

EVALUASI RESIKO CUACA DI PELABUHAN TELUK BAYUR MENGGUNAKAN PENDEKATAN ANALISIS FREKUENSI

WEATHER RISK EVALUATION AT TELUK BAYUR HARBOR USING FREQUENCY ANALYSIS APPROACH

Ajis Nur Efendi^{1*}, Yosyea oktaviandra², Muhamad Farid Geonova³

¹Stasiun Meteorologi Nangapinoh-Melawi, Jl. Juang Km 2,5 Kompleks Bandar Udara Nangapinoh

²Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur, Jl. Sutan syahrir komp. Pelindo no. 26, Rawang, Padang Selatan

³Pusat Meteorologi Maritim, Jl. Angkasa I No. 2 Kemayoran Jakarta

*E-mail: ajis.efendi@bmkg.go.id

Naskah masuk: 01-03-2024

Naskah diperbaiki: 09-06-2024

Naskah diterima: 23-11-2024

ABSTRAK

Penilaian risiko cuaca di pelabuhan memegang peranan penting dalam menjaga keselamatan dan efisiensi operasional. Dalam penelitian ini, evaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur dilakukan melalui pendekatan analisis frekuensi. Data historis cuaca, seperti curah hujan dan tinggi gelombang laut, dikumpulkan selama periode 2017-2022. Pendekatan ini digunakan untuk mengidentifikasi distribusi statistik dari variabel cuaca yang relevan. Hasil analisis menunjukkan bahwa curah hujan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan November, mencapai 528,55 mm, dan rata-rata jumlah hari hujan tertinggi juga pada bulan yang sama, yaitu November, dengan nilai mencapai 21,5 hari. Sementara itu, rata-rata tinggi gelombang tertinggi di sekitar pelabuhan terjadi pada bulan Juli dan Agustus, dengan tinggi gelombang rata-rata mencapai 1,25 meter. Informasi ini dapat digunakan sebagai dasar untuk merancang strategi mitigasi risiko yang tepat, seperti penjadwalan kegiatan operasional yang lebih efisien, peningkatan infrastruktur pelabuhan, atau pengembangan sistem peringatan dini yang lebih baik.

Kata kunci: Cuaca, Curah Hujan, Gelombang, risiko

ABSTRACT

The assessment of weather risks at ports plays a crucial role in maintaining safety and operational efficiency. In this study, weather risk evaluation at Teluk Bayur Port was conducted using a frequency analysis approach. Historical weather data, such as rainfall and sea wave height, were collected during the period 2017-2022. This approach was utilized to identify the statistical distribution of relevant weather variables. The analysis results indicated that the highest average rainfall occurred in November, reaching 528.55 mm, with the highest average number of rainy days also recorded in the same month at 21.5 days. Meanwhile, the highest average wave height around the port was observed in July and August, reaching 1.25 meters. This information can serve as a basis for designing appropriate risk mitigation strategies, such as scheduling more efficient operational activities, enhancing port infrastructure to withstand extreme weather conditions, or developing better early warning systems.

Keywords: Weather, Rainfall, Waves, Risk

1. Pendahuluan

Pelabuhan Teluk Bayur merupakan salah satu pelabuhan penting di wilayah pesisir Sumatera Barat, Indonesia. Pelabuhan ini, memiliki peran yang signifikan dalam mendukung kegiatan ekonomi dan perdagangan regional [1]. Sebagai pintu gerbang maritim yang penting, pelabuhan ini menjadi pusat aktivitas bongkar muat, distribusi barang, dan layanan transportasi laut [2]. Namun, seperti halnya pelabuhan-pelabuhan lainnya, Pelabuhan Teluk Bayur juga dihadapkan pada risiko cuaca yang dapat mempengaruhi operasional dan keselamatan di pelabuhan tersebut.

Dalam situasi cuaca ekstrem atau tidak menguntungkan, pelabuhan dapat menghadapi berbagai tantangan, termasuk penundaan pelayaran, risiko kecelakaan kapal, kerugian finansial, dan dampak negatif terhadap rantai pasokan [3]. Cuaca ekstrem merujuk pada kondisi cuaca yang di luar norma atau di luar pola cuaca yang umum terjadi di suatu wilayah pada suatu waktu tertentu [4]. Oleh karena itu, evaluasi risiko cuaca yang akurat dan efektif sangat penting untuk meningkatkan keselamatan, efisiensi operasional, dan kesiapan dalam menghadapi kondisi cuaca yang berubah-ubah [5]. Evaluasi risiko sendiri merupakan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengevaluasi potensi risiko yang terkait dengan suatu kegiatan, kejadian, atau situasi tertentu [6].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur menggunakan pendekatan analisis frekuensi. Pendekatan ini akan membantu mengidentifikasi pola dan tingkat keparahan cuaca ekstrem yang mungkin terjadi di pelabuhan. Dengan memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang distribusi statistik dari variabel cuaca, seperti kecepatan angin, curah hujan, dan tinggi gelombang laut, kita dapat memprediksi dan mengukur risiko yang terkait dengan kondisi cuaca yang tidak menguntungkan.

Evaluasi risiko cuaca yang komprehensif akan memberikan wawasan yang lebih baik tentang tingkat risiko yang terkait dengan kondisi cuaca ekstrem [7]. Hal ini akan membantu dalam pengembangan strategi mitigasi risiko yang efektif, termasuk penjadwalan kegiatan operasional, pengembangan infrastruktur yang tahan cuaca, pelaksanaan sistem peringatan dini, dan pelatihan personel dalam menghadapi situasi cuaca yang kompleks.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh informasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait keselamatan, efisiensi operasional, dan manajemen risiko di Pelabuhan Teluk Bayur. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat berkontribusi pada pemahaman lebih lanjut tentang risiko cuaca dalam konteks pelabuhan di wilayah pesisir Indonesia.

Dengan meningkatnya pemahaman tentang risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur, diharapkan akan ada upaya yang lebih baik dalam memitigasi risiko, mengoptimalkan operasional pelabuhan, dan melindungi aset serta kepentingan yang terkait.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis frekuensi untuk mengevaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur. Metode kuantitatif adalah suatu metode penelitian yang melibatkan pengumpulan, analisis, dan interpretasi data berdasarkan angka-angka atau ukuran kuantitatif [8]. Metode ini berfokus pada penggunaan data numerik untuk memahami pola, hubungan, dan tren dalam suatu fenomena atau populasi [9]. Metode kuantitatif sering digunakan dalam berbagai bidang, seperti ilmu sosial, ekonomi, ilmu alam, dan kedokteran, untuk menghasilkan pemahaman yang lebih objektif dan dapat diukur terhadap berbagai fenomena.

Pendekatan analisis frekuensi dipilih karena mampu mengidentifikasi pola-pola frekuensi kejadian cuaca yang dapat membantu dalam merumuskan strategi manajemen risiko. Penelitian ini akan dilakukan di Pelabuhan Teluk Bayur, Indonesia. Data cuaca yang akan digunakan mencakup rentang waktu 6 tahun terakhir yaitu periode 2017-2022. Data yang digunakan dalam penelitian ini akan berupa data historis cuaca yang mencakup parameter-parameter seperti, curah hujan, dan gelombang laut.

Data gelombang laut diolah melalui penggunaan model gelombang yang dimiliki oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Model ini merupakan bagian dari Ocean Forecasting System (OFS), suatu sistem yang digunakan untuk meramalkan kondisi laut. Dalam pemodelan gelombang ini, metode yang diterapkan mengacu pada WaveWatch III (WW3), sebuah sistem model gelombang generasi ketiga yang dikembangkan oleh National Centers for Environmental Prediction

(NCEP), yang merupakan bagian dari National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) [10]. Sementara itu, data mengenai Curah Hujan, hari hujan, serta arah dan kecepatan angin diperoleh dari stasiun meteorologi maritim di Teluk Bayur. Informasi ini digunakan dalam analisis dan penilaian risiko cuaca di pelabuhan tersebut. Prosedur penelitian yang akan dijalankan dalam evaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur menggunakan pendekatan analisis frekuensi terdiri dari beberapa langkah. Pertama, pengumpulan data cuaca historis akan dilakukan dengan mengambil data dari stasiun meteorologi maritime Teluk Bayur dengan lokasi penelitian, yaitu Pelabuhan Teluk Bayur. Data cuaca historis ini akan meliputi informasi seperti kecepatan angin, curah hujan, dan gelombang laut dalam kurun waktu yang relevan.

Setelah data terkumpul, langkah berikutnya adalah melakukan analisis data. Data cuaca historis yang telah terkumpul akan diolah menggunakan metode analisis statistik. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengidentifikasi distribusi frekuensi dari parameter-parameter cuaca yang relevan. Analisis statistik ini akan membantu dalam memahami pola frekuensi kejadian cuaca ekstrem di Pelabuhan Teluk Bayur.

Setelah distribusi frekuensi teridentifikasi, langkah selanjutnya adalah penggunaan model. Model distribusi frekuensi yang sesuai dengan data akan digunakan untuk memprediksi frekuensi kejadian cuaca ekstrem di masa mendatang. Model ini akan memberikan gambaran tentang potensi frekuensi kejadian cuaca ekstrem yang dapat terjadi di pelabuhan tersebut.

Langkah terakhir dalam prosedur penelitian adalah evaluasi risiko. Dengan mengacu pada frekuensi kejadian cuaca ekstrem yang diidentifikasi melalui analisis frekuensi, risiko cuaca akan dievaluasi secara komprehensif. Evaluasi risiko ini akan membantu dalam merumuskan strategi mitigasi dan manajemen risiko yang tepat. Hasil evaluasi risiko akan memberikan panduan berharga dalam mengembangkan langkah-langkah konkret untuk menghadapi cuaca ekstrem di Pelabuhan Teluk Bayur, sehingga operasi pelabuhan dapat tetap berjalan dengan lebih efektif dan aman.

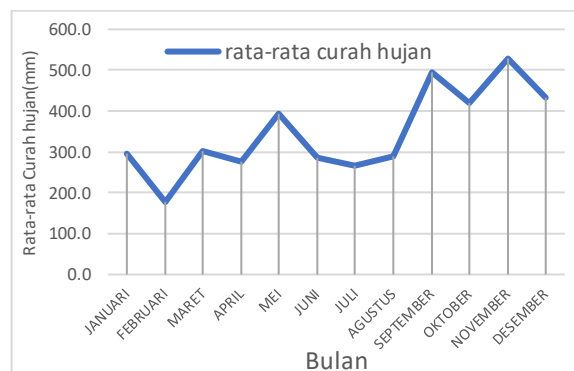
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Curah Hujan

Dalam pembahasan ini, analisis curah hujan difokuskan pada tiga parameter utama yang meliputi rata-rata curah hujan bulanan, rata-rata jumlah hari hujan, dan curah hujan maksimum yang terjadi setiap bulan. Ketiga parameter ini penting untuk memahami pola distribusi hujan di suatu wilayah dan menentukan intensitas serta durasi hujan yang dapat mempengaruhi kondisi operasional di pelabuhan atau kawasan tertentu terutama dalam penelitian ini wilayah sekitar Pelabuhan Teluk Bayur.

Untuk pembahasa yang pertama, akan dibahas mengenai rata-rata curah hujan. Rata-rata curah hujan bulanan memberikan gambaran tentang jumlah air hujan yang turun dalam satu bulan secara rata-rata. Analisis ini penting karena membantu mengidentifikasi bulan-bulan dengan tingkat hujan tertinggi dan terendah. Bulan dengan curah hujan rata-rata tertinggi menunjukkan periode dengan potensi genangan atau banjir lebih tinggi, sedangkan bulan dengan curah hujan rendah biasanya menjadi periode yang lebih aman dari segi risiko banjir.

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan untuk hasil rata-rata curah hujan bisa dilihat pada gambar di bawah ini:

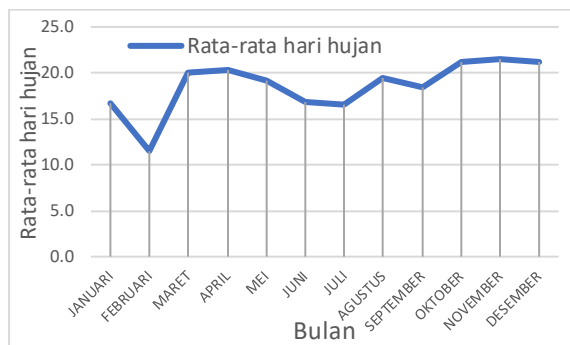


Gambar 1. Rata-rata Curah hujan di stasiun meteorologi Teluk Bayur

Berdasarkan gambar 1, Analisis data curah hujan rata-rata untuk periode 2017 hingga 2022 mengungkapkan variasi yang signifikan dalam pola curah hujan bulanan di lokasi studi. Bulan-bulan dengan curah hujan tertinggi seperti September dan November menunjukkan angka yang jauh lebih tinggi daripada bulan-bulan lainnya, dengan nilai masing-masing mencapai 493,68 mm dan 528,55 mm. Di sisi lain, bulan-bulan dengan curah hujan terendah seperti Februari dan Juli memiliki angka yang lebih rendah, yaitu 177,23 mm dan 267,22 mm. Dengan perbedaan yang mencolok ini, dapat diketahui bahwa musim hujan yang terjadi pada akhir tahun (September-Desember) memiliki dampak yang lebih besar dalam kontribusinya terhadap curah hujan tahunan di wilayah

tersebut. Hal ini dapat memiliki implikasi penting dalam evaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur, karena kejadian cuaca ekstrem terkait hujan lebat dapat lebih mungkin terjadi pada bulan-bulan ini. Oleh karena itu, manajemen risiko di pelabuhan perlu mempertimbangkan dampak curah hujan yang tinggi selama periode ini dalam mengembangkan strategi mitigasi dan penyesuaian operasional yang diperlukan.

Untuk analisis curah hujan berikutnya adalah rata-rata hari hujan. Rata-rata hari hujan bulanan merujuk pada jumlah hari dalam satu bulan di mana terjadi hujan. Parameter ini memberikan informasi tentang frekuensi hujan dalam sebulan. Dengan mengetahui rata-rata hari hujan, kita dapat memahami pola frekuensi hujan. Misalnya, jika sebuah bulan memiliki rata-rata hari hujan yang tinggi, berarti hujan turun hampir setiap hari, meskipun tidak selalu intens. Hal ini penting bagi perencanaan aktivitas yang tergantung pada cuaca di luar ruangan. Hasil rata-rata hari hujan dalam analisis ini bisa dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2. Rata-rata hari hujan di stasiun meteorologi Teluk Bayur.

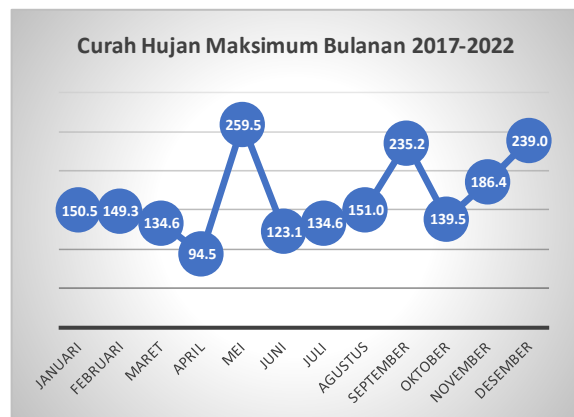
Berdasarkan gambar 2. Analisis data rata-rata jumlah hari hujan selama periode 2017 hingga 2021 memberikan gambaran yang menarik tentang pola kejadian hujan dalam setiap bulan. Data ini memberikan indikasi tentang frekuensi kejadian hujan dalam kurun waktu tersebut. Berdasarkan data, dapat dilihat bahwa bulan-bulan dengan jumlah hari hujan yang lebih tinggi, seperti Oktober, November, dan Desember, menunjukkan angka yang signifikan. Bulan Oktober memiliki rata-rata 21 hari hujan, sementara November dan Desember memiliki rata-rata masing-masing sebanyak 22 dan 21 hari hujan. Hal ini mengindikasikan bahwa akhir tahun cenderung mengalami periode yang lebih basah dan cuaca lebih lembab. Di sisi lain, bulan-bulan seperti Februari dan Juli memiliki jumlah hari hujan yang lebih rendah, yaitu masing-masing 12 dan 17 hari. Ini menunjukkan bahwa musim kemarau atau periode dengan kejadian

hujan yang lebih sedikit cenderung terjadi pada bulan-bulan ini.

Analisis ini memiliki implikasi penting dalam manajemen risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur. Bulan-bulan dengan jumlah hari hujan yang tinggi dapat mengindikasikan potensi risiko banjir atau gangguan operasional akibat hujan yang berkepanjangan. Oleh karena itu, strategi manajemen risiko harus mencakup rencana dan penyesuaian operasional yang tepat untuk mengatasi periode-periode cuaca lembab ini. Di sisi lain, bulan-bulan dengan jumlah hari hujan yang rendah mungkin menjadi periode yang lebih aman untuk pelaksanaan operasi di pelabuhan.

Analisis berikutnya terkait curah hujan adalah analisis curah hujan maksimum bulanan. Curah hujan maksimum bulanan adalah jumlah curah hujan tertinggi yang tercatat dalam satu hari pada suatu bulan tertentu. Analisis curah hujan maksimum penting untuk mengidentifikasi hari-hari ekstrem dengan intensitas hujan tinggi yang berpotensi menimbulkan bencana hidrometeorologi. Informasi ini sangat berguna dalam perencanaan mitigasi risiko bencana, khususnya untuk bulan-bulan dengan potensi hujan ekstrem.

Berikut adalah hasil analisis curah hujan maksimum bulanan periode 2017 – 2022 di sekitar belabuhan Teluk Bayur:



Gambar 3. Curah Hujan Maksimum bulanan di stasiun meteorologi Teluk Bayur.

Berdasarkan hasil analisis data curah hujan maksimum bulanan periode 2017-2022, terlihat adanya variasi intensitas hujan sepanjang tahun. Pada bulan Januari, curah hujan maksimum tercatat sebesar 150,5 mm pada 9 Januari 2020. Bulan Februari menunjukkan angka yang hampir serupa dengan curah hujan maksimum sebesar 149,3 mm pada 14 Februari 2018. Selanjutnya, pada bulan Maret, curah hujan maksimum tercatat 134,6 mm

pada 6 Maret 2021, dan pada bulan April, turun menjadi 94,5 mm pada 22 April 2018. Pada bulan Mei, curah hujan maksimum mencapai puncaknya dengan 259,5 mm pada 30 Mei 2017. Di bulan Juni, nilai maksimum tercatat sebesar 123,1 mm pada 23 Juni 2018. Pada bulan Juli, curah hujan kembali naik dengan angka maksimum 134,6 mm pada 22 Juli 2020, dan di bulan Agustus tercatat 151,0 mm pada 28 Agustus 2022. Pada bulan September, curah hujan maksimum tercatat sebesar 235,2 mm pada 9 September 2020. Bulan Oktober mencatat angka 139,5 mm pada 9 Oktober 2017. Sementara itu, curah hujan maksimum pada bulan November mencapai 186,4 mm pada 16 November 2022, dan pada bulan Desember, angka tersebut mencapai 239,0 mm pada 24 Desember 2019.

Dari data ini, dapat dilihat bahwa bulan Mei dan Desember memiliki curah hujan maksimum tertinggi dalam periode analisis ini. Informasi ini dapat menjadi dasar dalam merencanakan langkah-langkah yang diperlukan untuk mengantisipasi dampak dari curah hujan yang tinggi, khususnya dalam perencanaan operasional dan mitigasi risiko di wilayah pelabuhan.

3.2 Analisis Angin

Dalam Pembahasan terkait analisis angin terdapat beberapa unsur diantaranya arah angin, rata-rata kecepatan angin dan juga kecepatan angin maksimum. Untuk pembahasan yang pertama yaitu arah angin rata-rata yang dapat dilihat dari data berikut ini:

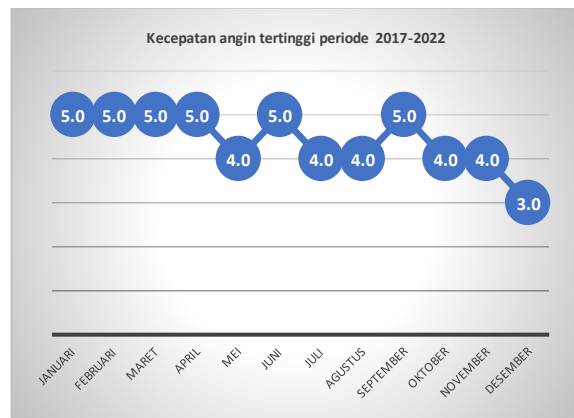
Tabel 1. Arah dan Kecepatan angin rata-rata periode 2017 – 2022

Tahun / Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	dd	ff	dd	ff	dd	ff	dd	ff	dd	ff	dd	ff
2017	S	2,5	S	2,9	W	2,5	SW	1,8	S	1,6	SW	1,7
2018	SW	1,7	SW	2,1	SW	2,0	SW	1,7	S	1,6	S	1,6
2019	S	1,9	S	2,3	SW	2,2	S	2,2	S	1,9	S	1,6
2020	S	1,7	S	1,9	S	1,5	S	1,6	NE	1,7	S	1,3
2021	S	1,1	S	1,4	S	1,4	SW	1,3	SW	1,4	S	1,2
2022	SW	1,1	S	1,1	W	1,2	S	1,2	S	1,2	SW	1,1

Berdasarkan data rata-rata arah dan kecepatan angin dari tahun 2017 hingga 2022, terlihat bahwa arah angin dominan berasal dari Selatan (S) dan Barat Daya (SW). Arah Selatan mendominasi hampir setiap bulan, terutama dari Januari hingga Juli, sedangkan arah Barat Daya sering muncul di bulan Maret, April, dan Agustus. Pada bulan tertentu, seperti Mei dan Oktober, arah angin juga bervariasi dengan adanya angin dari Timur Laut (NE) dan Barat (W), meskipun frekuensinya tidak setinggi arah Selatan dan Barat Daya. Kecepatan angin rata-rata tertinggi tercatat pada bulan Januari 2017 dengan kecepatan 2,5 knot dan pada bulan

September 2019 sebesar 2,8 knot, menunjukkan bahwa kecepatan angin cenderung lebih tinggi di awal tahun dan pada bulan September. Secara keseluruhan, kecepatan angin rata-rata berkisar antara 1,0 hingga 2,5 knot, namun pada tahun 2021 dan 2022 terlihat kecenderungan penurunan kecepatan, dengan rata-rata berkisar antara 1,0 hingga 1,4 knot. Pola arah angin yang dominan dari Selatan sepanjang tahun menunjukkan pengaruh musiman yang kuat, sedangkan arah Timur Laut yang sesekali muncul di bulan Mei dan Oktober menandakan adanya perubahan pola musiman. Informasi ini bermanfaat dalam perencanaan operasional, terutama untuk aktivitas yang dipengaruhi kondisi angin, seperti pelayaran dan logistik di pelabuhan.

Data mengenai kecepatan angin maksimum yang pernah tercatat selama periode penelitian ditampilkan pada gambar berikut ini. Informasi ini memberikan gambaran mengenai kecepatan angin tertinggi yang terjadi pada berbagai waktu, sehingga dapat membantu dalam memahami pola dan intensitas angin di wilayah tersebut. Melalui data ini, kita dapat melihat variasi kecepatan angin maksimum yang tercatat, yang berguna untuk analisis lebih lanjut terkait potensi dampaknya terhadap aktivitas di area tersebut. Gambar berikut menampilkan rincian kecepatan angin maksimum yang pernah terjadi.



Gambar 4. Kecepatan Angin Maksimum Periode 2017 - 2022 Di Stasiun Meteorologi Teluk Bayur.

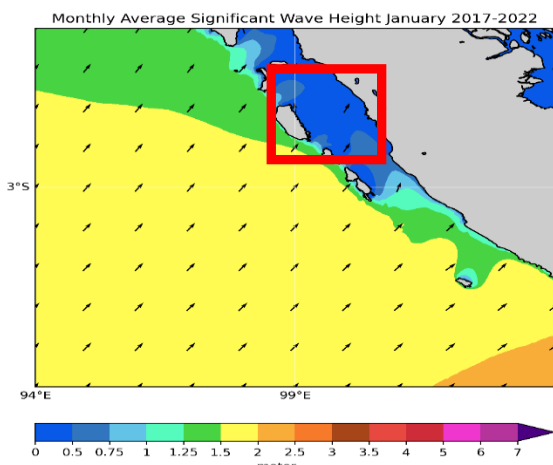
Berdasarkan data kecepatan angin maksimum bulanan dari periode 2017 hingga 2022, terlihat bahwa kecepatan angin maksimum berkisar antara 3 hingga 5 knot di berbagai bulan. Kecepatan angin maksimum tertinggi, yaitu 5 knot, tercatat pada bulan Januari, Februari, Maret, April, Juni, dan September. Sementara itu, bulan Mei, Juli, Agustus, Oktober, dan November mencatatkan kecepatan angin maksimum sebesar 4 knot, sedangkan kecepatan terendah terjadi pada bulan Desember dengan nilai 3 knot.

Data ini menunjukkan bahwa kecepatan angin maksimum relatif stabil sepanjang tahun, dengan sedikit penurunan pada bulan Desember. Bulan-bulan dengan kecepatan angin maksimum tinggi (5 knot) mencakup bulan awal tahun seperti Januari hingga April, serta bulan pertengahan hingga akhir tahun seperti Juni dan September. Penurunan kecepatan angin pada bulan Desember menandakan adanya perbedaan kondisi angin dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya.

Informasi mengenai kecepatan angin maksimum ini penting untuk kegiatan operasional yang sensitif terhadap kondisi angin, terutama di sektor maritim dan pelabuhan.

3.3 Analisis Gelombang

Analisis mengenai kondisi gelombang di wilayah penelitian ini akan ditampilkan dalam bentuk data rata-rata tinggi gelombang bulanan selama periode 2017 hingga 2022. Data ini mencakup informasi mengenai gelombang signifikan yang terjadi di area penelitian, yaitu Pelabuhan Teluk Bayur dan lautan di sekitarnya. Dengan menggunakan data ini, diharapkan dapat memberikan gambaran yang jelas mengenai variasi tinggi gelombang yang terjadi setiap bulan dalam periode tersebut. Seluruh informasi terkait rata-rata tinggi gelombang bulanan dapat dilihat pada gambar berikut ini, yang memuat rincian lengkap untuk setiap bulan dan memberikan pandangan lebih komprehensif mengenai kondisi perairan di wilayah penelitian selama beberapa tahun terakhir.

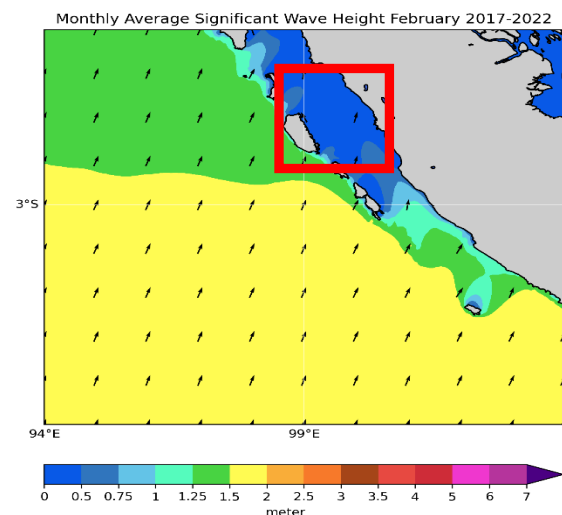


Gambar 5. Gelombang signifikan bulan Januari

Pada bulan Januari, wilayah di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur menunjukkan karakteristik gelombang yang berbeda tergantung pada lokasi geografis. Di dekat pelabuhan itu sendiri, gelombang signifikan

cenderung relatif rendah, dengan kisaran antara 0 hingga 0,75 meter. Namun, ketika menjelajahi perairan lebih dalam di sekitar Laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, pola gelombang mengalami perubahan. Di area ini, gelombang signifikan memiliki kisaran yang lebih tinggi, yaitu berkisar antara 1,25 hingga 2,0 meter.

Untuk gelombang signifikan pada bulan Februari bisa dilihat pada gambar berikut ini :

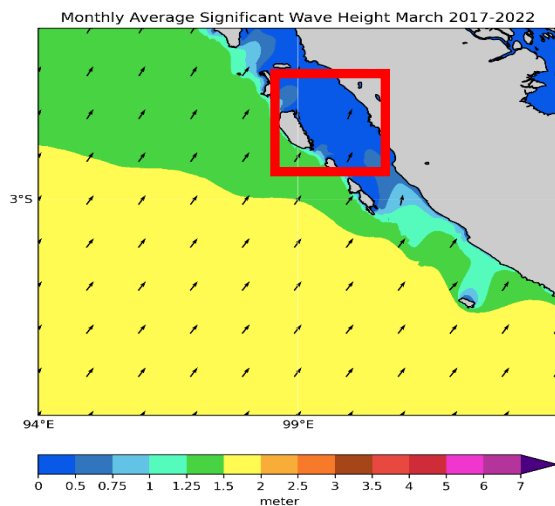


Gambar 6. Gelombang signifikan bulan Februari

Pada bulan Februari, pola gelombang signifikan di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur menunjukkan konsistensi dengan bulan Januari. Wilayah di sekitar pelabuhan tetap memiliki gelombang signifikan dengan rentang yang sama seperti bulan Januari, yaitu antara 0 hingga 0,75 meter. di sekitar Laut lepas dan Samudra Hindia, gelombang signifikan juga tetap dalam rentang yang serupa dengan bulan sebelumnya. Di area ini, gelombang signifikan berkisar antara 1,25 hingga 2,0 meter.

Pola ini menunjukkan adanya kestabilan dalam karakteristik gelombang selama bulan Februari. Meskipun ada variasi antara lokasi di dekat pelabuhan dan area lebih jauh seperti Laut lepas dan Samudra Hindia, tinggi gelombang signifikan tetap dalam rentang yang diperkirakan. Informasi ini dapat membantu dalam merencanakan aktivitas maritim, operasional pelabuhan, dan navigasi dengan mempertimbangkan kondisi gelombang yang dapat diharapkan selama bulan Februari di wilayah tersebut.

Untuk Bulan Maret gelombang signifikan bisa dilihat pada gambar berikut ini:



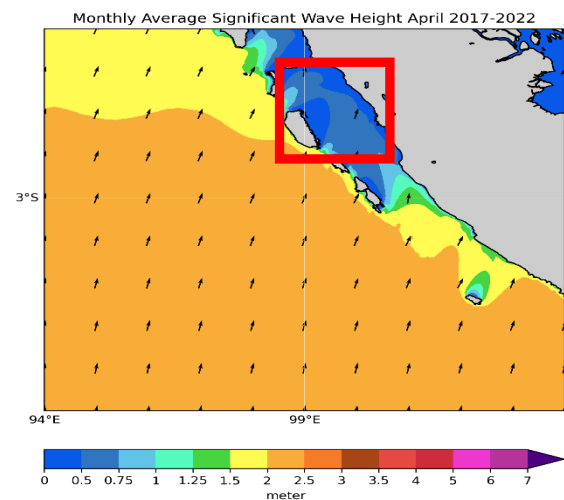
Gambar 7. Gelombang signifikan bulan Maret

Berdasarkan data yang diberikan, terlihat bahwa karakteristik gelombang signifikan tetap relatif stabil di wilayah sekitar Pelabuhan Teluk Bayur pada bulan Maret. Seperti yang diamati sebelumnya, baik di sekitar pelabuhan maupun dekat Samudra Hindia, gelombang signifikan memiliki nilai yang tetap sama dengan bulan-bulan sebelumnya, yaitu berkisar antara 0 hingga 0,75 meter di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur dan berkisar antara 1,25 hingga 2,0 meter ketika memasuki perairan Samudra Hindia.

Pola ini menunjukkan adanya konsistensi dalam karakteristik gelombang selama beberapa bulan terakhir. Stabilitas ini dalam tinggi gelombang mungkin disebabkan oleh faktor-faktor cuaca dan geografis yang relatif tetap selama periode tersebut. Namun, walaupun karakteristik gelombang tidak mengalami perubahan yang signifikan, penting untuk tetap memantau nilai-nilai ini secara berkala dalam upaya evaluasi risiko dan manajemen operasional di Pelabuhan Teluk Bayur.

Pada bulan April, tinggi gelombang signifikan di wilayah penelitian menunjukkan variasi tertentu yang menarik untuk dianalisis lebih lanjut. Gambar berikut ini menampilkan rincian mengenai gelombang signifikan yang tercatat selama bulan April. Melalui data ini, kita dapat melihat pola perubahan tinggi gelombang dan memahami dinamika laut yang terjadi pada bulan tersebut. Informasi yang ditampilkan memberikan gambaran tentang karakteristik gelombang di perairan sekitar lokasi penelitian, termasuk potensi peningkatan atau penurunan tinggi gelombang pada periode ini. Gambar berikut akan membantu dalam mengidentifikasi tingkat aktivitas gelombang signifikan yang

terjadi di bulan April dan menjadi referensi penting untuk keperluan analisis serta pengambilan keputusan operasional di area tersebut.

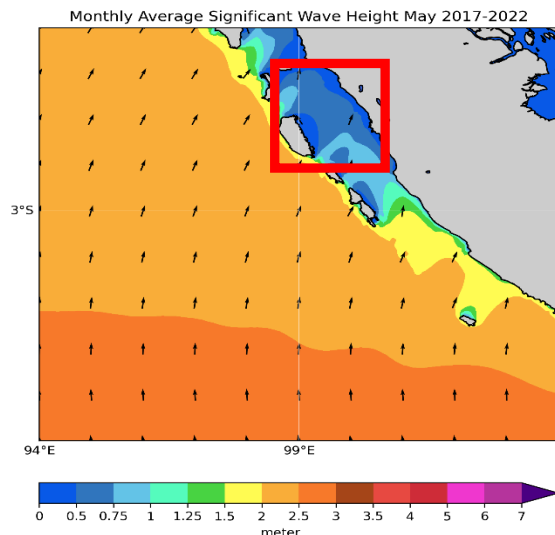


Gambar 8. Gelombang signifikan bulan April

Dari analisis data yang diperoleh dan dapat dilihat pada Gambar 6, pola karakteristik gelombang di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur dapat diuraikan dengan jelas. Dominasi ketinggian gelombang signifikan terjadi di wilayah sekitar pelabuhan, di mana ketinggian gelombang berkisar antara 0,5 hingga 0,75 meter. Namun, ketika kita memperluas pandangan ke wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, gelombang signifikan menunjukkan tinggi yang lebih besar, yakni berkisar antara 1,5 hingga 2,5 meter. Perbedaan ini menggambarkan adanya transisi dari perairan yang lebih tenang di sekitar pelabuhan ke perairan yang lebih terbuka dan rentan terhadap pengaruh cuaca dan arus laut.

Dengan demikian, analisis data dan Gambar 6 secara visual menggarisbawahi perbedaan yang mencolok dalam ketinggian gelombang di kedua lokasi tersebut. Hal ini memiliki implikasi penting dalam penilaian risiko cuaca dan kegiatan maritim di Pelabuhan Teluk Bayur. Pihak terkait perlu mempertimbangkan pola dan karakteristik gelombang ini untuk mengambil tindakan yang sesuai dalam manajemen operasional serta keselamatan di perairan sekitarnya.

Untuk gelombang signifikan pada bulan Mei di lokasi penelitian yaitu pelabuhan Teluk Bayur dan sekitarnya bisa dilihat pada gambar berikut ini:



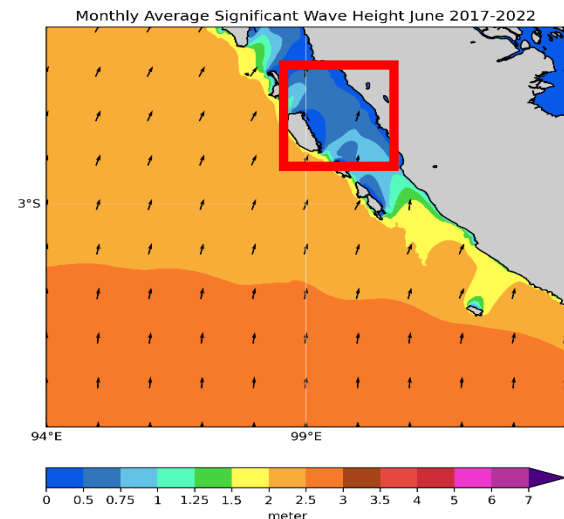
Gambar 9. Gelombang signifikan bulan Mei

Dari penafsiran terhadap Gambar 7, dapat dilihat bahwa karakteristik gelombang di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur memiliki variasi yang mencolok. Di sekitar pelabuhan, nilai ketinggian gelombang signifikan cenderung lebih rendah, berkisar antara 0 hingga 1 meter. Pola ini mengindikasikan bahwa perairan dekat pelabuhan cenderung memiliki gelombang yang cukup tenang dan relatif stabil.

Namun, ketika pandangan diperluas ke wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, gambaran yang berbeda muncul. Di area ini, ketinggian gelombang signifikan jauh lebih tinggi, dengan kisaran berkisar antara 2 hingga 3 meter. Perbedaan ketinggian gelombang yang signifikan antara wilayah pelabuhan dan wilayah lepas ini menggambarkan adanya perubahan yang cukup drastis dalam karakteristik gelombang tergantung pada kedalaman dan eksposur terhadap pengaruh cuaca dan kondisi laut yang lebih terbuka.

Pada bulan Juni, tinggi gelombang signifikan di wilayah penelitian menunjukkan pola dan karakteristik tertentu yang penting untuk diperhatikan. Gambar berikut ini menyajikan data mengenai tinggi gelombang signifikan yang tercatat selama bulan Juni di wilayah perairan yang menjadi fokus penelitian, yaitu di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur dan laut sekitarnya. Dari informasi yang ditampilkan, kita dapat memahami lebih mendalam mengenai kondisi laut di bulan Juni, termasuk potensi peningkatan atau penurunan gelombang yang mungkin memengaruhi aktivitas di perairan ini. Data ini dapat memberikan wawasan penting bagi pihak-pihak yang berkepentingan, seperti pelaku industri pelayaran dan pengelola pelabuhan, untuk mengantisipasi kondisi gelombang pada

bulan tersebut. Gambar berikut ini akan membantu dalam menggambarkan fluktuasi dan tren dari gelombang signifikan yang terjadi selama bulan Juni, serta menjadi dasar dalam merencanakan langkah-langkah mitigasi atau strategi operasional yang tepat di wilayah ini.

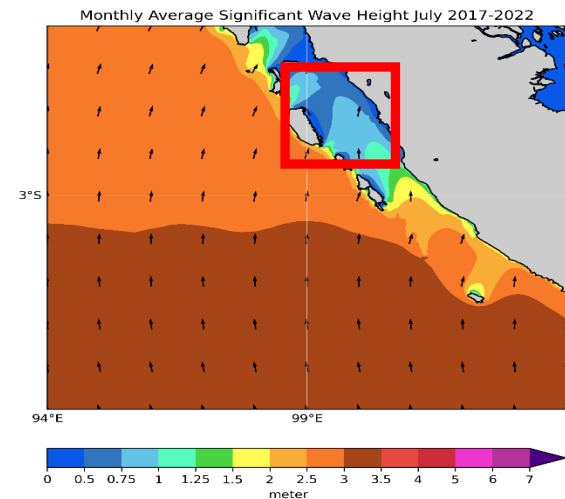


Gambar 10. Gelombang signifikan bulan Juni

Analisis data gelombang pada bulan Juni menunjukkan kesamaan dengan bulan Mei, sesuai dengan informasi yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam kedua bulan tersebut, karakteristik gelombang di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur memiliki pola yang hampir identik. Di wilayah dekat pelabuhan, ketinggian gelombang signifikan cenderung berada dalam kisaran 0 hingga 1 meter. Namun, perlu dicatat bahwa saat bergerak lebih jauh ke wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, terlihat perbedaan yang cukup besar dalam ketinggian gelombang. Di wilayah ini, gelombang signifikan mencapai tinggi yang berkisar antara 2 hingga 3 meter.

Konsistensi dalam karakteristik gelombang yang relatif tetap di wilayah pelabuhan dapat memberikan dasar yang kuat bagi manajemen operasional dan evaluasi risiko terkait cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur. Meskipun karakteristik gelombang yang serupa antara bulan Juni dan Mei dapat memberikan pandangan stabil, variabilitas dalam ketinggian gelombang antara perairan dekat pelabuhan dan wilayah laut lepas tetap harus diakui dan diperhatikan dalam pengambilan keputusan terkait kegiatan maritim dan navigasi.

Untuk bulan Juli gelombang signifikan bisa dilihat pada gambar berikut ini:



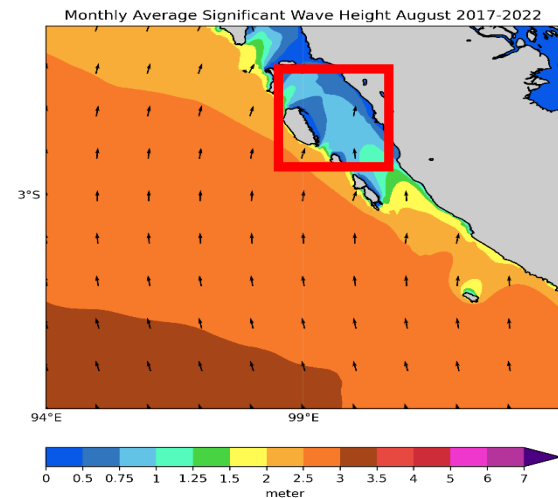
Gambar 11. Gelombang signifikan bulan Juli

Melalui analisis data yang disajikan dalam Gambar 9, dapat diamati dengan jelas karakteristik gelombang di berbagai lokasi yang terkait dengan Pelabuhan Teluk Bayur. Di sekitar pelabuhan tersebut, tinggi gelombang signifikan menunjukkan kisaran antara 0,5 hingga 1,25 meter. Hal ini menggambarkan bahwa perairan yang berdekatan dengan pelabuhan memiliki gelombang yang cenderung lebih rendah dan stabil. Namun, ketika memperluas pandangan ke wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, terlihat perbedaan yang mencolok dalam karakteristik gelombang. Di lokasi ini, ketinggian gelombang signifikan mencapai kisaran antara 2,5 hingga 3,5 meter. Perbedaan ini menunjukkan transisi yang signifikan dalam kondisi gelombang ketika bergerak dari perairan yang lebih terlindung ke perairan yang lebih terbuka.

Analisis ini menggarisbawahi pentingnya memahami variasi ketinggian gelombang di berbagai wilayah perairan dalam konteks evaluasi risiko cuaca dan pengelolaan operasional di Pelabuhan Teluk Bayur. Ketinggian gelombang yang lebih rendah di sekitar pelabuhan dapat mempengaruhi navigasi dan kegiatan maritim, sementara ketinggian gelombang yang lebih tinggi di wilayah laut lepas dan Samudra Hindia perlu diperhitungkan dalam merencanakan operasi kapal dan infrastruktur di perairan tersebut.

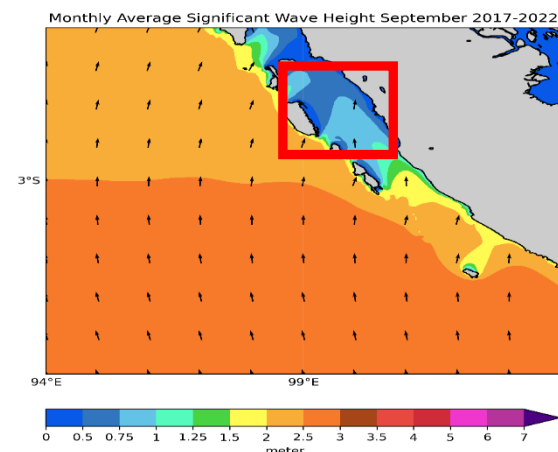
Pada bulan Agustus, terdapat kesamaan nilai ketinggian gelombang dengan bulan Juli. Namun, perlu dicatat bahwa terdapat sedikit penurunan secara spasial dalam karakteristik gelombang di wilayah tersebut. Nilai ketinggian gelombang signifikan di bulan Agustus dan Juli memiliki kesamaan, yang berkisar antara 0,5 hingga 1,25 meter. Meskipun demikian, adanya penurunan spasial mengindikasikan bahwa

meskipun nilai-nilai gelombang tetap konsisten, perubahan sedikit dalam tinggi gelombang dapat diamati di berbagai titik di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur.



Gambar 12. Gelombang signifikan bulan Agustus

Penting untuk mempertimbangkan perubahan ini dalam konteks manajemen risiko cuaca dan aktivitas maritim. Meskipun perubahan ini mungkin tidak signifikan, tetap penting untuk memantau dan mengidentifikasi variabilitas spasial dalam ketinggian gelombang untuk memastikan keselamatan dan efisiensi dalam operasi pelabuhan dan navigasi di perairan tersebut.

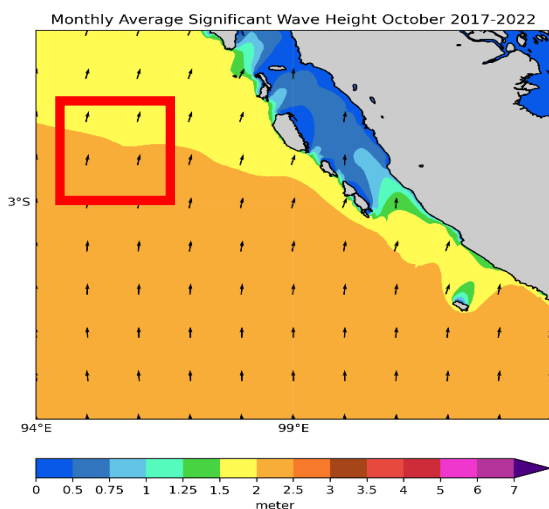


Gambar 13. Gelombang signifikan bulan September

Pada bulan September, karakteristik gelombang di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur menunjukkan kesamaan dengan bulan sebelumnya. Nilai ketinggian gelombang signifikan di perairan sekitar pelabuhan tetap dalam kisaran yang sama seperti bulan sebelumnya, yakni berkisar antara 0,5 hingga 1,25 meter. Ini mengindikasikan bahwa wilayah dekat pelabuhan memiliki kecenderungan untuk

mengalami gelombang yang relatif rendah dan stabil, sebagaimana telah diamati sebelumnya. Namun, perbedaan yang signifikan muncul ketika kita mengarah ke perairan laut lepas dan Samudra Hindia. Di wilayah ini, ketinggian gelombang signifikan meningkat dan berkisar antara 2 hingga 3 meter. Ini menggarisbawahi perubahan yang mencolok dalam karakteristik gelombang tergantung pada kedalaman dan paparan terhadap pengaruh cuaca di wilayah laut terbuka. Hasil analisis ini menunjukkan pentingnya memahami perubahan spasial dalam karakteristik gelombang di berbagai lokasi perairan dalam konteks evaluasi risiko cuaca dan manajemen operasional di Pelabuhan Teluk Bayur.

Pada bulan Oktober, data mengenai tinggi gelombang signifikan di wilayah penelitian menunjukkan pola yang khas dan perlu diperhatikan. Gambar berikut ini menyajikan data gelombang signifikan yang tercatat selama bulan Oktober di area perairan yang menjadi fokus kajian, yaitu di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur dan laut di sekitarnya. Melalui tampilan data ini, kita dapat memperoleh gambaran yang lebih rinci mengenai kondisi laut pada bulan Oktober, yang mungkin mengalami variasi tertentu dalam hal ketinggian dan frekuensi gelombang. Informasi ini sangat bermanfaat bagi berbagai pihak, seperti operator pelabuhan,



Gambar 14. Gelombang signifikan bulan Oktober

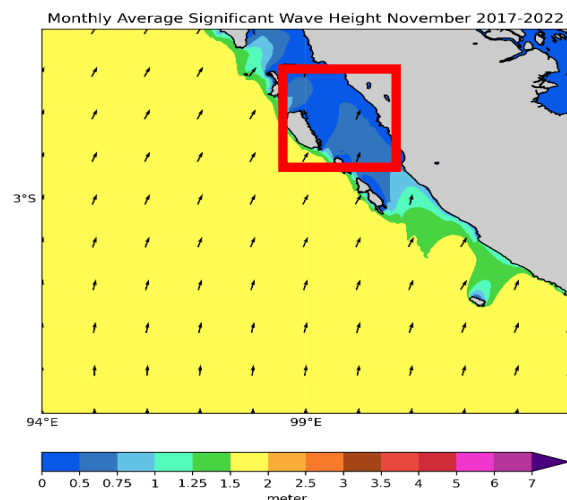
nelayan, dan pelaku industri maritim, untuk mengantisipasi perubahan kondisi laut selama bulan tersebut. Data yang ditampilkan dalam gambar berikut ini akan memberikan wawasan mengenai fluktuasi gelombang yang terjadi pada bulan Oktober, membantu dalam perencanaan operasional, serta sebagai dasar dalam pengambilan keputusan terkait keselamatan dan efisiensi kegiatan di perairan. Gambar ini akan

menjadi referensi yang penting untuk memahami tren gelombang signifikan di bulan Oktober dan sebagai acuan bagi langkah-langkah yang perlu diambil dalam mengelola potensi risiko di wilayah ini.

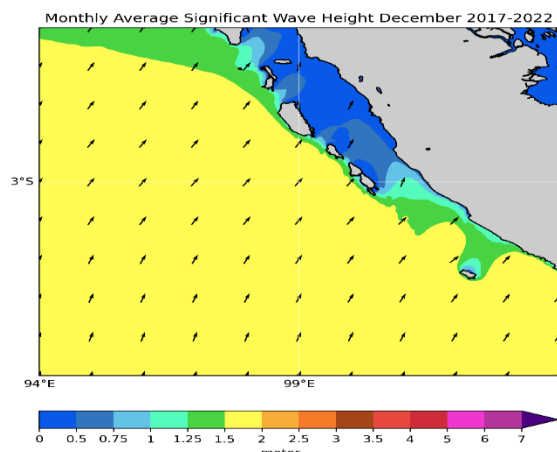
Analisis data gelombang pada bulan Oktober menunjukkan perubahan karakteristik gelombang yang menonjol. Dibandingkan dengan bulan-bulan sebelumnya, terjadi penurunan ketinggian gelombang secara umum di berbagai lokasi perairan yang terhubung dengan Pelabuhan Teluk Bayur. Di wilayah sekitar pelabuhan, ketinggian gelombang signifikan mengalami penurunan dan berkisar antara 0 hingga 1 meter. Perubahan ini menunjukkan bahwa perairan yang berdekatan dengan pelabuhan pada bulan Oktober memiliki gelombang yang lebih rendah dan cenderung lebih tenang. Namun, saat fokus beralih ke wilayah laut lepas dan Samudra Hindia, nilai ketinggian gelombang tetap lebih tinggi dibandingkan di sekitar pelabuhan. Meskipun terjadi penurunan, ketinggian gelombang signifikan berkisar antara 1,5 hingga 2,5 meter.

Analisis ini memberikan pandangan penting mengenai fluktuasi karakteristik gelombang sepanjang tahun. Penurunan ketinggian gelombang di wilayah sekitar pelabuhan pada bulan Oktober dapat memiliki implikasi bagi operasi pelabuhan dan aktivitas navigasi. Meskipun demikian, tinggi gelombang yang lebih tinggi di wilayah laut lepas dan Samudra Hindia tetap perlu diperhitungkan dalam manajemen risiko dan perencanaan kegiatan maritim.

Untuk gelombang signifikan pada bulan November bisa dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 15. Gelombang signifikan bulan November



Gambar 16. Gelombang signifikan bulan Desember

Berdasarkan gambar 15 diketahui bahwa di sekitar pelabuhan tersebut, terjadi penurunan ketinggian gelombang signifikan dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Nilai ketinggian gelombang berkisar antara 0 hingga 0,75 meter. Perubahan ini menunjukkan bahwa wilayah sekitar pelabuhan mengalami gelombang yang lebih rendah dan lebih tenang dibandingkan dengan bulan sebelumnya. Untuk wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, juga mengalami penurunan dari bulan sebelumnya, dengan nilai ketinggian gelombang, berkisar antara 1,5 hingga 2 meter.

Pada bulan Desember, karakteristik gelombang signifikan menunjukkan kesamaan dengan bulan November. Di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur, ketinggian gelombang signifikan berkisar antara 0 hingga 0,75 meter, yang juga merupakan kisaran yang sama seperti bulan November. Ini mengindikasikan bahwa wilayah perairan yang berdekatan dengan pelabuhan memiliki pola gelombang yang relatif stabil dan tidak mengalami perubahan yang signifikan dari bulan sebelumnya. Namun, di wilayah laut lepas dan sekitar Samudra Hindia, tinggi gelombang signifikan tetap berkisar antara 1,5 hingga 2 meter, seperti yang juga terlihat pada bulan November.

Kesamaan karakteristik gelombang antara bulan Desember dan November memiliki implikasi penting dalam manajemen risiko cuaca dan operasional di Pelabuhan Teluk Bayur. Meskipun nilai gelombang tetap stabil, perubahan cuaca atau faktor lainnya masih dapat mempengaruhi kondisi gelombang secara mendalam. Oleh karena itu, penting untuk terus memantau dan mengevaluasi kondisi gelombang secara berkala guna menjaga keselamatan dan efisiensi dalam kegiatan maritim di perairan tersebut.

4. Kesimpulan

Dalam evaluasi risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur menggunakan pendekatan analisis frekuensi, pola hujan dan tinggi gelombang menjadi dua faktor utama yang dianalisis. Pola hujan menunjukkan variasi yang signifikan selama periode evaluasi, dengan bulan-bulan tertentu memiliki curah hujan tinggi seperti September dan November, sementara bulan lainnya cenderung memiliki pola hujan yang lebih moderat. Variasi ini dapat meningkatkan risiko gangguan operasional di pelabuhan, seperti penundaan bongkar muat barang dan navigasi kapal.

Di sisi lain, evaluasi tinggi gelombang menunjukkan adanya konsistensi dalam kondisi gelombang di sekitar Pelabuhan Teluk Bayur. Untuk Rata-rata tinggi gelombang tertinggi yang terjadi disekitar pelabuhan terjadi pada bulan Juli dan Agustus dengan gelombang rata-rata tertinggi 1,25 meter. Untuk gelombang maksimum terjadi pada bulan Juli dan Agustus dengan gelombang maksimumnya 2,5 meter. Meskipun terdapat fluktuasi kecil dari bulan ke bulan, umumnya tinggi gelombang cenderung rendah hingga sedang di sekitar pelabuhan. Namun, di wilayah laut lepas dan Samudra Hindia, tinggi gelombang cenderung lebih tinggi, yang dapat meningkatkan risiko keselamatan pelayaran dan operasi kapal di perairan terbuka.

Dengan demikian, dalam merencanakan pengelolaan risiko cuaca di Pelabuhan Teluk Bayur, penting untuk mempertimbangkan kedua faktor ini. Perencanaan yang efektif harus dapat mengakomodasi pola hujan yang bervariasi serta fluktuasi dalam tinggi gelombang untuk mengurangi risiko gangguan operasional dan meningkatkan keselamatan dalam navigasi kapal..

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada Kepala Stasiun Meteorologi Nangapinoh, melalui Kalimantan Barat, Kepala Stasiun Meteorologi Maritim Teluk Bayur dan seluruh staff dan pegawai stasiun Meteorologi Nangapinoh dan teluk bayur.

Daftar Pustaka

- [1] Paramata, S. H., Machmud, J., & Arbie, A. (2023). PERANAN PELABUHAN GORONTALO TERHADAP PERTUMBUHAN EKONOMI DI PROVINSI GORONTALO. *Akademika*, 11(2), 168-185.
- [2] Daniswari, A. M., Agustin, I. W., & Hariyani, S. (2023). KINERJA OPERASIONAL PELABUHAN SEMAYANG BALIKPAPAN. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 12(3), 159-168.
- [3] Gusty, S., Wulansari, I., Mustika, W., Kusuma, A., Abduh, N., Muslimin, E., ... & Iskandar, A. C. S. (2023). *Dasar-Dasar Transportasi*. TOHAR MEDIA.
- [4] Guo, X., Cheng, J., Yin, C., Li, Q., Chen, R., & Fang, J. (2023). The extraordinary Zhengzhou flood of 7/20, 2021: How extreme weather and human response compounding to the disaster. *Cities*, 134, 104168.
- [5] andhika, f. P. (2022). *Penanganan terhadap laratnya jangkar kapal mv. Kt 06 di batu ampar saat berlabuh* (doctoral dissertation, politeknik ilmu pelayaran semarang).
- [6] Anita, S. Y., Kustina, K. T., Wiratikusuma, Y., Sudirjo, F., Sari, D., Rupiwardani, I., ... & Sucandrawati, N. L. K. A. S. (2023). *Manajemen Risiko*. Global Eksekutif Teknologi.
- [7] Fathi, M., & Hidayat, W. (2023). Analisis Risiko Curah Hujan Tinggi Terhadap Kelangsungan Kegiatan Belajar dan Mengajar di MTs Hudatul Falah. *AKSI: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 1(3), 223-235.
- [8] Khoa, B. T., Hung, B. P., & Hejsalem-Brahmi, M. (2023). Qualitative research in social sciences: data collection, data analysis and report writing. *International Journal of Public Sector Performance Management*, 12(1-2), 187-209.
- [9] Sarie, F., Sutaguna, I. N. T., Par, S. S., Par, M., Suiroaka, I. P., ST, S., ... & Massenga, I. T. W. (2023). *Metodelogi Penelitian*. Cendikia Mulia Mandiri.
- [10] supriyadi, e. (2019). Pemanfaatan satelit altimetri untuk verifikasi tinggi gelombang laut signifikan pada ocean forecast system (ofs) – bmk. *Jurnal meteorologi dan geofisika* vol. 19 no. 2 tahun 2018 : 93 – 102