

## Analisis Karakter Gelombang Laut di Selat Madura Periode Tahun 2024

**Sutjipto<sup>1</sup>, Widodo Setiyo Pranowo<sup>2,3</sup>, Viv Djanat Prasita<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Prodi S2 Magister Teknik Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Puspiptek BRIN, Serpong, Tangerang Selatan, Jawa Barat.

<sup>3</sup>Prodi S2 Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut, Kampus STTAL Hidros, Kodamar TNI-AL, Kelapa Gading Barat, Jakarta Utara, DKI Jakarta

Korespondensi: [sutjiptosuntoro@gmail.com](mailto:sutjiptosuntoro@gmail.com)

Diterima: 16 Agustus 2025; Direvisi: 5 November 2025; Disetujui: 11 November 2025

### **Abstrak**

Selat Madura merupakan wilayah perairan dengan dinamika gelombang yang dipengaruhi oleh faktor oseanografi dan meteorologi, khususnya angin muson dan transisi antar-musim. Penelitian ini bertujuan menganalisis variasi spasial-temporal karakter gelombang laut sepanjang tahun 2024. Data sekunder diperoleh dari arsip CMEMS *Marine Copernicus* dengan resolusi temporal 3 jam, kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) melalui tahapan normalisasi, penyaringan anomali, dan visualisasi. Analisis menunjukkan bahwa tinggi gelombang bervariasi antara 0,02–2,2 m dengan arah dominan ke timur dan timur laut. Gelombang tertinggi terjadi pada bulan Maret (2,2 m) dipengaruhi transisi pancaroba, sementara gelombang relatif rendah tercatat pada November (0,02 m). Pola muson barat menghasilkan gelombang lebih tinggi dengan arah ke timur laut, sedangkan muson timur cenderung menghasilkan gelombang stabil ke arah timur. Pergeseran pola gelombang pada musim pancaroba menunjukkan pengaruh kuat perubahan atmosfer regional. Temuan ini menegaskan bahwa variasi musiman dan transisi iklim lokal sangat menentukan dinamika gelombang di Selat Madura. Hasil penelitian berimplikasi penting bagi navigasi, perencanaan infrastruktur maritim, serta mitigasi risiko pesisir.

**Kata kunci:** Gelombang laut, Muson, ODV, Selat Madura, Spasial-temporal

### **Abstract**

*The Madura Strait is a dynamic marine area strongly influenced by oceanographic and meteorological factors, particularly the seasonal monsoons and transitional periods. This study aims to analyze the spatio-temporal variations of ocean wave characteristics throughout 2024. Secondary data were obtained from the CMEMS *Marine Copernicus* archive with a 3-hour temporal resolution and processed using *Ocean Data View* (ODV) through normalization, anomaly filtering, and visualization steps. Results indicate that significant wave heights ranged from 0.02 to 2.2 m with dominant directions toward the east and northeast. The highest waves occurred in March (2.2 m), influenced by transitional monsoon conditions, while the lowest were recorded in November (0.02 m). The west monsoon generated higher waves predominantly directed northeastward, whereas the east monsoon produced more stable waves directed eastward. Seasonal transitions demonstrated notable shifts in wave dynamics, highlighting the strong impact of regional atmospheric changes. These findings emphasize the critical role of seasonal variability and transitional periods in shaping wave dynamics in the Madura Strait. The outcomes provide valuable implications for navigation safety, maritime infrastructure planning, and coastal risk mitigation in this strategic region of Indonesia.*

**Key words:** Madura Strait, Monsoon, Ocean waves, ODV, Spatio-temporal analysis

## PENDAHULUAN

Wilayah pesisir dan laut merupakan kawasan dengan dinamika fisik yang kompleks dan dipengaruhi oleh interaksi berbagai faktor oseanografi serta meteorologi. Salah satu parameter penting dalam dinamika laut adalah gelombang, yang memiliki peran signifikan terhadap proses transportasi sedimen, erosi, akresi pantai, serta keselamatan pelayaran dan perencanaan infrastruktur maritim. Variabilitas gelombang dipengaruhi oleh arah dan kecepatan angin, kedalaman perairan, serta kondisi atmosfer regional dan global. Di kawasan tropis, khususnya Indonesia, faktor muson dan transisi antar-musim menjadi pengendali utama dalam pembentukan karakteristik gelombang laut (Triatmodjo, 2012; Komar, 1998).

Selat Madura, yang terletak di antara Pulau Jawa bagian timur dan Pulau Madura, merupakan jalur perairan strategis yang menghubungkan Laut Jawa dengan Selat Bali. Kawasan ini memiliki intensitas aktivitas maritim yang tinggi, baik untuk transportasi laut, perikanan, maupun kegiatan industri pesisir. Kondisi ini menjadikan Selat Madura rentan terhadap dinamika gelombang, terutama yang dipengaruhi oleh pola muson barat, muson timur, serta periode pancaroba. Meskipun demikian, kajian mendalam mengenai karakteristik gelombang di Selat Madura masih relatif terbatas dibandingkan wilayah lain di pesisir utara Jawa.

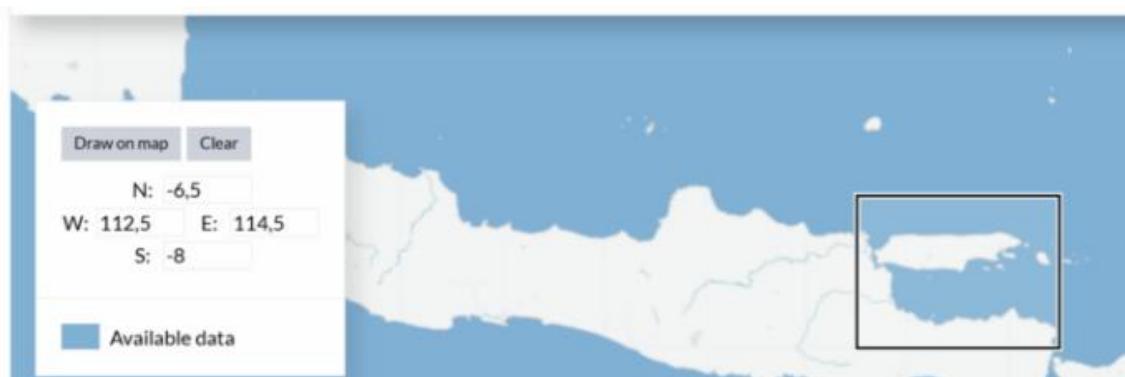
Siswanto dkk. (2014) melakukan penelitian tentang Studi Parameter Oseanografi di Perairan Selat Madura, Kabupaten Bangkalan. Penelitiannya mengkaji karakteristik parameter oseanografi di perairan Selat Madura, termasuk arus, pasang surut, dan gelombang. Hasil analisisnya menunjukkan bahwa arus di wilayah ini relatif kecil dengan arah dominan ke timur laut, timur, dan tenggara. Karakteristik gelombangnya menunjukkan kecenderungan meningkat setiap minggu dengan pola harian yang stabil. Sementara itu Saputro dkk. (2021) mengulas tentang pemodelan hidrodinamika arus laut di perairan Alur Perairan Barat Surabaya (APBS), Selat Madura. Dalam penelitiannya menggunakan metode pemodelan numerik berbasis *Finite Element Module* (FEM) untuk menganalisis pola pergerakan arus di Selat Madura pada musim barat dan musim timur.

Penelitian terdahulu di perairan Madura dan sekitarnya lebih banyak menitikberatkan pada arus pasang surut, sedimentasi, dan kualitas perairan, sedangkan studi mengenai variabilitas spasial-temporal gelombang dengan resolusi tinggi masih jarang dilakukan. Padahal, pemahaman yang lebih baik mengenai pola gelombang akan memberikan kontribusi penting bagi pengelolaan wilayah pesisir, perencanaan pelabuhan, serta mitigasi risiko bencana maritim.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis karakter gelombang laut di Selat Madura sepanjang tahun 2024 dengan menggunakan data observasi sekunder resolusi tinggi dari *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS). Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) sehingga dapat divisualisasikan secara spasial dan temporal. Hasil penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai pola musiman gelombang di Selat Madura serta implikasinya terhadap aktivitas maritim dan pengelolaan pesisir berkelanjutan.

## METODE PENELITIAN

Wilayah pengambilan sampling data penelitian berupa data pemetaan gelombang laut yang terletak pada posisi paling Utara di  $6,5^{\circ}$  LS; dan paling Selatan di  $8^{\circ}$  LS; serta posisi paling Timur di  $114,5^{\circ}$  BT dan paling Barat di  $112,5^{\circ}$  BT, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1.

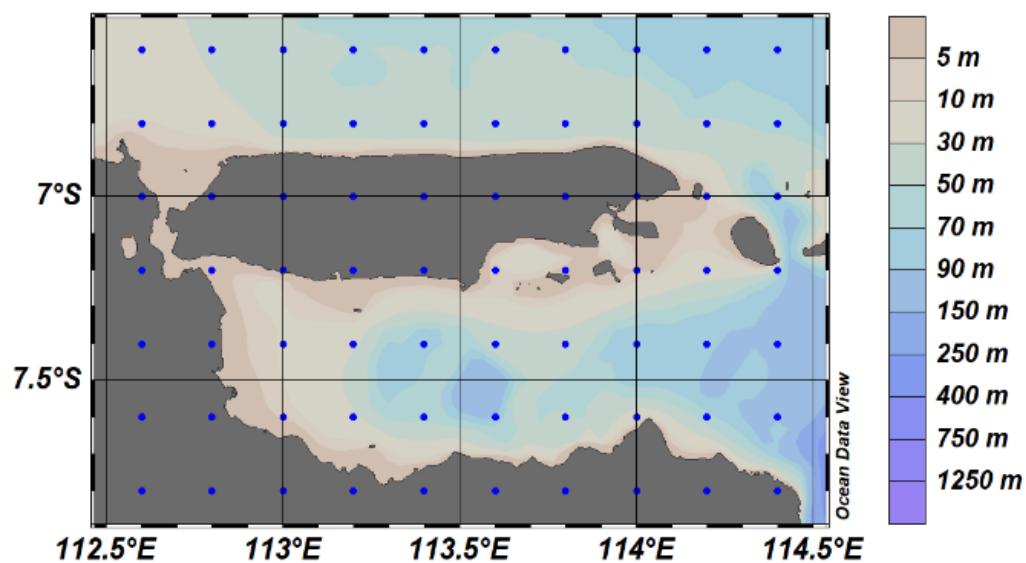


Gambar 1. Peta Lokasi Pengambilan Data (CMEMS Marine Copernicus)

Di dalam rentang luasan wilayah tersebut terdapat 70 titik sebaran stasiun data seperti diperlihatkan pada Gambar 2. Durasi pengambilan data dilaksanakan dalam kurun waktu setiap 3 jam. Spesifikasi perangkat keras dan lunak yang digunakan dalam penelitian diperlihatkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Perangkat Penelitian

Hardware Specifications	Software Specifications
<p><i>Laptop:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Manufatur: ASUSTek COMPUTER INC.</i></li> <li>• <i>Model: ROG Zephyrus G14 GA401QH</i></li> <li>• <i>Bios: GA401QH.415</i></li> <li>• <i>Processor: AMD Ryzen 7 5800HS with Radeon Graphics (16CPUs), ~3.2GHz.</i></li> <li>• <i>Memory: 1892MB RAM</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Windows 11 Home Single Language 64-bit (10.0, Build 26100)</i></li> <li>• <i>CMEMS Marine Copernicus</i></li> <li>• <i>Ocean Data View (ODV). ©2025 Reiner Schlitzer.</i></li> </ul>



Gambar 2. Stasiun Pengamatan Data Sebaran Gelombang (CMEMS *Marine Copernicus*)

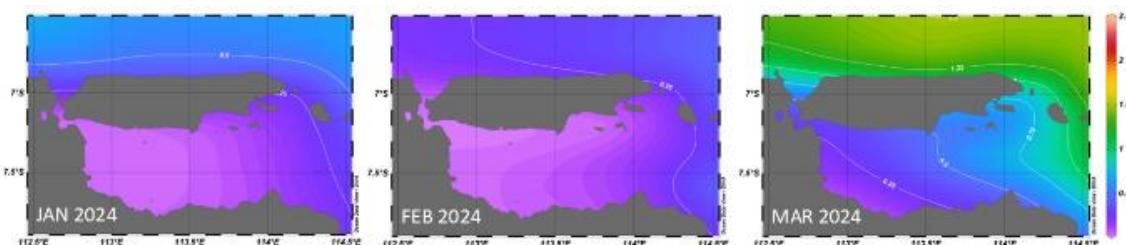
Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diunduh dari CMEMS *Marine Copernicus* untuk periode 01 Januari sampai dengan 31 Desember Tahun 2024. Selanjutnya data diolah dengan menggunakan perangkat lunak *Windows 11 Home Single Language 64-bit (10.0, Build 26100)* sebagai *operating system* dan dianalisis melalui *Ocean Data View (ODV) ©2025 Reiner Schlitzer* <https://odv.awi.de> untuk mendapatkan gambaran yang lebih komprehensif tentang pola dan dinamika gelombang di wilayah ini.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter gelombang laut di lokasi penelitian yang dinyatakan dengan tinggi dan arah gelombang per musim serta implikasinya akan dibahas pada bagian ini. Tinggi gelombang laut dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya kecepatan angin, topografi dasar laut, gravitasi dan gaya Coriolis akibat rotasi Bumi. (Prasita dkk., 2024).

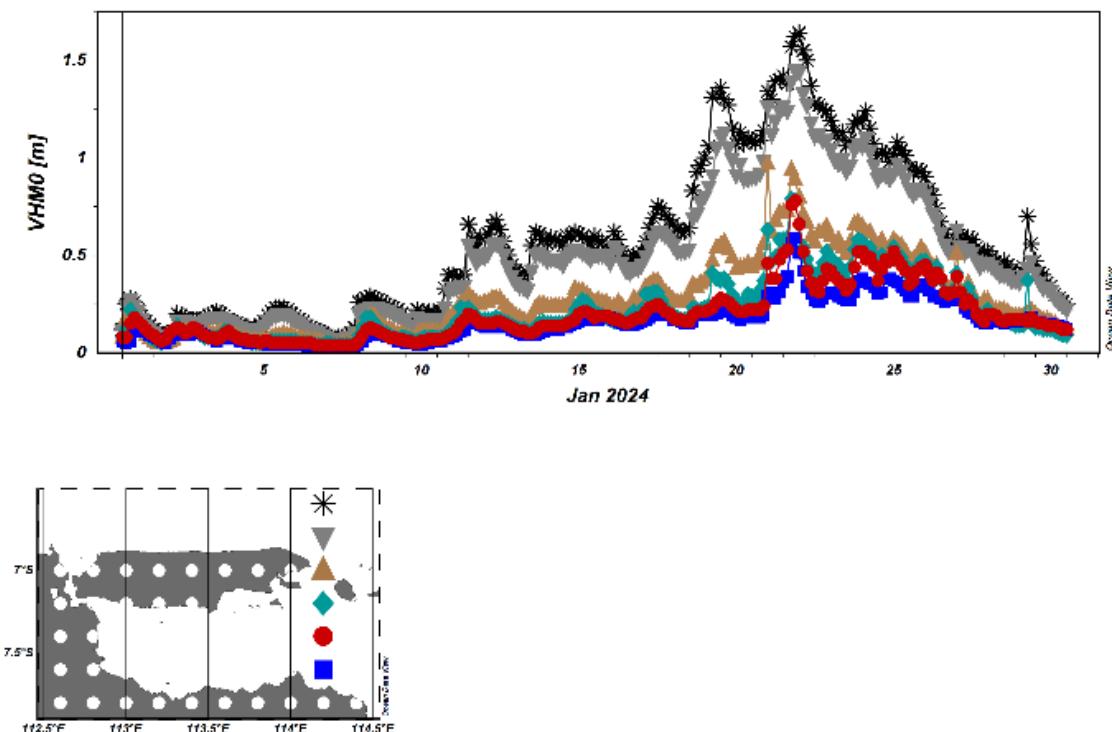
### Karakter Gelombang Laut pada Bulan Januari – Maret.

Karakter gelombang laut pada bulan Januari sampai dengan Maret dapat dilihat pada Gambar 3 menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh angin Muson Barat.



Gambar 3. Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Bulan Januari – Maret 2024.

Pada bulan Januari, tinggi gelombang berkisar antara 0,025 m hingga 1,7 m dengan arah dominan menuju Timur Laut, mengarah ke Laut Sulawesi. Gelombang tertinggi terjadi pada tanggal 22, sedangkan gelombang terendah terjadi pada tanggal 8. Tinggi gelombang laut pada bulan Januari dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Januari 2024

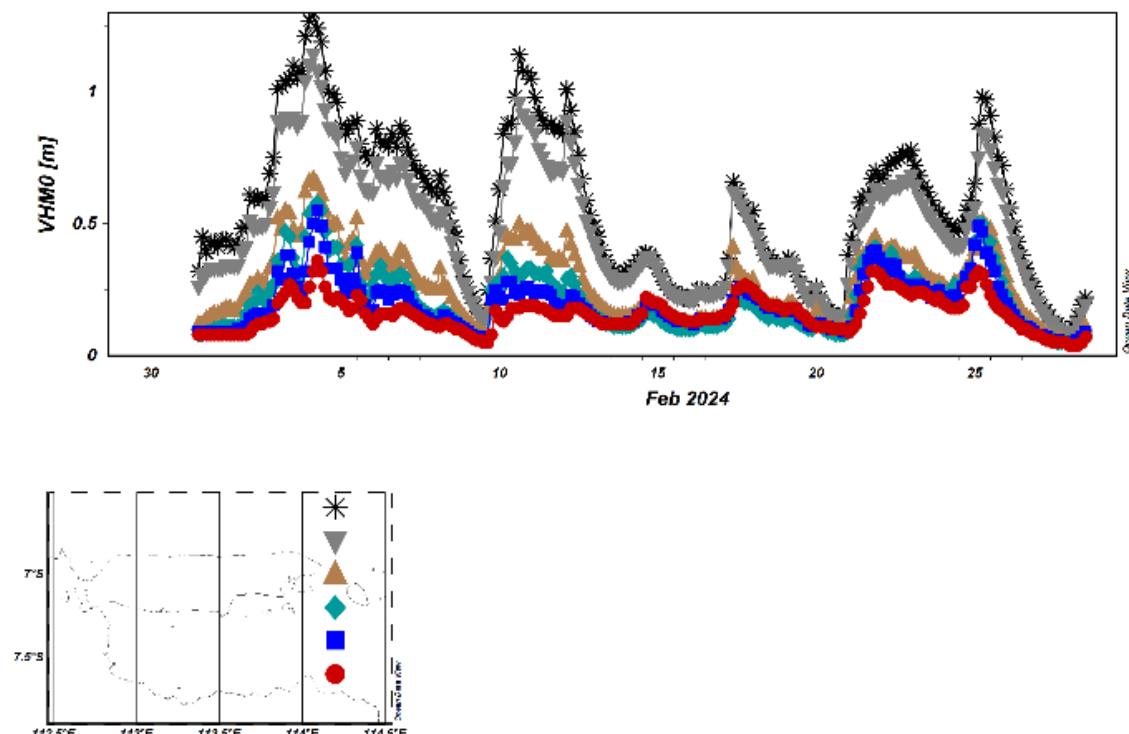
Sementara itu pada bulan Februari 2024, tinggi gelombang mencapai 1,25 m terjadi pada tanggal 4 dan berangsur surut mencapai ketinggian terendah 0,1 m pada tanggal 28, dengan arah yang tetap menuju Timur Laut. Tinggi gelombang pada bulan Februari dapat dilihat pada Gambar 5.

Memasuki bulan Maret, terjadi peningkatan signifikan dalam tinggi gelombang, yaitu antara 0,1 m yang terjadi pada tanggal 6; 25 dan 29, hingga ketinggian 2,2 m yang terjadi pada tanggal 9. Arah gelombang mengarah ke Timur Laut. Peningkatan ini

kemungkinan besar disebabkan oleh transisi menuju musim pancaroba pertama, yang berkontribusi terhadap perubahan pola angin dan kondisi atmosfer yang mempengaruhi dinamika gelombang di wilayah ini. Tinggi gelombang pada bulan Maret dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

### Karakter Gelombang Laut pada Bulan April – Juni.

Karakter gelombang laut pada bulan April sampai dengan Juni seperti diperlihatkan pada Gambar 7, dipengaruhi oleh musim perubahan pertama.

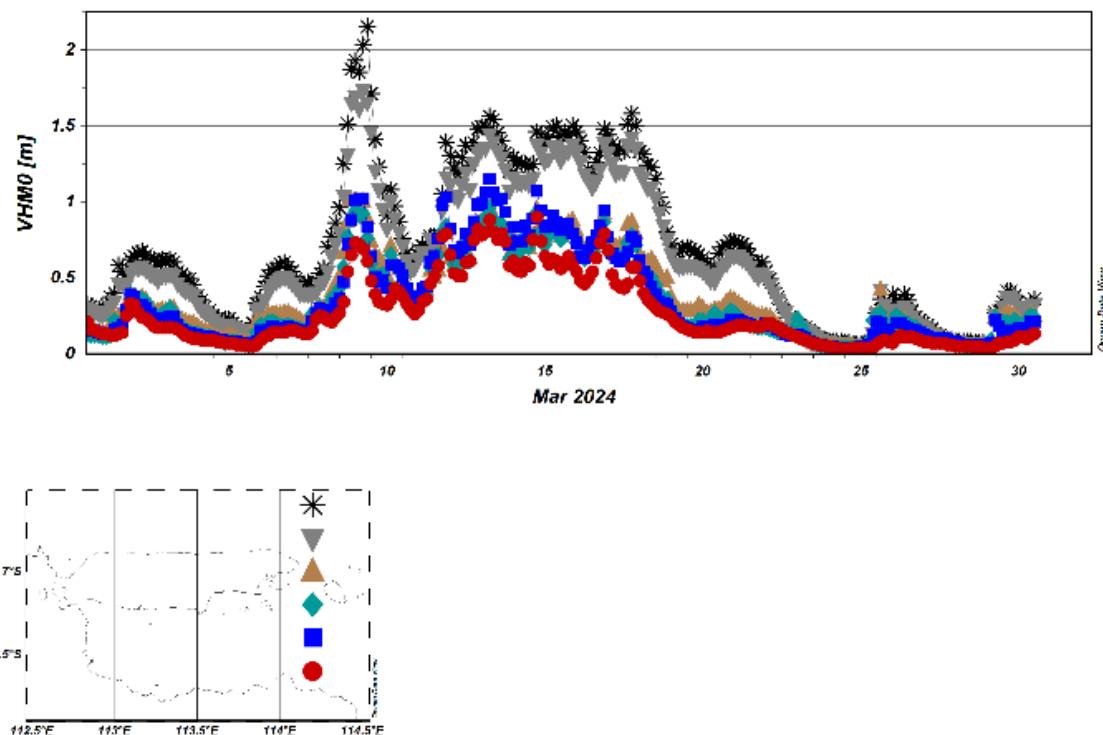


Gambar 5. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Februari 2024

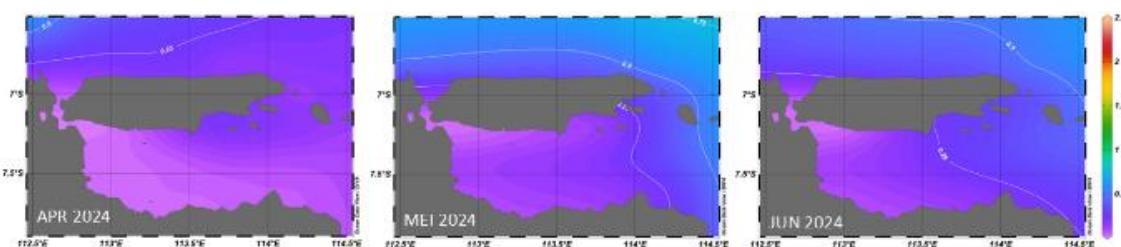
Pada bulan April, tinggi gelombang berkisar antara 0,5 m yang terjadi pada tanggal 12 hingga ketinggian 1,25 m yang terjadi pada tanggal 28. Arah gelombang menuju Barat Laut ke Laut Jawa. Tinggi gelombang bulan April dapat dilihat pada Gambar 8 berikut. Sementara itu, pada bulan Mei, tinggi gelombang mencapai 0,1 m yang terjadi pada tanggal 7, sampai dengan 1,4 m terjadi pada tanggal 11 dengan arah menuju Timur Laut. Tinggi gelombang bulan Mei dapat dilihat pada Gambar 9.

Memasuki bulan Juni, gelombang laut menjadi lebih landai, yaitu antara 0,1 m yang terjadi pada tanggal 14, hingga 1,5 m yang terjadi pada tanggal 18 dengan arah menuju ke Timur Laut. Pada bulan ini gelombang laut lebih dipengaruhi oleh Muson Timur, yang berkontribusi terhadap perubahan pola angin dan kondisi atmosfer yang

mempengaruhi dinamika gelombang pada musim panas. Tinggi gelombang pada bulan Juni dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 6. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Maret 2024

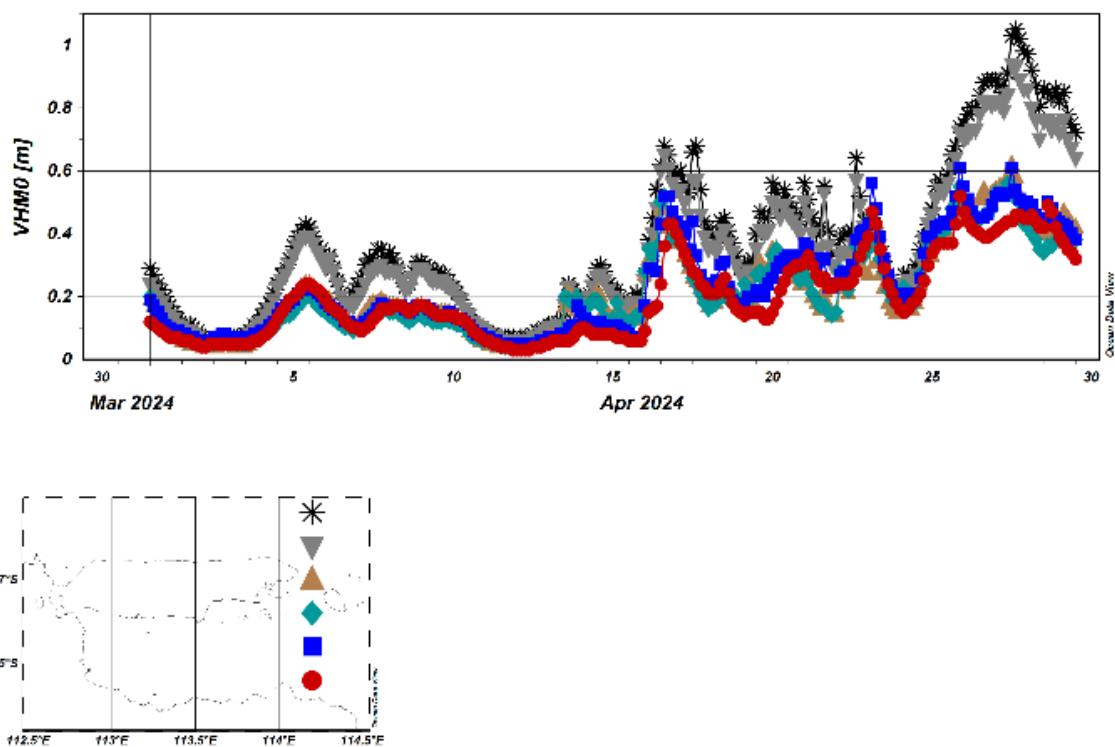


Gambar 7. Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Bulan April – Juni 2024.

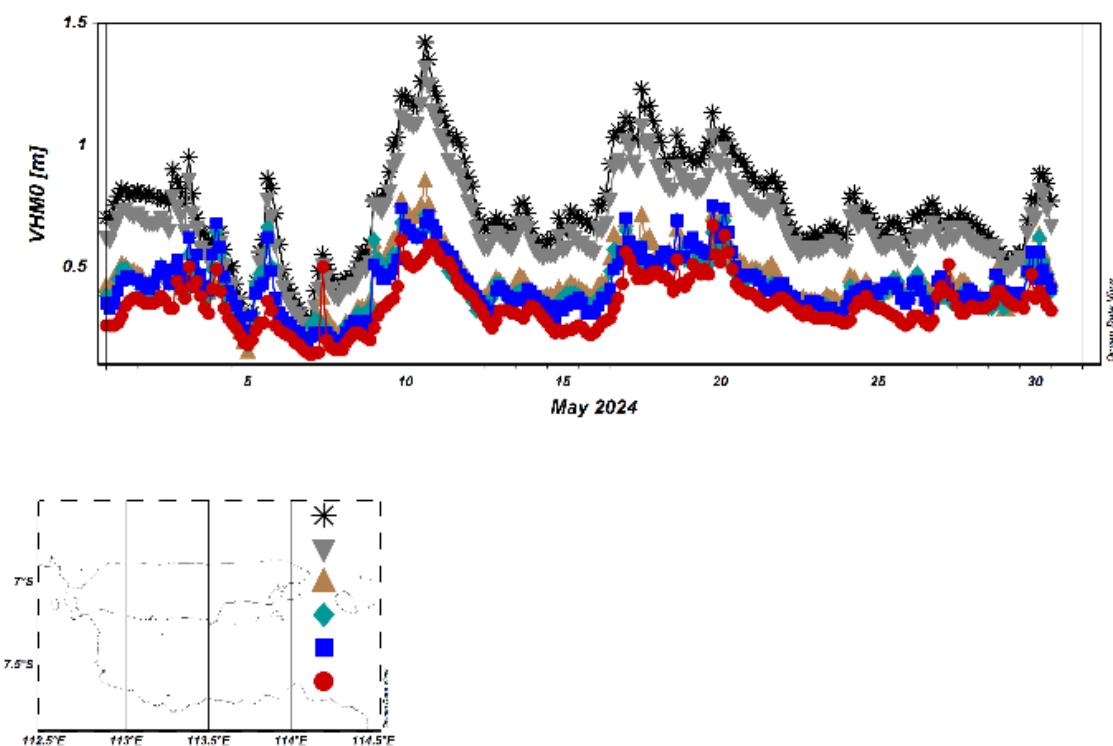
#### Karakter Gelombang Laut pada Bulan Juli – September.

Karakter gelombang laut pada bulan Juli sampai dengan September pada Gambar 11 di wilayah ini menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh angin Muson Timur.

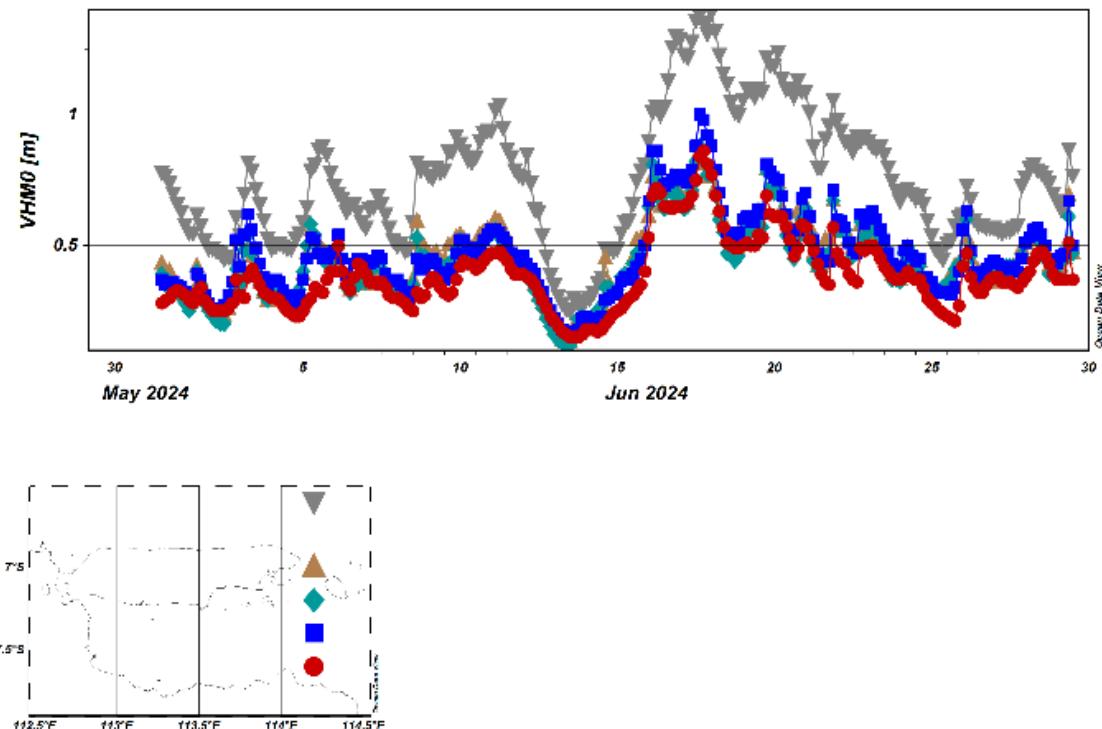
Pada bulan Juli, tinggi gelombang meningkat dengan ketinggian antara 0,2 m yang terjadi pada tanggal 2, hingga 1,6 m terjadi pada tanggal 18. Arah gelombang menuju Timur. Tinggi gelombang laut bulan Juli dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



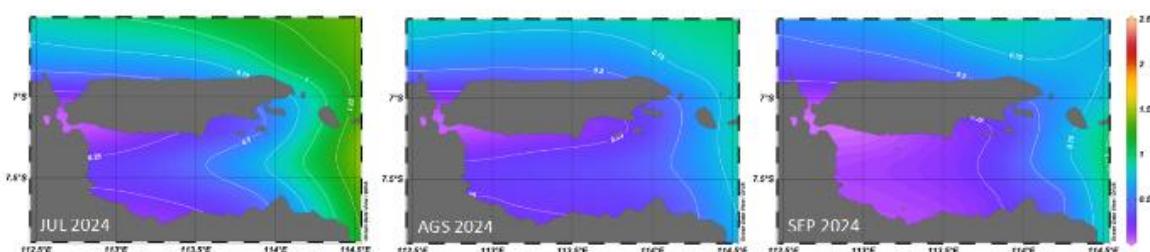
Gambar 8. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan April 2024



Gambar 9. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Mei 2024



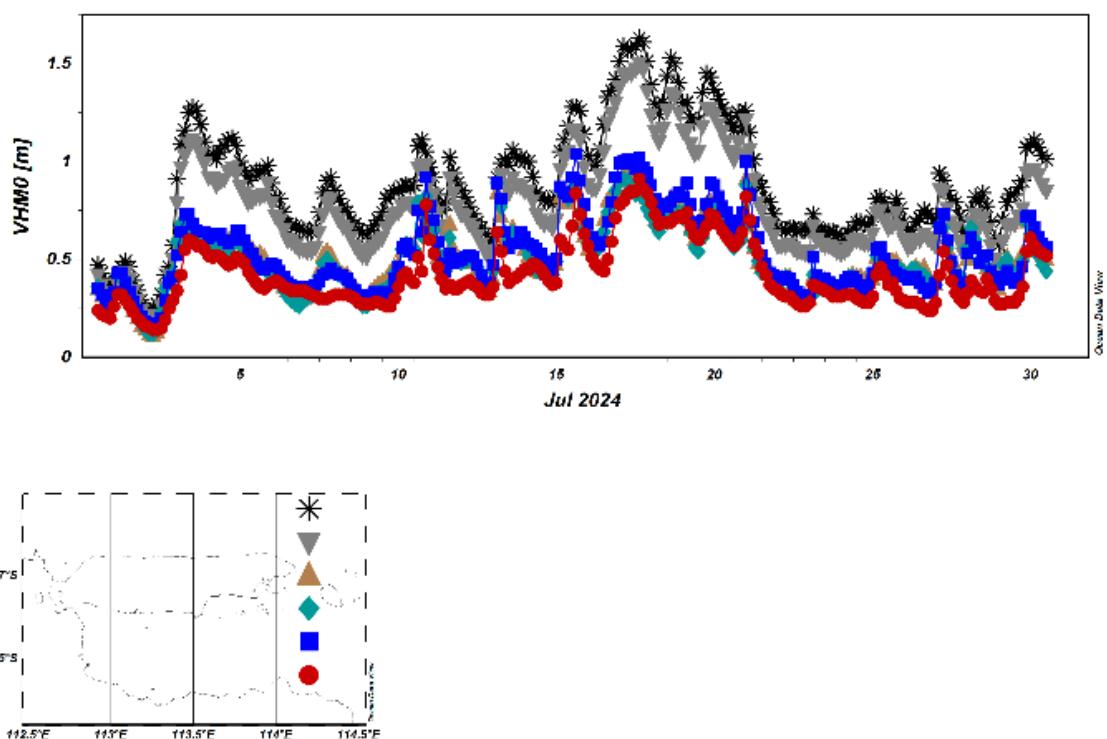
Gambar 10. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Juni 2024



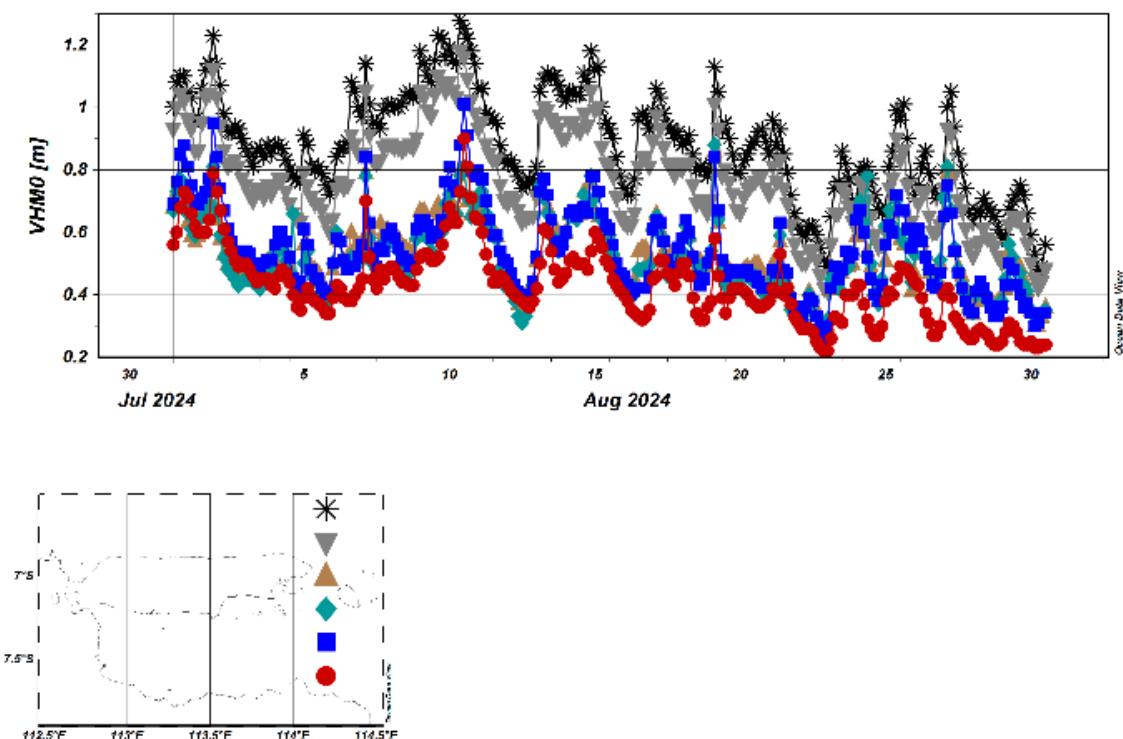
Gambar 11. Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Bulan Juli – September 2024.

Pada bulan Agustus, tinggi gelombang melandai kembali mulai dengan ketinggian 1,3 m yang terjadi pada tanggal 10 sampai 0,25 m yang terjadi pada tanggal 23. Arah gelombang tetap menuju ke Timur. Tinggi gelombang bulan Agustus dapat dilihat pada Gambar 13 berikut.

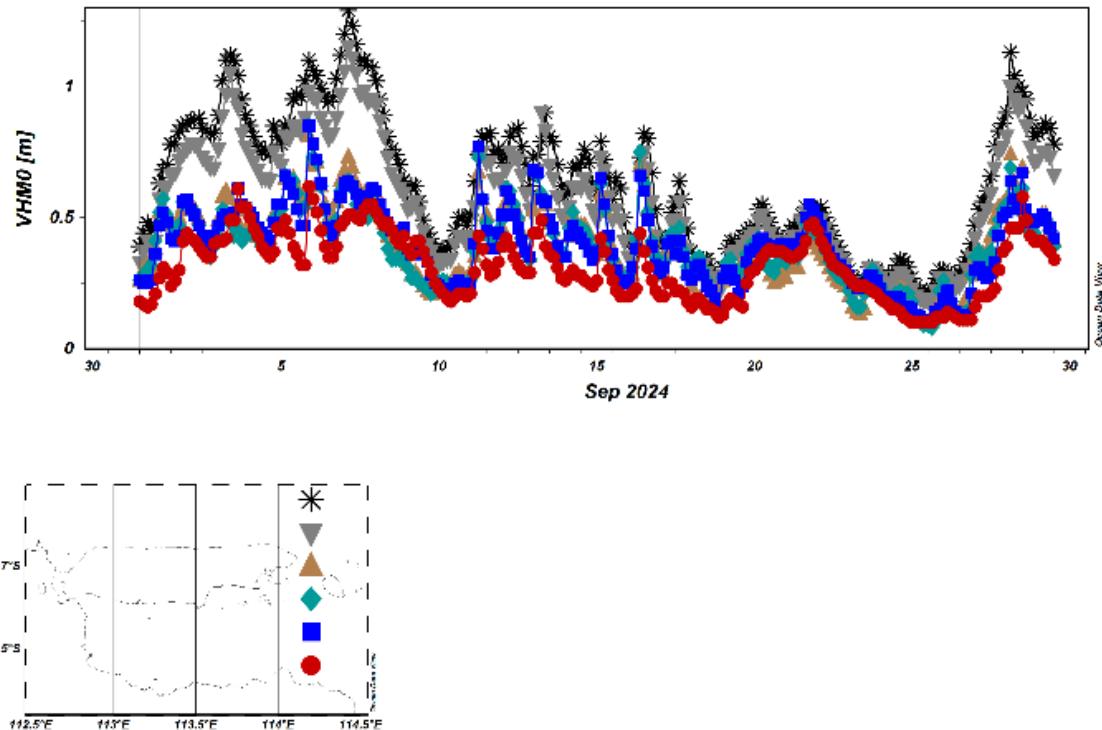
Memasuki bulan September, tinggi gelombang masih landai dengan ketinggian antara 1,4 m yang terjadi pada tanggal 7, dan semakin melandai hingga ketinggian 0,1 m terjadi pada tanggal 26. Namun arah gelombang mulai terjadi perubahan ke arah Timur dan juga mengarah ke Timur Laut. Perubahan arah ini kemungkinan besar disebabkan karena transisi menuju musim perubahan kedua, yang berkontribusi terhadap perubahan pola angin dan kondisi atmosfer yang mempengaruhi dinamika gelombang. Tinggi gelombang pada bulan September dapat dilihat pada Gambar 14 berikut.



Gambar 12. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Juli 2024.



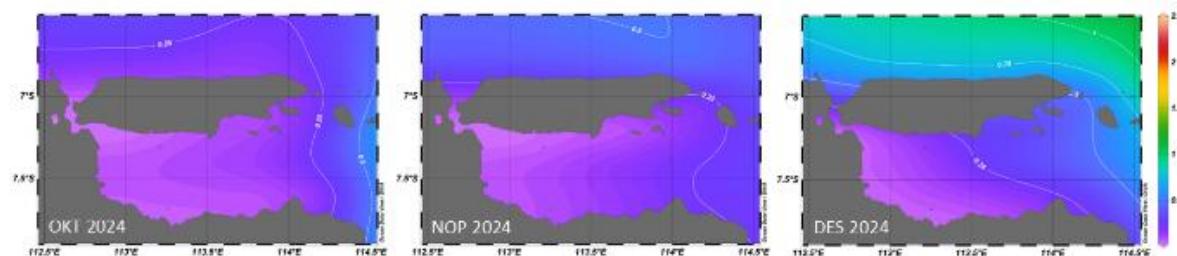
Gambar 13. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Agustus 2024.



Gambar 14. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan September 2024.

#### Karakter Gelombang Laut pada Bulan Oktober – Desember.

Karakter gelombang laut pada bulan Oktober sampai dengan Desember seperti ditampilkan pada Gambar 15, dipengaruhi oleh musim perubahan kedua.

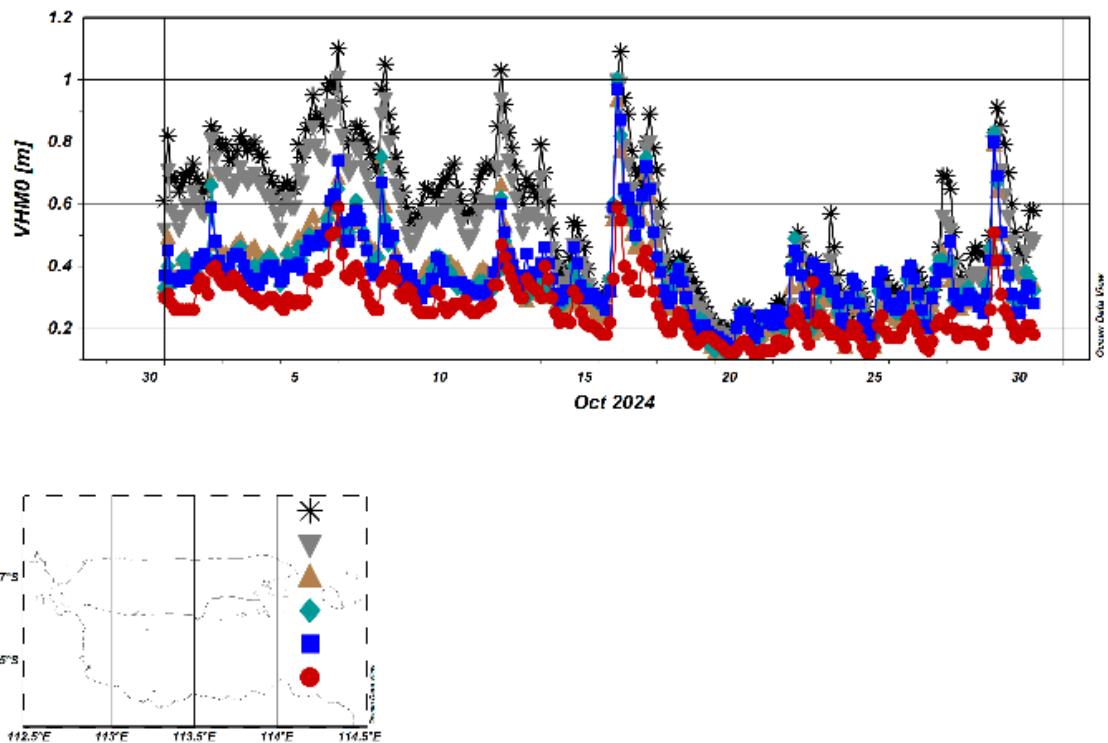


Gambar 15. Arah dan Ketinggian Gelombang Laut Bulan Oktober – Desember 2024.

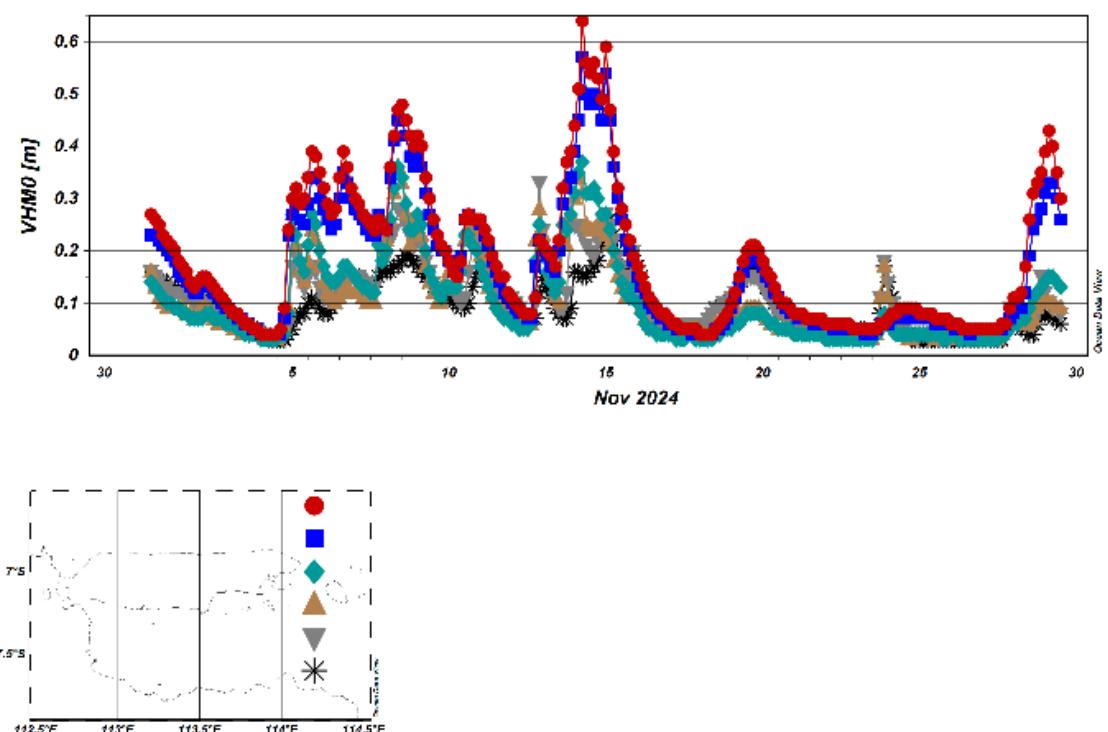
Pada bulan Oktober terjadi perubahan tinggi gelombang yang sangat fluktuatif. Tinggi gelombang tertinggi sebesar 1,1 m terjadi pada tanggal 7 dan 17, dan tinggi gelombang terendah sebesar 0,1 m terjadi pada tanggal 20; 21 dan 25. Dengan arah menuju Timur Laut menuju ke Laut Sulawesi. Tinggi gelombang bulan Oktober dapat dilihat pada Gambar 16.

Sementara itu, pada bulan Nopember, tinggi gelombang kembali landai dengan ketinggian 0,02 m yang terjadi pada tanggal 5; 25 hingga 28 sampai dengan ketinggian 0,65 m yang terjadi pada tanggal 14. Dengan arah yang masih sama dengan bulan

sebelumnya yaitu menuju Timur Laut. Tinggi gelombang bulan Nopember dapat dilihat pada Gambar 17.

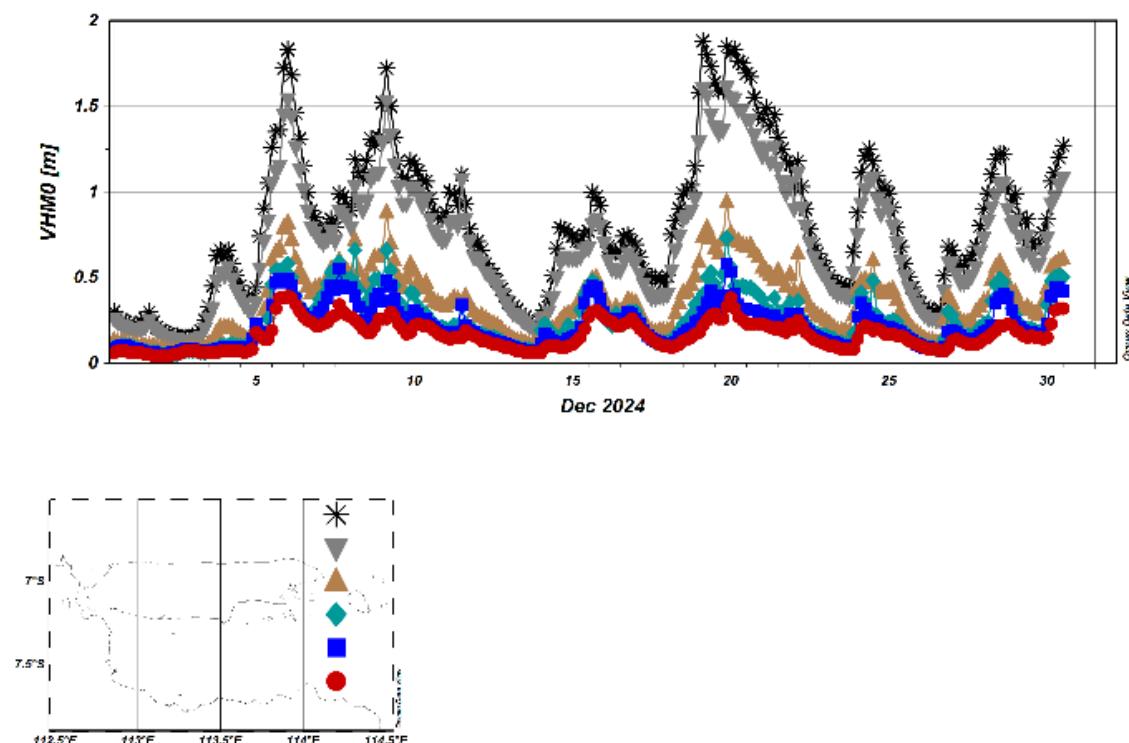


Gambar 16. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Oktober 2024.



Gambar 17. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan November 2024

Memasuki bulan Desember, gelombang laut terjadi peningkatan meskipun tidak signifikan, yaitu antara 0,1 m yang terjadi pada tanggal 1 hingga 1,9 m yang terjadi pada tanggal 20. Dengan arah menuju ke Timur Laut. Pada bulan ini gelombang laut lebih dipengaruhi oleh Muson Barat, yang berkontribusi terhadap perubahan pola angin dan kondisi atmosfer yang mempengaruhi dinamika gelombang pada musim hujan. Tinggi gelombang laut pada bulan Desember dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Tinggi Gelombang Signifikan Bulan Desember 2024.

### Variasi Tinggi, Pola Arah Gelombang dan Implikasi Musiman

Hasil analisis menunjukkan bahwa tinggi gelombang di Selat Madura sepanjang tahun 2024 berada pada kisaran 0,02–2,2 m. Nilai maksimum tercatat pada bulan Maret (2,2 m), sedangkan nilai minimum tercatat pada bulan November (0,02 m). Tinggi gelombang yang lebih besar pada awal tahun berkaitan erat dengan peningkatan kecepatan angin akibat peralihan musim hujan ke musim kemarau. Sebaliknya, pada bulan November yang berada pada periode transisi, energi angin relatif rendah sehingga tinggi gelombang juga menurun signifikan. Temuan ini konsisten dengan studi sebelumnya di Laut Jawa yang melaporkan bahwa transisi musim menghasilkan fluktuasi gelombang yang lebih ekstrem dibandingkan periode muson yang stabil (Prasetyo dkk., 2020).

Gelombang laut di Selat Madura didominasi arah timur dan timur laut sepanjang tahun. Pada musim barat (Desember–Februari), angin bertiup dari barat ke timur sehingga menghasilkan gelombang yang bergerak ke timur laut. Sebaliknya, pada musim timur (Juni–Agustus), arah angin dominan dari tenggara menghasilkan gelombang yang relatif stabil ke arah timur. Periode pancaroba memperlihatkan variasi arah gelombang yang lebih dinamis dengan adanya pergeseran sudut hingga 45°. Kondisi ini menunjukkan bahwa Selat Madura memiliki respon gelombang yang erat terhadap perubahan pola angin muson regional, sejalan dengan penelitian di Selat Malaka dan Laut Jawa yang menekankan peran muson terhadap variabilitas arah gelombang (Moussaid dkk., 2015).

Gelombang tinggi yang terjadi pada periode transisi muson berpotensi meningkatkan risiko terhadap keselamatan pelayaran tradisional, terutama bagi kapal nelayan berukuran kecil yang beroperasi di sekitar perairan Gresik, Bangkalan, dan Sumenep. Selain itu, fluktuasi gelombang dapat memengaruhi proses sedimentasi di muara sungai serta kestabilan tambak pesisir.

Analisis spasial menunjukkan bahwa kawasan timur Selat Madura relatif lebih terpapar gelombang tinggi dibandingkan bagian barat, karena orientasi perairan lebih terbuka terhadap Laut Jawa. Kondisi ini sejalan dengan temuan Marfai & King (2008) bahwa konfigurasi morfologi pesisir berperan penting dalam mengontrol intensitas gelombang yang masuk ke perairan sempit.

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa muson barat cenderung menghasilkan gelombang lebih tinggi dengan arah dominan ke timur laut, sementara muson timur menghasilkan gelombang yang relatif stabil ke arah timur. Pola musiman ini dapat dijadikan acuan awal dalam menyusun kalender operasi pelayaran maupun rencana pembangunan infrastruktur pesisir. Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada data sekunder satelit/CMEMS yang diolah dengan perangkat lunak ODV. Validasi lapangan dengan data *in-situ* seperti buoy gelombang atau ADCP akan sangat penting untuk meningkatkan akurasi. Selain itu, penggunaan model numerik seperti SWAN atau MIKE 21 akan memungkinkan analisis lebih mendalam terkait distribusi energi gelombang, refraksi, difraksi, dan interaksi dengan morfologi pesisir.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa karakter gelombang laut di Selat Madura pada tahun 2024 sangat dipengaruhi oleh dinamika muson dan periode transisi antar-musim. Tinggi gelombang bervariasi antara 0,02 – 2,2 m dengan arah dominan ke timur dan timur laut. Gelombang tertinggi tercatat pada bulan Maret, yang bertepatan dengan

peralihan musim, sedangkan gelombang terendah terjadi pada bulan November. Pola muson barat menghasilkan gelombang dengan intensitas lebih tinggi yang mengarah ke timur laut, sementara muson timur cenderung menimbulkan gelombang yang lebih stabil ke arah timur.

Hasil analisis menegaskan bahwa faktor atmosfer regional, khususnya angin muson, merupakan pengendali utama variabilitas gelombang di Selat Madura. Temuan ini memiliki implikasi penting bagi keselamatan navigasi, perencanaan infrastruktur pesisir, dan upaya mitigasi bencana maritim di wilayah strategis tersebut.

## **SARAN**

Beberapa masukan atau saran yang perlu dilakukan antara lain: (1) Pengelolaan Navigasi dan Infrastruktur Maritim. Dengan pemahaman lebih mendalam mengenai dinamika gelombang laut, sektor navigasi dan pengelolaan pesisir dapat mengoptimalkan strategi mitigasi risiko terhadap perubahan lingkungan laut; (2) Pengembangan Model Prediksi Gelombang. Penelitian lebih lanjut, disarankan dilakukan integrasi dengan model numerik gelombang (misalnya SWAN atau MIKE 21) serta validasi lapangan jangka panjang, sehingga pola gelombang dapat dipahami lebih komprehensif baik dalam skala musiman maupun tahunan; (3) Peningkatan Observasi dan Monitoring. Diperlukan peningkatan dalam metode observasi dan monitoring jangka panjang untuk memahami lebih dalam pola dan dinamika gelombang yang terus berubah.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Seluruh penulis adalah kontributor utama pada artikel ini. Artikel ini disusun dalam rangka penulis pertama studi di Prodi S2 MTK UHT tahun masuk 2024 yang dibimbing oleh penulis kedua dan ketiga. ODV merupakan software non komersial untuk keperluan riset dan pendidikan. Data CMEMS Marine Copernicus merupakan data non komersial yang dapat diakses oleh publik. Terima kasih kepada Universitas Hang Tuah Surabaya atas segala dukungannya.

## **REFERENSI**

- Dewi, S., Amalia, R., Mardianto M.F.F. (2018). Penerapan Metode Benjamin Bona Mahony (BBM) pada Pengukuran Tinggi Gelombang di Selat Madura, *Prosiding National Conference on Mathematics, Science and Education (NACOMSE)*, Peranan MIPA dan Pembelajarannya di Era Revolusi Industri 4.0, Pamekasan.

- Dumatubun, I.A.P.P., Pranowo, W.S., Sartimbul A., Setiyadi, J., Sari1, S.H.J., dan Setyawan, F.O. (2024). Karakteristik Arus Permukaan Laut pada Selat Madura, *Jurnal Chart Datum*, Vol. 10, No 1, JULI 2024 Hal. 1-10.
- Komar, P. D. (1998). *Beach processes and sedimentation* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Marfai, M. A., & King, L. (2008). Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java, Indonesia. *Natural Hazards*, 44(1), 93–109.
- Moussaid, R., Medina, R., & González, M. (2015). Influence of monsoons on wave climate in the Malacca Strait. *Ocean Engineering*, 107, 133–145.
- Nicholls, R. J., Lincke, D., Hinkel, J., Brown, S., Vafeidis, A. T., Meyssignac, B., ... & Levermann, A. (2021). A global analysis of subsidence, relative sea-level change and coastal flood exposure. *Nature Climate Change*, 11(4), 338–342.
- Prasetyo, B., Wijaya, A., & Yulianto, F. (2020). Seasonal and interannual variability of wave climate in the Java Sea. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500, 012020.
- Prasita, V.D., dan Pranowo, W.S., (2024). *Hidrodinamika Laut*. Surabaya: Hang Tuah University Press.
- Prasita, V.D., dan Pranowo, W.S., (2025). *Pengolahan Data Kelautan Dengan Ocean Data View*. Surabaya: Hang Tuah University Press.
- Saputro, A.A., dan Hidayah, Z., (2021), Pemodelan Hidrodinamika Arus Laut Studi Kasus Perairan APBS, Selat Madura. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian, Perikanan dan Kelautan*. Universitas Trunojoyo Madura
- Siswanto, A.D., dan Nugraha, W.A., (2014), Studi Parameter Oseanografi di Perairan Selat Madura Kabupaten Bangkalan, *Jurnal Kelautan, Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, Vol 7, No. 1.
- Triatmodjo, B. (2012). *Teknik pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.