

Pemodelan Karakteristik Hidro Oseanografi Di Wilayah Perairan Pantai Tanah Hitam, Kecamatan Paloh, Kabupaten Sambas, Menggunakan Software Mike 21

Modeling Hydro Oceanographic Characteristics In The Coastal Waters Of Tanah Hitam, Paloh District, Sambas Regency, Using Mike 21 Software

Ainur Rohmah Sutarno^{1*}, Arfena Deah Lestari², Mochammad Meddy Danial²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak

²Dosen Program Studi Teknik Kelautan, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak

*Korespondensi : inurrrrohmah@gmail.com

Abstrak

Perairan pesisir Tanah Hitam terletak di Desa Tanah Hitam, sebelah selatan Kecamatan Paloh. Salah satu permasalahan yang terjadi di kawasan ini adalah perubahan garis pantai akibat erosi dan akresi. Faktor pasti penyebab fenomena tersebut belum diketahui, oleh karena itu penelitian ini dilakukan. Penelitian ini mengkaji aspek hidro-oseanografi garis pantai. Metode yang digunakan meliputi pemodelan fluktuasi pasang surut, angin, arus, dan gelombang dengan menggunakan software Mike 21. Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi data batimetri, data pasang surut, dan data angin yang diperoleh masing-masing dari BATNAS, SRGI, dan Copernicus. Hasil pemodelan batimetri menunjukkan kedalaman perairan berkisar antara 0 hingga 35 meter. Hasil pemodelan wind rose tahun 2022 menunjukkan angin dominan bertiup dari arah Utara dengan frekuensi 13% dengan kecepatan berkisar antara 1,5 hingga 7,5 m/s. Pemodelan arus pasang surut tahun 2022 menunjukkan bahwa pada kondisi air pasang, kecepatan tertinggi terjadi pada bulan April sebesar 0,280 m/s, dominan mengalir ke arah Timur dan Tenggara. Sebaliknya pada kondisi air surut, kecepatan tertinggi terjadi pada bulan Februari sebesar 0,225 m/s, mengalir ke arah Barat. Gelombang maksimum tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan Desember, mencapai ketinggian hingga 1.500 meter. Gelombang signifikan tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan Desember dengan ketinggian 0,750 meter. Analisis pemodelan arus pasang surut menunjukkan bahwa pergerakan arus pasang surut berkontribusi terhadap erosi dan akresi garis pantai Tanah Hitam, terutama karena variasi kedalaman perairan di sekitarnya. Sementara itu, analisis pemodelan gelombang menunjukkan bahwa gelombang yang merambat ke arah pantai dapat menimbulkan arus sepanjang pantai akibat pecahnya gelombang, yang mempengaruhi sebaran sedimen secara signifikan sehingga mempengaruhi perubahan garis pantai Tanah Hitam.

Kata Kunci: Mike 21, Hidro Oseanografi, Perairan Pesisir Tanah Hitam

Abstract

The coastal waters of Tanah Hitam are located in the village of Tanah Hitam, south of Paloh District. One of the issues occurring in this area is the coastline changes due to erosion and accretion. The exact factors causing these phenomena are not yet known, hence this research is conducted. This study examines hydro-oceanographic aspects of the coastline. The method used involves modeling tidal fluctuations, wind, currents, and waves using Mike 21 software. Data utilized in this research include bathymetric data, tidal data, and wind data obtained from

BATNAS, SRGI, and Copernicus respectively. The results of the bathymetric modeling indicate depths ranging from 0 to 35 meters in the waters. The wind rose modeling results for the year 2022 show dominant winds blowing from the North at 13% frequency with speeds ranging from 1.5 to 7.5 m/s. Tidal current modeling for the year 2022 indicates that during high tide conditions, the highest velocity occurs in April at 0.280 m/s, predominantly flowing towards the East and Southeast. Conversely, during low tide conditions, the highest velocity occurs in February at 0.225 m/s, flowing towards the West. The highest maximum wave occurs in August and December, reaching heights of up to 1.500 meters. The highest significant wave occurs in August and December, with a height of 0.750 meters. Analysis of the tidal current modeling reveals that the movement of tidal currents contributes to the erosion and accretion of the Tanah Hitam coastline, primarily due to variations in water depth around it. Meanwhile, wave modeling analysis indicates that waves propagating towards the coast can generate alongshore currents due to wave breaking, which significantly influences sediment distribution, thereby affecting changes in the Tanah Hitam coastline.

Keywords: *Mike 21, Hydro Oceanography, Tanah Hitam Coastal Waters*

PENDAHULUAN

Karakteristik suatu perairan dapat dipahami sebagai transformasi dinamis yang terjadi akibat pengaruh lingkungan. Untuk memahami karakteristik tersebut, pengamatan terhadap berbagai parameter oseanografi seperti gelombang, angin, dan arus laut menjadi penting untuk diperhatikan karena mereka memberikan gambaran tentang perubahan dinamika dalam perairan tersebut. Fenomena ini adalah karakteristik terutama di wilayah perairan laut. Pemahaman tentang dinamika perairan menjadi krusial dalam upaya pengelolaan sumber daya yang efektif, karena perairan merupakan medium fluida yang tidak terikat oleh batas administratif atau ekologis. Gangguan pada perairan di suatu wilayah dapat berdampak luas pada lingkungan sekitarnya (Mukhsan Putra Hatta, Riswal Karamma, 2014).

Perairan Kalimantan Barat adalah wilayah dengan berbagai karakteristik hidro oseanografi, seperti gelombang laut. Gelombang laut bervariasi tergantung pada musim dan topografi pesisir. Perbedaan yang signifikan ini dapat terlihat pada bagian utara dan Selatan Kalimantan Barat, dimana juga terdapat pengaruh pasang surut dengan ketinggian air laut yang berubah secara berkala. Karakteristik hidro oseanografi di wilayah perairan Kalbar dipengaruhi oleh sejumlah faktor. Salah satu faktor utama adalah aliran sungai yang masuk ke laut. Aliran sungai membawa air tawar, sedimen, nutrisi, dan polutan ke perairan, yang dapat mempengaruhi suhu, salinitas, dan kualitas air di sekitarnya. Di tengah kondisi ini, perairan Pantai Tanah Hitam merupakan salah satu wilayah di Kalimantan Barat yang bisa ditinjau lebih lanjut mengenai karakter hidro oseanografinya.

Perairan Pantai Tanah Hitam, yang terletak di Desa Tanah Hitam di bagian selatan Kecamatan Paloh, merupakan satu-satunya wilayah di Kalimantan Barat yang memiliki batas darat dan laut langsung dengan negara tetangga, Malaysia. Desa Tanah Hitam sendiri memiliki luas wilayahnya sebesar 126.06 km² yang meliputi 10,98% wilayah Kecamatan Paloh. Kecamatan Paloh merupakan salah satu dari 19 kecamatan di Kabupaten Sambas yang terletak di bagian utara atau diantara 1°35' Lintang Utara serta 2°05' Lintang Selatan dan 109°38' Bujur Barat serta 109°3' Bujur Timur. Luas wilayah Kecamatan Paloh ialah sebesar 1.148.28 km² (Sambas, 2021).

Hingga saat ini, Pantai Tanah Hitam belum dilengkapi dengan bangunan pengaman pantai seperti yang diharapkan, meskipun pantai tersebut rentan terhadap abrasi yang sering terjadi, yang kemudian menimbulkan berbagai masalah di lokasi tersebut. Salah satu permasalahan yang timbul yaitu perubahan garis pantai yang diakibatkan oleh abrasi dan akresi. Luas keseluruhan daerah yang

terabrasi selama 7 tahun dengan rentang waktu 2014 sampai 2021 yaitu sebesar 12.958m^2 dan luas keseluruhan daerah yang mengalami akresi yaitu sebesar 58.199m^2 (Dheka indriani, 2022).

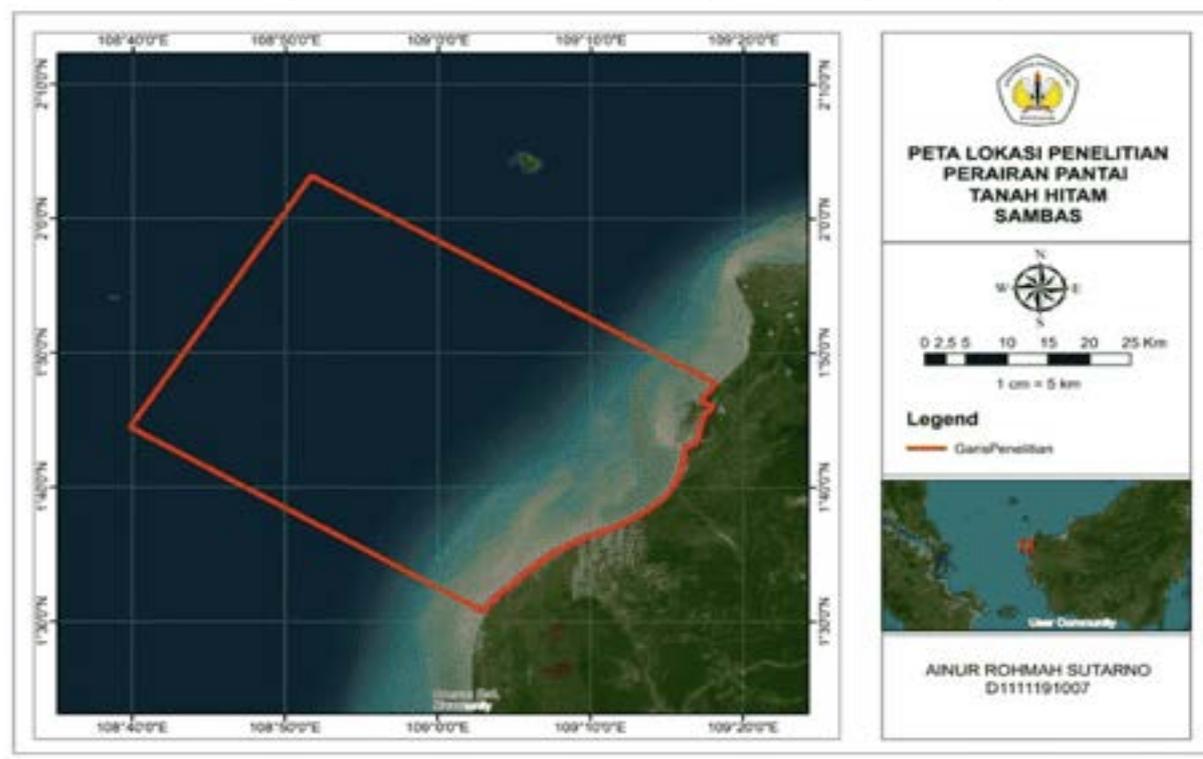
Penelitian mengenai gelombang dan arus laut yang terkait dengan kondisi angin dan pasang surut menjadi sangat penting, terutama di perairan Pantai Tanah Hitam. Pemahaman tentang karakteristik Hidro Oseanografi sangat penting untuk kegiatan navigasi dan keamanan pelayaran. Pengetahuan tentang pola arus, kondisi gelombang, dan tinggi muka air dapat membantu dalam perencanaan rute pelayaran, manajemen risiko, serta pencegahan kecelakaan dan kerusakan lingkungan yang terkait dengan kegiatan maritim (Bakosurtanal, 2007). Mempelajari kondisi arus laut di suatu perairan secara langsung sangatlah kompleks, oleh karena itu bantuan dari pemodelan Hidro Oseanografi menjadi penting. Melalui simulasi pergerakan pola arus, pemodelan tersebut dapat memfasilitasi analisis yang lebih mudah terhadap kondisi perairan (Anisa *et al.*, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hidro oseanografi di perairan Pantai Tanah Hitam Kecamatan paloh meliputi kondisi batimetri, angin, arus dan gelombang pada tahun 2022 dengan melakukan pemodelan menggunakan *Mike 21*.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di wilayah perairan Pantai Tanah Hitam, yang terletak di Kecamatan Paloh, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat, dengan luasan area pada lokasi sekitar 229.987 Hektar dan jarak dari tepi pantai ke laut adalah sekitar 50km serta titik koordinat Latitude $1^{\circ}51'30.94''\text{N}$ dan Longitude $108^{\circ}56'7.00''\text{E}$. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian (domain model *Mike 21*)

Jenis Data

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder sebagai penunjang. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Data Batimetri
Data Batimetri yang digunakan pada penelitian ini diperoleh melalui situs <http://batnas.big.go.id/> Batimetri Nasional (BATNAS).
2. Data Pasang Surut
Data pasang surut yang digunakan pada penelitian ini diperoleh melalui situs <https://srgi.big.go.id/> Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI). Rentang data pasang surut yang digunakan yaitu dari 1 Januari sampai 31 Desember 2022 dengan resolusi data per 1 jam.
3. Data Angin
Data angin yang akan digunakan pada penelitian ini di peroleh melalui situs <http://www.copernicus.eu/> Copernicus. Rentang data angin yang digunakan yaitu dari 1 Januari sampai 31 Desember 2022 dengan resolusi data per 1 jam.

Metode Analisa Data

Metode penelitian yang digunakan melibatkan pemodelan menggunakan perangkat lunak *Mike 21*. *Mike 21* dapat digunakan untuk mensimulasikan fenomena hidrolika dan terkaitnya dengan sungai, pantai, dan laut. Perangkat lunak ini terdiri dari beberapa modul, salah satunya adalah Hydrodynamic Module (HD). Modul Hidrodinamika adalah model matematika yang digunakan untuk memperkirakan perilaku hidrodinamika air dalam menghadapi berbagai gaya yang berbeda (DHI, 2017).

Proses pemodelan terbagi menjadi tiga tahap utama, yakni tahap input, proses model, dan output. Tahap input adalah langkah pertama dalam pembuatan model, yang melibatkan persiapan data seperti batimetri, pasang surut, dan data angin. Tahap proses model adalah saat data input dimasukkan dan model dipersiapkan untuk dijalankan, sedangkan tahap output adalah langkah terakhir dalam pemodelan, yang bertujuan untuk menginterpretasikan hasil model.

Pada tahap input, dilakukan persiapan data yang diolah dengan software” pembantu sehingga data imputan dapat digunakan untuk setup model *Mike 21*, adapun data inputan yang akan diolah antara lain:

Batimetri dan Boundry Area

Batimetri dan Boundry Area diolah menggunakan ArcGIS dengan melakukan plottingan titik-titik di seluruh lokasi penelitian, yang kemudian akan di extract nilai XYZ dengan proyeksi WGS 1984.

Mesh Area

Pengolahan Mesh Area dilakukan menggunakan *Mike Zero* modul Mesh Generator, Mesh Area memerlukan data Boundry Area dan Batimetri sehingga Mesh dapat digunakan untuk melakukan Running Model Flow dan Wave

Time Series Angin dan Pasang Surut.

Pengolahan time series angin menggunakan data arah dan kecepatan angin, sedangkan time series pasang surut menggunakan data waktu dan ketinggian. Time series angin dan pasang surut sama sama menggunakan resolusi data per 1 jam. Setelah menyiapkan data inputan, proses selanjutnya dalah menyiapkan proses model. Dalam pemodelan ini menggunakan dua *module* dari *Mike*, yaitu *Mike 21 Flow Model* dan *Mike 21 Spectral Wave*.

Konfigurasi Model

Mike 21 Flow Model dan *Mike 21 Spectral Wave* memerlukan konfigurasi model yang berbeda adapun perbedaan konfigurasi dari kedua proses running dapat dilihat pada Tabel 1 Dan Tabel 2.

Tabel 1. Konfigurasi flow model

Flow Model			
Domain	Mesh and Bathy	Mesh File	
	Map Projection	GCS WGS 1984	
Time	Time Step Interval	3600 s	
	Start Date	01/01/22 00.00	
	End Date	31/01/22 00.00	
	Wind Forcing	Varing in time and domain	
	Density Type	Barotropic	
	Neutral Pressure	1013 hPa	
	Innitial Condition		
	Output Specification	Spatially varying surface elevation Field type : 2D horizontal Data type : Discrete values Flood and Dry : Only real wet area Output format : area series Surface elevation	
	Hydrodynamic Modul	Output Item	U velocity V velocity Current speed Current direction

Tabel 2. Konfigurasi spectral wave

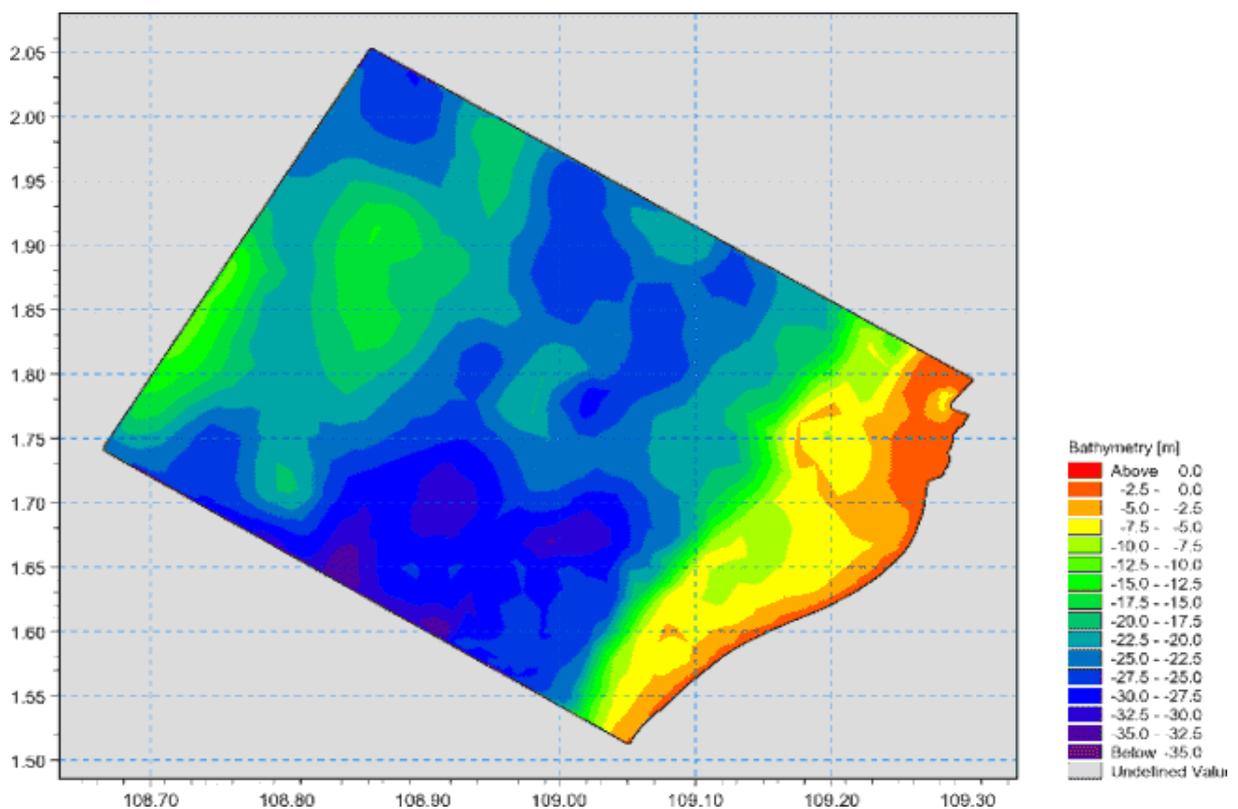
Spectral Wave			
Domain	Mesh and Bathy	Mesh File	
	Map Projection	GCS WGS 1984	
Time	Time Step Interval	3600 s	
	Start Date	1/01/2022 00:00:00	
	End Date	31/01/2022 00:00:00	
Spectral Wave Module	Water Level Condition	Type : Specify water level variaton Format : Varying in time and domain	
	Current Conditions	Type : Specify current variation Format : Varying in time domain	
	Wind Forcing	Type : Wind, speed and direction Format : Varying in time domain	
	Water Properties	Type : Specified density	
	Output Specification	Constant value : 1010 kg/m ³ Field type : Parameters Data type : Discrete values Output format : Area series	
	Integral Wave Items	Flood and dry : Only real wet area Significant wave height Maximum wave height Peak wave period Peak wave direction	
	Input Items	Mean wave direction	
		Water level	
		Water depth	
		Current velocity	
	Wind speed, u10		
	Wind direction		
	Water density		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Batimetri

Hasil pemodelan menunjukkan kedalaman perairan yang berdekatan dengan pantai memiliki variasi antara 0 hingga -7.5 meter di bawah permukaan laut. Wilayah ini menggambarkan kondisi perairan yang relatif dangkal di sekitar pesisir. Di sisi lain, ketika menjauhi pantai menuju perairan lepas pantai hingga mencapai kedalaman laut yang lebih dalam, terlihat bahwa kedalaman perairan mengalami peningkatan signifikan, berkisar antara -7.5 hingga -35 meter di bawah permukaan laut.

Berdasarkan nilai kedalaman yang terukur, dapat disimpulkan bahwa topografi dasar laut di perairan Pantai Tanah Hitam termasuk dalam kategori continental shelf. Ini merujuk pada kondisi dimana dasar laut tersebut berbatasan langsung dengan daratan dan memiliki kedalaman tidak lebih dari 200 meter. Peta batimetri dari BATNAS yang digunakan untuk model hidrodinamika *Mike* dapat dilihat pada Gambar 2.

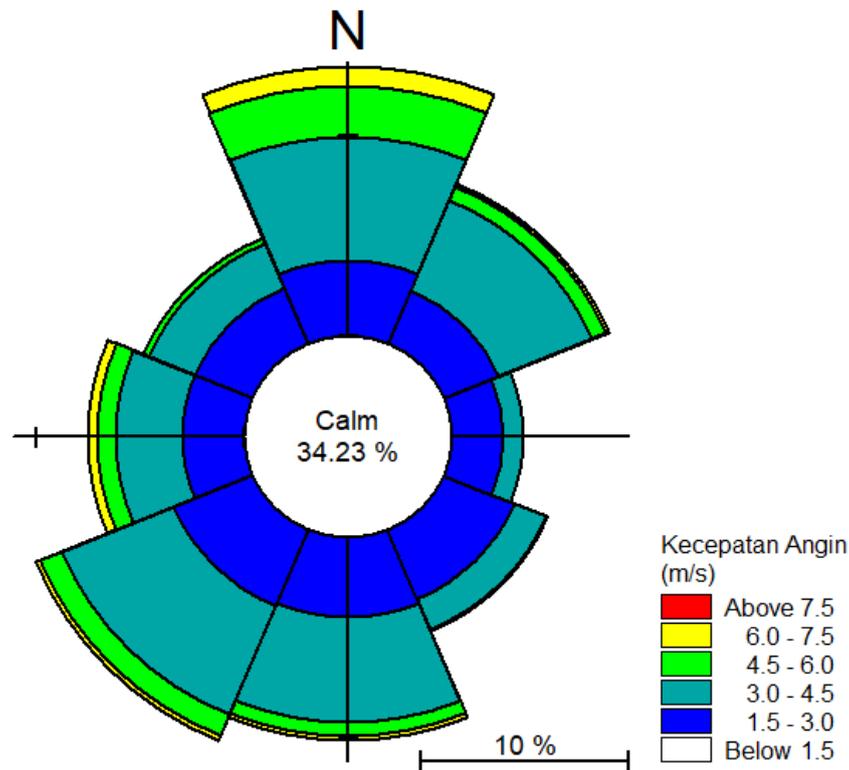


Gambar 2. Batimetri perairan pantai tanah hitam

Mawar Angin (*Wind Rose*)

Hasil analisis *wind rose* menunjukkan bahwa angin pada tahun 2022 dominan bertiup dari arah Utara dengan persentase 15% dan kecepatan berkisar dari 1.5 sampai dengan 8,00m/s. Pergerakan dan arah angin pada bulan Desember, Januari, Februari, dan Maret menunjukkan arah bertiup angin dominan dari arah Utara, hal ini disebabkan oleh salah satunya adalah pergerakan angin muson barat atau dikenal dengan angin muson barat. Pada musim ini angin muson bertiup dari Utara ke Selatan di wilayah Utara Australia yang membawa udara lembab dari Samudra Pasifik dan Laut Timor ke wilayah Utara Australia. Kemudian untuk pergerakan dan arah angin pada bulan Juni, Juli, Agustus, dan September menunjukkan arah bertiup angin dominan dari arah Selatan, hal ini

disebabkan oleh pergerakan angin muson timur atau dikenal dengan angin musim timur. Pada musim ini angin muson bertiup dari Selatan ke Utara di wilayah Australia Selatan. Angin ini cenderung kering karena telah melewati daratan Australia yang luas, sehingga membawa udara kering ke wilayah Utara Australia. Hasil *wind rose* dapat dilihat pada Gambar 3.

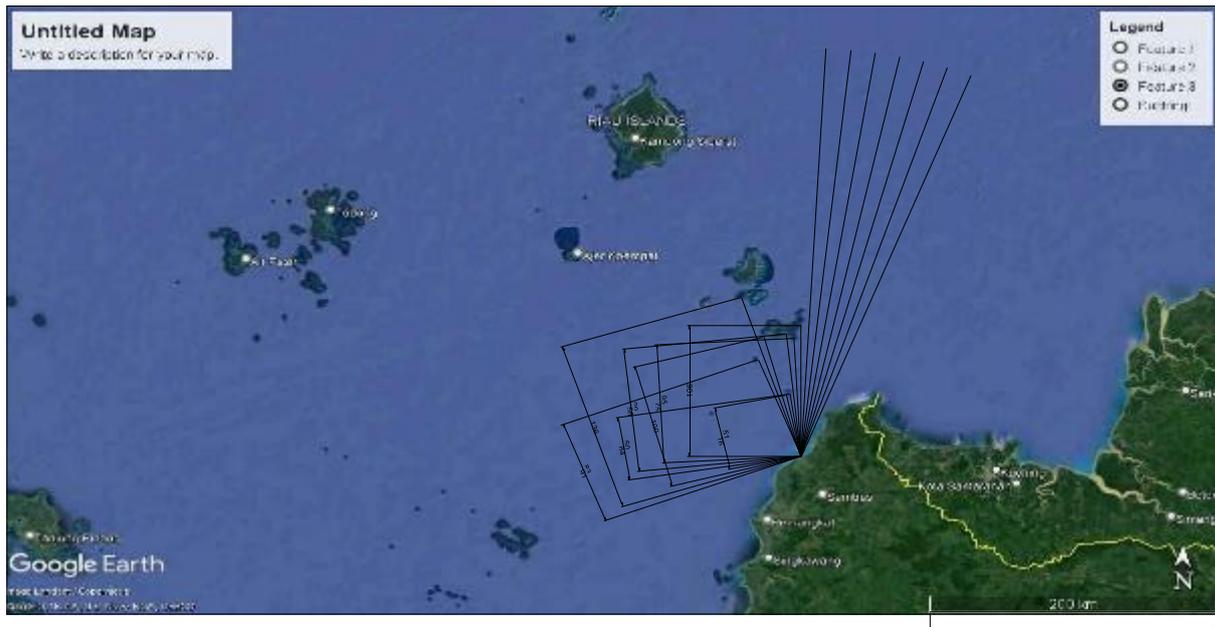


Gambar 3. Wind rose tahun 2022

Fetch Efektif

Untuk menentukan *fetch efektif*, diperlukan data angin yang bertiup angin dari arah Timur Laut, Utara, Barat Laut, Barat, dan Barat Daya. Dengan mempertimbangkan fetch dari berbagai arah, didapatkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang potensi pembentukan gelombang di perairan Pantai Tanah Hitam Paloh. Perhitungan panjang *fetch* setiap garis (3° - 21°) dilakukan pada *software AutoCad*. Pengukuran garis *fetch* ditarik dari garis pantai hingga menyentuh daratan terdekat. Jika panjang *fetch* lebih besar dari 332km, maka nilai yang digunakan adalah 332km, hal ini sesuai dengan pernyataan Ir. Bambang Triadmodjo (Triadmodjo, 2008) dalam eksperimennya, yang menyatakan bahwa batas *fetch* maksimal adalah 332km dalam buku Teknik Pantai (Prahmadana et al., 2013).

Dikarenakan arah utara menjadi dominan sebagai arah angin pada tahun 2022, maka perhitungan akan difokuskan pada arah angin utara. Rincian perhitungan ini dapat ditemukan dalam Gambar 4 dan Tabel 3.



Gambar 4. Fetch utara

Tabel 3. Perhitungan fetch efektif utara

Sudut	Cos (α)	Fetch utara	
		Xi	Xi*cos(α) (km)
21	0.93	83.91	78.34
18	0.95	136.01	129.35
15	0.97	100.67	97.24
12	0.98	51.16	50.04
9	0.99	50.84	50.21
6	0.99	99.56	99.01
3	1.00	95.75	95.62
0	1.00	106.26	106.26
3	1.00	332.00	331.55
6	0.99	332.00	330.18
9	0.99	332.00	327.91
12	0.98	332.00	324.75
15	0.97	332.00	320.69
18	0.95	332.00	315.75
21	0.93	332.00	309.95
Total	14.62	3048.16	2966.85

$$Feff = \frac{\sum Xi \cdot \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} = \frac{2966,85}{14,62} = 202.94\text{km}$$

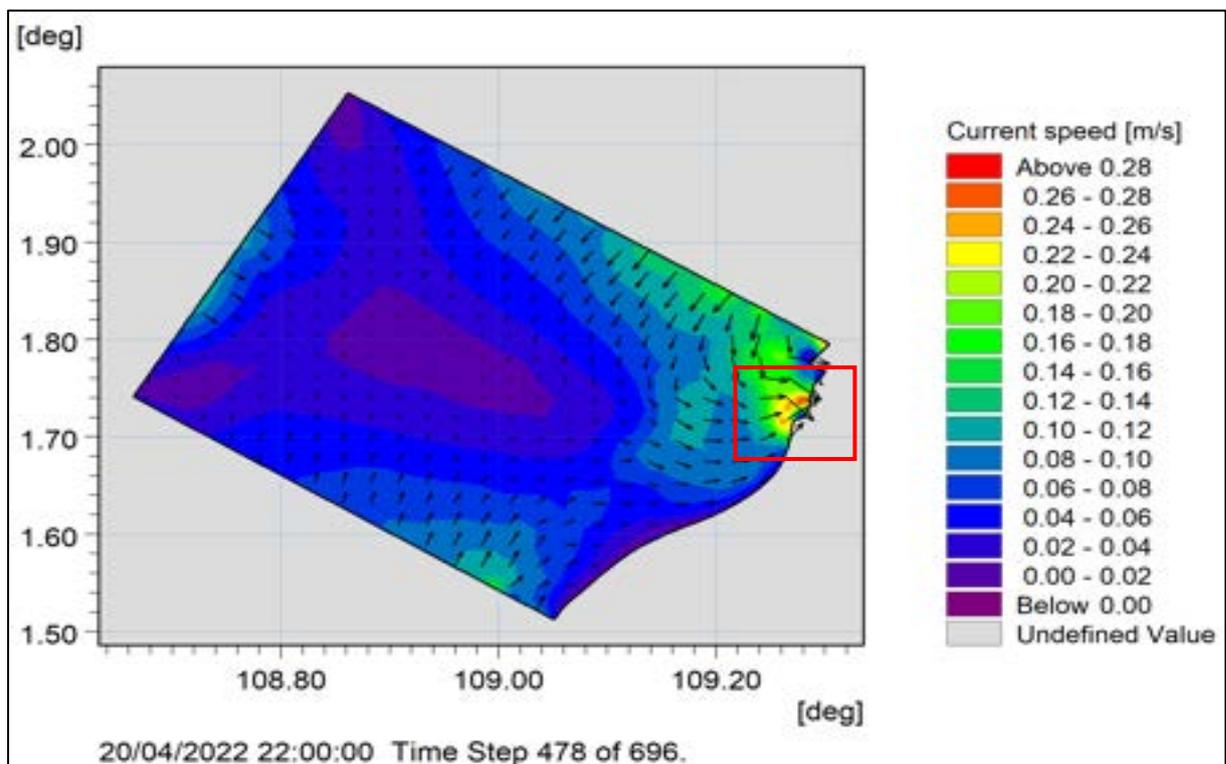
Secara keseluruhan, perhitungan panjang fetch/jarak sesungguhnya dengan sudut deviasi pada kedua sisi dari arah mata angin dominan di perairan Pantai Tanah Hitam Paloh didapatkan panjang

fetch efektif (F_{eff}) pada arah Timur Laut sebesar 7,24km, Utara 202,94km, Barat Laut 270,79km, Barat 295,77km, dan Barat Daya sebesar 1,29km.

Pemodelan Arus Pasang Surut

Arus pasang-surut terjadi karena adanya interaksi gravitasi antara Bumi, Bulan, dan Matahari yang saling menarik satu sama lain. Gaya tarik-menarik gravitasi ini menyebabkan perubahan dalam elevasi muka laut (tinggi air laut) yang kita kenal sebagai pasang surut. Arus pasang surut juga memengaruhi proses-proses di pantai, seperti distribusi sedimen dan abrasi. Variasi dalam tinggi pasang surut dapat mempengaruhi perubahan garis pantai (akresi dan abrasi) di wilayah penelitian, seperti hasil penelitian (Setyawan *et al.*, 2021) di wilayah pantai Aceh.

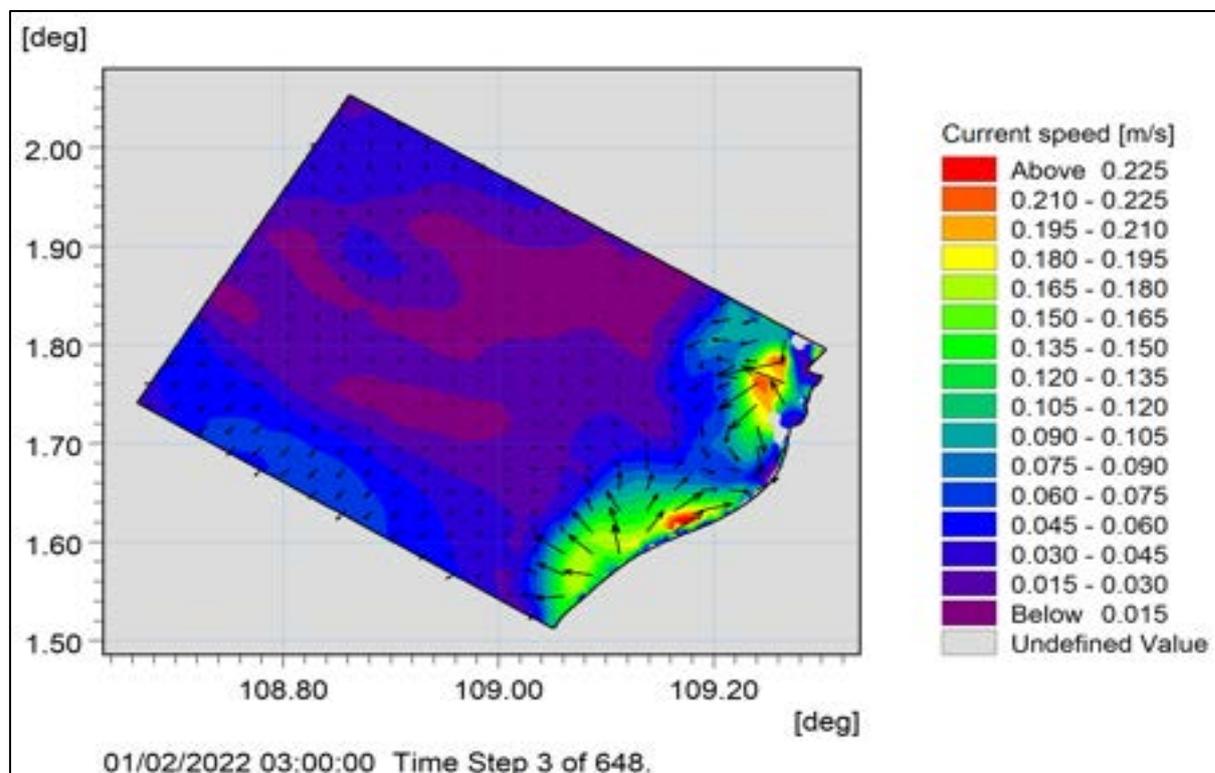
Hasil analisis pergerakan arus pasang surut yang terjadi di perairan Pantai Tanah Hitam sepanjang tahun 2022 menunjukkan dominan arah arus pada kondisi pasang tertinggi mengarah kearah bagian Timur pesisir daerah penelitian. Bulan April menjadi bulan dengan kecepatan arus tertinggi pada saat pasang tertinggi sepanjang tahun 2022. Pemodelan arah arus dan kecepatan pada bulan April untuk kondisi pasang tertinggi, dominan arah arus mengarah ke Timur dengan kecepatan arus 0.00m/s sampai 0.28m/s yang terjadi di tanggal 20/04/2022 pukul 21:00:00 dengan kecepatan 0.28m/s. Pergerakan arus yang mengarah kearah Timur terjadi dikarenakan di bagian sebelah Timur penelitian merupakan daerah pesisir yang memiliki kedalaman yang relatif dangkal. Pemodelan arus saat pasang dengan kecepatan tertinggi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemodelan arus saat pasang dengan kecepatan tertinggi

Pada Gambar 5 menunjukkan daerah di dalam kotak merah merupakan daerah yang memiliki kedalaman 2.5m – 0.0m, yang menunjukkan arti bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang lebih dangkal daripada daerah pesisir lainnya. Hal ini menyebabkan pergerakan arus yang berada di kedalaman lebih dalam bergerak menuju kearah kedalaman yang dangkal.

Berbanding terbalik apabila pergerakan arus berada pada kondisi surut terendah. Untuk kondisi surut terendah, kecepatan arus tertinggi sepanjang tahun 2022 terdapat pada bulan Februari. Untuk kondisi surut terendah, dominan arah arus mengarah ke Barat Daya dengan kecepatan arus 0.01m/s sampai 0.22m/s yang terjadi di tanggal 01/02/2022 pukul 03:00:00. dengan kecepatan 0.22m/s dengan pergerakan arus yang bergerak ke arah perairan dengan kedalaman yang lebih dalam, hal ini dapat dilihat pada Gambar 6.



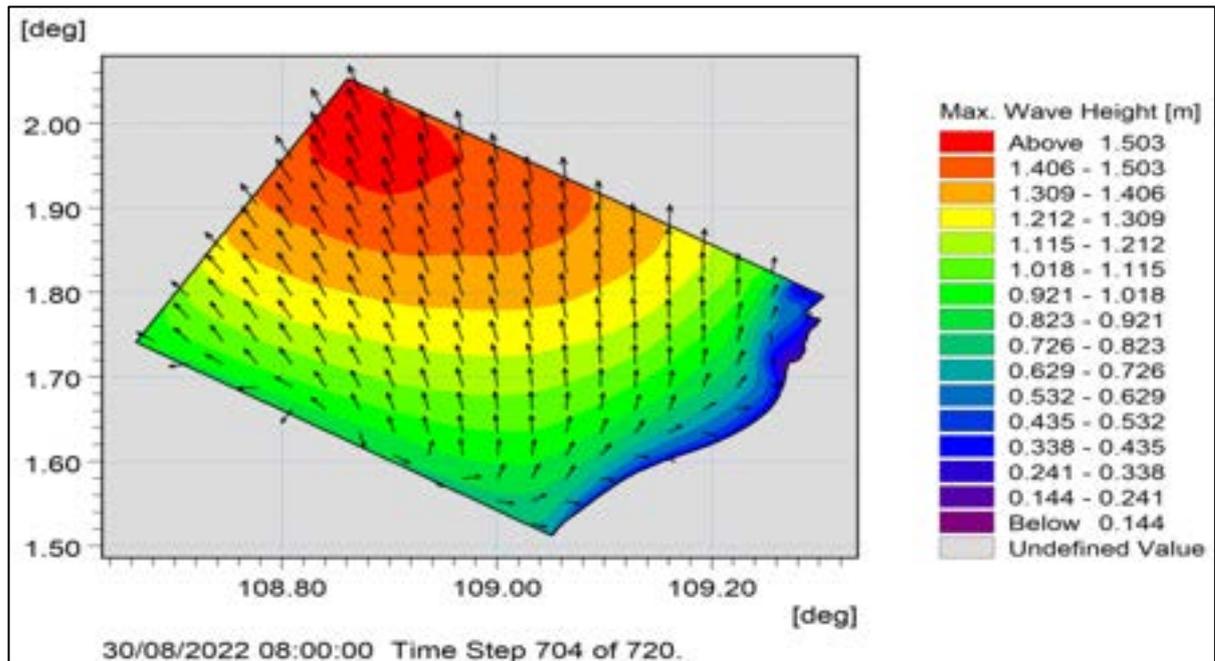
Gambar 6. Pemodelan arus saat surut dengan kecepatan tertinggi

Pada Gambar 6 menunjukkan keadaan pergerakan arus pada saat surut terendah. Penyurutan air bergerak membawa arus yang berasal dari daerah yang dangkal dengan kecepatan 0.01m/s hingga 0.225m/s menuju ke arah garis pantai Tanah Hitam Paloh yang memiliki rata rata kedalaman lebih dalam dari sebelah Utara dan Selatan garis pantai. Pergerakan arus saat surut merupakan faktor utama yang berkontribusi pada perubahan garis pantai (akresi dan abrasi) di Pantai Tanah Hitam Paloh hingga saat ini.

Pemodelan Gelombang

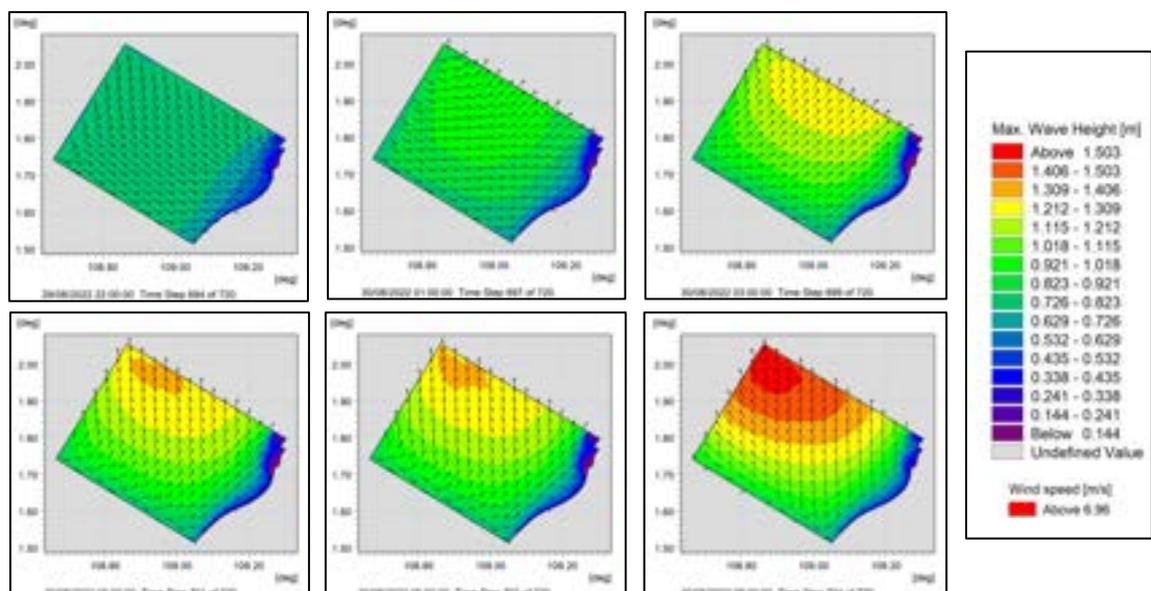
Pada pemodelan gelombang menghasilkan 2 kondisi, yaitu gelombang signifikan dan gelombang maksimum. Hasil pemodelan tinggi gelombang pada kondisi gelombang maksimum yang terjadi di perairan Pantai Tahan Hitam sepanjang tahun 2022, menunjukkan arah rambatan gelombang mengikuti dominan arah datangnya angin. Tinggi gelombang yang paling tinggi pada kondisi gelombang maksimum sepanjang tahun 2022 terdapat pada bulan Agustus dan Desember dengan ketinggian gelombang bisa mencapai 1.5m.

Sama seperti kondisi gelombang maksimum, gelombang signifikan sepanjang tahun 2022 dengan nilai ketinggian gelombang tertinggi juga berada pada bulan Agustus dan Desember. Adapun analisa pergerakan gelombang yang terjadi pada bulan Agustus sebagai berikut.



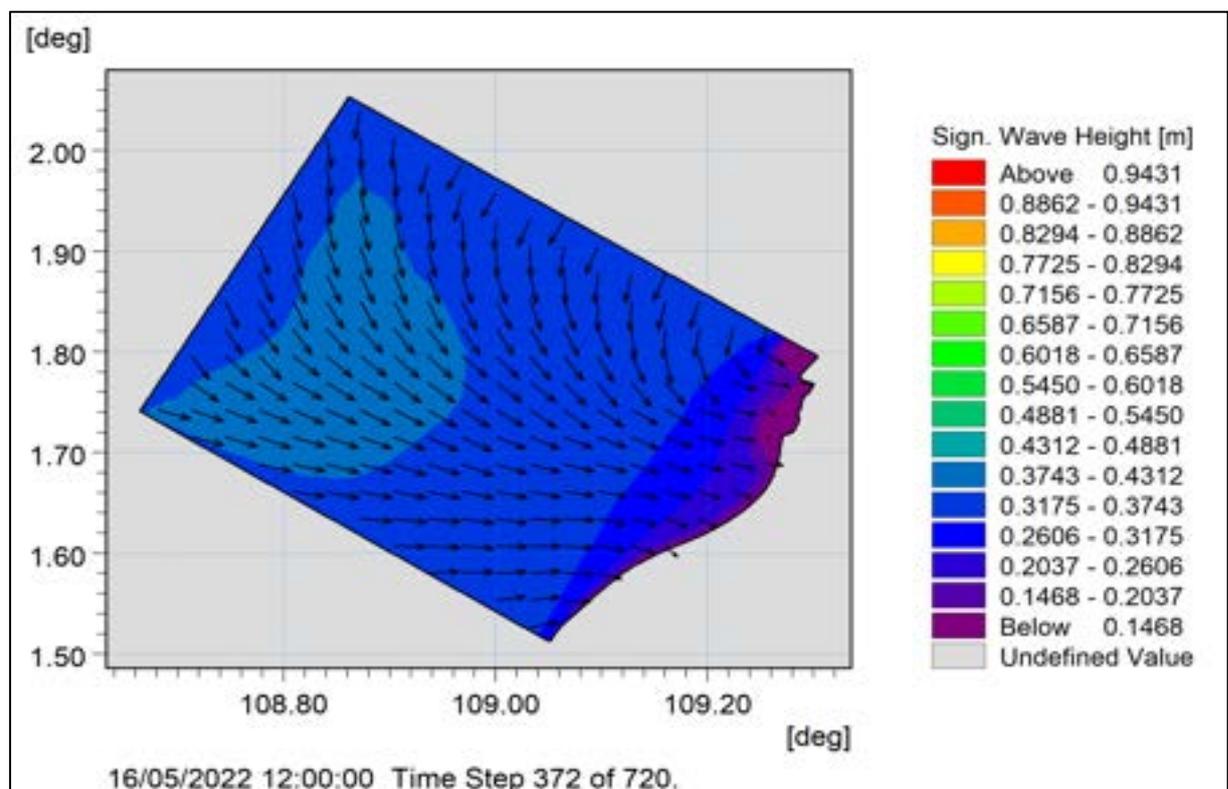
Gambar 7. Pemodelan gelombang dengan ketinggian tertinggi tahun 2022

Pada Gambar 7 gelombang dengan ketinggian tertinggi terjadi pada tanggal 30 Agustus jam 08:00 yang mengarah ke bagian utara lokasi penelitian. Pada waktu tersebut, kondisi perairan mengalami pasang dengan ketinggian 0.40m. Pergerakan gelombang pada jam ini bergerak menjauhi daerah pesisir, hal ini dikarenakan adanya perubahan kecepatan dan arah gelombang yang terjadi pada hari dan jam-jam sebelumnya, untuk menganalisa pergerakan gelombang lebih lanjut, akan ditampilkan pemodelan gelombang pada hari dan jam-jam sebelumnya yang dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Analisa pergerakan gelombang tertinggi bulan Agustus

Pada Gambar 8 dapat dilihat pergerakan gelombang yang terjadi pada hari dan jam-jam sebelum gelombang tertinggi terbentuk, diperlihatkan pada awal kondisi perairan pada hari sebelumnya tanggal 29 jam 22:00, gelombang menunjukkan kondisi cukup tenang dengan tinggi 0.70m – 0.80m yang mengarah ke Tenggara (daerah pesisir), kemudian pada tanggal 30 jam 01:00 – 05:00 pergerakan gelombang menunjukkan perubahan arah dari yang awalnya mengarah ke Tenggara berubah perlahan ke Utara dengan tinggi gelombang yang cenderung naik di angka 1.10m – 1.30m, sampai pada akhirnya tinggi gelombang menunjukkan nilai tertinggi di angka 1.50m pada tanggal 30 jam 08:00. Perubahan pergerakan gelombang ini tidak lepas dari salah satu penyebab terbentuknya gelombang, yaitu angin. Kecepatan angin saat gelombang tertinggi mencapai 7.00m/s atau sama dengan 13 knot. Angin yang menghembus di atas permukaan air yang awalnya tenang dapat menyebabkan gangguan dan membentuk riak-riak gelombang kecil di atas permukaan. Angin ini berperan sebagai pendorong utama pembentukan gelombang. Semakin cepat kecepatan angin, semakin besar pula riak gelombangnya, dan dengan terusnya angin berhembus, gelombang pun terbentuk. Selain itu, pergerakan air yang diinduksi oleh angin dapat menghasilkan momentum dan energi, mengakibatkan gelombang yang dihasilkan menjadi tidak teratur (Loupaty, 2013). Untuk analisa gelombang terendah pada kondisi signifikan dapat dilihat pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Gelombang terendah pada kondisi signifikan tahun 2022

Untuk Gambar 9 gelombang dengan ketinggian terendah terjadi pada tanggal 16 Mei jam 12:00 yang mengarah ke bagian Tenggara lokasi penelitian. Pada waktu tersebut, kondisi perairan mengalami surut dengan ketinggian -0.48m. Perubahan ketinggian tinggi gelombang yang merambat dari laut dalam yang awalnya memiliki ketinggian 0.37m turun ke 0.30m ketika mendekati area laut dangkal, kemudian saat berada dilaut dangkal ketinggian gelombang perlahan menunjukkan perubahan ketinggian, yaitu 0.27m turun hingga 0.10m. Pada kondisi gelombang signifikan terendah, gelombang akan memiliki ketinggian yang lebih rendah dari biasanya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kecepatan angin yang lebih rendah, yang menunjukkan

kecepatan angin berkisar 1.92m/s sampai 2.00m/s. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin besar gelombang yang terbentuk. Besarnya gelombang tersebut juga mempengaruhi energi yang dibawa, yang pada gilirannya memperbesar dampak terhadap peristiwa abrasi. Gelombang yang mengarah ke daratan dengan sudut tertentu dapat menghasilkan arus sejajar pantai, yang berperan penting dalam penyebaran sedimen yang memengaruhi perubahan garis pantai (Setyawan *et al.*, 2021). Pergerakan gelombang ini merupakan salah satu faktor utama yang menyebabkan terjadinya abrasi dan akresi di pantai Tanah Hitam, Kecamatan Paloh.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik hidro oseanografi di wilayah perairan Pantai Tanah Hitam pada tahun 2022 didapatkan kesimpulan, kondisi batimetri di wilayah perairan yang berdekatan dengan pantai memiliki variasi antara 0 hingga -7.5 meter di bawah permukaan laut. Wilayah ini menggambarkan kondisi perairan yang relatif dangkal di sekitar pesisir. Sedangkan ketika menjauhi pantai menuju perairan lepas pantai hingga mencapai kedalaman laut yang lebih dalam, terlihat bahwa kedalaman perairan mengalami peningkatan signifikan, berkisar antara -7.5 hingga -35 meter di bawah permukaan laut. Kondisi pasang tertinggi mencapai 1.178m pada bulan Juli, sedangkan untuk kondisi surut terendah dengan ketinggian -1.429m terdapat pada bulan Januari. *Wind rose* pada perairan Pantai Tanah Hitam menunjukkan bahwa angin dari bulan Januari sampai Desember pada tahun 2022 dominan bertiup dari arah Utara dengan persentase 15% dan kecepatan berkisar dari 1.5m/s sampai dengan 7.5m/s. Pemodelan arus pasang surut selama tahun 2022, untuk kondisi pasang dengan kecepatan tertinggi terjadi pada bulan April dengan kecepatan 0.280m/s dengan dominan arah arus mengarah ke Timur dan Tenggara. Sementara itu untuk kondisi surut, kecepatan arus tertinggi terjadi pada bulan Februari dengan kecepatan 0.22m/s dan mengarah ke arah Barat.

Pemodelan tinggi gelombang di daerah penelitian terbagi dalam 2 kondisi, yaitu gelombang maksimum dan gelombang signifikan. Untuk kondisi gelombang maksimum selama tahun 2022, ketinggian gelombang tertinggi terdapat pada bulan Agustus dan Desember dengan ketinggian gelombang mencapai 1.50m, sedangkan yang terendah terdapat pada bulan Mei dengan ketinggian 0.75m. Untuk kondisi gelombang signifikan selama tahun 2022 ketinggian gelombang tertinggi juga pada bulan Agustus dan Desember dengan ketinggian 0.75m dan yang terendah pada kondisi gelombang signifikan selama tahun 2022 hampir sama di setiap bulannya yaitu 0.37m. Hasil analisis pemodelan arus pasang surut menunjukkan pergerakan arus pasang surut yang terjadi menjadi salah satu penyebab terjadinya abrasi dan akresi terhadap Garis Pantai Tanah Hitam. Hal ini diakibatkan oleh perbedaan kedalaman di perairan sekitar Pantai Tanah Hitam. Hasil analisis pemodelan gelombang menunjukkan bahwa gelombang yang bergerak menuju daratan dapat menyebabkan terbentuknya arus sejajar pantai karena pecahan gelombang yang memengaruhi penyebaran sedimen, yang merupakan faktor yang mempengaruhi perubahan garis pantai di Tanah Hitam.

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pemodelan pada tahun-tahun berikutnya agar dapat mengetahui pola serta prediksi kondisi hidro oseanografi di perairan Pantai Tanah Hitam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisa, M. N., Purwanto, & Prasetyawan, I. B. (2017). Studi Pola Arus Laut Di Perairan Tapaktuan, Aceh Selatan. *Jurnal Oseanografi*, 6(1), 183–192.
- Dheka indriani, Jasissca Meirany, A. D. L. (2022). *Pemetaan Perubahan Garis Pantai Di Desa Tanah*

- Hitam Kecamatan Paloh Kabupaten Sambas*. 1–8.
- DHI. (2017). MIKE 21 dan MIKE 3 Flow Model FM. *The Modules of the Flexible Mesh Series, MIKE by DHI*, 1–64.
- Loupatty, G. (2013). Karakteristik Energi Gelombang Dan Arus Perairan Di Provinsi Maluku. *BAREKENG: Jurnal Ilmu Matematika Dan Terapan*, 7(1), 19–22. <https://doi.org/10.30598/barekengvol7iss1pp19-22>
- Mukhsan Putra Hatta, Riswal Karamma, S. M. (2014). *Studi Hidro-Oceanografi Tanah Maita Kabupaten Buton Untuk Perencanaan Seawall*.
- Prahmadana, F., Armono, H. D., & Sujantoko. (2013). Pemodelan Gelombang di Kolam Pelabuhan Perikanan Nusantara Brondong. *Jurnal Teknik POMITS*, 2(2), 150–154.
- Sambas, B. P. S. K. (2021). *KECAMATAN PALOH DALAM ANGKA 2021*. 7823–7830.
- Setyawan, F. O., Sari, W. K., & Aliviyanti, D. (2021). Analisis Perubahan Garis Pantai Menggunakan Sistem Analisis Garis Pantai Digital Di Kecamatan Kuala Pesisir Kabupaten Nagan Raya Aceh. *JFMR (Jurnal Penelitian Perikanan Dan Kelautan)*, 5(2), 368–377. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Triatmodjo, B. (2008). *Teknik Pantai* (1st ed.).