/10.14710/jkt.v24i2.11049>

- Ismunarti, D. H., & Rochaddi, B. (2015). Studi Karakteristik dan Co-Range Pasang Surut di Teluk Lembar Lombok Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Oseanografi*, 4(1), 93–99. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jose>
- Rizki Effendi, Gentur Hanodoyo, & Heryoso Setiyono. (2107). Peramalan Pasang Surut di Sekitar Perairan Tempat Pelelangan Ikan (TPI) Banyutowo, Kabupaten Pati, Jawa Tengah. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 221–227.
- Rizaldi, M., Syamsidik, S. 2020. Analisis Pola Arus Pasang Surut di Perairan Pulau Sipora, Kepulauan Mentawai. *Jurnal Oseanografi Tropis*, 5(2), 134-145.
- Rahman, N. R. A., Zahrina, N., Yanfeto, B., Agassi, R. N. 2023. Pemodelan Arus Pasang Surut dan Gelombang 2D Dengan Metode Numerik Menggunakan Flow Model (FM) dan *Spectral Wave* (SW) Mike21 di Teluk Kwandang pada Bulan Januari 2023: *2D Tidal and Wave Modeling With Numerical Methods using Flow Model (FM) and Spectral Wave (SW) Mike21 in Kwandang Bay in January 2023. Jurnal Hidrografi Indonesia*, 5(2), 67-72.
- Suryadi, E., Surbakti, H. 2021. Identifikasi Pasang Surut Pulau Siberut, Sumatera Barat. *Ensiklopedia of Journal*, 3(2); 45-56.

