

**ANALISIS TINGGI GELOMBANG LAUT SIGNIFIKAN ANTARA
MODEL COPERNICUS MARINE SERVICE DAN OCEAN FORECAST
SYSTEM DI SEKITAR PERAIRAN SELAT MAKASSAR**

**ANALYSIS OF SIGNIFICANT SEA WAVE HEIGHT BETWEEN THE
COPERNICUS MARINE SERVICE MODEL AND THE OCEAN FORECAST
SYSTEM AROUND THE MAKASSAR STRAIT WATERS**

Rachmad Henrawan¹⁾, Asbar²⁾ dan Muhammad Yunus²⁾

1) Mahasiswa Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan

2) Dosen Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan

Korespondensi: rachmadhenrawan@gmail.com

Diterima:06 Februari 2025;Disetujui:06 Februari 2025;Dipublikasi:15 Februari 2025

ABSTRACT

This study aims to analyze the significant sea wave height in the Makassar Strait waters and compare the accuracy between two prediction models, namely the Copernicus Marine Service (CMS) from the European Space Agency and the Ocean Forecast System (OFS) from BMKG. Sea wave height modeling is very important for various maritime interests, such as navigation, shipping safety, and disaster mitigation. The data in this study were collected in the form of NetCDF files for both models, which were analyzed using GrADS software. The results showed that the sea wave height in the Makassar Strait has two main peaks in a year, namely in February and September, which are influenced by changes in the monsoon winds. The southern part of the Makassar Strait tends to have higher wave heights than the northern part. Statistical analysis using RMSE (Root Mean Square Error) showed that both models provided fairly accurate results with small differences in values, especially in peak months. The CMS and OFS models can represent the significant wave height in the Makassar Strait well, with low RMSE values at both research locations. The average wave height difference between the two models ranges from 0 to 0.4 meters, indicating that the CMS and OFS models have relatively appropriate results for predicting ocean waves in this area. This study is expected to be a reference for the development of more accurate prediction models to support maritime activities in Indonesia.

Keywords: Significant Sea Waves, RMSE, GraDS, Makassar Strait, CMS, OFS

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tinggi gelombang laut signifikan di perairan Selat Makassar dan membandingkan akurasi antara dua model prediksi, yaitu Copernicus Marine Service (CMS) dari European Space Agency dan Ocean Forecast System (OFS) dari BMKG. Pemodelan tinggi gelombang laut sangat penting untuk berbagai kepentingan maritim, seperti navigasi, keamanan pelayaran, dan mitigasi bencana. Data dalam penelitian ini dikumpulkan dalam bentuk file NetCDF untuk kedua model, yang dianalisis menggunakan perangkat lunak GrADS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi gelombang laut di Selat Makassar memiliki dua puncak utama dalam setahun, yaitu pada bulan Februari dan September, yang dipengaruhi oleh perubahan angin muson. Wilayah bagian selatan Selat Makassar cenderung memiliki tinggi gelombang yang lebih besar dibandingkan bagian utara. Analisis statistik menggunakan RMSE (Root Mean Square Error) menunjukkan bahwa kedua model memberikan hasil yang cukup akurat dengan perbedaan nilai yang kecil, terutama pada bulan-bulan puncak. Model CMS dan OFS dapat merepresentasikan tinggi gelombang signifikan di Selat Makassar secara baik, dengan nilai RMSE yang rendah di kedua lokasi penelitian. Selisih tinggi gelombang rata-rata antara kedua model berkisar antara 0 hingga 0,4 meter, yang menunjukkan bahwa model CMS dan OFS memiliki hasil yang relatif sesuai untuk prediksi gelombang laut di wilayah ini. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan model prediksi yang lebih akurat untuk mendukung aktivitas maritim di Indonesia.

Kata kunci: Gelombang Laut Signifikan, RMSE, GraDS, Selat Makassar, CMS, OFS

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan terbesar di dunia dengan lebih dari 17.499 pulau dengan luas total wilayah Indonesia sekitar 7,81 juta km². Dari total luas wilayah tersebut sekitar 3,25 juta km² merupakan wilayah lautan dan 2,55 juta km² merupakan Zona Ekonomi Eksklusif (Pratama, 2020). Dengan wilayah perairan yang melebihi luas daratannya, wilayah perairan Indonesia memegang peranan penting dalam kelangsungan hidup masyarakatnya. Laut tidak hanya berpengaruh pada sektor perekonomian yang manfaatnya dapat dirasakan secara langsung oleh masyarakat, cuaca dan iklim juga merupakan faktor yang banyak dipengaruhi oleh laut. Faktor ini secara langsung dan tidak langsung turut mempengaruhi kesejahteraan masyarakat (Aldrian, 2008).

Pemerintah telah berfokus pada pengembangan sektor maritim dengan berinvestasi dalam infrastruktur, mempromosikan industri kelautan, serta meningkatkan keselamatan dan keamanan maritim. Dalam pengembangan ini terdapat kegiatan pengamatan kondisi kelautan untuk memantau dan memahami kondisi lingkungan laut serta memprediksi perubahan cuaca, arus laut, atau bencana alam yang terjadi di laut. Hasil pengamatan kelautan dapat digunakan untuk mengembangkan strategi konservasi dan pengelolaan sumber daya laut yang berkelanjutan, serta untuk mendukung kegiatan kelautan yang lain seperti penelitian, transportasi, pariwisata, dan lain sebagainya (Yani, 2020).

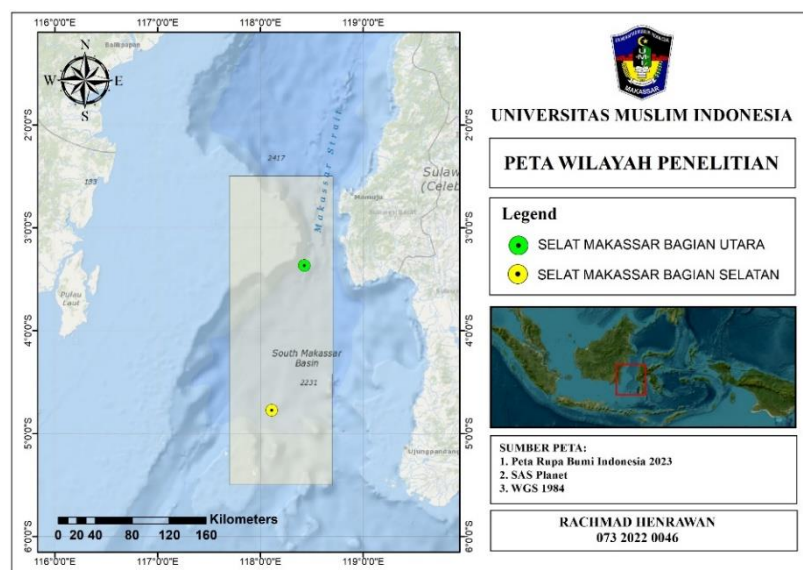
Model-model prakiraan ini antara lain adalah model prakiraan oleh *Copernicus Marine Service* (CMS) atau *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) yang merupakan layanan pengamatan kelautan dan atmosfer di bawah *European Space Agency* dan *European Commission*. Data CMS diperoleh dari berbagai sumber antara lain satelit, kapal, pesawat terbang dan stasiun pengamatan. Model tersebut juga diperbarui setiap hari yang menghasilkan prediksi sepuluh hari ke mendatang. Hasil pemodelan CMEMS dapat diakses secara gratis setelah melakukan registrasi terlebih dahulu. (Prayitno, 2021). Di Indonesia sendiri, terdapat sebuah model prakiraan gelombang yang dibuat oleh BMKG yaitu *Ocean Forecast System* (OFS) yang dapat di akses pada situs <http://petamaritim.bmkg.go.id/static/>. Pemodelan ini terdiri dari dua bagian utama, yaitu INA - FLOWS dan INA - WAVES. INA - FLOWS berisi informasi seperti

arus laut, salinitas dan suhu. Sementara itu INA - WAVES berisikan tentang informasi seperti tinggi gelombang laut, swell, serta arah dan kecepatan angin permukaan. Kedua model ini menyajikan prakiraan parameter-parameter oseanografi yang dapat digunakan untuk membantu aktifitas di wilayah perairan

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka rumusan masalah penelitian yang kami lakukan adalah Bagaimana tinggi gelombang laut signifikan di sekitar Perairan Selat Makassar, Sulawesi Selatan dan bagaimana akurasi tinggi gelombang laut signifikan antara Copernicus Marine Service dan Ocean Forecast System di sekitar Perairan Selat Makassar, Sulawesi Selatan.

MATERI DAN METODE

Waktu penelitian adalah mulai tanggal 01 Januari 2023 - 31 Desember 2023. Lokasi penelitian berada pada wilayah perairan Selat Makassar, Sulawesi Selatan dengan titik koordinat mencakup wilayah pada $2^{\circ} 30' 0''$ LS - $5^{\circ} 30' 0''$ LS dan $117^{\circ} 41' 60''$ BT - $118^{\circ} 41' 60''$ BT. Sampel lokasi yang dipilih sebanyak dua titik lokasi antara lain : perairan Selat Makassar ($3^{\circ} 21' 30''$ LS dan $118^{\circ} 21' 48''$ BT) mewakili wilayah bagian utara, perairan Selat Makassar ($04^{\circ} 46' 11''$ LS dan $118^{\circ} 9' 26''$ BT) mewakili wilayah bagian selatan. Wilayah penelitian adalah wilayah pelayanan Stasiun Maritim Paotere, yaitu wilayah Sulawesi Selatan dan sekitarnya. (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Alat dan Bahan

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Copernicus Marine Service

Copernicus Marine Service (CMS) atau *Copernicus Marine Environment Monitoring Service* (CMEMS) adalah layanan pengamatan kelautan yang dikelola oleh *European Space Agency* dan *European Commission*. Data-data tersebut kemudian diolah menjadi produk dan layanan seperti gelombang laut signifikan.

2. Ocean Forecast System

Sistem informasi maritim yang dikembangkan oleh BMKG yang digunakan untuk simulasi gelombang laut signifikan dalam bentuk grafik dan peta

3. GrADS (Grid Analysis and Display System)

Untuk mengolah dan menampilkan prakiraan model Copernicus Marine Service dan Ocean Forecast System yang berupa file NetCDF (.nc). Data ini kemudian diolah menjadi gambar, peta dan grafik.

4. QGIS

Digunakan untuk menampilkan peta lokasi penelitian.

5. Spreadsheets

Digunakan untuk membuat tabel dan grafik, serta digunakan untuk mendapatkan nilai RSME yang digunakan sebagai verifikasi data.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode simulasi prakiraan gelombang laut signifikan. Simulasi dilakukan dengan memanfaatkan data prakiraan tinggi gelombang yang diperoleh dari Copernicus Marine Service dan Ocean Forecast System (OFS). Pendekatan penelitian ini adalah membandingkan hasil output prakiraan tinggi gelombang laut signifikan dari kedua model tersebut secara kuantitatif. Perbandingan dilakukan menggunakan metode statistik, seperti perhitungan Root Mean Square Error (RMSE), untuk mengevaluasi tingkat kesesuaian antara hasil kedua model. Hasil perbandingan dan analisis kuantitatif tersebut kemudian dikaji melalui analisis deskriptif. Analisis ini bertujuan untuk menjelaskan pola, perbedaan, dan tingkat akurasi dari model CMS dan OFS dalam merepresentasikan tinggi gelombang laut signifikan selama periode penelitian.

Analisis Data

Langkah-langkah pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data model Copernicus Marine Service

Data yang diambil berupa data gelombang laut signifikan (*Sea surface wave significant height*) selama satu tahun pada tahun 2023 melalui situs https://data.marine.copernicus.eu/product/GLOBAL_MULTIYEAR_WAV_001_032/download, dalam bentuk netCDF.

2. Pengambilan data model Ocean Forecast System

Data yang diambil berupa data gelombang laut signifikan (*significant wave height*) selama satu tahun pada tahun 2023 melalui situs <https://peta-maritim.bmkg.go.id/ofs/>, dalam bentuk netCDF.

3. Proses simulasi model

Data dari kedua model yang telah diunduh kemudian diolah menggunakan perangkat lunak GrADS (*Grid Analysis and Display System*). Proses pengolahan dilakukan dengan menjalankan script yang telah disusun sebelumnya untuk membaca, memproses, dan memvisualisasikan data. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan informasi yang terstruktur, melakukan validasi antar model, serta menciptakan visualisasi yang mendukung analisis mendalam terhadap pola tinggi gelombang laut.

4. Verifikasi model penelitian

Tahapan verifikasi dalam penelitian ini dilakukan melalui analisis tinggi gelombang laut signifikan yang dihasilkan oleh dua model, yaitu Copernicus Marine Service (CMS) dan Ocean Forecast System (OFS), selama periode satu tahun. Analisis bertujuan untuk membandingkan pola tinggi gelombang signifikan dari kedua model serta menilai sejauh mana korelasi antara hasil kedua pemodelan tersebut. Untuk mengukur tingkat kesesuaian antara model CMS dan OFS, digunakan metode Root Mean Square Error (RMSE). Metode ini menghitung besarnya simpangan antara nilai tinggi gelombang signifikan yang dihasilkan oleh kedua model. RMSE memberikan informasi kuantitatif mengenai akurasi hasil pemodelan dan membantu mengidentifikasi perbedaan signifikan antara prediksi dari kedua model. Hasil verifikasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai kinerja kedua model dalam merepresentasikan tinggi

gelombang laut signifikan, sehingga mendukung validasi hasil penelitian secara keseluruhan. RMSE memiliki rentang nilai dari 0 sampai tak hingga. Nilai yang semakin kecil (mendekati nol), artinya hasil kedua model semakin mendekati (Wilks, 2011).

Rumus RMSE dapat ditulis sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_i - Z_j)^2}{n}}$$

Keterangan :

Z_i : data tinggi gelombang hasil model 1

Z_j : data tinggi gelombang hasil model 2

N : jumlah data

Nilai RMSE dapat dilihat pada Tabel 1 menunjukkan variasi nilai yang diberikan oleh suatu model prakiraan dengan model prakiraan lainnya.

Tabel 1. Klasifikasi Nilai RMSE

RMSE atau MAE (meter)	Tingkat Kesalahan
0.00 – 0.299	Kecil
0.30 – 0.599	Sedang
0.60 – 0.899	Besar
>0.9	Sangat Besar

Sumber : Khotimah, 2012

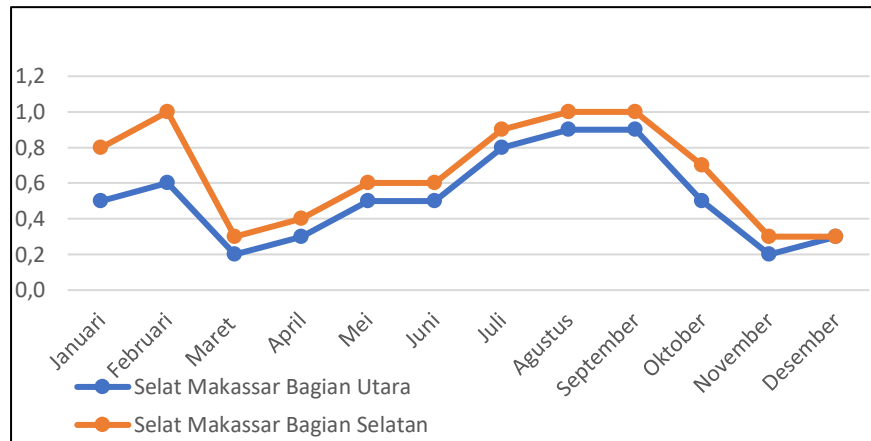
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Tinggi Gelombang Laut Signifikan

Analisis Tinggi Gelombang Laut Signifikan Model Copernicus Marine Service

Bagian akan disajikan hasil analisis tinggi gelombang laut signifikan di perairan Selat Makassar berdasarkan data dari model Copernicus Marine Service (CMS). Analisis ini bertujuan untuk memahami pola temporal dan spasial gelombang laut signifikan sepanjang tahun 2023, dengan fokus pada dua titik lokasi penelitian yang mewakili bagian utara dan selatan Selat Makassar. Hasil analisis ini disajikan dalam bentuk grafik dan peta untuk menggambarkan variasi musiman serta dinamika gelombang yang terjadi di wilayah tersebut. Gambar-gambar yang ditampilkan memberikan ilustrasi tentang pola ketinggian gelombang bulanan,

puncak gelombang tertinggi, serta periode gelombang rendah di kedua lokasi penelitian. Selain itu, grafik ini juga mencerminkan pengaruh angin muson barat dan timur terhadap dinamika gelombang laut signifikan di Selat Makassar. Penjelasan lebih rinci terkait interpretasi hasil dan pola musiman gelombang laut signifikan akan dijabarkan dalam pembahasan berikut (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Model CMS

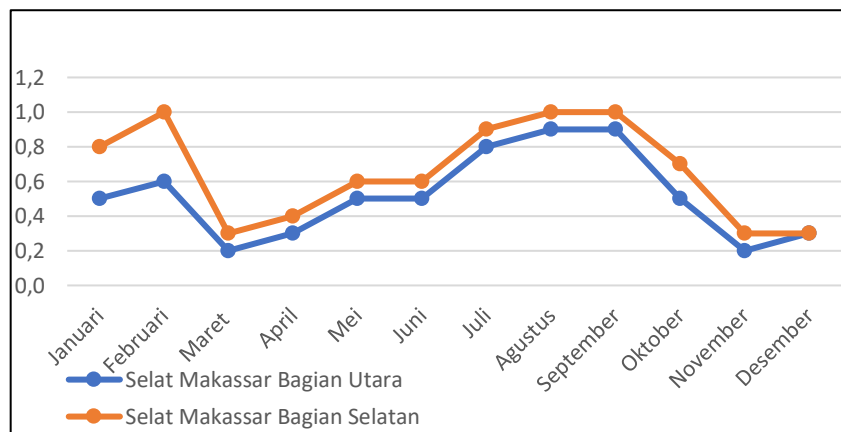
Berdasarkan gambar 2 menunjukkan pola variasi gelombang signifikan yang jelas di kedua bagian, utara dan selatan. Pada bulan Januari, gelombang di bagian selatan lebih tinggi daripada bagian utara, dengan ketinggian sekitar 0,8 meter, sedangkan bagian utara sekitar 0,6 meter. Puncak gelombang terjadi pada bulan Februari di bagian selatan, mencapai 1 meter, sedangkan bagian utara tetap lebih rendah di sekitar 0,6 meter, menunjukkan pengaruh angin muson barat. Pada bulan Maret, ketinggian gelombang menurun drastis di bagian selatan hingga di bawah 0,4 meter, sementara bagian utara juga mengalami penurunan. Kondisi laut stabil dan tenang pada bulan April, dengan ketinggian gelombang rendah di kedua bagian, sekitar 0,3 meter.

Secara keseluruhan, grafik ini mengindikasikan puncak gelombang terjadi pada bulan Februari dan September, sementara periode paling tenang adalah bulan April dan Desember, mencerminkan pola musiman yang konsisten di Selat Makassar.

Analisis Tinggi Gelombang Laut Signifikan Model Ocean Forecast System

Pada bagian ini, akan disajikan hasil analisis tinggi gelombang laut signifikan di perairan Selat Makassar berdasarkan data dari model Ocean Forecast System (OFS). Analisis ini bertujuan untuk memahami pola temporal dan spasial

gelombang laut signifikan sepanjang tahun 2023, dengan fokus pada dua titik lokasi penelitian yang mewakili bagian utara dan selatan Selat Makassar. Hasil analisis ini disajikan dalam bentuk grafik dan peta untuk menggambarkan variasi musiman serta dinamika gelombang yang terjadi di wilayah tersebut. Gambar yang ditampilkan memberikan ilustrasi tentang pola ketinggian gelombang bulanan, puncak gelombang tertinggi, serta periode gelombang rendah di kedua lokasi penelitian. Selain itu, grafik ini juga mencerminkan pengaruh angin muson barat dan timur terhadap dinamika gelombang laut signifikan di Selat Makassar. Penjelasan lebih rinci terkait interpretasi hasil dan pola musiman gelombang laut signifikan akan dijabarkan dalam pembahasan berikut (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Tinggi Gelombang Signifikan Model OFS

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan tinggi gelombang signifikan model OFS di wilayah Selat Makassar bagian utara dan selatan sepanjang tahun 2023. Secara umum, gelombang di bagian utara berkisar antara 0,2 hingga 1,0 meter, dengan puncaknya terjadi pada bulan Februari dan September. Sementara itu, di bagian selatan, gelombangnya lebih tinggi, mencapai sekitar 1,5 meter pada bulan Agustus dan September sebelum menurun secara bertahap hingga akhir tahun. Terdapat pola yang jelas, di mana gelombang lebih tinggi pada pertengahan tahun, terutama selama bulan Juni hingga September. Setelah bulan September, baik di utara maupun selatan, tinggi gelombang mulai berkurang dengan cepat, menunjukkan kondisi laut yang lebih tenang menjelang akhir tahun.

Secara keseluruhan, bagian selatan Selat Makassar menunjukkan variasi gelombang yang lebih besar dan puncak yang lebih tinggi dibandingkan bagian utara, khususnya pada bulan Juni hingga Oktober. Bagian utara, meskipun

mengalami peningkatan pada bulan-bulan tertentu, cenderung lebih stabil dengan perubahan yang tidak terlalu drastis. Pada bulan Januari dan Februari, kedua wilayah memiliki gelombang yang relatif rendah, yaitu sekitar 0,8 meter di selatan dan 0,6 meter di utara. Puncak tertinggi di bagian selatan dan utara terjadi pada bulan September. Memasuki bulan November, gelombang di kedua wilayah menurun tajam, menandai musim yang lebih tenang menjelang akhir tahun. Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa bagian selatan Selat Makassar mengalami gelombang yang lebih aktif dan tinggi dibandingkan bagian utara, terutama pada paruh kedua tahun.

Analisis Akurasi Tinggi Gelombang Laut Signifikan antara Model Copernicus Marine Service dengan Ocean Forecast System

Setelah diperoleh hasil analisis tinggi gelombang laut signifikan antara kedua model, maka langkah selanjutnya adalah menghitung akurasi dengan metode RMSE untuk menunjukkan besarnya simpangan antara Copernicus Marine Service dan Ocean Forecast System pada dua lokasi sampel penelitian, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai RMSE Model CMS dan OFS

No	Lokasi Sampel	RMSE
1	Selat Makassar bagian Utara	0,14
2	Selat Makassar bagian Selatan	0,30

Berdasarkan Tabel 4, nilai RMSE untuk bagian utara adalah 0,14, sedangkan untuk bagian selatan adalah 0,30. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua model memiliki akurasi yang cukup baik, karena nilai RMSE mendekati nol dan berada pada kategori kesalahan kecil. Model CMS dan OFS menunjukkan hasil yang konsisten dengan pola musiman tinggi gelombang laut signifikan di wilayah penelitian, meskipun terdapat perbedaan kecil pada beberapa bulan tertentu. Perbedaan hasil antara kedua model lebih jelas terlihat di bagian selatan Selat Makassar. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh resolusi spasial model OFS yang lebih tinggi, sehingga lebih mampu menangkap dinamika lokal yang khas di wilayah tersebut dibandingkan CMS, yang dirancang untuk kebutuhan global dengan resolusi lebih rendah. Di bagian utara, perbedaan nilai antara kedua model

lebih kecil, menunjukkan bahwa kedua model memiliki tingkat sensitivitas yang hampir sama terhadap dinamika gelombang di wilayah ini.

Secara keseluruhan, kedua model menunjukkan pola temporal yang serupa, dengan dua puncak gelombang signifikan terjadi pada bulan Februari dan September, serta periode gelombang rendah pada bulan April dan Desember. Dengan nilai RMSE yang rendah, dapat disimpulkan bahwa model CMS dan OFS dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi tinggi gelombang laut signifikan di Selat Makassar, mendukung kebutuhan navigasi maritim dan mitigasi risiko bencana di wilayah tersebut. Hasil analisis ini juga memberikan dasar untuk pengembangan dan validasi model prediksi gelombang di masa depan.

KESIMPULAN

1. Hasil analisis tinggi gelombang signifikan di Selat Makassar menunjukkan dua puncak tahunan, yaitu pada bulan Februari dan September. Gelombang tertinggi terjadi di musim angin muson, yang berdampak pada kondisi gelombang di perairan tersebut. Sebaliknya, periode gelombang rendah atau tenang terjadi pada bulan Maret dan Desember.
2. Berdasarkan analisis statistik RMSE, Model Copernicus Marine Service dan Ocean Forecast System menunjukkan hasil yang hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa kedua model dapat digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang laut signifikan di Selat Makassar dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi. Namun Model Ocean Forecast System memiliki keunggulan karena memiliki resolusi spasial yang lebih tinggi yang memungkinkan model ini menangkap variasi dinamika laut yang lebih detail pada skala lokal, khususnya di wilayah perairan Selat Makassar.

SARAN

1. Masih kurangnya alat pengamatan gelombang laut secara langsung sebagai referensi untuk memverifikasi data pemodelan.
2. Dalam penelitian ini waktu penelitian hanya selama 1 tahun. Untuk penelitian lebih lanjut diharapkan menambah series data hingga 5 tahun.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan Kepada kedua orang tua serta keluarga yang selalu mendoakan dalam penyelesaian penulisan skripsi ini. Kepada

Dr. Ir. Asbar, M. Si dan Dr. Muhammad Yunus, S. Kel., M. Si yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Pratama, Oki. (2020) “Konservasi Perairan Sebagai Upaya menjaga Potensi Kelautan dan Perikanan Indonesia”. [https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045-konservasi-perairan-sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan dan perikanan Indonesia](https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045-konservasi-perairan-sebagai-upaya-menjaga-potensi-kelautan-dan-perikanan-indonesia).
- Prayitno T, W.S. Setiyo, A.A. Surya. (2021). Salinitas Absolut dan Arus Sebagai Pembaruan Variabel untuk Pemutakhiran Basisdata Sistem Fusi-Oceanografi. *Jurnal Hidropilar* Vol. 7 No. 2, 95-106.
- Yani. A, R. Ridwana, M. Ihsan, R. Arrasyid. (2020). *Pengantar Oseanografi*. Malang: Intermedia. ISBN: 978-623-6813-00-3. 306 halaman.