

**PEMODELAN ARUS DAN GELOMBANG 2D DENGAN METODE NUMERIK
MENGUNAKAN FLOW MODEL (FM) DAN SPECTRAL WAVE (SW) MIKE21 DI TELUK
DOREHUM DAN TANJUNG SAUKOREM PADA JANUARI 2023**

**2D FLOW AND WAVE MODELING WITH NUMERICAL METHODS USING FLOW MODEL
(FM) AND SPECTRAL WAVE (SW) MIKE21 IN DOREHUM BAY AND TANJUNG
SAUKOREM IN JANUARY 2023**

¹Tahniah Hafizha Tresnoadi*, ²Nadia Zahrina W, ²Billy Yanfeto, ²Rifqi Noval Agassi

¹Program Studi Oseanografi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan, ITB

²Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut

*Koresponden penulis: 12920047@mahasiswa.itb.ac.id

Abstrak

Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem merupakan kawasan yang berbatasan langsung dengan Samudera Pasifik dan menghasilkan arus serta pergerakan gelombang yang unik di kawasan ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sirkulasi 2D arus pasang surut dan gelombang di Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem periode Januari 2023 yang dimodelkan menggunakan MIKE 21 serta menghitung nilai akurasi model arus pasang surut dan gelombang yang diperoleh. Data batimetri dan garis pantai diambil dari Peta Laut Indonesia (PLI) No. 476, data pasang surut, data angin dan gelombang diambil melalui ECMWF. Dalam pembuatan model digunakan metode numerik dengan mesin simulasi yaitu mesh fleksibel (Teknik solusi volume terbatas mesh dan berpusat sel) dengan elemen maksimum 0,008 deg². Sistem sirkulasi arus pasang surut dapat dimodelkan menggunakan MIKE21 dengan nilai RMSE sebesar 5,345%, sedangkan untuk sistem sirkulasi gelombang perlu dilakukan berbagai perbaikan pada set-up model agar hasil gelombang dapat lebih representatif. Pasang tertinggi terjadi pada tanggal 22 Januari 2023 pukul 10.00 WIT dengan ketinggian 0,8 m dan pasang terendah pada tanggal 21 Januari 2023 pukul 16.00 WIT dengan ketinggian 1,01 m.

Kata Kunci: Model berpasangan, pemodelan, MIKE 21, Model Aliran, Spektral Gelombang

Abstract

Dorehum Bay and Saukorem Cape are areas that directly adjacent to the Pacific Ocean and result in unique current also wave movements in this area. This research aims to analyze the 2D circulation of tidal currents and waves in Dorehum Bay and Saukorem Cape for the period January 2023 which were modeled using MIKE 21 and also calculate the accuracy values of the tidal current and wave models obtained. The bathymetry and coastline data is taken from Peta Laut Indonesia (PLI) No. 476, tidal data, wind and wave data taken via ECMWF. In making the model, numerical methods are used with simulation engines, namely flexible mesh (Unstructured mesh and cell-centred finite volume solution technique) with the maximum element 0.008 deg². The tidal current circulation system can be modeled using MIKE21 with an RMSE value of 5.345%, while for the wave circulation system, various improvements need to be made in the model set-up so that the wave results can be more representative. The highest tide occurred on January 22 2023 at 10.00 WIT with an elevation of 0,8 m and the lowest tide was on January 21 2023, at 16.00 WIT with an elevation of 1,01 m.

Keywords: Coupled model, modelling, MIKE 21, Flow Model, Spectral Waves

1. PENDAHULUAN

Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem terletak di Pantura (Pantai Utara) Papua yang berbatasan langsung dengan

Samudera Pasifik. Perbedaan karakteristik perairan antara dua daerah ini menyebabkan uniknya pergerakan arus dan

gelombang. Kajian sirkulasi massa air di suatu wilayah perairan dapat dilaksanakan melalui berbagai metode diantaranya pengukuran langsung di lapangan, pemasangan stasiun atau melalui penginderaan jauh, cara ini cukup akurat namun memerlukan waktu, biaya dan tenaga yang banyak. Cara lain yang dapat ditempuh adalah melalui aplikasi model numerik. (Budiman, dkk., 2014).

Permodelan arus pasang surut dan gelombang di daerah kajian dapat digunakan untuk melihat bagaimana pola pergerakan arus dan gelombang itu sendiri, hasil pemodelan yang didapat akan divalidasi untuk melihat apakah pemodelan ini dapat menjadi acuan/rujukan dalam pengambilan keputusan seperti pengelolaan pantai, dll di masa mendatang. Sehingga survei lapangan yang biasanya dilasukan berbulan-bulan, hanya cukup dilakukan dalam beberapa hari saja sebagai bahan validasi lapangan model untuk prediksi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sirkulasi arus pasang surut dan gelombang 2D di Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem periode Januari 2023 yang dimodelkan menggunakan MIKE 21 juga menghitung nilai akurasi model arus pasang surut dan gelombang yang didapatkan.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah pemodelan Hidrodinamika dan *Spectral Wave 2* Dimensi menggunakan MIKE21. MIKE 21 HD merupakan sistem model numerik yang dapat mensimulasikan aliran suatu fluida yang dikembangkan oleh *Danish Hydraulic Institute* (DHI) 1992.

Persamaan hidrodinamis dibangun atas 4 jenis gaya yang bekerja pada massa air laut, yaitu gaya gradien tekanan, gaya *coriolis*, gaya gravitasi, dan gaya friksi per unit massa (Ramming dan Kowalik, 1980; Pond and Pickard, 1983; Stewart, 2006).

Gelombang dalam kasus *action density* memiliki dua parameter penting, yaitu dalam arah, dan *magnitude*.

2.1 Root Mean Square Error

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan salah satu metode validasi data yang membandingkan nilai dari hasil pemodelan dan data lapangan. Adapun persamaan dari RMSE adalah sebagai berikut,

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [\hat{y}_i - y_i]^2} \dots \dots \dots (1)$$

Tabel 1. Keterangan Persamaan RMSE (Watofa, dkk., 2022)

Simbol	Keterangan
N	Banyaknya data
y_i	Data hasil model
y_1	Data hasil pengukuran

Menurut Atmodjo (2011) dalam Candrasari dkk (2015) verifikasi suatu model dapat diterima kebenarannya apabila nilai RMSE masih berada didalam ambang batas 40%.

2.2 Korelasi Pearson

Korelasi Pearson merupakan korelasi sederhana yang hanya melibatkan satu variabel terikat (*dependent*) dan satu variabel bebas (*independent*).

$$r = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}} \dots \dots \dots (2)$$

Tabel 2. Keterangan Persamaan Korelasi Pearson (Miftahudin, dkk., 2021)

Simbol	Keterangan
n	Banyaknya data
x	Variabel pertama
y	Variabel kedua

Untuk ketentuan nilai dari korelasi pearson dapat dilihat pada Tabel 3.

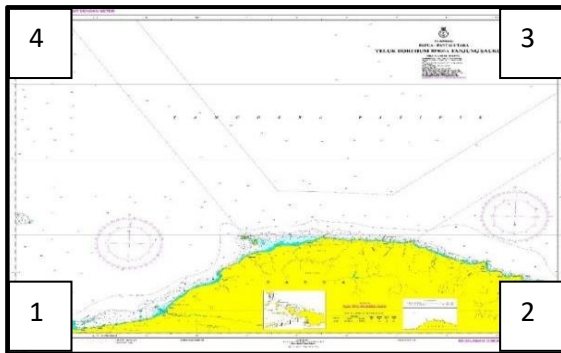
Tabel 3. Interpretasi Nilai Korelasi Pearson (Miftahudin, dkk., 2021)

No	Nilai r	Interpretasi
1	0.00 – 0.199	Sangat rendah
2	0.20 – 0.399	Rendah
3	0.40 – 0.599	Sedang
4	0.60 – 0.799	Kuat
5	0.80 – 1.000	Sangat kuat

2.3 Lokasi

Penelitian dilakukan di Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem, Pantai Utara Papua dari 1 Januari 2023 pukul 00.00 WITA hingga 31 Januari 2023 pukul 23.00 WITA dengan batas koordinat:

1. 00° 46' 00" LS – 131° 24' 00" BT
2. 00° 46' 00" LS – 133° 12' 00" BT
3. 00° 37' 00" LS – 133° 12' 00" BT
4. 00° 37' 00" LS – 131° 24' 00" BT



Gambar 1. Peta Laut No. 476 (Sumber : Pushidrosal, 2014)

2.4 Data

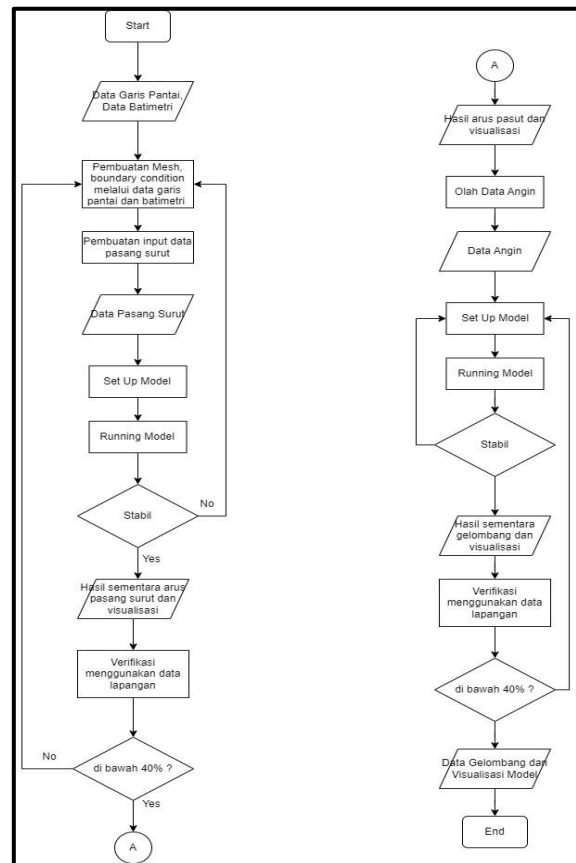
Data batimetri dan garis pantai yang digunakan merupakan hasil digitasi Peta Laut Nomor 476 yang disediakan oleh Pushidrosal (Pusat Hidro-Oseanografi TNI AL) di *software* ArcGIS 10.8, data ini menjadi inputan di *software* MIKE 21.

Data pasang surut yang digunakan dalam input MIKE 21/3 *Couple Module* di bagian *Flow Model* (FM) berasal dari *DHI' global tidal data base* pada 1 Januari 2023 hingga 31 Januari 2023 di 4 titik, yaitu pada koordinat 1-4 yang dapat dilihat pada sub bab 3.1. Untuk data validasi pasang surut menggunakan data *tidal prediction* oleh BIG.

Data angin dan gelombang yang

digunakan bersumber dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) atau Copernicus. Data yang digunakan adalah data angin pada arah Barat-Timur di ketinggian 10 m (u10) dan data angin pada arah Utara-Selatan di ketinggian 10 m (v10), data *significant height of wind waves* dan *mean wave direction* dan dibaca dengan aplikasi ODV (*Ocean Data View*) dan lebih lanjut di filter agar sesuai stasiun daerah kajian menggunakan Microsoft Excel 2021. Data ini akan menjadi inputan dalam MIKE 21/3 *Couple Module* di bagian *Spectral Wave*.

2.5 Prosedur Penelitian



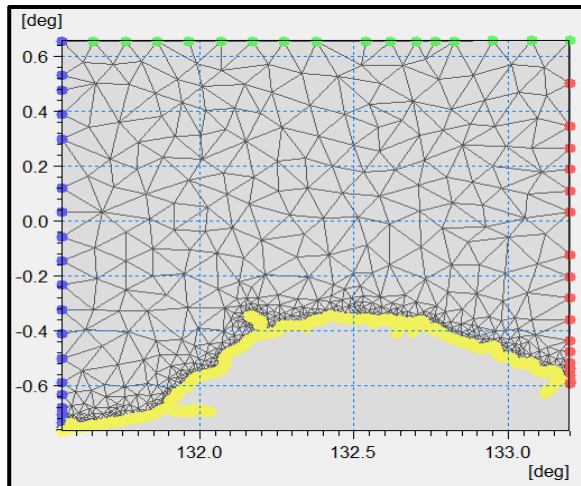
Gambar 2. Diagram Alir Pengerjaan Model

a. *Pre-Processing* yang terdiri dari persiapan data garis pantai dan batimetri, ekstrak data pasang surut, input data pasang surut, filtrasi komponen angin yang digunakan, filtrasi data gelombang yang digunakan.

b. *Processing* yang terdiri dari input data batimetri dan garis pantai, pembuatan mesh, *set-up* model menggunakan MIKE 21/3 *Couple Module; Hydrodynamic dan Spectral Wave*

c. *Post-processing* yang terdiri dari validasi data, *image rectifying*, visualisasi data.

2.6 Skenario Model



Gambar 3. Mesh Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem

Dalam pembuatan model, digunakan *flexible mesh (Unstructured mesh dan cell-centred finite volume solution technique)* dengan maksimum elemen 0,008 deg².

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Arus Pasang Surut

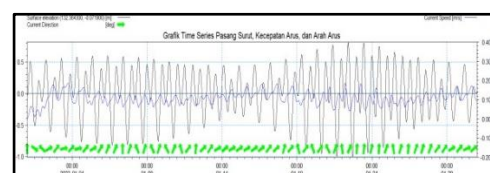
Berdasarkan hasil grafik *time series* pada Gambar 4, terlihat bahwa surut terendah terjadi pada tanggal 21 Januari 2023 pukul 16.00 WIT dengan elevasi 1,01 m di bawah *Mean Sea Level (MSL)*. Sedangkan pasang tertinggi terjadi pada tanggal 22 Januari 2023 pukul 10.00 WIT dengan elevasi 0,81 m di atas MSL.

Gambar 5 menunjukkan plot spasial elevasi muka air laut, dengan sumbu-x merupakan bujur dan sumbu-y merupakan lintang, *colorbar* yang berada di kanan plot menunjukkan nilai elevasi. Vektor panah di atas *colorbar* menunjukkan skala kecepatan dan arah arus.

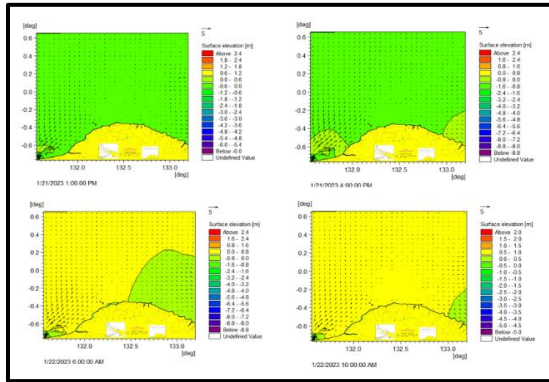
Pada Gambar 5 terlihat bahwa saat surut, elevasi berada di *range* -2,4 m hingga -0,8 m. Begitu pula pada pasang, elevasi secara keseluruhan berada di *range* 0 m hingga 1 m. Keadaan jauh lebih homogen ditunjukkan pada kondisi menuju surut, dengan hampir keseluruhan elevasi berada di *range* -1,2 m hingga -0,8 m, kondisi berbeda ditunjukkan dari kondisi menuju pasang, dengan perairan yang menunjukkan nilai elevasi 0 m hingga 8 m, dan perairan di timur garis pantai memiliki nilai elevasi -0,8 m hingga 0 m.

Parameter berbeda ditunjukkan pada Gambar 6 yang menggambarkan kecepatan arus pasang surut. Pada saat pasang kecepatan arus berada di *range* 0-1,5 m/s, dan pada saat surut kecepatan arus berada di *range* 0-1 m/s, dengan beberapa titik di Timur dan Barat garis pantai yang menunjukkan kecepatan yang lebih cepat. Hal ini berkaitan dengan pasang surut air laut, dengan permukaan air laut pada saat menuju pasang yang semakin tinggi sehingga kecepatan arus semakin cepat, begitu pula sebaliknya. yang dapat dilihat pada Gambar 6, ketika meninjau kecepatan arus saat menuju pasang dan saat menuju surut sebesar 0 m/s hingga 3 m/s.

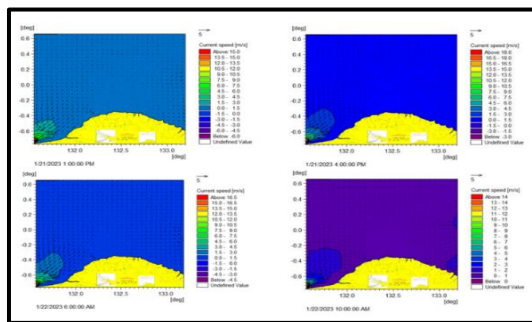
Kecepatan arus pasang surut juga mengikuti konsep Hukum Mekanik yang merupakan penjumlahan dari energi potensial (elevasi) dan energi kinetik (kecepatan arus). Ketika energi potensial maksimum maka energi kinetik akan minimum, berlaku sebaliknya. Sehingga kecepatan arus akan maksimum ketika elevasi minimum yang berada mendekati MSL atau ketika menuju pasang dan menuju surut.



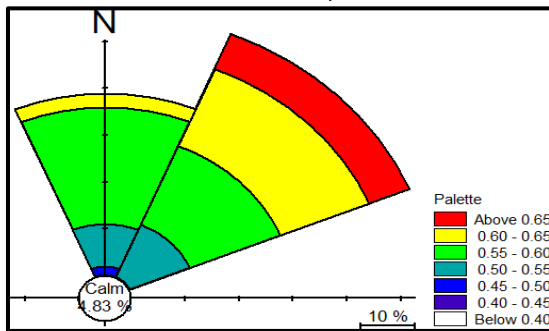
Gambar 4. *Time series* elevasi muka air laut, kecepatan arus, dan arah arus



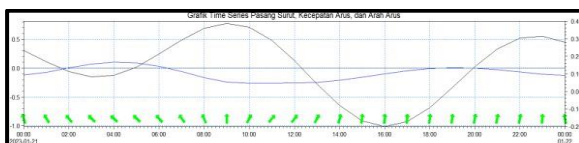
Gambar 5. Elevasi muka air laut saat menuju surut (kiri atas), surut (kanan atas), menuju pasang (kiri bawah), pasang (kanan bawah)



Gambar 6. Kecepatan arus saat menuju surut (kiri atas), surut (kanan atas), menuju pasang (kiri bawah), pasang (kanan bawah)



Gambar 7. Current rose di Teluk Dorehum pada Januari 2023

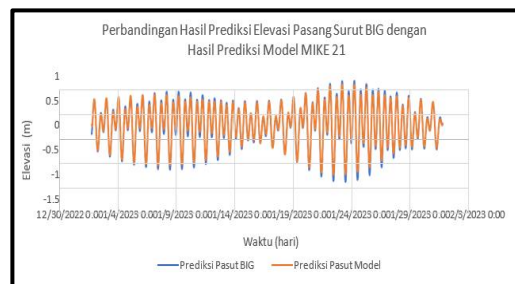


Gambar 8. Time series pasang surut, kecepatan arus, dan arah arus

Pada grafik *time series* yang ditunjukkan Gambar 4 terdapat panah hijau yang menunjukkan arah arus yang juga dapat

dilihat pada *current rose* pada Gambar 7. Arus pasang surut secara dominan bergerak ke arah Utara dan Timur Laut, tetapi jika kita melihat pola pergerakan arus selama satu bulan, perairan di sebelah Timur garis pantai menunjukkan gerak yang rotasional dan berlawanan dengan arah jarum jam. Hal ini didukung oleh Hadi dan Radjawane (2009), yang menyatakan bahwa gerak rotasional akan terjadi di daerah lepas pantai (*open ocean*), dengan arah berlawanan jarum jam di daerah BBS. Mengingat Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem ini berada di sekitar lintang 0, dengan dominan daerah kajiannya berada di BBS dan berbatasan dengan Samudra Pasifik.

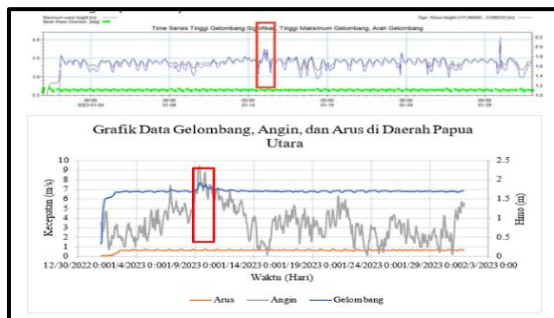
Secara visual dapat dilihat, pada Gambar 8 bahwa pola pasang surut di daerah Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem memiliki dua kali pasang dan dua kali surut dengan amplitudo yang berbeda sehingga apabila hanya melihat secara visual, daerah kajian dari penelitian ini memiliki pola pasang surut campuran semi diurnal. Pernyataan ini didukung oleh Pemerintah Provinsi Papua (2023) yang melakukan penelitian di daerah Kabupaten Sarmi, yang juga berada di Pantura (Pantai Utara) Papua menyatakan bahwa, tipe pasang surut hampir di seluruh Pantura Papua merupakan peralihan antara tipe tunggal dan ganda dan dikenal sebagai pasang surut campuran. Tipe pasang surut yang umumnya terjadi di perairan samudera ialah campuran dengan dominasi harian ganda.



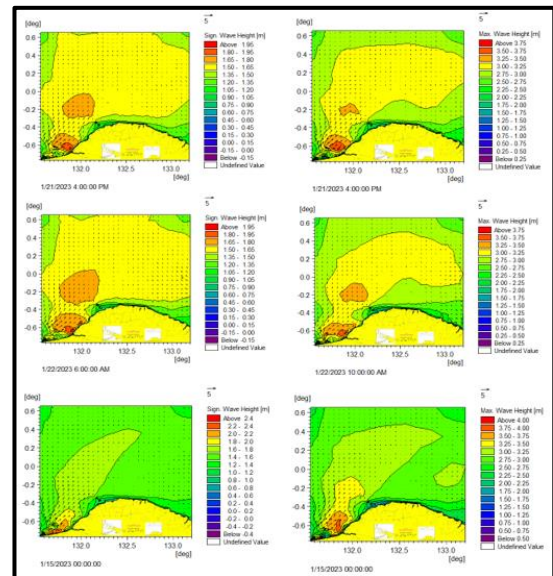
Gambar 9. Grafik perbandingan hasil prediksi elevasi pasang surut hasil model dan data BIG

Data hasil model kemudian yang divalidasi dengan data BIG untuk pemodelan. Diambil titik pengamatan yang sama antara kedua data yaitu berada pada koordinat, 132,36° BT dan 0,07° LS. Grafik RMSE dapat dilihat pada Gambar 9, dengan sumbu x merupakan waktu dalam hari, sumbu y merupakan elevasi dalam satuan meter, grafik berwarna jingga merupakan data prediksi hasil model dan grafik berwarna biru merupakan data prediksi oleh BIG. Secara keseluruhan, terlihat bahwa grafik hasil model menunjukkan nilai yang *underestimate*. Nilai RMSE yang dihasilkan sebesar 5,255% yang masih menunjukkan nilai di bawah 40%. Menurut Atmodjo (2011) dalam Candrasari dkk (2015) verifikasi suatu model dapat diterima kebenarannya apabila nilai RMSE masih berada didalam ambang batas 40% sehingga data hasil model dapat diterima.

3.2. Gelombang



Gambar 10. Time series hasil model gelombang (atas) dan grafik data gelombang, angin, dan arus (bawah) dengan kotak merah menunjukkan anomali

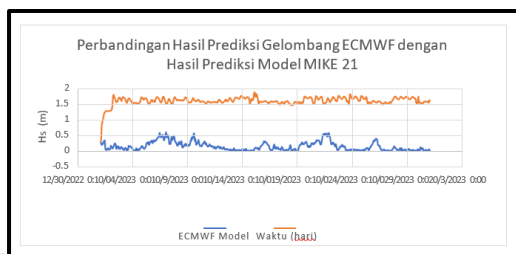


Gambar 11. Tinggi gelombang signifikan saat surut (kiri atas), pasang (kiri tengah), anomali (kiri bawah) dan tinggi gelombang maksimum saat surut (kanan atas), pasang (kanan tengah), anomali (kanan bawah)

Gambar 10 terlihat bahwa pola pergerakan gelombang dominan stabil sepanjang bulan, di beberapa kondisi terdapat anomali nilai gelombang yang lebih tinggi dari biasanya, yang dapat dilihat di dalam kotak merah. Apabila meninjau data angin pada pada waktu yang sama, terlihat bahwa angin mengalami penambahan kecepatan secara drastis sehingga dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang anomali ini disebabkan karena kencangnya angin berhembus yang lebih besar dari biasanya. Apabila ditinjau lebih lanjut, grafik gelombang lebih mengikuti grafik arus dibandingkan angin. Setelah dicari nilai dari korelasi antara ketiganya. Korelasi gelombang dan angin sebesar 0,2247 dan korelasi gelombang dengan arus sebesar 0,6254, merujuk pada Tabel 5 penelitian di Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorem pada Januari 2023, gelombang dominan disebabkan karena pasang-surut, dan hanya angin yang

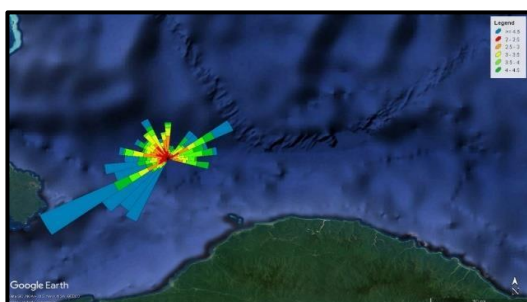
besar dapat memengaruhi gelombang di daerah ini

Meninjau Gambar 11, dapat terlihat plot spasial gelombang pada saat keadaan surut, dan di sekitar pantai berbeda, di daerah laut lepas memiliki ketinggian yang lebih rendah bila dibanding kan di pinggir pantai, hal ini diakibatkan karena perbedaan batimetri yang cukup signifikan di daerah lepas pantai yang mencapai ribuan meter di bawah permukaan air laut (mdpl), sedangkan di daerah dekat garis pantai hanya berkisar dua hingga ratusan meter mdpl. Gelombang ketika pasang memiliki ketinggian yang lebih besar dibanding ketika surut, hal ini diakibatkan karena elevasi pasang surut yang besar dapat meningkatkan energi gelombang sehingga terbentuk gelombang signifikan yang besar pula.



Gambar 12. Grafik Perbandingan Hasil Prediksi Gelombang Hasil Model dan Data ECMWF

Verifikasi data juga dilakukan dengan menggunakan metode RMSE yang grafiknya dapat dilihat pada Gambar 12 dengan nilai RMSE sebesar 147,83%. Hal ini menunjukkan bahwa sangat besarnya tingkat *error* pada kedua data ini,



Gambar 13. Wind Rose wilayah Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorems



Gambar 14. Wave Rose Teluk Dorehum dan Tanjung Saukorems

Meninjau *wind rose* pada Gambar 13, angin dominan bertiup dari arah Barat Daya menuju Timur Laut dengan kecepatan di atas 4,5 m/s. Hal ini disebabkan karena pada bulan Januari atau Musim Barat angin bertiup dari arah Barat menuju timur. Di Indonesia sendiri, akibat adanya gaya *Coriolis* angin dibelokkan sehingga bertiup dari arah Barat Laut ke Tenggara. Arah angin yang bertiup dari dominan dari arah Barat daya ini disebabkan karena daerah kajian yang bersebelahan dengan selat, sehingga pola pergerakan angin akan mengikuti selat tersebut. *Wave rose* yang ditunjukkan pada Gambar 14 tidak menunjukkan kausalitas dengan *Wind rose* dan *wave rose* dominan bergerak ke arah Tenggara, hal ini dapat terjadi karena gelombang yang terbentuk tidak terlalu dipengaruhi oleh angin, melainkan pasang surut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis didapat kesimpulan:

- Sistem sirkulasi arus pasang surut dapat dimodelkan dengan Mike21 dengan nilai RMSE sebesar 5,345%. Sedangkan sistem sirkulasi gelombang, meninjau nilai RMSE yang didapat maka perlu dilakukan berbagai perbaikan dalam *set-up* model sehingga hasil gelombang dapat lebih representatif.
- Surut terendah terjadi pada tanggal 22 Januari 2023 pukul 10.00 WIT dengan elevasi sebesar 0,8 m dan pasang

tertinggi pada tanggal 21 Januari 2023, pukul 16.00 WIT dengan elevasi sebesar 1,01 m.

- c. Arus bergerak secara rotasional dan bolak-balik dengan arah dominan menuju Timur Laut
- d. Gelombang yang terbentuk memiliki korelasi yang tinggi dengan data arus dibandingkan angin.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Budiman, A.S., Koropitan, A.F., dan Nurjaya, I.W. (2014). *Pemodelan Hidrodinamika Arus Pasang Surut Teluk Mayalibit Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat*. *Depik*, 3(2):146-156.
- Hadi, Safwan dan Radjawane, I.M. (2009). *Arus Laut*, Program Studi Oseanografi. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Holthuijsen, L. H. (2007). *Waves in Oceanic and Coastal Waters*. New York: Cambridge University Press.
- Pemerintah Provinsi Papua. (2022). *Oceanografi Perairan Pesisir*, diakses di <https://www.papua.go.id/view-detail-page-159/oceanografi-perairan-pesisir.html> pada tanggal 27 Juli 2023.
- Setyawan, B.W., dan Pamungkas, A. (2017) *Perbandingan Karakteristik Oseanografi Pesisir Utara dan Selatan Pulau Jawa: Pasang-surut, Arus, dan Gelombang*. *Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III*.
- Simatupang, C. M. (2016) *Analisis Data Arus di Perairan Muara Sungai Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan*. *Maspari Journal*, 8(1): 15-24.
- Tresnadi, T.H. (2022) *Laporan Praktikum Arus Laut: Modul V Arus Pasang Surut*. Program Studi Oseanografi. FITB, ITB.
- Tresnadi, T.H. (2022). *Laporan Praktikum Gelombang Laut : Modul II Statistik dan Spektrum Gelombang*, Program Studi Oseanografi, FITB, ITB.
- Watofa, A.A., Pranowo, W.S., dan Adrianto, D. (2022). *Pemodelan Hidrodinamika*

2 Dimensi Arus dan Gelombang untuk Operasi Pendaratan Amfibi Di Pesisir Pulau Selaru Kabupaten Maluku Tenggara Barat (Studi Kasus: Labuhan Lemian Pulau Selaru. *Jurnal Hidropiilar*, 7(2): 69-94