

## PERUMUSAN KARAKTERISTIK GELOMBANG PERAIRAN HALMAHERA UTARA DAN MOROTAI

### *CHARACTERISTIC FORMULATION OF WAVES IN THE NORTH HALMAHERA AND MOROTAI COASTAL WATERS*

**Hendrik T. Mudho<sup>1</sup>, Ibnu Abdul Azies<sup>1</sup>, Widodo S. Pranowo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Postgraduate Student of Naval School of Technology (STTAL), Indonesian Navy Jakarta, 14240, Indonesia.

<sup>2</sup> Principal Researcher, Research Center for Climate and Atmosphere, National Research and Innovation Agency, Indonesia. E-mail: widodo.pranowo@gmail.com

Email: triom7@gmail.com

#### **ABSTRAK**

Halmahera Utara dan Morotai, dua pulau yang terletak di Kepulauan Maluku Utara, Indonesia, merupakan wilayah yang kaya akan keanekaragaman hayati laut dan memiliki potensi besar dalam sektor maritim, perdagangan, dan perikanan. Kedua pulau ini memegang peran strategis sebagai jalur penting dalam transportasi maritim dan perdagangan regional. Dinamika gelombang laut di wilayah ini dapat memiliki dampak signifikan pada berbagai aspek, mulai dari keselamatan pelayaran hingga kesejahteraan ekosistem pesisir. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang karakteristik gelombang laut di perairan ini menjadi esensial. Karakteristik gelombang laut mencakup tinggi, periode, dan panjang gelombang dominan, gelombang signifikan, gelombang alun, dan gelombang angin. Informasi ini tidak hanya penting untuk keselamatan pelayaran tetapi juga untuk pengembangan potensi ekonomi kelautan. Dalam konteks perubahan iklim global yang semakin meningkat, variasi dan perubahan dalam karakteristik gelombang dapat menjadi indikator penting untuk memahami kondisi perairan yang berubah. Penelitian ini menggunakan data sekunder dari Marine copernicus, sebuah platform data kelautan global, dalam rentang waktu dari tahun 2012 hingga 2021, untuk merumuskan karakteristik gelombang perairan di Halmahera Utara dan Morotai. Metodologi penelitian mencakup pemilihan lokasi penelitian, pengumpulan data, analisis statistik data gelombang, identifikasi pola musiman dan tahunan, serta pengolahan data menggunakan perangkat lunak ODV (*Ocean Data View*). Hasil menunjukkan variasi yang signifikan dalam tinggi gelombang selama 10 tahun. Tinggi gelombang signifikan berkisar antara 0,2 hingga 2,69 meter. Faktor seperti angin, arus laut, dan topografi laut memengaruhi tinggi gelombang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan ilmiah yang berharga dan rekomendasi praktis bagi berbagai pemangku kepentingan di sektor kelautan. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang karakteristik gelombang laut di wilayah ini, penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi untuk meningkatkan keselamatan pelayaran tetapi juga untuk pengembangan potensi ekonomi kelautan di Halmahera Utara dan Morotai.

**Kata kunci** : Karakteristik Gelombang, Halmahera Utara dan Morotai, gelombang signifikan, gelombang alun, gelombang angin.

## ABSTRACT

*North Halmahera and Morotai, two islands located in the North Maluku Islands of Indonesia, are areas rich in marine biodiversity and have great potential in the maritime, trade and fisheries sectors. Both islands play a strategic role as important routes for maritime transportation and regional trade. Wave dynamics in this region can have significant impacts on various aspects, ranging from shipping safety to the well-being of coastal ecosystems. Therefore, an in-depth understanding of the characteristics of ocean waves in these waters is essential. Wave characteristics include the height, period and length of dominant waves, significant waves, swell and wind waves. This information is not only important for shipping safety but also for the development of marine economic potential. In the context of increasing global climate change, variations and changes in wave characteristics can be important indicators to understand changing water conditions. This study uses secondary data from Marine copernicus , a global marine data platform, in the time span from 2012 to 2021, to formulate the wave characteristics of waters in North Halmahera and Morotai. The research methodology included site selection, data collection, statistical analysis of wave data, identification of seasonal and annual patterns, and data processing using ODV (Ocean Data View) software. Results showed significant variations in wave height over 10 years. Significant wave heights ranged from 0.2 to 2.69 meters. Factors such as wind, ocean currents and ocean topography affect wave height. The results from this study are expected to provide valuable scientific insights and practical recommendations for various stakeholders in the marine sector. With a better understanding of the characteristics of ocean waves in this region, this research is expected to contribute to improving shipping safety but also to the development of marine economic potential in North Halmahera and Morotai.*

**Keywords:** *Wave Characteristics, North Halmahera and Morotai, significant wave, primary swell, wind wave.*

## PENDAHULUAN

Halmahera Utara dan Morotai, wilayah yang terletak di Kepulauan Maluku Utara, Indonesia, memegang peran krusial dalam konteks kelautan regional, sebagai jalur penting bagi transportasi maritim dan perdagangan, keberadaan kedua pulau ini menandai kontribusi signifikan terhadap potensi kelautan Indonesia. Keunikan ekosistem laut dan keanekaragaman hayati di sekitar Halmahera Utara dan Morotai memberikan landasan penting bagi pemahaman mendalam terhadap karakteristik gelombang laut di wilayah ini.

Gelombang laut merupakan salah satu komponen laut yang mempunyai pengaruh besar pada aktivitas kehidupan yang berada di lautan, kebutuhan untuk memperkirakan gelombang laut sendiri mulai dirasa menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting, dengan adanya informasi gelombang laut di kemudian hari maka segala aktivitas kehidupan yang terpengaruh dengan gelombang laut seperti transportasi laut dan bernavigasi pada khususnya akan dapat dipersiapkan dengan baik (Deny, 2004; Purba & Pranowo, 2015). Gelombang yang terjadi di laut merupakan gerakan naik turunnya

muka laut yang timbul akibat adanya gangguan pada badan air, misalnya angin, gempa bumi akibat gerakan tektonik maupun vulkanik, dan gaya tarik benda-benda langit. Gelombang adalah profil elevasi permukaan laut yang didefinisikan dari suatu titik *still water level* (SWL) yang akan membentuk puncak berikutnya. Elevasi permukaan air laut selalu bernilai positif sedangkan tinggi gelombang dapat bernilai positif (Holthuijzen, 2007).

Gelombang laut yang terjadi dapat dipicu oleh berbagai hal seperti angin, aktivitas lempeng bumi, akibat gerakan kapal, pasang surut, dan arus laut (Pranowo, 2014). Namun yang paling sering terjadi adalah gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Terutama jika terjadi angin kencang, biasanya akan mengakibatkan gelombang tinggi. Cuaca buruk seperti gelombang tinggi dan angin kencang tersebut sering kali menghambat aktivitas pelayaran. Jika prediksi gelombang laut ini dapat dilakukan dengan baik, maka tindakan antisipasi dapat diambil oleh para pengguna transportasi laut. Penggerak utama gelombang di laut adalah medan angin yang tepat berada di atasnya, sehingga kondisi gelombang sangat tergantung pada kondisi angin lokal (Purba & Pranowo, 2015). Karakteristik gelombang sangat penting dalam berbagai bidang seperti perkapalan, industri, pariwisata dan keselamatan struktur lepas pantai (Habibie *et al.*, 2018). Selain itu Informasi tentang gelombang laut dapat digunakan untuk merencanakan operasi di industri kelautan (Nugroho & Joesidawati, 2021)

Dalam era digital saat ini, akses mudah terhadap data dan informasi

mengenai dinamika lautan menjadi semakin mungkin, dengan *Marine copernicus* menjadi salah satu platform data kelautan global yang memberikan kontribusi signifikan (*Marine copernicus*, 2023). Sebagai sumber data sekunder, *Marine copernicus* menawarkan rentang data yang luas, mulai dari tahun 2012 hingga 2021, membuka peluang untuk penelitian mendalam mengenai karakteristik gelombang laut.

Penelitian ini memfokuskan pada pentingnya pemahaman karakteristik gelombang laut di Halmahera Utara dan Morotai sebagai landasan untuk pengembangan sektor kelautan. Melalui pendekatan kuantitatif dan analisis data sekunder dari *marine copernicus*, penelitian ini bertujuan merumuskan informasi yang lebih terperinci mengenai tinggi, periode, dan panjang gelombang, serta faktor-faktor lain yang memengaruhi dinamika gelombang di perairan ini. Mengetahui karakteristik gelombang seperti tinggi, periode dan arah gelombang merupakan karakteristik fisik laut yang sangat penting dalam merencanakan perjalanan laut, sesampai keselamatan bisa terjamin (Kurniawan dan Khotimah, 2015). Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan ilmiah yang bermanfaat dan mendukung pengambilan keputusan bagi pemangku kepentingan di bidang kelautan dan perikanan.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini bertujuan untuk merumuskan karakteristik gelombang perairan di Halmahera Utara dan Morotai dengan memanfaatkan data sekunder dari *Marine copernicus*. Data dalam penelitian

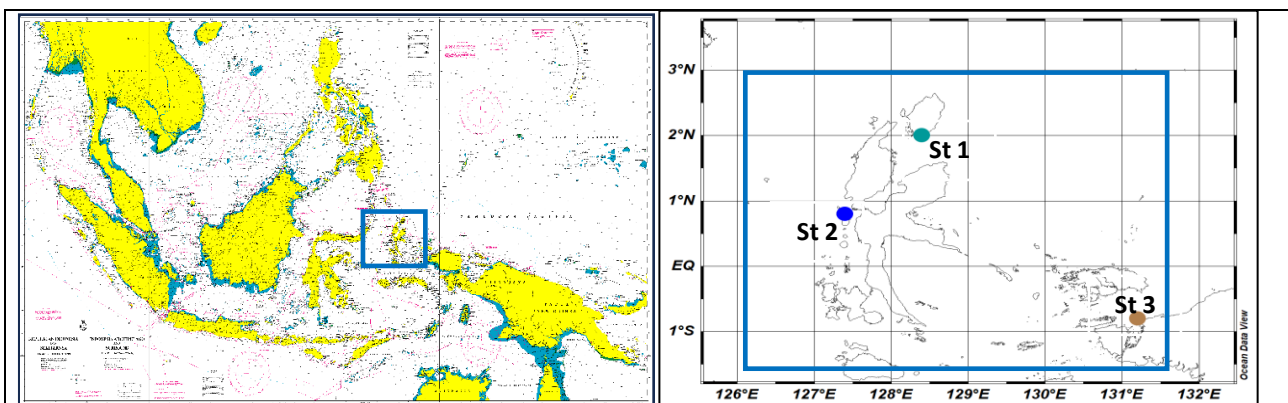
ini merupakan data gelombang 10 tahun dengan periode 2011-2021, penggunaan data tersebut diharapkan Agar hasil analisis valid ( Hidayati,2017 ), dengan jangkauan spasial: Samudra Global (Lintang  $-89.8^{\circ}$  hingga  $89.8^{\circ}$ , Bujur  $-180^{\circ}$  hingga  $179.8^{\circ}$ ), resolusi spasial:  $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ , resolusi temporal: per 3 jam. Metodologi penelitian ini mencakup langkah-langkah berikut:

Penelitian ini dilaksanakan di perairan sekitar Halmahera Utara dan Morotai di Kepulauan Maluku Utara, Indonesia. Pemilihan lokasi didasarkan pada pentingnya wilayah ini dalam aktivitas maritim regional. Di Lokasi perairan Halmahera Utara dan Morotai tersebut diambil 3 stasiun observasi. Posisi Stasiun Observasi 1 yaitu  $0^{\circ}49'13''\text{LU}$  dan  $127^{\circ}23'07''\text{BT}$ , Stasiun Observasi 2 yaitu  $2^{\circ}00'46''\text{LU}$  dan  $128^{\circ}16'59''\text{BT}$ , Stasiun Observasi 3 yaitu  $0^{\circ}52'41''\text{LS}$  dan  $131^{\circ}15'34''\text{BT}$ . Periode pengambilan data untuk penelitian selama 10 tahun dari 01 Januari 2012 sampai dengan 31 Desember 2021, ditunjukkan pada Gambar 1.

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari Marine copernicus (<https://data.marine.copernicus.eu/product>

*/GLOBAL\_MULTIYEAR\_WAV\_001\_032/description*), sebuah platform data kelautan global yang menyediakan berbagai informasi terkait lautan, termasuk data karakteristik gelombang laut. Data yang diperoleh mencakup parameter gelombang seperti tinggi gelombang signifikan, tinggi gelombang alun primer, dan tinggi gelombang angin. Data ini meliputi periode tahun 2012 hingga 2021. Data karakteristik gelombang laut yang diperoleh dari *marine copernicus* diolah dan dianalisis secara statistik. Hasil analisis ini akan memberikan gambaran umum tentang karakteristik gelombang di wilayah penelitian. Selain analisis statistik dasar, penelitian ini juga akan memfokuskan pada identifikasi pola musiman dan tahunan dalam karakteristik gelombang (Wicaksana *et al.*, 2015; Muliati *et al.*, 2018).

Untuk mengoptimalkan pemahaman karakteristik gelombang, data akan diolah menggunakan perangkat lunak ODV (*Ocean Data View*). Perangkat lunak *Ocean Data View* (ODV) (Schlitzer, 2023), digunakan untuk mengkonversi data netcdf menjadi data ASCII-txt. Selanjutnya data ASCII-txt dianalisis menggunakan Microsoft Excel. Hasil analisis data dan visualisasi menggunakan ODV akan



Gambar 1. Batas area lokasi penelitian dan 3 stasiun observasi. Stasiun observasi 1 warna hijau, stasiun observasi 2 warna biru, dan stasiun observasi 3 warna coklat. (Sumber: Peta Pushidrosal, 2016)

diinterpretasikan untuk merumuskan karakteristik gelombang perairan di Halmahera Utara dan Morotai. Interpretasi ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang pola gelombang, variabilitas, dan faktor-faktor yang memengaruhinya di wilayah penelitian. Metodologi penelitian ini diharapkan akan menghasilkan informasi yang berharga mengenai karakteristik gelombang perairan di Halmahera Utara dan Morotai. Data dan hasil analisis ini dapat digunakan untuk mendukung kebijakan keselamatan pelayaran tetapi juga untuk pengelolaan sumber daya alam, konservasi lingkungan, dan pengembangan potensi ekonomi kelautan di Halmahera Utara dan Morotai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data gelombang selama 10 tahun merupakan data time series yang panjang, diperoleh dari *Marine copernicus*. Gelombang laut dapat terjadi karena adanya kekuatan ataupun gaya yang membangkitkannya, gaya-gaya tersebut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis diantaranya dari angin, tarik menarik antar bumi, bulan dan matahari yang mengakibatkan pasang surut dan gempa bumi (Nichols & Williams 2009). Pada dasarnya gelombang laut bisa timbul akibat adanya angin (*sea wave*) sesampai, Semakin cepat atau besar kecepatan angin, semakin besar pula kecepatan dan panjang gelombangnya (Azis, 2006). Dari Informasi gelombang laut maka

keselamatan dan keamanan pelayaran di laut bisa berjalan dengan aman dan nyaman. Keamanan dan keselamatan pelayaran adalah situasi dimana kepatuhan dengan persyaratan keamanan yang relevan, transportasi di air, di pelabuhan dan di lingkungan laut (Maulana & Otiyas, 2018)

Berdasarkan data pengukuran tinggi gelombang di perairan Halmahera Utara dan Morotai, hasil menunjukkan variasi yang signifikan sepanjang tahun. Tinggi gelombang signifikan berkisar antara 0,2 - 2,69 meter, tinggi gelombang alun primer berkisar 0,13 - 2,68 meter, dan tinggi gelombang angin berkisar antara 0 - 1,78 meter. Faktor-faktor seperti angin, arus laut, dan topografi laut memainkan peran utama dalam menentukan tinggi gelombang. Data 3 stasiun Observasi untuk bulan Januari ditampilkan pada Tabel 1.

Berdasarkan Tabel 1 di atas, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang pada masing-masing stasiun, periode 10 tahun (2012–2021). Rata-rata tinggi gelombang signifikan pada bulan Januari 0,57 meter, rata-rata gelombang alun primer 0,40 meter dan rata-rata gelombang angin 0,12 meter. Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Hasil gelombang di 3 stasiun observasi pada bulan Januari selama 10 Tahun 2012-2021

Data	Gel signifikan [m]	Gel alun primer [m]	Gel angin[m]
min	0,2	0,11	0
max	2,69	1,4	1,78
rata-rata	0,5724946	0,403182796	0,123491935

Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun sangat bervariasi. Berdasarkan Gambar 2 di atas, Gelombang signifikan paling tinggi terjadi di tahun 2017 yaitu 2,69 meter dan gelombang signifikan paling rendah yaitu terjadi di tahun 2012 yaitu 0,93 meter. Gelombang alun primer tertinggi terjadi tahun 2017 yaitu 1.4 meter, dan gelombang alun terendah terjadi di tahun 2021 yaitu 0,63 meter. Gelombang angin tertinggi di tahun 2013 yaitu 1,78 meter dan gelombang angin terendah terjadi di 2020 yaitu 0,36 meter. Data 3 stasiun Observasi untuk bulan April ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang pada masing-masing stasiun, periode 10 tahun (2012 – 2021). Rata-rata tinggi gelombang signifikan pada bulan April yaitu 0,37 meter, rata-rata gelombang alun primer 0,27 meter dan rata-rata gelombang angin 0,04 meter. Grafik tinggi

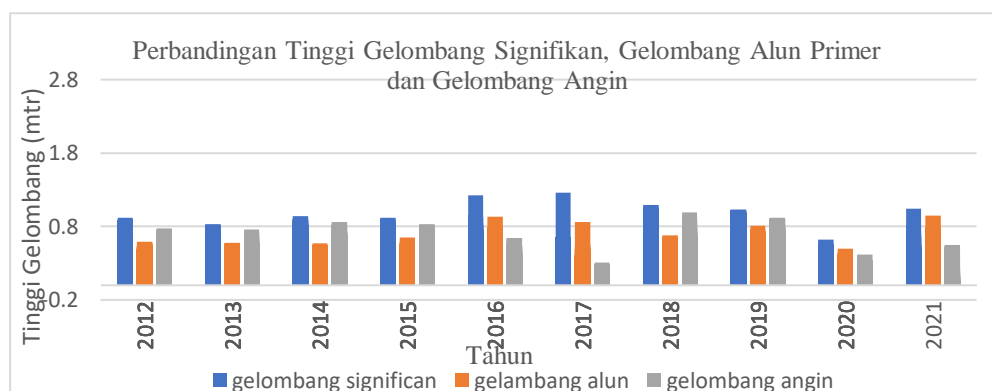
gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 3.

Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun sangat bervariasi. Berdasarkan Gambar 3 di atas, Gelombang signifikan paling tinggi terjadi di tahun 2017 yaitu 1,26 meter dan gelombang signifikan paling rendah yaitu terjadi di tahun 2020 yaitu 0,56 meter. Gelombang alun primer tertinggi terjadi tahun 2021 yaitu 0.95 meter, dan gelombang alun terendah terjadi di tahun 2020 yaitu 0,45 meter. Gelombang angin tertinggi di tahun 2018 yaitu 0,94 meter dan gelombang angin terendah terjadi di 2017 yaitu 0,21 meter. Data 3 stasiun Observasi untuk bulan Juli ditampilkan pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang pada masing-masing stasiun

Tabel 2. Hasil gelombang di 3 stasiun observasi pada bulan April selama 10 Tahun 2012-2021

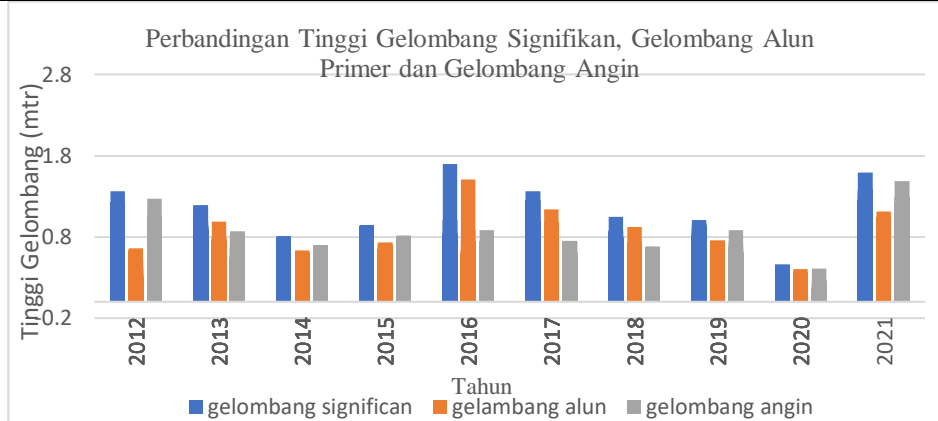
Data	Gel signifikan [m]	Gel alun primer [m]	Gel angin[m]
min	0,12	0,09	0
max	2,2	2,2	0,93
rata-rata	0,3752458	0,275684722	0,045445833



Gambar 3. Grafik 3 stasiun observasi bulan April 10 tahun 2012\_2021  
Sumber: hasil pengolahan

Tabel 3. Hasil gelombang di 3 stasiun observasi pada bulan Juli selama 10 Tahun 2012-2021

Data	Gel signifikan [m]	Gel alun primer [m]	Gel angin[m]
min	0,09	0,04	0
max	1,7	1,51	1,49
rata-rata	0,3199556	0,221754032	0,097704301



Gambar 4. Grafik 3 stasiun observasi bulan Juli 10 tahun 2012\_2021  
Sumber: hasil pengolahan

bervariasi, periode 10 tahun (2012–2021).

Rata-rata tinggi gelombang signifikan pada bulan Juli 0,31 meter, rata-rata gelombang alun primer 0,22 meter dan rata-rata gelombang angin 0,09 meter. Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 4.

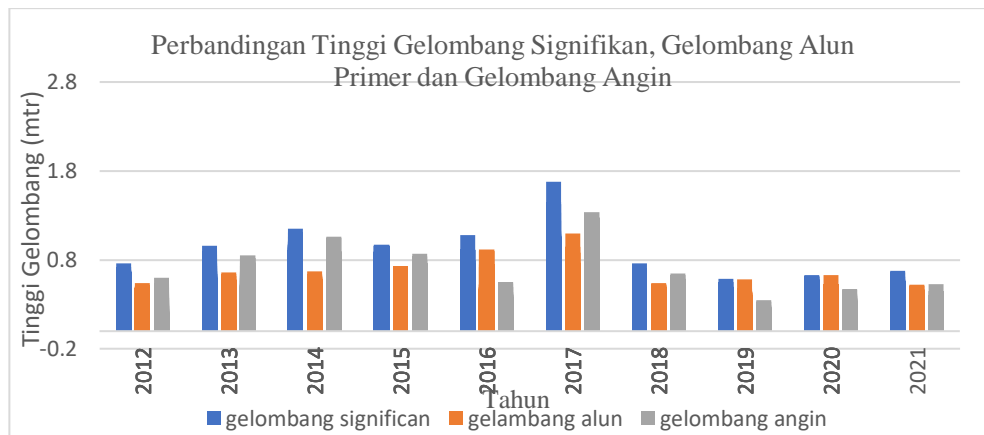
Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun sangat bervariasi. Berdasarkan Gambar 4 di atas, Gelombang signifikan paling tinggi terjadi di tahun 2016 yaitu 1,7 meter dan gelombang signifikan paling rendah yaitu terjadi di tahun 2020 yaitu

0,36 meter. Gelombang alun primer tertinggi terjadi tahun 2016 yaitu 0.51 meter, dan gelombang alun terendah terjadi di tahun 2020 yaitu 0,3 meter. Gelombang angin tertinggi di tahun 2021 yaitu 1,49 meter dan gelombang angin terendah terjadi di 2020 yaitu 0,19 meter. Data 3 stasiun Observasi untuk bulan Oktober ditampilkan pada Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 4 di atas, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang pada masing-masing stasiun bervariasi, periode 10 tahun (2012–2021). Rata-rata tinggi gelombang signifikan pada bulan Oktober 0,35 meter, rata-rata gelombang alun primer 0,25 meter dan rata-rata gelombang angin 0,07 meter.

Tabel 4. Hasil gelombang di 3 stasiun observasi pada bulan Oktober selama 10 Tahun 2012-2021

Data	Gel signifikan [m]	Gel alun primer [m]	Gel angin[m]
min	0,11	0,06	0
max	1,68	1,1	1,34
rata-rata	0,3551855	0,251395161	0,07808871



Gambar 5. Grafik 3 stasiun observasi bulan Oktober 10 tahun 2012\_2021  
Sumber: hasil pengolahan

Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun dapat dilihat pada Gambar 5.

Grafik tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin di 3 stasiun observasi selama 10 tahun sangat bervariasi. Berdasarkan Gambar 5 di atas, Gelombang signifikan paling tinggi terjadi di tahun 2017 yaitu 1,68 meter dan gelombang signifikan paling rendah yaitu terjadi di tahun 2019 yaitu 0,55 meter. Gelombang alun primer tertinggi terjadi tahun 2017 yaitu 1.1 meter, dan gelombang alun terendah terjadi di tahun 2021 yaitu 0,42 meter. Gelombang angin tertinggi di tahun 2017 yaitu 1,34 meter dan gelombang angin terendah terjadi di 2019 yaitu 0,33 meter. Data rangkuman 3 stasiun Observasi per bulan selama 10 tahun 2012-2021 ditampilkan pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 di atas, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang pada masing-masing stasiun bervariasi, periode 10 tahun (2012–2021).Tinggi gelombang signifikan minimal

di stasiun observasi 1 yaitu 0.2 meter terjadi di bulan Januari tahun 2012, 2016 dan 2020. Tinggi gelombang signifikan maksimal yaitu 2.24 meter terjadi di bulan Januari tahun 2018. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Arfida I Dero1, 2022) disimpulkan bahwa tinggi gelombang maksimum terjadi pada musim barat (DJF). Rata-rata Gelombang signifikan tertinggi yaitu 0.54 meter terjadi di bulan Januari tahun 2012-2020. Gelombang alun primer minimal di stasiun observasi 1 yaitu 0.13 meter terjadi di bulan Februari tahun 2012, 2018, dan 2021. Gelombang alun primer maksimal yaitu 1.51 meter terjadi di bulan Juli tahun 2016. Rata-rata Gelombang alun primer tertinggi yaitu 0.38 meter yaitu terjadi di bulan Februari tahun 2012 sd 2021. Gelombang angin minimal di stasiun observasi 1 yaitu 0 meter terjadi di bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2012-2021. Gelombang angin maksimal yaitu 1.62 meter terjadi di bulan Januari tahun 2013. Rata-rata Gelombang angin tertinggi yaitu 0.17 meter yaitu terjadi di bulan September tahun 2012-2015,2017,2018,2019 dan 2021.



Tabel 5. Rangkuman tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin tahun 2012-2020. Sumber: hasil pengolahan

<b>RANGKUMAN TINGGI GELOMBANG SIGNIFIKAN, GELOMBANG ALUN PRIMER DAN GELOMBANG ANGIN TAHUN 2012-2020</b>										
Bulan		Stasiun Observasi 1			Stasiun Observasi 2			Stasiun Observasi 3		
		SWH	SW1	WW	SWH	SW1	WW	SWH	SW1	WW
Januari	min	0,20	0,11	0	0,3	0,15	0	0,28	0,21	0
	max	2,24	1,11	1,62	2,69	1,4	1,78	1,38	1,27	0,59
	average	0,54	0,38	0,15	0,61	0,34	0,17	0,56	0,49	0,05
Februari	min	0,19	0,13	0	0,29	0,14	0	0,33	0,21	0
	max	1,85	1,24	1,21	1,92	1,14	1,38	2,7	2,68	0,65
	average	0,54	0,38	0,15	0,62	0,35	0,18	0,59	0,51	0,07
Maret	min	0,15	0,09	0	0,29	0,14	0	0,25	0,13	0
	max	1,34	0,95	0,93	1,85	1,14	1,07	1,59	1,42	1,13
	average	0,46	0,33	0,12	0,53	0,30	0,14	0,51	0,44	0,04
April	min	0,12	0,09	0	0,24	0,12	0	0,2	0,13	0
	max	0,93	0,75	0,76	1,78	1,2	0,93	2,2	2,2	0,87
	average	0,31	0,23	0,04	0,41	0,24	0,08	0,41	0,35	0,02
Mei	min	0,07	0,04	0	0,19	0,1	0	0,16	0,11	0
	max	1,11	0,89	0,65	2,32	1,56	0,85	1,69	1,37	0,55
	average	0,22	0,15	0,02	0,34	0,22	0,05	0,31	0,26	0,02
Juni	min	0,1	0,05	0	0,17	0,09	0	0,13	0,08	0
	max	1,45	0,84	1,4	1,82	1,49	1,56	1,1	0,79	0,59
	average	0,35	0,23	0,02	0,32	0,21	0,05	0,26	0,19	0,05
Juli	min	0,09	0,04	0	0,18	0,09	0	0,13	0,07	0
	max	1,7	1,51	1,27	1,59	0,98	1,49	1,01	0,48	0,88
	average	0,35	0,26	0,13	0,34	0,23	0,06	0,27	0,18	0,10
Agustus	min	0,08	0,03	0	0,17	0,08	0	0,12	0,06	0
	max	1,16	0,89	1,07	0,93	0,78	0,83	1,19	1,19	0,81
	average	0,38	0,27	0,17	0,33	0,22	0,05	0,28	0,17	0,13
September	min	0,08	0,03	0	0,16	0,08	0	0,13	0,07	0
	max	1,06	0,95	0,99	1,26	0,86	0,92	1,01	0,48	0,88
	average	0,37	0,24	0,17	0,32	0,19	0,06	0,27	0,18	0,10
Oktober	min	0,11	0,06	0	0,2	0,09	0	0,18	0,11	0
	max	1,24	0,88	1,06	1,68	1,1	1,34	1,06	0,95	0,5
	average	0,342	0,235	0,100	0,38	0,22	0,09	0,35	0,30	0,05
November	min	0,14	0,09	0	0,22	0,08	0	0,19	0,15	0
	max	1,66	1,29	0,6	2,45	1,56	0,95	1,44	1,43	0,72
	average	0,31	0,23	0,03	0,42	0,24	0,06	0,41	0,36	0,02
Desember	min	0,16	0,09	0	0,22	0,08	0	0,27	0,19	0
	max	1,29	0,95	0,91	2,45	1,56	0,95	1,47	1,47	0,5
	average	0,45	0,32	0,09	0,42	0,24	0,06	0,53	0,47	0,03
<b>Resume</b>										
min tertinggi		0,2	0,13	0	0,3	0,15	0	0,33	0,21	0
max tertinggi		2,24	1,51	1,62	2,69	1,56	1,78	2,7	2,68	1,13
average tertinggi		0,54	0,38	0,17	0,62	0,35	0,18	0,59	0,51	0,13

Tinggi gelombang signifikan minimal di stasiun observasi 2 yaitu 0,3 meter yaitu terjadi di bulan Januari tahun 2020, tinggi gelombang signifikan maksimal yaitu 2,69 meter terjadi di bulan Januari tahun 2017. Rata-rata Gelombang signifikan tertinggi yaitu 0,62 meter terjadi di bulan Februari tahun 2012-2021. Gelombang alun primer minimal di stasiun observasi 2 yaitu 0,15 meter terjadi di bulan Januari tahun 2016 dan 2020, Gelombang alun primer maksimal yaitu 1,56 meter terjadi di bulan Mei tahun 2016 dan 2017. Rata-rata Gelombang alun primer tertinggi yaitu 0,35 meter yaitu terjadi di bulan Februari tahun 2012-2021. Gelombang angin minimal di stasiun observasi 2 yaitu 0 meter terjadi di bulan Januari sampai dengan Desember tahun 2012-2021. Gelombang angin maksimal yaitu 1,78 meter terjadi di bulan Januari tahun 2013.

Rata-rata Gelombang angin tertinggi yaitu 0,18 meter yaitu terjadi di bulan Februari tahun 2012-2021.

Tinggi gelombang signifikan minimal di stasiun observasi 3 yaitu 0.33 meter yaitu terjadi di bulan Februari tahun 2012. Tinggi gelombang signifikan maksimal yaitu 2,7 meter terjadi di bulan Februari tahun 2017. Rata rata Gelombang signifikan tertinggi yaitu 0,59 meter terjadi di bulan Februari tahun 2012-2017, 2019-2021. Gelombang alun primer minimal di stasiun observasi 3 yaitu 0,21 meter terjadi di bulan Februari tahun 2012. Gelombang alun primer maksimal yaitu 2,68 meter terjadi di bulan Februari tahun 2017. Rata rata Gelombang alun primer tertinggi yaitu 0.51 meter yaitu terjadi di bulan Februari tahun 2012-2021. Gelombang angin minimal di stasiun observasi 3 yaitu 0 meter terjadi di bulan Januari sampai

Tabel 6. Rangkuman tinggi gelombang signifikan, gelombang alun primer dan gelombang angin Tahun 2012-2020.

	stasiun 1				stasiun 2			stasiun 3		
Musim Barat	Data	Gel signi	Gel alun	Gel angin	Gel signi	Gel alun	Gel angin	Gel signi	Gel alun	Gel angin
Des-Feb	min	0,16	0,09	0,00	0,29	0,14	0,00	0,27	0,19	0,00
	max	2,24	1,24	1,62	2,69	1,40	1,78	2,70	2,68	0,65
	rata2	0,51	0,36	0,13	0,59	0,33	0,16	0,56	0,49	0,05
Musim Peralihan 1	min	0,07	0,04	0,00	0,19	0,10	0,00	0,16	0,11	0,00
Maret-Mei	max	1,34	0,95	0,93	2,32	1,56	1,07	2,20	2,20	1,13
	rata-rata	0,33	0,24	0,06	0,43	0,25	0,09	0,41	0,35	0,03
Musim Timur	min	0,08	0,03	0,00	0,17	0,08	0,00	0,12	0,06	0,00
Juni-Agustus	max	0,14	0,09	0,00	1,82	1,49	1,56	1,19	1,19	0,88
	rata-rata	0,36	0,26	0,12	0,33	0,22	0,05	0,27	0,18	0,10
Musim Peralihan 2	min	0,08	0,03	0,00	0,16	0,08	0,00	0,10	0,06	0,00
Sept-Nov	max	1,66	1,29	1,06	2,45	1,56	1,34	1,44	1,43	0,79
	rata-rata	0,34	0,24	0,10	0,37	0,22	0,07	0,34	0,29	0,05

dengan Desember tahun 2012-2021. Gelombang angin maksimal yaitu 1,13 meter terjadi di bulan Maret tahun 2012. Rata rata Gelombang angin tertinggi yaitu 0,13 meter yaitu terjadi di bulan Agustus tahun 2012-2020.

### **Tinggi Gelombang Pada 3 Stasiun Observasi Virtual Musiman**

Dalam konteks musiman, hasil analisis menunjukkan variasi tinggi gelombang yang mencolok. Berikut adalah rangkuman tinggi gelombang musiman selama 10 tahun ditunjukkan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 di atas, hasil pengolahan data gelombang di 3 Stasiun Observasi, dapat diketahui karakteristik gelombang musiman pada masing-masing stasiun bervariasi, periode 10 tahun (2012–2021). Kondisi ini sejalan dengan hasil penelitian (Putra, 2015 ; Rahmatullah. A, 2022) yang menyatakan bahwa variasi tinggi gelombang di perairan Indonesia dipengaruhi oleh musim yang terjadi. Dapat dilihat bahwa tinggi gelombang maksimum terjadi. Tinggi gelombang signifikan minimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0.16 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,07, pada musim Timur yaitu 0,08, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,08. Tinggi Gelombang signifikan maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 2,24 meter, kondisi ini sejalan dengan penelitian Efendi, karakteristik gelombang pada bulan Desember - Februari, menunjukkan bahwa gelombang tinggi mendominasi terjadi di wilayah Samudra Hindia, Samudra Pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Natuna dengan tinggi gelombang berkisar antara 1,25 sampai 2,50 meter (Efendi, 2023), pada musim

Peralihan 1 yaitu 1,34, pada musim Timur yaitu 0,14, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,66. Rata-rata tinggi Gelombang signifikan di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,51 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,33, pada musim Timur yaitu 0,36, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,34.

Tinggi gelombang alun minimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,16 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,07, pada musim Timur yaitu 0,08, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,08. Tinggi Gelombang alun maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 1,2 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,95, pada musim Timur yaitu 0,09, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,29. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,36 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,34, pada musim Timur yaitu 0,26, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,24.

Tinggi gelombang angin minimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0, pada musim Timur yaitu 0 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0 meter. Tinggi Gelombang angin maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 1,62 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,93, pada musim Timur yaitu 0 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,06. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,13 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,06, pada musim Timur yaitu 0,12, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,10.

Tinggi gelombang signifikan minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0.29 meter, pada musim Peralihan 1

yaitu 0,19, pada musim Timur yaitu 0,17, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,16. Tinggi Gelombang signifikan maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 2,69 meter, kondisi ini sejalan dengan penelitian Wardhani, Pada saat musim Barat, variasi tinggi gelombang di perairan Indonesia dipengaruhi oleh tinggi kecepatan dan arah angin dari Benua Asia ke Benua Australia (Wardhani, 2021). Tinggi Gelombang signifikan pada musim Peralihan 1 yaitu 2,32, pada musim Timur yaitu 1,82, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 2,45. Rata-rata tinggi Gelombang signifikan di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,59 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,43, pada musim Timur yaitu 0,33, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,37.

Tinggi gelombang alun minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0.14 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,10, pada musim Timur yaitu 0,08, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,08. Tinggi Gelombang alun maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 1,40 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 1,56, pada musim Timur yaitu 1,49, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,56. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,33 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,25, pada musim Timur yaitu 0,22, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,22.

Tinggi gelombang angin minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0, pada musim Timur yaitu 0 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0 meter. Tinggi Gelombang angin maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat

yaitu 1,78 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 1,07, pada musim Timur yaitu 1,56 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,34. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,16 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,09, pada musim Timur yaitu 0,05, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,07.

Tinggi gelombang signifikan minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0.27 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,16, pada musim Timur yaitu 0,12, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,10. Tinggi Gelombang signifikan maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 2,70 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 2,20, pada musim Timur yaitu 1,19, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,44. Rata-rata tinggi Gelombang signifikan di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 2,70 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 2,20, pada musim Timur yaitu 1,19, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,44.

Tinggi gelombang alun minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0.19 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,11, pada musim Timur yaitu 0,06, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,06. Tinggi Gelombang alun maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 2,68 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 2,20, pada musim Timur yaitu 1,19, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 1,43. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,49 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,35, pada musim Timur yaitu 0,18, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,29 meter.

Tinggi gelombang angin minimal di stasiun observasi 2 pada musim Barat yaitu 0 meter, pada musim Peralihan 1

yaitu 0, pada musim Timur yaitu 0 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0 meter. Tinggi Gelombang angin maksimal di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,65 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 1,13, pada musim Timur yaitu 0,88 meter, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,79. Rata-rata tinggi Gelombang alun di stasiun observasi 1 pada musim Barat yaitu 0,05 meter, pada musim Peralihan 1 yaitu 0,03, pada musim Timur yaitu 0,10, dan pada Musim peralihan 2 yaitu 0,05 meter. Analisis musiman ini memberikan pemahaman mendalam tentang bagaimana tinggi gelombang bervariasi selama 10 tahun di ketiga stasiun observasi virtual.

Variabilitas Musiman: Hasil menunjukkan variasi tinggi gelombang yang signifikan selama musim tertentu, mencerminkan dinamika perairan sepanjang tahun. Perbedaan Antar Stasiun: Perbedaan karakteristik gelombang antar stasiun observasi bisa disebabkan oleh faktor topografi atau arah mata angin lokal.

## KESIMPULAN

Berdasarkan data pengolahan di atas dapat disimpulkan bahwa Tinggi Gelombang signifikan (SWH) di perairan Halmahera Utara dan Morotai berkisar antara 0,2-2,69 meter, tinggi gelombang alun primer (SW1) berkisar antara 0,13-2,68 meter, dan Tinggi Gelombang angin (WW) berkisar antara 0-1,78 meter.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Dosen Ilmu Kebumihan Lanjutan

atas bimbingan, saran dan masukan dalam penyusunan penelitian ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada Kaprodi S2 beserta seluruh Staf Prodi Oseanografi STTAL yang telah memberikan fasilitas belajar, dan kepada rekan-rekan Mahasiswa S2 Prodi Oseanografi STTAL angkatan XI (sebelas) serta semua pihak yang telah berperan membantu dalam proses penyusunan penelitian dan penulisan naskah ilmiah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azis, M. F. (2006). Gerak air di laut. *Oseana*, 31(4), 9 – 21.
- Copernicus, (2023). *Product User Manual For Global Ocean Physical Analysis and Forecasting Product November 2023*. s.l.:Copernicus EU. <https://doi.org/10.48670/moi-00016>
- Deny, M. W. (2004). *Ocean Waves, Nearshore Ecology And Natural Selection, Stanford University, Hopkins Marine Station, Pasific Grove, USA*.
- Dero, A. I.,, Abdullah, R. M., Nuary, Z. A. (2022). Variasi Gelombang, Arus Permukaan, Dan Angin Di Laut Halmahera Bagian Barat, *Jurnal Widya Climago*, 4(2), 45-53.
- Efendi, A. N., Efendi, A. N., Geonova, M. F., Widodo, P., Saragih, H. J. R., Suwarno, P., Mamahit, D. A., & Trismadi. (2023). Karakteristik Gelombang Laut Indonesia untuk mendukung kegiatan laut dan keamanan Maritim, *G-Tech, Jurnal*

- Teknologi Terapan*, 7(2), 346-357.  
<https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.1989>
- Habibie, M. N., Fitria, W., & Sofian, I. (2018). Kajian Indeks Variabilitas Tinggi Gelombang Signifikan di Indonesia. *Jurnal Segara*, 14(3), 159-168.  
<http://dx.doi.org/10.15578/segara.v14i3.6650>
- Hidayati, N. (2017). *Dinamika Pantai*. UB Press: Malang.
- Holthuijzen, L. H. (2007). *Waves In Oceanic And Coastal Waters*. New York, Cambridge University Press.
- Kurniawan, K., & Khotimah, M. K. (2015), Ocean Wave Characteristics in Indonesian Waters for Sea Transportation Safety and Planning. *The Journal for Technology and Science*, 26(1), 19-27.
- Maulana H. R., & Oktiyas M. L. (2018). Studi Data Batimetri Untuk Keselamatan Pelayaran Di Perairan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur. *Journal Ilmiah Rinjani*, 6(1), 39-44.  
<https://doi.org/10.53952/jir.v6i1.215>
- Muliati, Y., Wurjanto A., & Pranowo W. S. (2016). Aplikasi Model Swan Untuk Tinggi Gelombang Hindcasting Di Perairan Pantai Jepara Jawa Utara Indonesia, *Jurnal Internasional GEOMATE*, 15(48), 114-120. DOI: <https://doi.org/10.21660/2018.48.56067>
- Nichols, C. R., & Williams R. G. (2009). *Encyclopedia of Marine Science*, New York.
- Nugroho, K., & Joesidawati, M. I. (2021). Analisis kecepatan Angin pada Karakteristik Gelombang Laut di Perairan Tuban. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 432-436.
- Pranowo, W. S. (2014). Adjustment Computation. Semester II S1/XXXIV – 2014. *Lecture Module*. Department of Tech.Hidro-Oceanography, Indonesian Naval Post-Graduate School (STTAL). Jakarta.
- Purba, N. P., & Pranowo, W. S. (2015). *Dinamika Oseanografi, Deskripsi Karakteristik massa Air, dan Sirkulasi Laut*. Unpad Press. 276 halaman.
- Putra, R. F. (2015). Pengaruh Fenomena Monsun Asia-Australia terhadap Tinggi Gelombang Laut di Indonesia. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 2, 242-250.
- Rahmatullah, A., Umam, C., Pranowo, W. S., Setiyadi, J., & Agustinus, A. (2022). Karakteristik Angin dan Gelombang di Perairan Selatan Pulau Biak untuk Perencanaan Awal Pembangunan Dermaga Lanal: *Characteristics of Wind and Waves in The Waters of The Southern Biak Island Coastal Waters for Construction Planning of The Navy Harbour*. *Jurnal Chart Datum*, 8(2), 85–94.

Schlitzer, Reiner (2023). *Ocean Data View*,  
<https://odv.awi.de>.

Wardhani, P. A. (2021). Pola Angin dan Kaitannya terhadap Karakteristik Tinggi Gelombang di Perairan Labuan Bajo, NTT. *Jurnal Tropimar*, 3, 34-42.

Wicaksana, S., Sofian, I., Pranowo, W., Kuswardani, A. R. T. D., Saroso, & Sukoco, N. B. (2015). Karakteristik Gelombang Signifikan Di Selat Karimata Dan Laut Jawa Berdasarkan Rerata Angin 9 Tahunan (2005-2013). *Omni Akuatika*, 11(2), 33–40.