

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesisir adalah kawasan dengan dinamika lingkungan yang sangat kompleks karena menjadi zona pertemuan berbagai proses oseanografi (Arindra Putra *et al.*, 2025). Kompleksitas ini juga terlihat pada Pulau Madura yang terletak pada koordinat $112^{\circ}40'32''\text{BT}$ sampai dengan $114^{\circ}37'17''\text{BT}$ dan $6^{\circ}52'42''\text{LS}$. Letak geografis Pulau Madura menyebabkan wilayah ini dipengaruhi oleh karakteristik perairan yang berbeda pada masing-masing sisinya, sehingga menghasilkan dinamika oseanografi yang beragam (Yuliardi *et al.*, 2024). Pesisir utara Madura berhadapan langsung dengan Laut Jawa yang relatif terbuka, sedangkan bagian selatan Madura berinteraksi dengan perairan Selat Madura yang relatif dangkal dan bersifat semi-tertutup karena berada di antara Pulau Jawa dan Pulau Madura. Perbedaan karakteristik kedua perairan tersebut menyebabkan variasi kondisi hidrodinamika, termasuk dalam pola arus dan pasang surut (Dumatubun *et al.*, 2024).

Pasang surut merupakan proses oseanografi yang muncul akibat pengaruh gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap massa air laut. Fenomena ini menghasilkan perubahan muka air laut secara periodik yang berlangsung dalam pola harian dan bulanan. Karakter pasang surut di setiap wilayah pesisir dapat berbeda karena adanya variasi respons dinamika perairan terhadap gaya pembangkit pasut. Pemahaman mengenai pola perubahan muka air laut memiliki peran penting dalam kajian pesisir karena berpengaruh terhadap arus, pergerakan massa air, serta proses hidrodinamika lainnya. Analisis pasang surut memerlukan metode pengolahan data yang mampu memisahkan komponen harmonik secara tepat, sehingga pendekatan *least square* banyak digunakan untuk memperoleh parameter pasut yang akurat (Heriati *et al.*, 2017).

Metode *least square* dikenal sebagai metode statistik yang digunakan untuk meminimalkan selisih antara data observasi dan nilai model. Metode *least square* mampu menghasilkan konstanta harmonik dengan tingkat akurasi yang tinggi karena bekerja dengan prinsip meminimalkan jumlah kuadrat kesalahan antara hasil observasi dan model prediksi (Sutarto *et al.*, 2024). Metode *least square* juga dinilai efektif dalam menganalisis dan memprediksi data pasang surut jangka panjang serta mampu menekan pengaruh *noise* pada data observasi (Wicaksono *et al.*, 2024). Pendekatan ini bekerja dengan mencari parameter optimal melalui

proses perhitungan yang meminimalkan jumlah selisih yang dipangkatkan. Cara kerja tersebut membuat hasil estimasi lebih mendekati kondisi sebenarnya.

Komponen harmonik pasang surut terbentuk dari kombinasi pengaruh astronomis dan respons dinamis perairan yang menyusun sinyal pasang surut (Yuliardi & Prayogo, 2023). Masing-masing komponen harmonik memiliki frekuensi dan amplitudo tertentu yang mencerminkan karakteristik gaya pembangkit serta kondisi lokal suatu wilayah pesisir. Identifikasi komponen ini penting karena memungkinkan peneliti memahami pola dominan dan variasi temporal muka air laut secara lebih mendalam. Analisis komponen harmonik juga membantu meningkatkan akurasi pemodelan pasang surut pada berbagai kebutuhan oseanografi dan kelautan. Informasi mengenai komponen harmonik ini membantu menggambarkan pola perubahan muka air laut secara lebih jelasn (Zuhaira *et al.*, 2020).

Penelitian mengenai pasang surut di berbagai wilayah pesisir telah banyak dilakukan, tetapi karakteristik pasang surut di perairan Madura, baik di bagian utara maupun selatan, belum dikaji secara menyeluruh sehingga informasi yang tersedia masih terbatas. Kondisi ini menunjukkan adanya celah kajian yang belum menjelaskan perbedaan dinamika pasang surut antara wilayah utara dan selatan madura. Metode *least square* dipilih dalam penelitian ini karena memiliki kemampuan analisis yang baik dalam memisahkan komponen harmonik secara presisi. Pendekatan dengan menggunakan metode *least square* akan menghasilkan estimasi parameter pasang surut yang stabil sehingga dapat digunakan untuk menggambarkan variasi dinamika pasang surut secara lebih representatif.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian mengenai “Perbandingan Komponen Pasang Surut Di Pesisir Utara Dan Selatan Madura Menggunakan Metode *Least Square*” sebagai berikut :

1. Bagaimana estimasi amplitudo dan fase komponen harmonik pasang surut di Stasiun Pasean dan Stasiun Taddan berdasarkan data pengamatan selama 15 hari dan 1 tahun periode Agustus 2024 sampai Juli 2025?
2. Bagaimana perbandingan karakteristik estimasi komponen harmonik pasang surut pada periode pengamatan yang sama antara Stasiun Pasean yang berada di pesisir utara dan Stasiun Taddan yang berada di pesisir selatan?

3. Bagaimana kecenderungan tipe pasang surut di Stasiun Pasean dan Stasiun Taddan berdasarkan nilai *formzahl* yang dihitung dari estimasi amplitudo komponen harmonik utama?
4. Bagaimana tingkat kesesuaian hasil rekonstruksi model pasang surut menggunakan metode *least square* terhadap data observasi pada setiap segmen pengamatan berdasarkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE)?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah penelitian mengenai “Perbandingan Komponen Pasang Surut Di Pesisir Utara Dan Selatan Madura Menggunakan Metode *Least Square*” sebagai berikut :

1. Penelitian difokuskan pada perbandingan parameter pasang surut di pesisir utara Madura yang diwakili oleh Stasiun Pasean dan pesisir selatan Madura yang diwakili oleh Stasiun Taddan.
2. Penelitian dibatasi pada parameter harmonik pasang surut, perbandingan amplitudo komponen pasang surut, validasi model prediksi pasang surut, dan penentuan tipe pasang surut berdasarkan bilangan *formzahl*.
3. Data pasang surut yang digunakan merupakan data pengamatan selama 15 hari dan 1 tahun periode Agustus 2024 sampai Juli 2025.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Menganalisis estimasi amplitudo dan fase komponen harmonik pasang surut di Stasiun Pasean dan Stasiun Taddan berdasarkan data pengamatan 15 hari dan 1 tahun (Agustus 2024 sampai Juli 2025).
2. Membandingkan karakteristik estimasi komponen harmonik pasang surut pada periode yang sama antara Stasiun Pasean (pesisir utara) dan Stasiun Taddan (pesisir selatan).
3. Menganalisis kecenderungan tipe pasang surut di Stasiun Pasean dan Taddan berdasarkan nilai *formzahl* yang dihitung dari estimasi amplitudo komponen utama.
4. Mengevaluasi kesesuaian hasil rekonstruksi model pasang surut dengan metode *least square* terhadap data observasi pada tiap segmen pengamatan dengan menggunakan RMSE dan MAPE.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai parameter pasang surut dan perbandingan amplitudo komponen harmonik di pesisir utara dan selatan Pulau Madura.
2. Memberikan informasi mengenai tingkat ketelitian model prediksi pasang surut berdasarkan nilai RMSE dan MAPE.
3. Menjadi referensi bagi peneliti, akademisi, dan instansi terkait dalam analisis pasang surut serta pengelolaan kawasan pesisir utara dan selatan Madura berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan metode *least square*.