

Karakteristik Gelombang Laut Indoneisa Untuk Mendukung Kegiatan Laut dan Keamanan Maritim

Ajis Nur Efendi^{1✉}, Muhamad Farid Geonova², Pujo Widodo³, Herlina Juni Risma Saragih⁴, Panji Suwarno⁵, Desi Albert Mamahit⁶, Trismadi⁷

¹ Prodi Keamanan Maritim, Fakultas Keamanan Nasional, Universitas Pertahanan

² Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, Pusat Meteorologi Maritim

^{3,4,5,6,7} Universitas Pertahanan, Republik Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 14-12-2022

Direvisi : 24-01-2023

Diterima : 29-01-2023

Kata Kunci:

Gelombang, Keselamatan, Pelayaran, karakteristik

Keywords :

Waves, Safety, shipping, characteristics

ABSTRAK

Tinggi gelombang merupakan salah satu faktor keselamatan aktifitas pelayaran, Untuk itu dalam kajian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik gelombang dengan tujuan untuk mendukung keselamatan pelayaran. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan model gelombang milik BMKG yaitu model Inawave. Dalam penelitian ini menggunakan data periode 2011 – 2021. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa, 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. Untuk Bulan Maret sampai Mei menunjukkan karakteristik gelombang laut untuk wilayah Samudra Hindia berkisar antara 1,25 sampai 3,0 meter. Untuk bulan Juni sampai Agustus Karakteristik gelombang untuk wilayah Samudra Hindia berkisar antara 1,25 sampai 4 meter. Sedangkan Untuk Bulan September sampai November karakteristik gelombang yang mendominasi terjadi di wilayah Samudra Hindia berkisar antara 1,25 sampai 4,0 meter. Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa gelombang tinggi mendominasi di wilayah Samudra Hindia untuk itu perlu kewaspadaan yang lebih tinggi terhadap aktifitas pelayaran di wilayah tersebut.

ABSTRACT

Wave characteristics are one of the safety factors for shipping activities. For this reason, this study aims to determine the characteristics of the waves to support shipping safety. The method used in this study is the BMKG's wave model, the Inawave model. This study uses data from 2011 to 2021. The research results show that wave characteristics in December-February indicate that the high waves dominate in the Indian Ocean, Pacific Ocean, Halmahera Sea, Maluku Sea and Natuna Sea, with the wave heights ranging between 1,25 to 2,50 meters. From March to May shows that the characteristics of the sea waves for the Indian Ocean region range from 1,25 to 3,0 meters. As for June to August, the wave characteristics for the Indian Ocean region range from 1,25 to 4,0 meters. Meanwhile, from September to November, the wave characteristics that dominate the Indian Ocean region range from 1,25 to 4,0 meters. Based on this, the conclusion is that high waves dominate the Indian Ocean region. Therefore, it is necessary to be more vigilant about shipping activities in the region.

Corresponding Author :

Ajis Nur Efendi

Program Studi, Keamanan Maritim Universitas Pertahanan

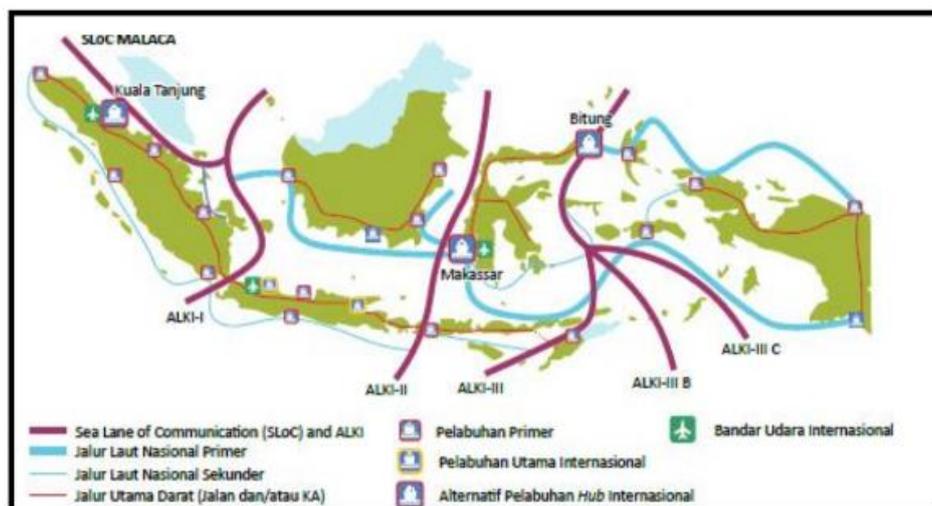
Jl, Salemba Raya No,3, RT,1/RW,3, Paseban, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10440

Email: ajis.efendi@bmkgo.id

PENDAHULUAN

Negara Indonesia adalah negara maritim, secara geografis terletak pada dua samudera, yaitu samudra Pasifik dan Hindia, dan merupakan jembatan dari Benua Asia dan Benua Australia, Secara astronomis letak wilayah Indonesia adalah berada pada garis lintang 6° di bagian utara sampai bagian selatan yaitu terletak pada 11° serta terletak pada bujur timur tengah letak 95° sampai bujur timur yang letaknya 141° . Berdasar hukum internasional *United Nations Convention on the Law of the Sea* (UNCLOS 1982) Indonesia adalah sebuah negara yang berbentuk Kepulauan dengan $\pm 17,000$ pulau dan $\pm 99,000$ km garis pantai, dengan garis pantai sepanjang itu, Indonesia menjadi negara nomor 2 dengan garis pantai terpanjang setelah Kanada, luas permukaan laut Indonesia sangat luas, dengan $2/3$ wilayah Indonesia adalah laut yang menjadikan Indonesia mempunyai potensi besar pada permaritiman.

Potensi wilayah perairan terutama di laut Indonesia yang begitu besar, sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia yaitu untuk pelayaran, perdagangan dan juga untuk aktifitas-aktifitas laut lainnya. Wilayah perairan Indonesia sangat diuntungkan karena di wilayah perairan Indonesia memiliki Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) sebagai jalur yang dipakai sebagai perlintasan internasional berdasar ketetapan dari hukum laut internasional. ALKI didirikan berdasarkan UNCLOS di tahun 1982 (disahkan UU No. 17 Tahun 1985) lalu disepakati menjadi hukum positif internasional pada 16 November 1994 dan Indonesia diakui menjadi negara kepulauan (Wahyono, 2007). ALKI sendiri terdiri dari 3 ALKI yaitu ALKI I yang memiliki lintasan jalur meliputi jalur Laut Cina Selatan, Selat Karimata, Laut Jawa, Selat Sunda, Samudra Hindia, ALKI II lintasannya melalui Laut Sulawesi, Selat Makassar, Laut Flores, Selat Lombok dan ALKI III terdiri lintasan jalur meliputi Samudra Pasifik, Laut Maluku, Laut Seram, Laut Banda, Selat Ombai, Laut Sawu, Samudra Hindia. Berdasarkan posisi tersebut, sekitar seperempat perdagangan dunia dilakukan $\pm 50.000 - 60.000$ kapal dagang yang melintasi perairan Indonesia setiap tahun (Taqla, 2010).



Gambar 1. Peta Alur Laut Kepulauan Indonesia

Wilayah Indonesia $2/3$ adalah perairan menjadikan informasi klimatologi gelombang sangat dibutuhkan guna mendukung keamanan dan keselamatan pelayaran. Secara klimatologi gelombang dipengaruhi oleh faktor cuaca, di Indonesia sendiri sangat dipengaruhi oleh musim barat, timur maupun musim peralihan, Musim barat diperkirakan akan datang pada Desember sampai Februari angin barat datang melalui arah barat menuju ke timur, Musim Timur diperkirakan datang pada Juni sampai Agustus angin timur melalui arah timur menuju ke barat, sedangkan musim peralihan diperkirakan datang pada Maret sampai Mei dan September sampai November atau disebut juga pancaroba (peralihan), pada pancaroba memiliki ketidak teraturan arus permukaan (Wyrski 1961). Berdasarkan musim tersebut karakteristik gelombang terbentuk

sesampai dalam menentukan karakteristik gelombang sangat penting memperhatikan pergerakan musim.

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). Keselamatan laut merupakan salah satu factor untuk menjaga keamanan nasional, Keamanan adalah bentuk dari pemberian perlindungan untuk mengamankan baik di tataran tingkat individu, etnik, lingkungan hidup, maupun ditingkat negara untuk keberlangsungan hidup (buzan dan hanzen, 2009), keamanan sendiri terbagi oleh beberapa sektor di±nya militer, politik, lingkungan, ekonomi dan social (Busan,1991). Konsep keamanan tersebut harus dituangkan dalam bentuk kemanan maritim oleh negara-negara yang memiliki wilayah kemaritiman yang luas, Keamanan maritim merupakan isu panas, yang menarik perhatian seluruh masyarakat dunia. Di era modern, keamanan maritim membahas tentang banyak hal terutama menyangkut keselamatan navigasi, penindakan kejahatan transnasional termasuk pembajakan laut dan terorisme maritim, dan pencegahan konflik dan resolusi. Dalam konteks keamanan non-tradisional, isu-isu seperti keamanan lingkungan maritim serta pencarian dan penyelamatan di laut (Wu, S., & Zou, K. 2009). Keamanan maritim dapat dibuat dalam matriks dari hubungannya dengan konsep-konsep seperti marine safety, Seapower, Blue Economy dan Resilience (Bueger, 2015). Berdasarkan pengertian dan konsep keamanan maritime maka pada penelitian ini berfokus pada permasalahan keamanan maritim yang berfokus pada keselamatan yang ada di laut yang berkaitan dengan cuaca terutama karakteristik gelombang, Salah satu fokus penelitian ini adalah di wilayah Indonesia.

Berdasarkan latarbelakang yang telah dipaparkan, penelitian ini merupakan analisis karakteristik gelombang di Indonesia. Karakteristik gelombang sangat penting dalam berbagai bidang seperti perkapalan, industri, pariwisata dan keselamatan struktur lepas pantai (Habibie dkk, 2018). Selain itu Informasi tentang gelombang laut dapat digunakan untuk merencanakan operasi di industri kelautan(Nugroho dan Joesidawati,2021). Tujuan penelitian ini adalah memberikan informasi bagi masyarakat yang terlibat aktif di perairan Indonesia baik untuk pelayaran, nelayan, perdagangan serta patroli keamanan laut. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk referensi penelitian selanjutnya maupun pihak berwenang yang membutuhkan informasi tersebut dan untuk mendukung keamanan maritim di wilayah Indonesia.

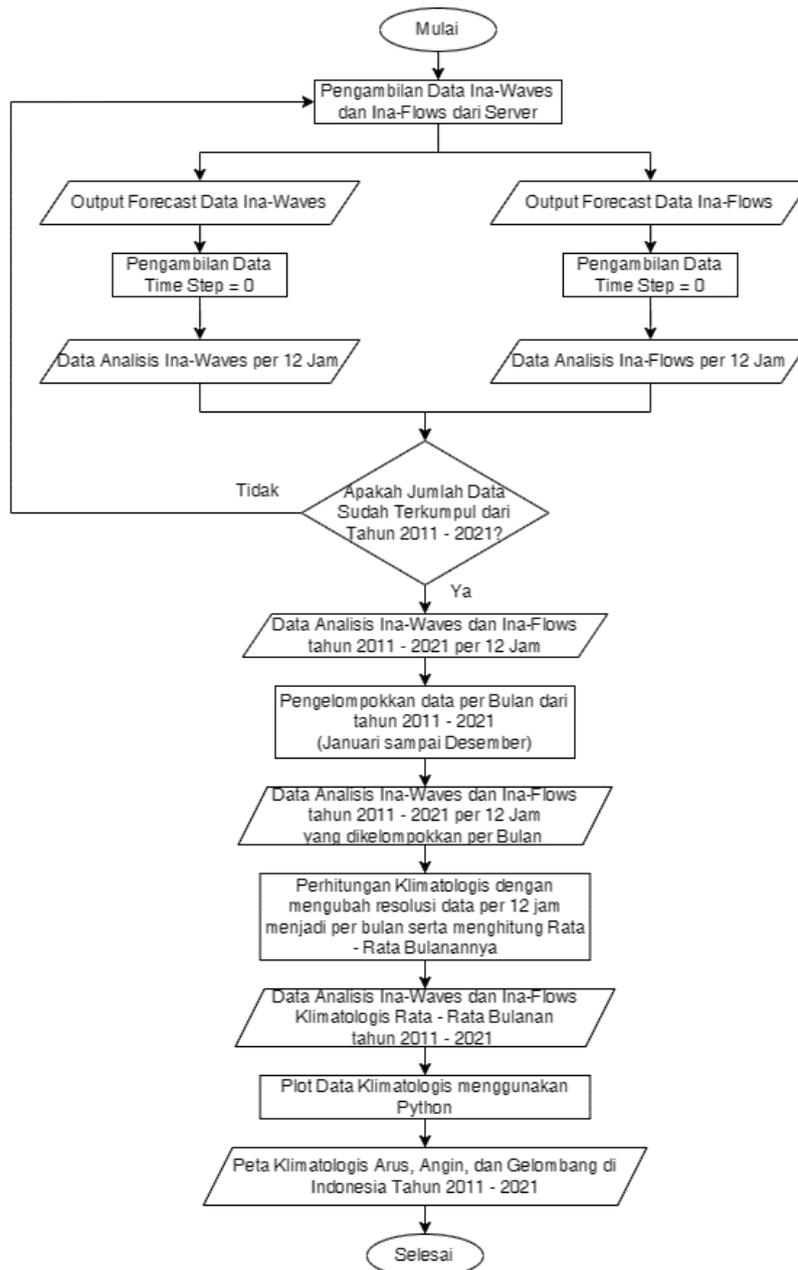
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemodelan gelombang Ina-Waves milik BMKG yang merupakan gelombang spectral generasi ke III (Wavewatch III), dan kemudian di-couple dengan model gelombang laut dangkal atau dekat pantai (Simulated WAVes Nearshore - SWAN) dengan menggunakan metode nesting, Ina-Waves ini telah menggunakan Bathymetri terbaru sebagai masukan model, sesampai diharapkan dapat memenuhi tuntutan akurasi dan kualitas informasi gelombang laut yang lebih baik untuk mendukung keselamatan dan efisiensi berbagai aktifitas kelautan, Domain untuk penelitian ini terletak pada $90^{\circ} - 145^{\circ} E$ dan $15 N - 15 S$, Forcing : GFS 0,5 dan Resolusi : 0,125 atau 14 km. Data dalam penelitian ini merupakan data gelombang 10 tahun dengan periode 2011-2021, penggunaan data tersebut diharapkan Agar hasil analisis valid (Hidayati,2017). Sedangkan domain penelitian ada pada gambar berikut ini:



Gambar 2. Peta Domain Penelitian

Prosedur untuk mendapatkan data klimatologis gelombang ditampilkan pada diagram alir berikut:



Gambar 3. Diagram Alir Pengolahan data Klimatologis gelombang

Langkah pertama, data NetCDF keluaran model Ina-Waves dan Ina-Flows per 12 jam diambil dan di-extract data pada time step = 0 nya selama rentang waktu 10 tahun (2011 – 2021). Hal ini dilakukan untuk mengambil data analisis per 12 jam selama 10 tahun. Langkah kedua, data analisis per 12 jam selama 10 tahun tersebut dikelompokkan per bulan, dari bulan Januari sampai bulan Desember. Setelah data tersebut dikelompokkan, lalu dihitung rata – rata Bulanannya untuk menghasilkan data Klimatologis bulanan tahun 2011 – 2021. Setelah dirata – ratakan per bulan dan mendapatkan data Klimatologis bulanan tahun 2011 – 2021, langkah terakhir adalah membuat plot menggunakan Python. Produk akhir yang dihasilkan adalah Peta Klimatologis Arus, Angin, dan Gelombang di Indonesia Tahun 2011 – 2021.

HASIL DAN PEMBAHASAN

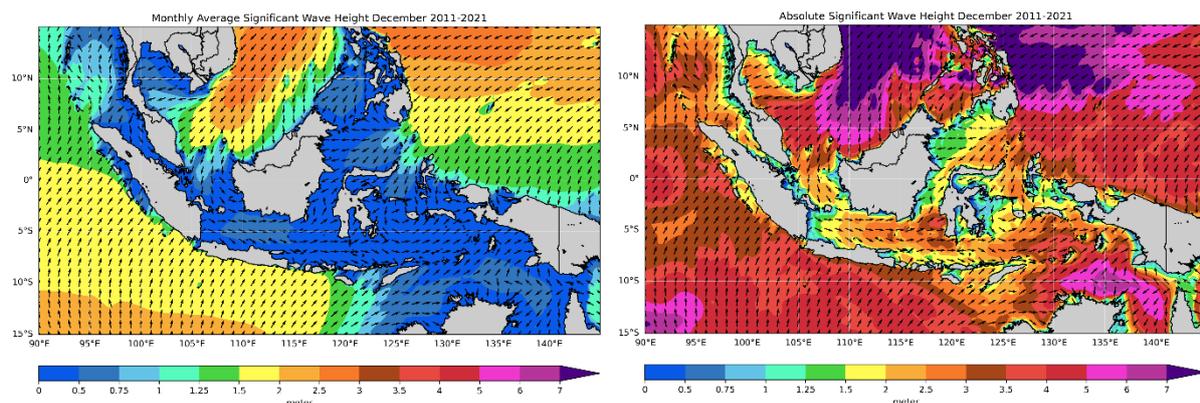
Gelombang laut merupakan gerakan ke atas dan ke bawah air laut tegak lurus dengan bentuk permukaan grafik atau sinusoidal (Holthuijsen, 2007). Gelombang laut dapat terjadi karena adanya kekuatan ataupun gaya yang membangkitkannya, gaya-gaya tersebut dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis di±nya dari angin, tarik menarik antar bumi, bulan dan matahari yang mengakibatkan “pasang surut” dan gempa bumi (Nichols dan 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 di mana kepatuhan dengan persyaratan keamanan yang relevan, transportasi di air, di pelabuhan dan di lingkungan laut (Maulana & Otiyas, 2018). Untuk factor keselamatan perlu kriteria tinggi gelombang yang aman bagi pelayaran. Berdasarkan kriteria tinggi gelombang menurut BMKG terbagi menjadi beberapa klasifikasi diantaranya gelombang tenang (0,1 - 0,5 m), Rendah (0,5 - 1,25 m), Sedang (1,25 - 2,50 m), Tinggi (2,50 - 4,0 m), Sangat Tinggi (4,0 - 6,0 m), Ekstrem (6,0 - 9,0 m) dan Sangat Ekstrem (9,0 - 14,0 m). Berdasarkan rekomendasi dari BMKG tinggi gelombang berpengaruh terhadap keselamatan kapal dengan kriteria sebagai berikut :

- Untuk tinggi gelombang > 1,25 meter perlu diwaspadai untuk kapal nelayan
- Untuk tinggi gelombang > 1,5 meter perlu diwaspadai untuk kapal tongkang
- Untuk tinggi gelombang > 2,5 meter perlu diwaspadai untuk Kapal Ferry
- Untuk tinggi gelombang > 4 meter perlu diwaspadai untuk kapal Besar seperti Kargo maupun pesiar

Berdasarkan hasil peneliatan terkait karakteristik gelombang di Wilayah Indonesia dapat di jelaskan pada hasil berikut ini:

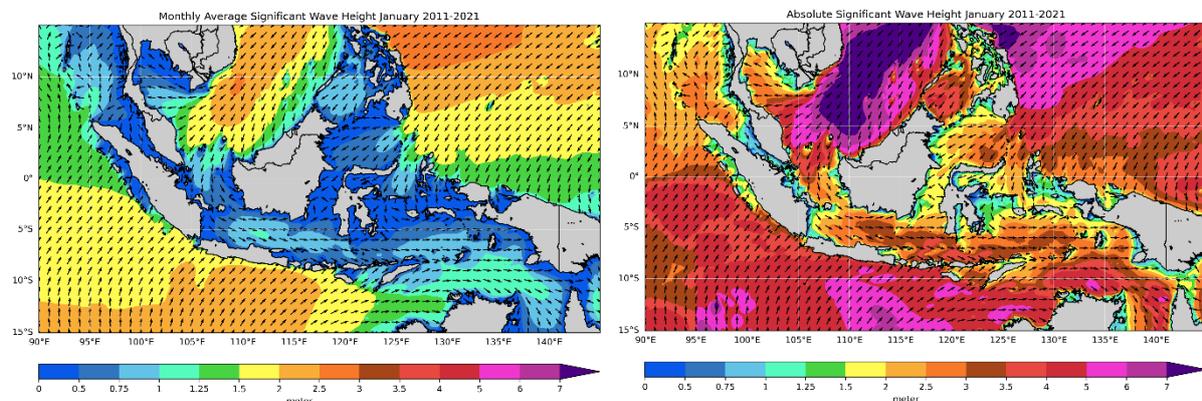
Karakteristik Gelombang Periode (Desember – Februari)

Karakteristik pada periode Desember sampai Februari maka dapat dilihat pada gambar berikut ini:



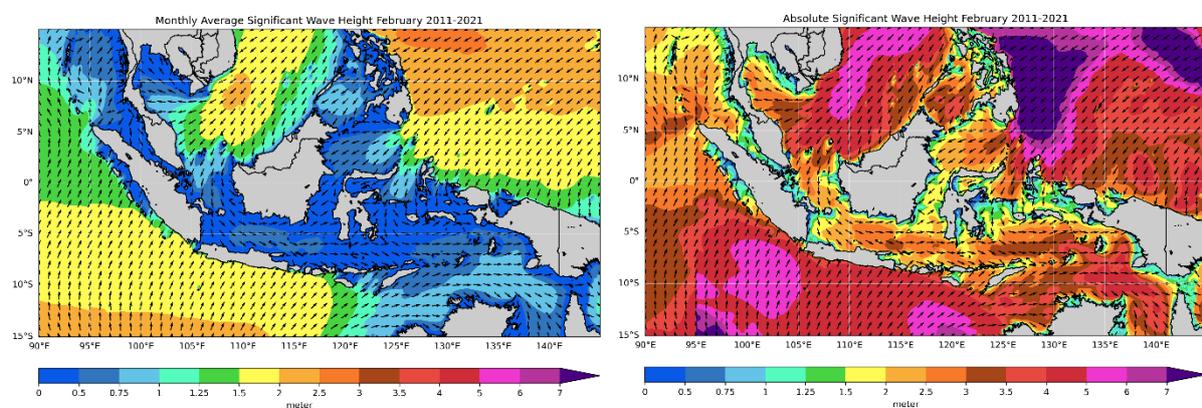
Gambar 4. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang maksimum Bulan Desember

Berdasarkan gambar 4, Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,5$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut halmahera dan Laut Maluku tinggi gelombang berkisar $\pm 1,5$ sampai 2m. Untuk wilayah Natuna tinggi gelombang $\pm 1,25$ sampai 2,5m, Sedangkan untuk tinggi gelombang di wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Flores, Banda, Sawu, Laut Timur Arafur, Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 0,75$ meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia berkisar ± 3 sampai 5 meter, Wilayah Samudra pasifik dan Laut Halmahera berkisar ± 3 sampai 5 meter, untuk wilayah Natuna berkisar ± 3 sampai 7 meter, Untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Sawu, Laut Sulawesi, Laut Maluku, dan Laut Seram berkisar $\pm 1,5$ sampai 3,5m, Sedangkan untuk Wilayah Laut Banda, Laut Timur Laut Arafur tinggi gelombang maksimum berkisar $\pm 3,5$ sampai 6 meter.



Gambar 5. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Januari

Berdasarkan gambar 5, Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,5$ sampai 2,5 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut halmahera dan Laut Maluku tinggi gelombang berkisar $\pm 1,5$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Natuna tinggi gelombang berkisar $\pm 1,25$ sampai 2,5 meter, Sedangkan untuk tinggi gelombang di wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur Laut Arafur, Laut Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 1,25$ meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia, Laut Sawu, Laut Timur dan Arafuru berkisar ± 3 sampai 6 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Sulawesi berkisar 2,5 sampai 5 meter, untuk wilayah Natuna berkisar ± 4 sampai 7 meter, Sedangkan untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Banda dan Seram berkisar $\pm 2,0$ sampai 3,5 meter.



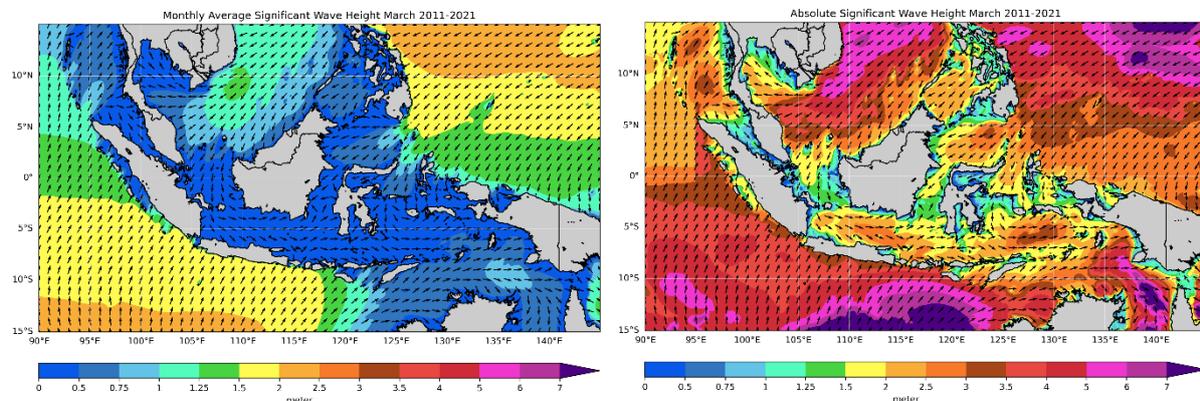
Gambar 6. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Februari

Berdasarkan gambar 6, Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,25$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera dan Laut Maluku tinggi gelombang berkisar $\pm 1,25$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Natuna tinggi gelombang berkisar $\pm 1,25$ sampai 2,0 meter, Sedangkan untuk tinggi gelombang di wilayah Laut

Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur Laut Arafuru, Laut Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 1,0$ meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia, Laut Sawu, Laut Timur dan Arafuru berkisar ± 3 sampai 6 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Sulawesi berkisar 2,5 sampai 7 meter. Untuk wilayah Natuna berkisar $\pm 3,5$ sampai 6 meter, Sedangkan untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Seram berkisar $\pm 2,0$ sampai 3,5 meter.

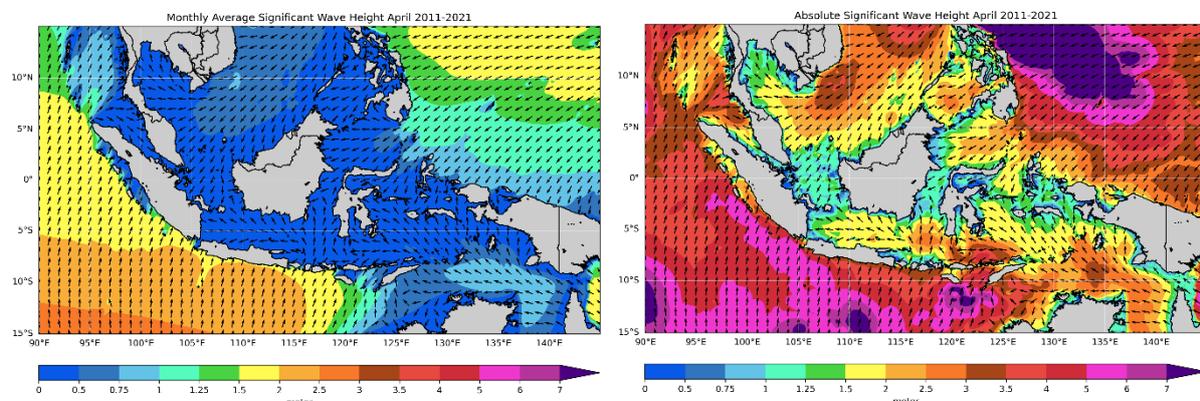
Karakteristik Gelombang Periode (Maret – Mei)

Karakteristik gelombang pada periode Maret sampai Mei maka dapat dilihat sebagai berikut ini:



Gambar 7. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang maksimum Bulan Maret

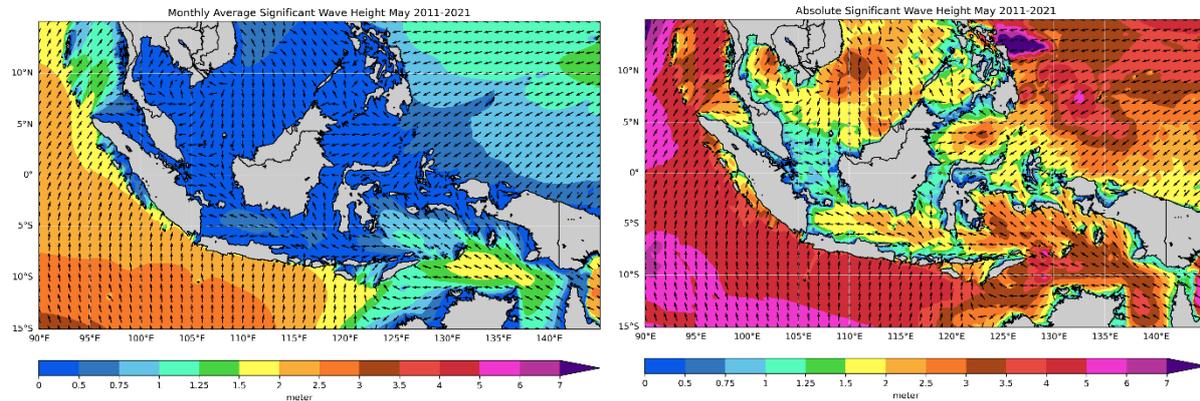
Berdasarkan gambar 7, Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,25$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut halmahera dan Laut Maluku tinggi gelombang berkisar $\pm 1,25$ sampai 2 meter. Untuk wilayah Natuna tinggi gelombang berkisar $\pm 0,75$ sampai 1,25 meter, Sedangkan untuk tinggi gelombang di wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur Laut Arafur, Laut Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 0,75$ meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia berkisar ± 3 sampai 7 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Sulawesi berkisar 2,5 sampai 3,5 meter, untuk wilayah Natuna berkisar ± 2 sampai 4 meter. Untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Sawu, Laut Banda, Laut Timur dan Laut Seram berkisar $\pm 1,25$ sampai 3,0 meter, Sedangkan untuk Wilayah Laut Arafuru tinggi gelombang maksimum berkisar $\pm 3,0$ sampai 7 meter.



Gambar 8. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan April

Berdasarkan gambar 8. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,5$ sampai 3,0 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut halmahera tinggi gelombang berkisar $\pm 0,75$ sampai 1,25 meter. Untuk wilayah Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur Laut Arafuru, Laut Sulawesi, Laut Maluku dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 1,00$ meter. Untuk tinggi gelombang

maksimum untuk wilayah Samudra hindia, Laut Sawu, Laut Flores, Laut Timur dan Arafuru berkisar $\pm 2,5$ sampai 7 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Sulawesi berkisar 2,0 sampai 3,5 meter, untuk wilayah Natuna berkisar $\pm 1,5$ sampai 3,0 meter, Sedangkan untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Banda dan Laut Seram berkisar $\pm 1,0$ sampai 2,5 meter.

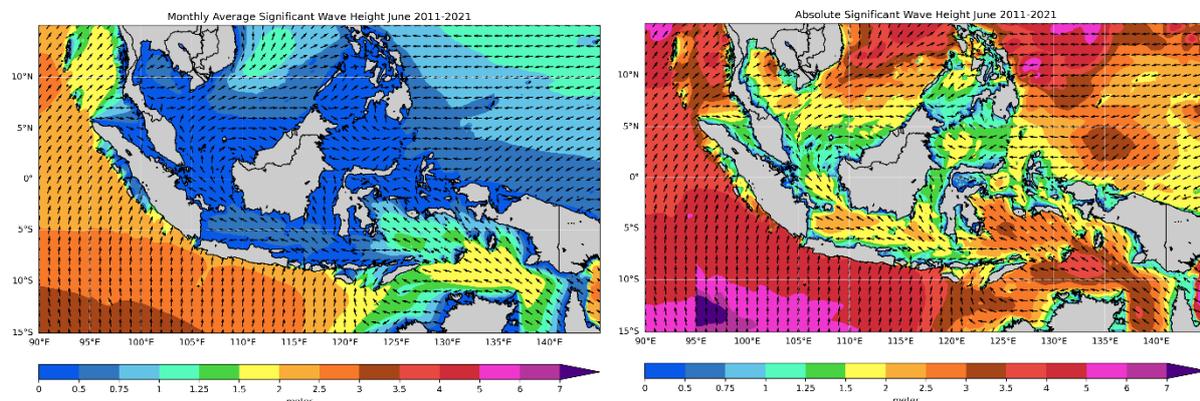


Gambar 9. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Mei

Berdasarkan gambar 9. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 2,0$ sampai 3,0 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik dan Laut Halmahera tinggi gelombang $\pm 0,5$ sampai 1,0 m. Untuk wilayah Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Seram dan Laut Flores tinggi gelombang $\leq 0,75$ meter, Sedangkan untuk Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafuru, nilai tinggi gelombangnya $\pm 1,0$ sampai 2,0 meter. Untuk tinggi gelombang maksimum di wilayah Samudra hindia, Laut Sawu, Laut Timur dan Arafuru berkisar ± 3 sampai 5 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Sulawesi berkisar 1,5 sampai 4,0 meter. Untuk wilayah Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda dan Laut Seram berkisar $\pm 1,0$ sampai 3,0 meter.

Karakteristik Gelombang Periode (Juni – Agustus)

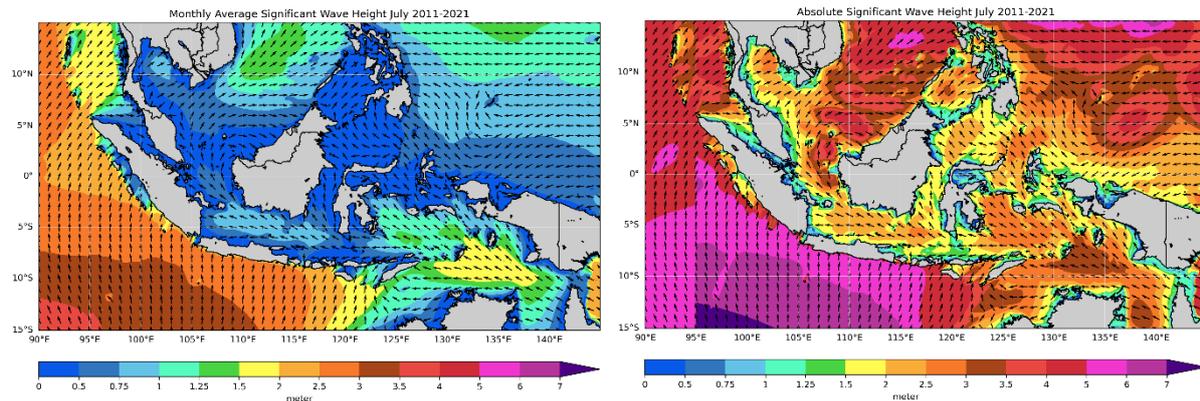
Karakteristik gelombang pada periode Juni sampai Agustus maka dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 10. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang maksimum Bulan Juni

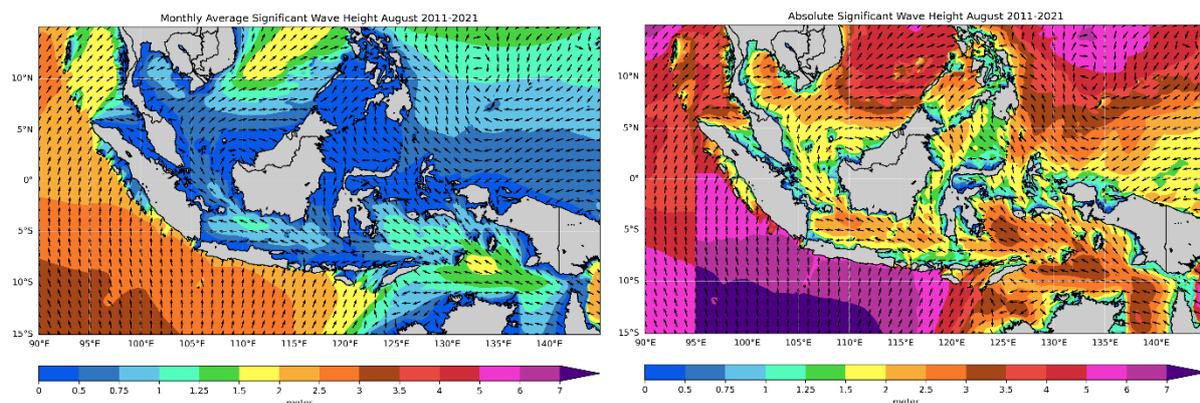
Berdasarkan gambar 10. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 2,0$ sampai 3 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 0,75$ m, Sedangkan untuk wilayah Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafuru tinggi gelombang signifikan berkisar $\pm 1,0$ sampai 2,0 meter. Untuk tinggi gelombang maksimum di wilayah Samudra hindia berkisar $\pm 3,5$ sampai 6 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi dan Laut Natuna berkisar 1,25

sampai 3,5 meter, Untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores dan Laut Seram nilainya berkisar $\pm 1,0$ sampai 2,5 meter, Sedangkan untuk Laut Sawu, Laut Banda, Laut Timur dan Laut Arafuru tinggi gelombang maksimum berkisar $\pm 2,0$ sampai 4,0 meter.



Gambar 11. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Juli

Berdasarkan gambar 11. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia $\pm 2,0$ sampai 3,5 m. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Jawa, Selat Bali dan Laut Flores tinggi gelombang $\leq 1,0$ meter. Untuk wilayah Laut Natuna tinggi gelombang signifikan nilainya $\leq 1,5$, Sedangkan untuk Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafuru, nilai tinggi gelombangnya $\pm 1,0$ sampai 2,0 meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia dan Laut Sawu berkisar $\pm 4,0$ sampai 6,0 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Banda, Laut Seram, Laut Flores, Laut Timur dan Arafuru $\pm 1,5$ sampai 3,5 m.

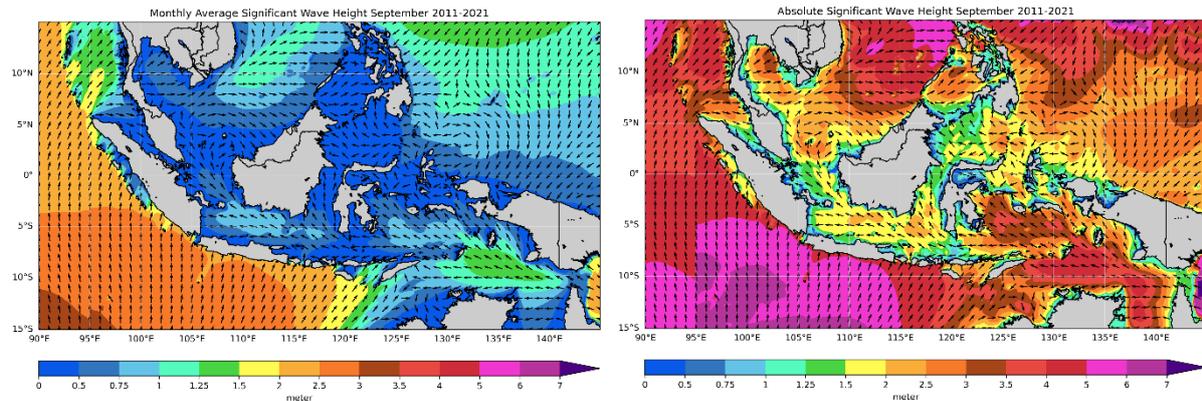


Gambar 12. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Agustus

Berdasarkan gambar 12. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia $\pm 2,0$ sampai 3,5 m. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores dan laut Banda tinggi gelombang mempunyai nilai $\leq 1,25$ meter. Untuk wilayah Laut Natuna tinggi gelombang signifikan nilainya $\leq 2,0$, Sedangkan untuk, Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafuru, nilai tinggi gelombangnya $\pm 1,0$ sampai 2,0 meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia dan Laut Sawu berkisar $\pm 4,0$ sampai 7,0 meter, Sedangkan Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Banda, Laut Seram, Laut Flores, Laut Timur dan Arafuru $\pm 1,5$ sampai 3,5 m.

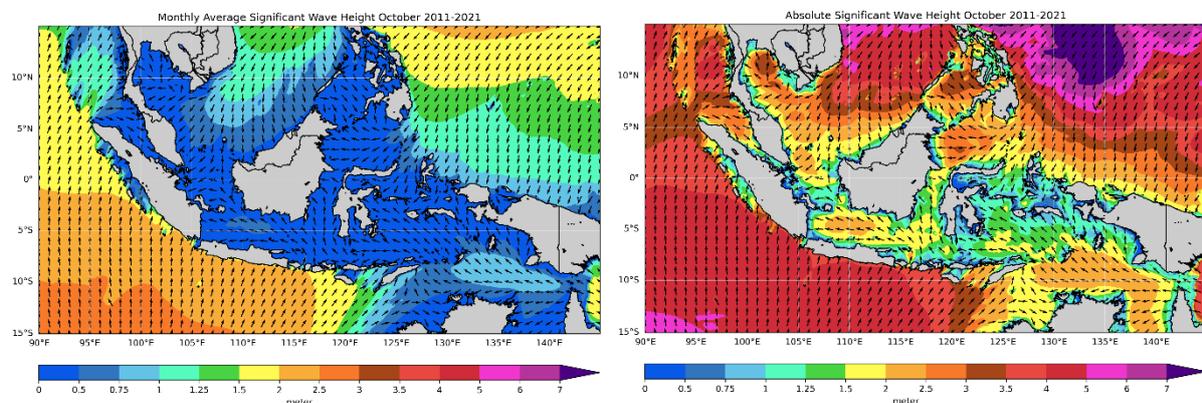
Karakteristik Gelombang Periode (September – November)

Karakteristik gelombang pada periode September sampai November bisa dilihat pada gambar berikut ini:



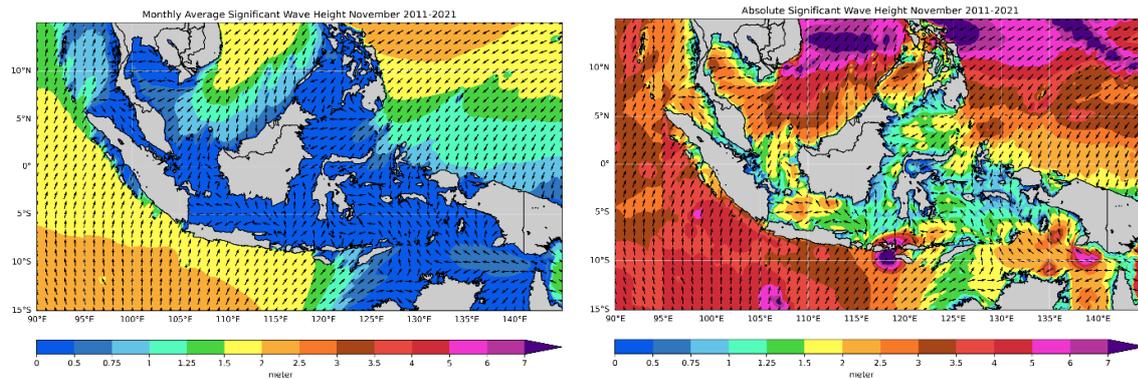
Gambar 13. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang maksimum Bulan September

Berdasarkan gambar 13, Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 2,0$ sampai 3,0 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sulawesi, dan Laut Seram nilai tinggi gelombangnya $\leq 1,25$ meter, Sedangkan untuk wilayah, Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafur tinggi gelombang signifikan berkisar $\pm 1,0$ sampai 2,0 meter. Untuk tinggi gelombang maksimum di wilayah Samudra hindia berkisar $\pm 3,5$ sampai 6 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores dan Laut Natuna berkisar 1,25 sampai 3,5 meter, Sedangkan untuk Laut Sawu, Laut Banda, Laut Timur dan Laut Arafuru tinggi gelombang maksimum berkisar $\pm 2,0$ sampai 4,0 meter.



Gambar 14. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan Oktober

Berdasarkan gambar 14. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia berkisar $\pm 1,5$ sampai 3,0 meter. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera dan Laut Maluku Tinggi gelombang signifikan $\pm 0,75$ sampai 1,5m. Untuk Wilayah Natuna tinggi gelombang signifikan $\pm 0,5$ sampai 1,25m. Untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Sulawesi, Laut Banda dan Laut Seram tinggi gelombang $\leq 0,75$ meter, Sedangkan untuk wilayah Laut Sawu, Laut Timur dan Laut Arafuru $\pm 0,75$ sampai 1,5m. Untuk tinggi gelombang maksimum di wilayah Samudra hindia dan Laut Sawu berkisar $\pm 3,0$ sampai 5,0 meter, Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Natuna tinggi gelombang maksimum berkisar $\pm 1,5$ sampai 4m, Untuk Wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Banda, Laut Seram, Laut Flores, Laut Timur dan Arafuru tinggi gelombang maksimum $\pm 1,25$ sampai 2,5 m.



Gambar 15. Karakteristik Gelombang Signifikan dan Gelombang Maksimum Bulan November

Berdasarkan gambar 15. Diketahui bahwa karakteristik gelombang signifikan di wilayah Samudra Hindia dan Laut Sawu $\pm 1,25$ sampai $2,5$ m. Untuk wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera dan Natuna gelombang signifikan $\pm 1,0$ sampai $2,0$ m, Untuk Laut Maluku, Laut Sulawesi, Laut Seram, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda Laut Timur dan Laut Arafuru, nilai tinggi gelombangnya $\leq 0,75$ meter. Untuk tinggi gelombang maksimum untuk wilayah Samudra hindia dan Laut Sawu berkisar $\pm 3,0$ sampai $7,0$ meter, Sedangkan Wilayah Samudra pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Natuna gelombang maksimum berkisar $\pm 2,0$ sampai 4 meter. Untuk wilayah Laut Sulawesi, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Banda, Laut Seram, Laut Flores dan Laut Timur gelombang maksimum berkisar $\pm 1,0$ sampai $2,5$ meter, Sedangkan untuk Wilayah Arafuru gelombang maksimum berkisar $\pm 2,0$ sampai $6,0$ meter.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Karakteristik gelombang laut signifikan pada bulan Desember sampai Februari menunjukkan bahwa untuk wilayah Samudra Hindia, Samudra Pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku dan Laut Natuna memiliki karakteristik gelombang Sedang ($1,25$ sampai $2,50$ meter), untuk wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Timur, Laut Arafuru Laut Sulawesi dan Laut Seram memiliki karakteristik gelombang masuk kategori rendah sampai tenang ($0,1$ sampai $1,25$ meter).

Untuk Bulan Maret sampai Mei menunjukkan karakteristik gelombang laut untuk wilayah Samudra Hindia memiliki karakteristik gelombang Sedang sampai tinggi ($1,25$ sampai $3,0$ meter), Untuk wilayah Samudra Pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Timur dan Laut Arafuru memiliki karakteristik gelombang kategori rendah sampai menengah ($0,5$ sampai $2,5$ meter). Sedangkan untuk Laut Natuna, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sawu, Laut Sulawesi dan Laut Seram memiliki karakteristik gelombang tenang sampai rendah ($0,1$ sampai $1,25$ meter).

Untuk bulan Juni sampai Agustus Karakteristik gelombang untuk wilayah Samudra Hindia adalah kategori Sedang sampai Tinggi ($1,25$ sampai 4 meter), untuk wilayah Laut Natuna kategori rendah sampai sedang ($0,5$ sampai $2,5$ meter), untuk Laut Sawu, Laut Timur, Laut Banda dan Laut Arafuru masuk kategori Sedang ($1,25$ sampai $2,5$ meter), sedangkan untuk wilayah Samudra Pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Sulawesi dan Laut Seram masuk dalam kategori gelombang tenang sampai rendah ($0,1$ sampai $1,25$ meter).

Untuk Bulan September sampai November karakteristik gelombang di wilayah Samudra Hindia masuk dalam kategori gelombang sedang sampai tinggi ($1,25$ sampai $4,0$ meter), untuk wilayah wilayah Samudra Pasifik, Laut Halmahera, Laut Maluku, Laut Natuna, Laut Sawu dan

Laut Arafuru kategori rendah sampai sedang (0,5 sampai 2,5 meter). Sedangkan untuk wilayah wilayah Laut Jawa, Selat Bali, Laut Flores, Laut Banda, Laut Timur, Laut Sulawesi dan Laut Seram, masuk kategori gelombang tenang sampai rendah (0,1 sampai 1,25 meter).

Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas diharapkan dengan mengetahui karakteristik gelombang diperairan Indonesia maka data hasil penelitian ini dapat digunakan untuk para instansi ataupun stakeholder terkait untuk mendukung keselamatan dan keamanan bagi dunia pelayaran dan untuk menjaga keamanan di wilayah perairan Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih diberikan kepada semua pihak yang mendukung dan memberi masukan dan saran atas selesainya penulisan ini, terutama semua civitas Akademik yang ada di Universitas Pertahanan Republik Indonesia. Serta ucapan terimakasih saya ucapkan kepada istri dan anak atas dukungan moril yang diberikan.

REFERENSI

- Azis, M. F. (2006). Gerak air di laut. *Oseana*, Volume XXXI, Nomor 4, Tahun 2006 : 9 - 21
- Bueger, C. (2015). *Marine Policy*. UK: Department of Politics and International Relations, School of Law and Politics, Cardiff University.
- Buzan, B. (1991), *People, States and Fear: an Agenda for International Security Studies in the Post-Cold War*, Boulder: Lynne Rienner Publisher,
- Buzan, B. and Hansen, L. (2009), *The Evolution of International Security Studies, United Kingdom*: Cambridge University Press
- Habibie, M.N., Fitria, W. dan Sofian I. (2018), Kajian Indeks Variabilitas Tinggi Gelombang signifikan di Indonesia, *J. Segara* Vol.14 No.3 Desember 2018: 159-168, Jakarta
- Hidayati, N. (2017). *Dinamika Pantai*. UB Press: Malang
- Holthuijsen 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., dan Oktiyas M.L. (2018). Studi Data Batimetri Untuk Keselamatan Pelayaran Di Perairan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik Provinsi Jawa Timur. *Journal Ilmiah Rinjani* Vol. 6 No. 1.
- Nugroho, K. dan Joesidawati, M.I., (2021), Analisis kecepatan Angin pada Karakteristik Gelombang Laut di Perairan Tuban, *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Masyarakat*. Vol. 6, No. 1 (2021), Hal. 432-436, Tuban
- Nichols, C.R., & Williams R.G., (2009), *Encyclopedia of Marine Science*, New York
- Taqwa, M. R. (2010) "Meneguhkan Kembali Kedaulatan Maritim Indonesia: Tantangan dan Peluang dari Perspektif Politik dan Keamanan", Penguatan Kedaulatan Indonesia Sebagai Negara Maritim: Kajian dari Berbagai Perspektif, *Makalah dalam Konferensi Nasional Kedaulatan Maritim Indonesia*, Yogyakarta,
- UNCLOS 1982 (United Nations Convention on the Law of the Sea 1982).
- Wahyono, S. (2007), *Indonesia Negara Maritim*, Jakarta: Teraju (Anggota IKAPI)
- Wu, S. & Zou, K. (2009). *Maritime Security in the South China Sea: Regional Implications and International Cooperation*. Surrey: Ashgate Publishing.
- Wyrtki, K. (1961). *Physical oceanography of the Southeast Asian waters* (Vol. 2). University of California, Scripps Institution of Oceanography.