
**MODEL HIDRODINAMIKA 2 DIMENSI GELOMBANG LAUT PERMUKAAN DI
SEKITAR LOKASI REKLAMASI KOTA TANJUNGPINANG**
*HYDRODYNAMIC MODEL 2 DIMENSIONS OF OCEAN WAVE AROUNDS THE RECLAMATION
SITE OF TANJUNGPINANG CITY*

Desi Nurlianti^{1*}, Mario Putra Suhana¹, Risandi Dwirama Putra²

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji

²Program Studi Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji
Jl. Politeknik, Senggarang, Tanjungpinang, Kepulauan Riau, 29100

*Corresponding author email: nurliantidesi1012@gmail.com

Submitted: 17 July 2022 / Revised: 01 August 2023 / Accepted: 18 October 2023

<http://doi.org/10.21107/jk.v16i3.15543>

ABSTRAK

Pesisir dan pantai Kota Tanjungpinang saat ini mengalami reklamasi. Aktivitas reklamasi di pesisir akan memberikan dampak terhadap perubahan kondisi fisik pantai terutama akibat gelombang laut yang merupakan salah satu parameter hidro-oseanografi yang mempengaruhi perubahan wilayah pesisir dan pantai selain parameter arus dan pasang surut (Denestiyanto et al., 2015). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gelombang laut yang terjadi di sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang menggunakan model hidrodinamika. Metode penelitian yang digunakan metode survei. Data yang akan diukur di lapangan adalah batimetri dan angin. Data lain yang digunakan adalah data pasang surut yang diperoleh dari prediksi menggunakan MIKE 21 dan garis pantai. Alat selama penelitian terdiri dari alat survei dan analisis gelombang laut menggunakan software MIKE 21 dengan modul Spectral Wave (SW). Hasil model kondisi gelombang laut dari musim utara hingga musim barat di sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang secara umum arah dan kondisi perjalanan gelombang sangat dipengaruhi oleh kondisi angin muson yang berganti setiap 3 (tiga) bulan sekali. Angin dominan berhembus dari arah utara dengan persentase kejadian angin musim secara umum cukup dominan, terutama pada kisaran 3,60-5,70 m/s. Sementara itu angin yang berpotensi membentuk gelombang laut adalah angin dari arah utara, selatan dan barat dengan rentang ketinggian gelombang setiap musim dominan berada di antara 0,1-1,5 m.

Kata Kunci: Model Hydrodynamic, Gelombang, Kota Tanjung Pinang, Angin

ABSTRACT

The coastal of Tanjungpinang city currently experiencing reclamation. Reclamation activities on the coastal will have impact on changes in coastal physical conditions, especially due to ocean waves is one of the hydro-oceanographic parameters that affect changes to coastal areas in addition to currents and tidal parameters (Denestiyanto et al., 2015). This research aim to obtain information about ocean waves conditions arounds the coastsl reclamation site of Tanjungpinang city using hydrodynamic model. The research method used is the survey. The data used include is batimetri and wind. Other data used is prediction tidal using MIKE 21 and shoarline. The research equipment consists of equitment survey and analysis ocean wave using MIKE 21 software with the modul Spectral Wave (SW). The results of conditions model ocean waves from the north season to the west season around the coastal reclamation site of Tanjungpinang city, in general the direction and conditions of wave propagation are strongly influenced by monsoon wind conditions which change every 3 (three) months. The dominant wind blows from the north with the percentage of seasonal winds in general being quite dominant, especially in the range of 3,60-5,70 m/s. Meanwhile, winds that have the potential to form ocean waves are winds from the north, south and west with a range of wave heights per dominant season between 0,1-1,5 m.

Keywords: Hydrodynamic Model, Ocean Wave, Tanjungpinang City, Wind

PENDAHULUAN

Pesisir dan pantai merupakan kawasan pertemuan antara darat dan laut yang memiliki banyak peran. Wilayah pesisir dan pantai ini memiliki peran yang sangat strategis sekaligus rentan terhadap fenomena alam (pasang surut, gelombang, angin dan arus) maupun berbagai aktivitas manusia seperti perikanan tangkap, tambak, pariwisata, kepelabuhanan, pemukiman dan reklamasi (Hamuna *et al.*, 2017). Perairan Kota Tanjungpinang merupakan salah satu daerah yang wilayah pesisirnya menjadi sasaran aktivitas reklamasi untuk pembangunan jalan lingkar diatas bibir pantai dengan luas area sebesar ± 2.0 kilometer yang dilakukan mulai sepanjang jalan Hang Tuah sampai dengan jalan Usman Harun. Reklamasi merupakan sesuatu pekerjaan untuk memanfaatkan lahan tidak berguna atau masih kosong dan berair selanjutnya dikelola menjadi lahan bermanfaat dengan metode dikeringkan (Yurnita *et al.*, 2017). Reklamasi memiliki keuntungan dalam membantu daerah merencanakan penyediaan lahan untuk proses pemekaran kota, penataan daerah pesisir dan pengembangan destinasi wisata (Said, 2019). Selain memiliki keuntungan reklamasi juga akan memberikan dampak terhadap perubahan kondisi fisik pantai terutama akibat gelombang laut.

Gelombang laut adalah salah satu parameter hidro-oseanografi yang mempengaruhi perubahan wilayah pesisir dan pantai selain parameter arus dan pasang surut (Denestiyanto *et al.*, 2015). Gelombang laut bisa memunculkan tenaga untuk pembentukan pantai maupun merusak pantai, hal ini bergantung besar atau kecilnya gelombang laut pada saat menuju pantai. Gelombang laut yang menuju pantai akan mengalami proses transformasi gelombang yang dapat merusak garis pantai dan mengancam infrastruktur. Selain itu, juga berdampak pada lalu lintas kapal-kapal karena perubahan kedalaman (Ningsih *et al.*, 2013). Salah satu tindakan untuk mengetahui gelombang laut yang terjadi di sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang yaitu menggunakan model hidrodinamika. Kinerja model gelombang hidrodinamika tergantung pada bagaimana fenomena terbaik diekspresikan ke dalam skema numerik, sehingga parameter gelombang yang lebih akurat dapat diperkirakan (Thomas dan Dwarakish, 2015).

Model hidrodinamika merupakan metode untuk mengetahui kondisi hidrodinamika laut dengan alternatif yang lebih mudah serta efisien dalam

memperoleh gambaran pergerakan gelombang yang terjadi pada perairan laut dalam menuju pantai (Hiwari dan Subiyanto, 2020). Penelitian menggunakan model hidrodinamika sudah banyak dilakukan sebelumnya seperti arus permukaan laut, pasang surut, transpor sediment, perubahan garis pantai, sebaran tumbahan minyak, serta peristiwa banjir rob (Adibhusana *et al.*, 2016; Hans *et al.*, 2020; Hiwari dan Subiyanto, 2020; Tarigan *et al.*, 2014; Hidayah *et al.*, 2018). Berdasarkan penelitian Marbun *et al.*, 2022 analisis transpor sedimen menggunakan model hidrodinamika menunjukkan karakteristik sedimen berpengaruh dalam proses transpor sedimen dari nilai mean size, sorting, skewness dan kurtosis menunjukkan arus bergerak tidak stabil sehingga transpor sedimen tidak teratur terjadi sehingga peristiwa pengikisan kemudian penambahan material sedimen. Begitu pula nilai bed level memiliki potensi erosi dan sedimentasi diketahui nilai bed level change perstasiun menunjukkan nilai negative dan positif menandakan pengaruh arus membawa tekanan di dasar perairan menyebabkan terjadinya transpor sedimen

MIKE 21 merupakan aplikasi permodelan numerik yang telah banyak digunakan dalam menganalisis kondisi hidrodinamika di sungai dan laut yang divisualisasikan dalam bentuk 2 dimensi (Parvathy *et al.*, 2014; Suharyo dan Adrianto, 2018; Widhi *et al.*, 2012). Permodelan hidrodinamika dalam bentuk 2 dimensi bertujuan untuk melihat gambaran pergerakan gelombang permukaan yang terjadi di laut (Remya *et al.*, 2012). Model gelombang numerik sangat membantu dalam memperkirakan parameter gelombang untuk perencanaan dan pemeliharaan struktur pelabuhan dan pesisir (Adytia *et al.*, 2012). Adapun modul yang digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang laut permukaan adalah modul MIKE 21 *Spectral Wave* (SW) (DHI, 2012a).

Tujuan penelitian adalah 1) Mengetahui kondisi arah dan kecepatan angin setiap musim di Perairan Kota Tanjungpinang. 2) Mengetahui kondisi arah tinggi gelombang, guna menghindari atau meminimalisasi dampak negatif yang terjadi di pesisir dan pantai.

MATERI DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 bertempat di sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang. Lokasi penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi Perairan Pesisir Kota Tanjungpinang yang mengalami reklamasi

Prosedur dan Metode Penelitian

Pengukuran menggunakan metode survei langsung dengan penentuan lokasi pengukuran data angin dan batimetri di lapangan menggunakan teknik *purposive sampling* dengan melihat keterwakilan kondisi lingkungan di lapangan. Data yang akan diukur di lapangan adalah data bathimetri dan arah dan kecepatan angin. Data lain yang digunakan adalah data pasang surut yang diperoleh dari prediksi menggunakan MIKE 21, garis pantai, data arah dan kecepatan angin dari Copernicus.

Penentuan Lokasi Penelitian

Penentuan lokasi menggunakan teknik *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik pengambilan sampel dengan berdasarkan kondisi kriteria-kriteria tertentu yang dapat mewakili secara keseluruhan daerah pengamatan (Lenaini, 2021). Berdasarkan survei penentuan letak alat penelitian hanya satu titik sampling yaitu di pelabuhan jalan lingkaran di atas bibir pantai yang baru dibangun tepatnya di pesisir daerah Teluk Keriting. Titik penelitian ini ditentukan dengan pertimbangan seperti akses lokasi aman, mudah dijangkau dan tersedia aliran listrik untuk instrumen penelitian.

Pengukuran arah dan kecepatan angin

Pengukuran arah dan kecepatan angin akan dilakukan selama 3 (tiga) hari menggunakan *Wireless Weather Station* dengan interval perekaman setiap 1 (satu) jam. Data tersebut akan digunakan untuk validasi data arah dan kecepatan angin yang diunduh dari Copernicus sebagai data masukan pembuatan model hidrodinamika.

Pengunduhan Data Arah dan Kecepatan Angin

Data angin untuk masukan model yang akan digunakan adalah data arah dan kecepatan angin selama 1 (satu) tahun dengan interval perekaman setiap 1 (satu) jam. Data tersebut nantinya akan digunakan untuk membangun kondisi model dalam 4 (empat) musim berbeda. Data angin yang akan digunakan dari Copernicus diakses pada <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home> pada laman pilih ERA5 *hourly data on single levels from 1979 to present*, kemudian download data untuk variabel angin yang di pilih yaitu *10m u-component of wind* dan *10m v-component of wind*. Hasil download berformat (.Nc), sehingga perlu dikonversi dan ekstraksi menggunakan *software ODV (Ocean Data View)* untuk mendapatkan komponen angin U dan V di lokasi penelitian. Data hasil

ekstraksi di analisis menggunakan beberapa koreksi di *Microsoft Excel* untuk memperoleh nilai arah dan kecepatan angin.

Pengukuran Data Batimetri

Data masukan model selanjutnya adalah data batimetri digunakan sebagai input domain model pada pengaturan model hidrodinamika. Data batimetri diperoleh dari di area lokasi penelitian secara langsung menggunakan alat GPSMap 585 Garmin dengan *tracking line* sepanjang garis pantai area reklamasi. Hasil data batimetri disimpan dalam format xyz dimana nilai x dan y adalah koordinat sedangkan z adalah nilai kedalaman.

Prediksi Data Pasang Surut

Pasang surut dalam penelitian ini akan digunakan sebagai salah satu masukan model. Data pasang surut ini didapatkan dari prediksi menggunakan modul *tide prediction of heights* yang memprediksi pasang surut secara *global tide model* yang terdapat pada MIKE 21 dengan memasukkan titik koordinat lokasi penelitian (DHI, 2004). Data pasang surut yang digunakan disesuaikan dengan periode rentang waktu (*time series*) model yang akan dibangun untuk mendapatkan nilai ketinggian muka air dalam satuan meter.

Garis Pantai

Garis pantai diperoleh dari tanahair.indonesia.go.id/portal-web kemudian di download data *shapefile* Provinsi Kepulauan Riau dan diolah menggunakan *software* ArcGIS sehingga mendapatkan koordinat dalam bentuk point disimpan dalam format xyz.

Analisis Data

Koreksi Data Arah dan Kecepatan Angin

Koreksi data arah dan kecepatan angin dilakukan bertujuan untuk beberapa hal, pertama untuk merubah kecepatan angin menjadi kecepatan gesekan angin di permukaan laut (*wind stress factor*), hal kedua adalah untuk mendapatkan nilai kecepatan angin yang stabil, data angin yang diukur di lapangan umumnya adalah kecepatan angin sesaat. Koreksi data arah dan kecepatan angin menggunakan beberapa persamaan berikut mengacu pada (Adji *et al.*, 2020; Suhana *et al.*, 2021).

Koreksi Ketinggian (U_{10})

Koreksi ketinggian dihitung dari kecepatan angin yang diamati dari ketinggian 10 m di atas

permukaan, hal ini karena angin yang diamati pada ketinggian tersebut merupakan kecepatan angin yang stabil. Bila data angin tidak diamati pada ketinggian tersebut, maka koreksi ini perlu dilakukan dengan persamaan berikut:

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{\frac{1}{7}} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana, U_{10} : Kecepatan angin pada ketinggian 10 m (m/s); U_z : Kecepatan angin yang diukur pada ketinggian z (m/s); z: Ketinggian alat pengukuran angin (mdpl)

Koreksi Durasi (U_t)

Koreksi durasi bertujuan dalam mendapatkan nilai kecepatan angin merata selama durasi angin bertiup yang dibutuhkan yaitu selama 1 (satu) jam menggunakan persamaan berikut:

$$U_t = U_{3600} c \dots\dots\dots (2)$$

Dimana, U_{3600} : Kecepatan angin durasi 1 (satu) jam (m/s); U_t : Kecepatan angin untuk durasi yang diinginkan (m/s); c: Konstanta

Koreksi Stabilitas

Koreksi stabilitas berkaitan dengan perbedaan temperatur udara tempat bertiupnya angin dan air tempat terbentuknya gelombang (Satriadi dan Prayogi, 2017) menggunakan persamaan berikut:

$$U = R_T U_t \dots\dots\dots (3)$$

Dimana U adalah kecepatan angin terkoreksi stabilitas (m/s) dan R_T adalah konstanta perbedaan suhu udara dan perairan, apabila perbedaan suhu udara dan perairan tidak diketahui maka nilai R_T yang digunakan adalah 1,10

Koreksi Efek Lokasi

Koreksi efek lokasi digunakan apabila data angin yang didapatkan berasal pada stasiun darat, bukan diamati langsung di atas permukaan laut, ataupun di tepi pantai. Sehingga untuk merubah kecepatan angin yang bertiup di atas daratan menjadi kecepatan angin yang bertiup di atas air menggunakan persamaan berikut:

$$U_w = R_L U \dots\dots\dots (4)$$

Dimana U_w adalah kecepatan angin terkoreksi efek lokasi (m/s) dan R_L adalah koefisien efek lokasi, jika data kecepatan angin >18,50 m/s

maka nilai R_L adalah 0,90, jika tidak maka nilai R_L adalah 1,10.

Wind Stress Factor

Terakhir koreksi faktor tegangan angin (wind stress factor) dilakukan untuk mengoreksi data arah dan kecepatan angin yang bertiup di darat menjadi data angin yang bertiup di laut. Data Koreksi ini digunakan sebagai input untuk memperoleh persentase arah dan kecepatan angin yang bertiup dan ditampilkan dalam bentuk mawar angin menggunakan persamaan berikut:

$$U_A = 0,71U_W^{1,23} \dots\dots\dots (5)$$

Validasi

Metode perhitungan dalam mengetahui kesalahan peramalan yaitu menggunakan

Mean Absolute Percentage Error (MAPE). MAPE adalah perhitungan ukuran kesalahan dilakukan untuk mengetahui nilai persentase penyimpangan hasil peramalan dan aktual (Budiman, 2016). MAPE adalah hasil pengurangan antara nilai aktual dan peramalan yang telah di absolutkan, kemudian di bagi dengan nilai aktual per periode masing-masing, kemudian dilakukan penjumlahan (Putro et al., 2018). Berikut persamaan untuk menghitung MAPE:

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum \frac{|A_t - F_t|}{A_t} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana, A_t : Nilai aktual pengukuran lapangan; F_t : Nilai peramalan model; n : Jumlah data

Katagori persentase hasil dari perhitungan nilai MAPE ditampilkan pada Tabel 1.

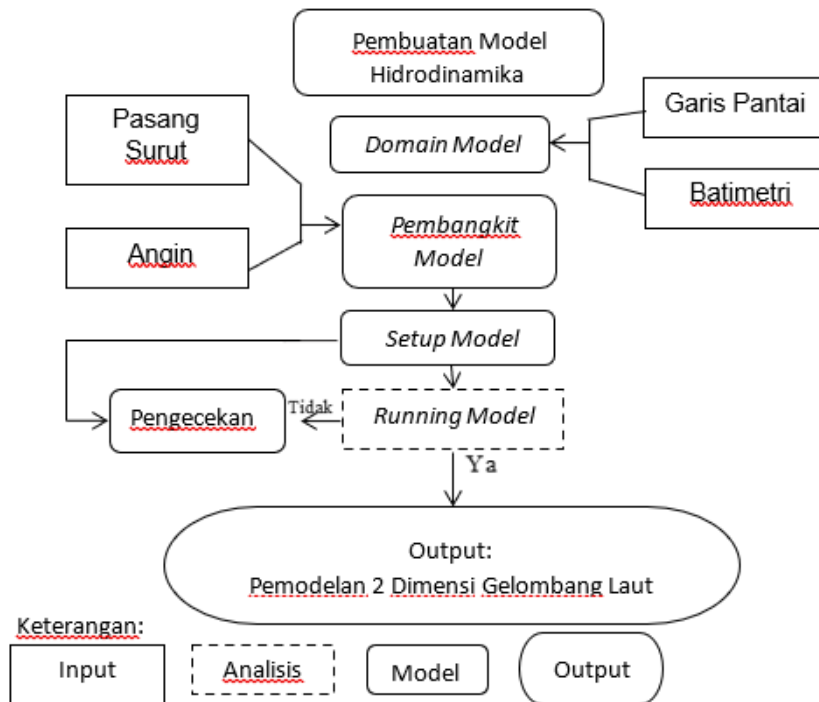
Tabel 1. Katagori persentase nilai MAPE

Nilai MAPE	Katagori
<10%	Sangat Baik
<10% - 20%	Baik
20% - 50%	Cukup
>50%	Buruk

Sumber: Putro et al., 2018

Pembuatan Model Hidrodinamika menggunakan MIKE 21

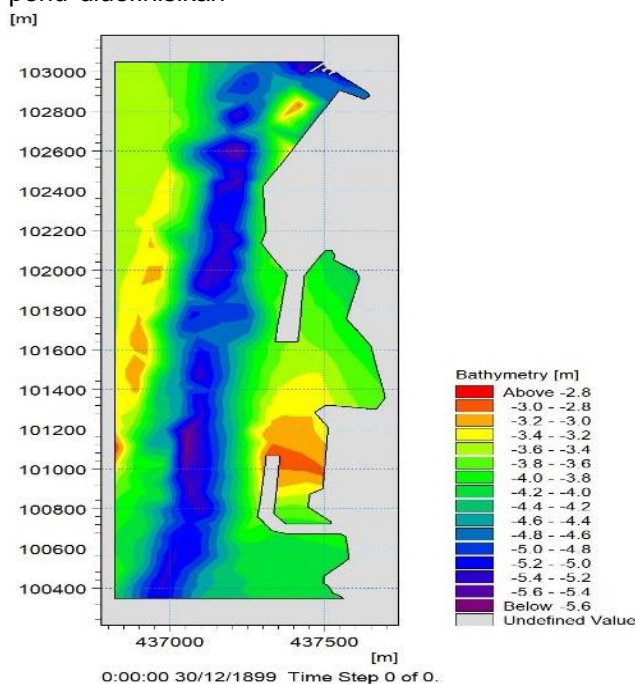
Pembuatan model gelombang laut menggunakan *software* MIKE 21 dengan menggunakan modul *Spectral Wave* (SW). Modul SW adalah model gelombang angin spektral yang mensimulasikan pertumbuhan, peluruhan dan transformasi gelombang di wilayah lepas pantai dan pesisir (DHI, 2012a). Diagram alir proses pembuatan model disajikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan model gelombang

Tahapan awal permodelan yaitu pembuatan domain model untuk menentukan luasan area model (*area of interest/AOI*) sesuai daerah pengamatan pada Northing (100500 m - 103000 m) dan Easting (437000 m - 437500 m). Setelah itu input mesh model dengan memasukkan data posisi garis pantai dan data batimetri. Pada tahap ini akan dibuat batasan area model (*model boundary*) untuk batas terbuka dan batas tertutup. Pada domain tertutup yang sudah dibuat perlu didefinisikan

daerah mana yang berfungsi sebagai daerah batas ini bertujuan untuk memasukkan gaya pembangkit hidrodinamika (pasang surut dan angin) yang bekerja pada domain model. Setelah batas model sudah terbentuk lakukan grid. Grid berbentuk segitiga yang ukurannya berbeda-beda. Domain model diakhiri dengan melakukan interpolasi data batimetri ke dalam bentuk spasial 2 (dua) dimensi seperti **Gambar 3**.



Gambar 3. Tampilan hasil interpolasi domain mode

Tahapan selanjutnya melakukan setup model bertujuan untuk pembuatan model hidrodinamika yang dibuat menggunakan modul *Flow Model* (FM) selanjutnya setelah model hidrodinamika dibuat kemudian setup model untuk pembuatan model gelombang laut menggunakan modul *Spectral Wave* (SW). Setelah selesai kita lakukan running jika *normal run completion* artinya proses running model gelombang berhasil. Model gelombang laut yang akan disimulasikan adalah kondisi gelombang laut selama 1 (satu) tahun di lokasi penelitian yaitu tahun 2021 yang akan divisualisasikan dalam bentuk 4 (empat) musim berbeda sehingga akan diperoleh kondisi gelombang laut dalam berbagai kondisi angin musiman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

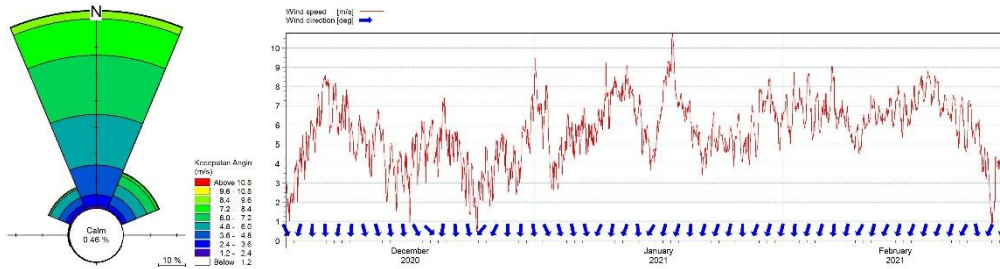
Arah dan Kecepatan Angin

Arah dan kecepatan angin ini berdasarkan pola angin musiman yang di kenal kalangan

masyarakat Provinsi Kepulauan Riau dimana pada musim barat dinamakan musim utara (Desember-Februari), musim peralihan I dinamakan musim timur (Maret-Mei), musim timur dinamakan musim selatan (Juni-Agustus) dan musim peralihan II dinamakan musim barat (September-November). Berdasarkan hasil pengolahan data arah dan kecepatan angin tahun 2021 pada musim utara yang terjadi bulan Desember hingga Februari arah dominan yaitu utara dengan frekuensi kejadian 73,75 % (**Tabel 2**). Kecepatan angin dominan di antara 5,70-8,80 m/s dengan persentase sebesar 51,48 %. Kecepatan angin berdasarkan grafik kecepatan angin (**Gambar 4**) diperoleh angin tertinggi sebesar 10,7 m/s terjadi pada pertengahan bulan Januari dengan arah angin yang bertiup dari utara. Musim barat merupakan periode musim dingin atau hujan, hal ini karena angin yang berhembus dari Benua Asia menuju ke Benua Australia menyerap banyak uap air ketika melewati laut (Illona *et al.*, 2018).

Tabel 2. Persentase arah dan kecepatan angin selama musim utara

Arah	Kecepatan (m/s)						Arah (%)
	0,50-2,10	2,10 - 3,60	3,60 - 5,70	5,70 - 8,80	8,80 - 11,10	>= 11,10	
Utara	0,56	4,35	23,61	43,98	1,25	0,00	73,75
Timur Laut	0,37	1,90	7,13	5,79	0,23	0,00	15,42
Timur	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Tenggara	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
Selatan	0,14	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19
Barat Daya	0,05	0,14	0,14	0,00	0,00	0,00	0,32
Barat	0,46	0,00	0,14	0,09	0,00	0,00	0,69
Barat Laut	0,65	1,85	5,28	1,62	0,00	0,00	9,40
Sub-Total	2,36	8,38	36,30	51,48	1,48	0,00	100,00



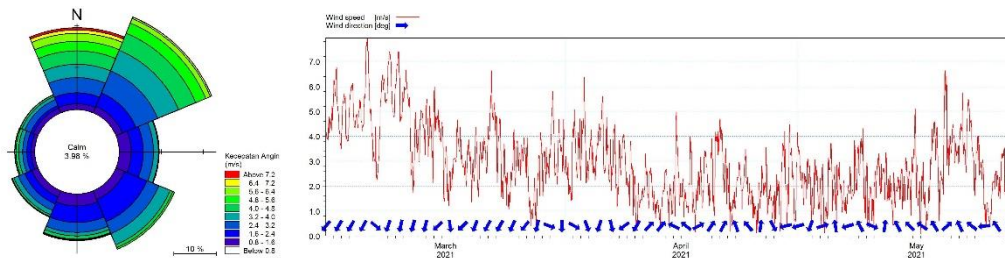
Gambar 4. Mawar angin serta grafik arah dan kecepatan angin musim utara

Arah dan kecepatan angin pada musim timur yang terjadi bulan Maret hingga Mei sangat bervariasi arah anginnya. Angin yang dominan bertiup mulai dari arah timur laut, utara dan tenggara dengan frekuensi kejadian 25,14 %, 19,71 % dan 15,54 % (**Tabel 3.**), merupakan kemunculan angin hampir tidak berbeda jauh. Kecepatan angin berdasarkan grafik kecepatan angin (**Gambar 5.**) diperoleh angin tertinggi

sebesar 7,94 m/s terjadi pada awal bulan Maret dengan arah angin yang bertiup dari utara. Kecepatan angin dominan di antara 2,10-3,60 m/s dengan persentase sebesar 38,02 %. Arah angin yang bervariasi karena dua kemungkinan pertama, kedua posisi matahari berada di atas ekuator sehingga perbedaan suhu antara Asia dan Australia tidak begitu besar (Mulyadi et al., 2015).

Tabel 3. Persentase arah dan kecepatan angin selama musim timur

Arah	Kecepatan (m/s)						Arah (%)
	0,50-2,10	2,10-3,60	3,60-5,70	5,70-8,80	8,80- 11,10	>= 11,10	
Utara	2,95	6,04	7,68	3,04	0,00	0,00	19,71
Timur Laut	4,12	9,18	10,53	1,31	0,00	0,00	25,14
Timur	5,29	4,12	0,61	0,00	0,00	0,00	10,02
Tenggara	6,32	7,02	2,15	0,05	0,00	0,00	15,54
Selatan	5,48	4,49	1,17	0,28	0,00	0,00	11,42
Barat Daya	3,04	2,76	1,31	0,00	0,00	0,00	7,12
Barat	1,59	2,11	1,12	0,05	0,00	0,00	4,87
Barat Laut	1,78	2,29	0,80	0,00	0,00	0,00	4,87
Sub-Total	30,57	38,02	25,37	4,73	0,00	0,00	98,69



Gambar 5. Mawar angin serta grafik arah dan kecepatan angin musim timur

Arah dan kecepatan angin pada musim selatan yang terjadi bulan Juni hingga Agustus tahun 2021, arah pergerakan dominan yaitu dari selatan dan tenggara dengan frekuensi

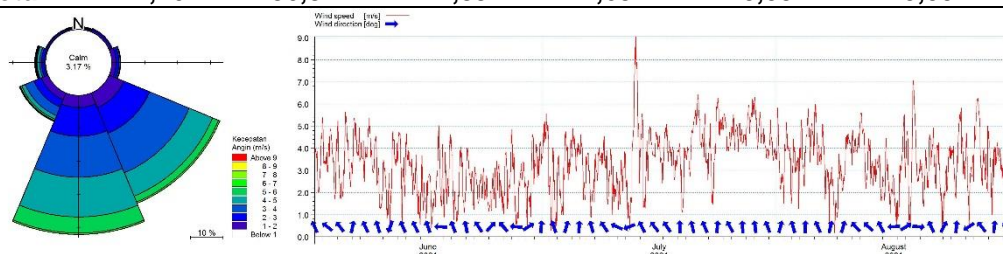
kejadian 42,80 % dan 36,78 % (**Tabel 4.**). Kecepatan angin berdasarkan grafik kecepatan angin (**Gambar 6.**) diperoleh angin tertinggi sebesar 9,04 m/s terjadi pada pertengahan

bulan Juli dengan arah angin yang bertiup dari arah barat daya. Kecepatan angin dominan di antara 3,60-5,70 m/s dengan persentase sebesar 42,89 %. Angin pada musim ini terjadi karena matahari berada di Bagian Bumi Utara (BBU) sehingga suhu di Benua Australia

menjadi rendah daripada Asia dan sebaliknya tekanan udara Benua Asia lebih rendah dibandingkan Australia sehingga angin bergerak dari Benua Australia ke Benua Asia (Mulyadi *et al.*, 2015).

Tabel 4. Persentase arah dan kecepatan angin selama musim selatan

Arah	Kecepatan (m/s)						Arah (%)
	0,50-2,10	2,10-3,60	3,60-5,70	5,70-8,80	8,80-11,10	>= 11,10	
Utara	0,45	0,41	0,09	0,00	0,00	0,00	0,95
Timur Laut	0,68	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	1,27
Timur	1,90	0,91	0,41	0,00	0,00	0,00	3,22
Tenggara	5,75	14,95	15,44	0,63	0,00	0,00	36,78
Selatan	4,44	13,86	23,32	1,18	0,00	0,00	42,80
Barat Daya	2,63	4,30	2,45	0,32	0,05	0,00	9,74
Barat	0,82	1,22	1,13	0,50	0,00	0,00	3,67
Barat Laut	0,50	0,63	0,05	0,00	0,00	0,00	1,18
Sub-Total	17,16	36,87	42,89	2,63	0,05	0,00	99,59



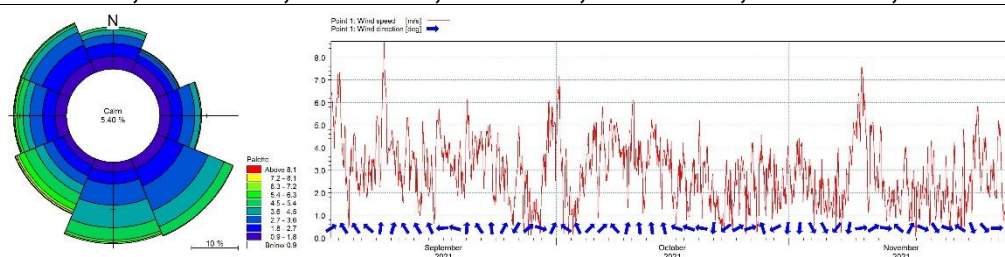
Gambar 6. Mawar angin serta grafik arah dan kecepatan angin musim selatan

Arah dan kecepatan angin pada musim barat yang terjadi bulan September hingga November tahun 2021 sangat bervariasi arah anginnya. Angin dominan bertiup mulai dari arah tenggara, barat daya dan selatan dengan frekuensi kejadian 18,59 %, 18,23 % dan 18,13 % (**Tabel 5.**). Kecepatan angin berdasarkan

grafik kecepatan angin (**Gambar 7.**) diperoleh angin tertinggi sebesar 8,71 m/s terjadi pada awal bulan September dengan arah angin yang bertiup dari arah barat daya. Kecepatan angin dominan di antara 2,10-3,60 m/s dengan persentase sebesar 38,28 %.

Tabel 5. Persentase arah dan kecepatan angin selama musim barat

Arah	Kecepatan (m/s)						Arah (%)
	0,50-2,10	2,10-3,60	3,60-5,70	5,70-8,80	8,80-11,10	>=11,10	
Utara	4,12	3,66	1,65	0,00	0,00	0,00	9,43
Timur Laut	3,57	1,97	0,50	0,00	0,00	0,00	6,04
Timur	3,94	3,98	1,65	0,00	0,00	0,00	9,57
Tenggara	4,40	8,06	6,09	0,05	0,00	0,00	18,59
Selatan	3,25	6,36	7,83	0,69	0,00	0,00	18,13
Barat Daya	2,47	3,98	4,76	2,01	0,00	0,00	13,23
Barat	3,57	4,58	2,88	0,73	0,00	0,00	11,77
Barat Laut	4,17	5,68	2,11	0,09	0,00	0,00	12,04
Sub-Total	29,49	38,28	27,47	3,57	0,00	0,00	98,81



Gambar 7. Mawar angin serta grafik arah dan kecepatan angin musim barat

Angin yang berhembus sepanjang permukaan air laut akan menstransfer energi ke air dalam bentuk arus permukaan dan akhirnya membentuk gelombang di permukaan air (Suprijanto dan Putra, 2017). Jika kecepatan angin meningkat, gerak gelombang tersebut menjadi meningkat dan jika angin berhembus terus-menerus tanpa henti akan membentuk gelombang. Arah dan kecepatan angin di perairan Bintan sangat dipengaruhi oleh sistem angin muson, hal ini dikarenakan perairan ini berada di belahan bumi utara (Suhana et al., 2016). Angin selama satu tahun sangat bervariasi setiap pergantian musim. Pergantian angin muson ini menyebabkan perubahan lingkungan perairan laut. Pola angin musim di Kepulauan Riau yaitu musim utara, musim timur (peralihan I), musim selatan dan musim barat (peralihan II). Kecepatan angin musim yang relatif besar yaitu musim utara mencapai lebih dari 5 m/s (Wahid, 2018). Persentase kejadian angin musim di perairan sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang secara umum cukup dominan, terutama pada kisaran 3,60-5,70 m/s. Persentase kejadian angin sangat

penting diketahui mengingat arah dan kecepatan angin yang terjadi selalu bervariasi dari waktu ke waktu (Afriady et al., 2019).

Validasi

Validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan hasil yang dibuat bertujuan untuk keakuratan data. Metode perhitungan validasi menggunakan perhitungan MAPE adalah perhitungan ukuran kesalahan dilakukan untuk mengetahui nilai persentase penyimpangan hasil peramalan dan aktual (Budiman, 2016). Data yang di validasi pada tanggal 20-23 Oktober 2021 baik data lapangan maupun data copernicus. Berdasarkan **Tabel 6**, menunjukkan bahwa nilai MAPE pada penelitian ini yang diperoleh dari hasil lapangan dan peramalan pada periode waktu dan lokasi yang sama, diketahui nilai MAPE sebesar 20 % yang menunjukkan katagori baik, yang artinya data hasil model dapat digunakan sebagai acuan dalam menggambarkan kondisi nyata dilapangan.

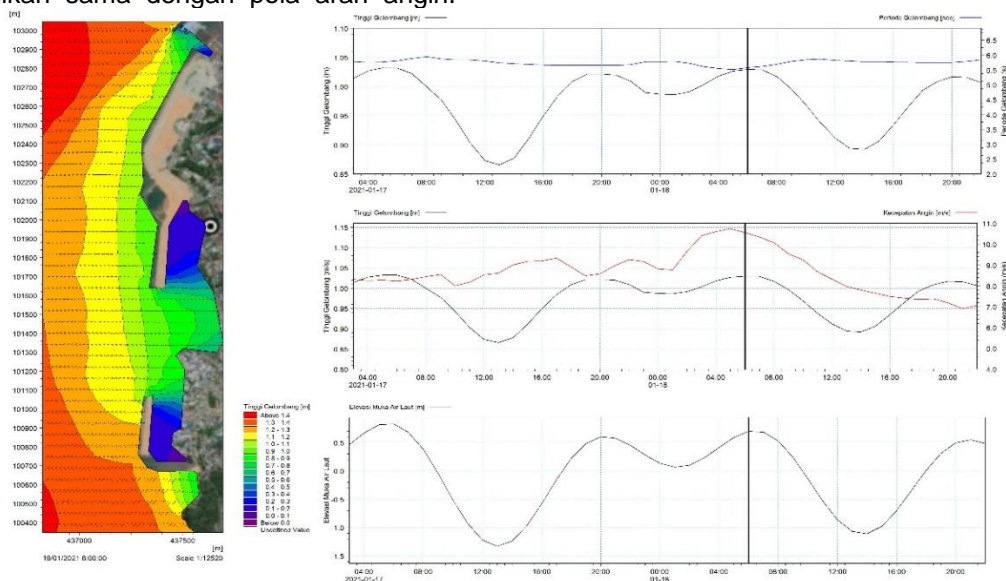
Tabel 6. Hasil validasi

Angin	Kecepatan Angin	
	Lapangan	Copernicus
Max	3,60	4,09
Min	0,00	0,28
MAPE	20%	

Model Hidrodinamika Gelombang Laut

Berdasarkan hasil permodelan gelombang digambarkan dalam bentuk kontur warna dan vektor, dimana pola arah gelombang diasumsikan sama dengan pola arah angin.

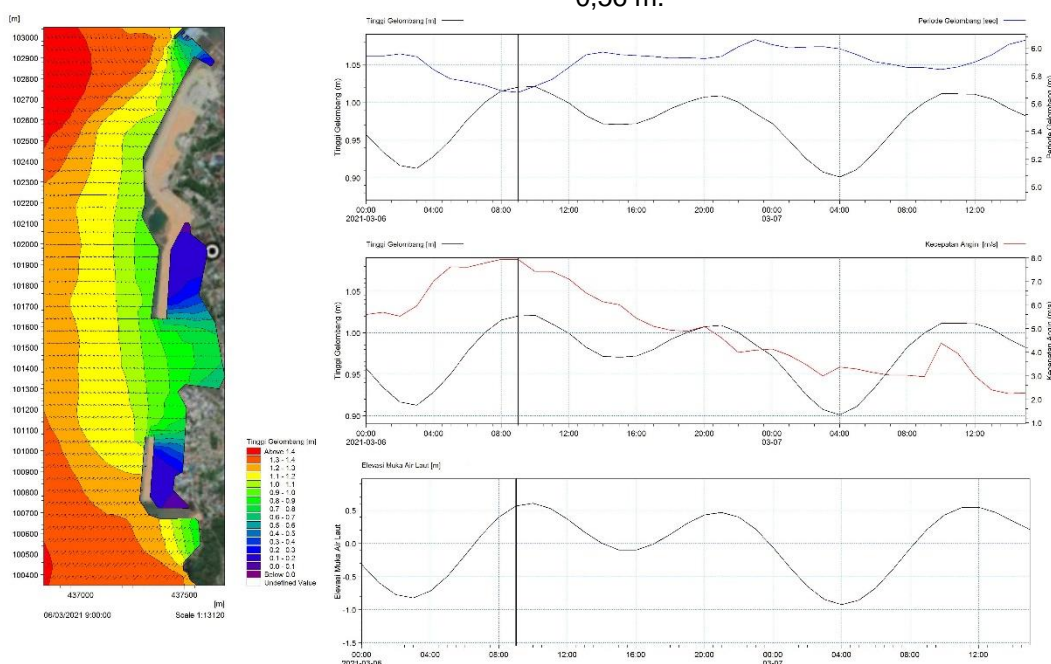
Gelombang laut hasil permodelan ditampilkan dalam bentuk 4 (empat) musim berbeda berdasarkan kondisi angin musiman. Adapun arah dan tinggi gelombang laut pada musim utara dapat dilihat pada **Gambar 8**.



Gambar 8. Arah dan tinggi gelombang laut musim utara

Pada musim utara arah dan tinggi gelombang laut dominan dari arah utara, dengan tinggi gelombang laut di sekitar perairan lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang berkisar antara 0,1-1,4 m. Maksimum ketinggian gelombang terjadi pada 18 Januari 2021 jam 06:00 WIB sebesar 1.03 m dengan periode 5,8 detik, kejadian tersebut terjadi pada kecepatan angin 10,5 m/s dengan nilai elevasi muka air sebesar 0,8 m.

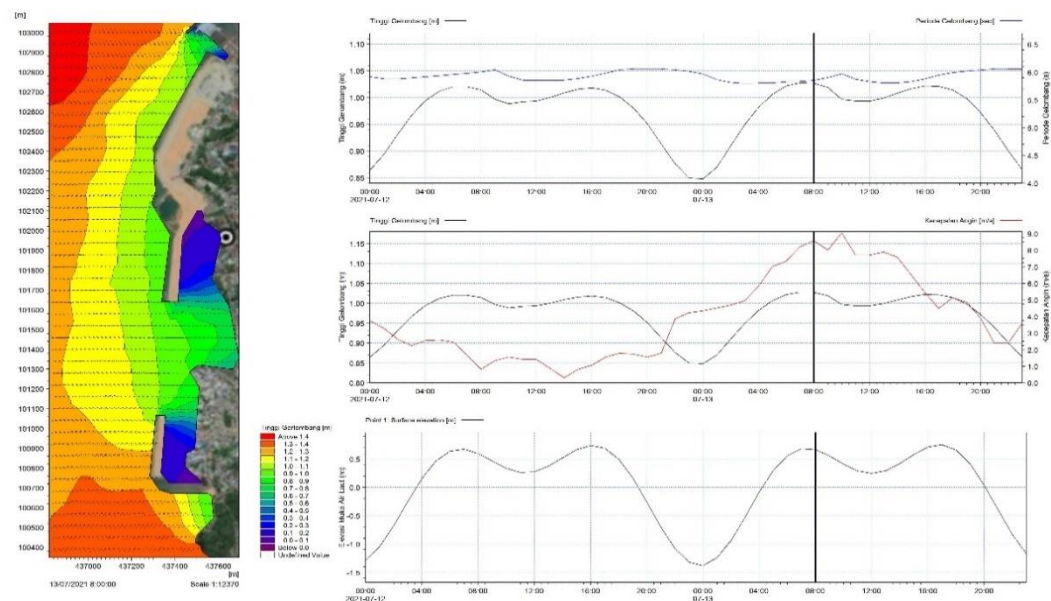
Hasil permodelan gelombang pada musim timur, diketahui arah gelombang dari utara dengan tinggi gelombang laut berkisar antara 0,1-1,4 m. Arah dan tinggi gelombang laut pada musim timur dapat dilihat pada **Gambar 9**. Maksimum ketinggian gelombang terjadi pada 06 Maret 2021 jam 09:00 WIB sebesar 1.02 m dengan periode 5,67 detik, kejadian tersebut terjadi pada kecepatan angin 7,93 m/s dengan nilai elevasi muka air sebesar 0,56 m.



Gambar 9. Arah dan tinggi gelombang laut musim timur

Hasil permodelan gelombang pada musim selatan selatan, diketahui arah gelombang dari barat dengan tinggi gelombang laut berkisar 0,1-1,4 m. Arah dan tinggi gelombang laut pada musim selatan dapat dilihat pada **Gambar 10**.

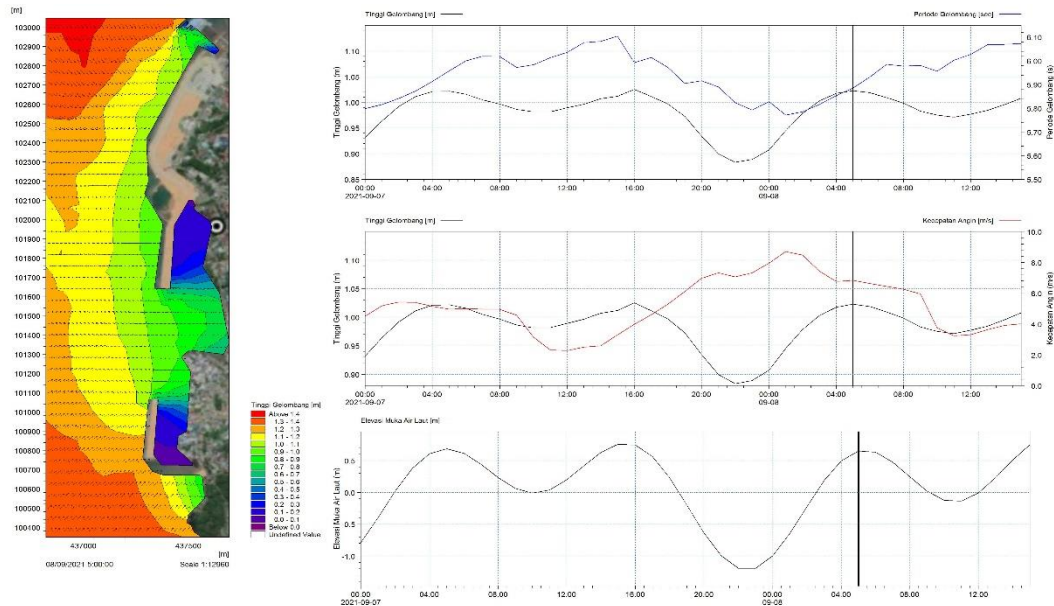
Maksimum ketinggian gelombang terjadi pada 13 Juli 2021 jam 08:00 WIB sebesar 1.03 m dengan periode sebesar 5,78 detik, kejadian tersebut terjadi pada kecepatan angin 9,0 m/s dengan nilai elevasi muka air sebesar 0,64 m.



Gambar 10. Arah dan tinggi gelombang laut musim selatan

Hasil permodelan gelombang pada musim barat arah gelombang dari barat daya dengan tinggi gelombang laut berkisar antara 0,1-1,4 m. Arah dan tinggi gelombang laut pada musim barat dapat dilihat pada **Gambar 11**.

Maksimum ketinggian gelombang terjadi pada 08 September 2021 jam 05.00 sebesar 1.02 m dengan periode sebesar 5,77 detik, kejadian tersebut terjadi pada kecepatan angin 8,71 m/s dengan nilai elevasi muka air sebesar 0,60 m.



Gambar 11. Arah dan tinggi gelombang laut musim barat

Salah satu faktor pembangkit gelombang adalah kecepatan angin yang digunakan dalam meramalkan tinggi, periode dan arah gelombang laut (Suhana et al., 2018). Gelombang laut yang ditimbulkan oleh angin merupakan gelombang yang paling dominan terjadi, hal ini didasarkan pada kondisi umum perairan, dimana sebagian besar gelombang laut dibentuk oleh energi yang dihasilkan oleh angin (Kalvig et al., 2014). Angin yang berhembus sepanjang permukaan air laut akan menstransfer energi ke air dalam bentuk arus permukaan dan akhirnya membentuk gelombang di permukaan air (Suprijanto dan Putra, 2017). Jika kecepatan angin meningkat, gerak gelombang tersebut menjadi meningkat dan jika angin berhembus terus-menerus tanpa henti akan membentuk gelombang. Arah dan kecepatan angin di perairan Bintan sangat dipengaruhi oleh sistem angin muson, hal ini dikarenakan perairan ini berada di belahan bumi utara (Suhana et al., 2016). Angin selama satu tahun sangat bervariasi setiap pergantian musim. Pola angin musim di Kepulauan Riau yaitu musim utara, musim timur (peralihan I), musim selatan dan musim barat (peralihan II). Berdasarkan mawar angin arah angin hampir tersebar pada musim timur dan barat sedangkan arah angin musim utara dan selatan tidak tersebar hanya berupa arah. Kecepatan angin yang lebih lambat pada musim timur dan barat, hal ini disebabkan oleh terbatasnya durasi angin bertiup, sedangkan pada musim

utara dan selatan angin bertiup dengan sempurna (Putra et al., 2020). Kecepatan angin musim yang relatif besar yaitu musim utara mencapai lebih dari 5 m/s (Wahid, 2018). Persentase kejadian angin musim di perairan sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang secara umum cukup dominan, terutama pada kisaran 3,60-5,70 m/s. Persentase kejadian angin sangat penting diketahui mengingat arah dan kecepatan angin yang terjadi selalu bervariasi dari waktu ke waktu (Afriady et al., 2019).

Berdasarkan hasil model hidrodinamika gelombang laut permukaan yang terbentuk di lokasi penelitian murni merupakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin, karena memiliki nilai periode tidak lebih dari 10 detik. Menurut Agustino et al., (2014) menyatakan gelombang yang dibangkitkan oleh angin memiliki periode gelombang antara 1-10 detik. Rentang ketinggian gelombang setiap musim dominan berada di antara 0,1-1,4 m. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Saputro dan Mulsandi (2016) diketahui tinggi gelombang rata-rata perairan Kota Tanjungpinang mencapai 0,75-1,25 m. Berdasarkan penelitian Putra et al., (2020) didapatkan nilai tinggi gelombang maksimum di perairan Kepulauan Riau pada tahun 2018 mencapai 1,030-1,150 m. Menurut Suhana et al., (2018) menyatakan bahwa besar atau kecil energi angin yang

bertiup di permukaan laut akan memberikan variasi ukuran gelombang di laut.

Angin muson mempunyai pengaruh yang besar terhadap arah pergerakan gelombang laut permukaan yang sebagian besar terbentuk karena pengaruh angin yang bertiup berdasarkan arah datangnya (Istiyono *et al.*, 2017). Perubahan arah dan kecepatan angin yang bertiup di atas perairan mengakibatkan terjadinya perubahan dinamika di perairan. Besar atau kecil gelombang yang terbentuk selain bergantung pada faktor angin yang bertiup juga dipengaruhi oleh faktor lain seperti letak perairan berhadapan langsung dengan laut lepas (Leica *et al.*, 2020) dan sangat tergantung juga dari kedalaman laut, hal ini karena semakin dalam kedalaman, maka besar dan kekuatan gelombang pun semakin berkurang (Nadia *et al.*, 2013). Gelombang besar kerap terjadi pada musim tertentu. Namun ketinggian gelombang di wilayah perairan terbuka lebih besar apabila dibanding gelombang perairan antar pulau akan berkurang sepanjang menuju pantai (Suciaty, 2018). Kondisi gelombang tinggi akan sangat membahayakan keselamatan alur pelayaran dan kegiatan nelayan. Meskipun persentase kejadian gelombang tinggi tidak dominan secara signifikan, namun gelombang tinggi yang terjadi di sepanjang lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang amat perlu diperhatikan. Selain itu juga akan berdampak pada perubahan wilayah pesisir dan pantai akan mengalami abrasi dan kenaikan permukaan laut (Dada *et al.*, 2019). Wilayah pesisir dan pantai mengalami perubahan yang disebabkan kondisi fenomena alam lebih cepat terjadi dibandingkan dengan perubahan yang disebabkan oleh lingkungan (Sudarsono, 2011).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa permodelan hidrodinamika 2 dimensi gelombang laut permukaan yang ditampilkan dalam 4 (empat) musim berdasarkan kondisi angin di sekitar lokasi reklamasi Kota Tanjungpinang secara umum arah dan penjalaran gelombang sangat dipengaruhi oleh angin muson yang berganti setiap 3 bulan sekali. Perbedaan musim menunjukkan bahwa gelombang tinggi terjadi pada musim utara dan selatan sebesar 1.03 m. Angin dominan berhembus dari arah utara dengan persentase kejadian angin muson secara umum cukup dominan, terutama pada kisaran 3,60-5,70 m/s. Hasil validasi data angin pada tanggal 20-23

Oktober 2021 baik data lapangan maupun data copernicus pada periode waktu dan lokasi yang sama, diketahui nilai MAPE sebesar 20 % yang menunjukkan katagori baik, yang artinya data hasil model dapat digunakan sebagai acuan dalam menggambarkan kondisi nyata di lapangan. Sementara itu angin yang berpotensi membentuk gelombang laut adalah angin dari arah utara, selatan dan barat dengan rentang ketinggian gelombang setiap musim dominan berada di antara 0,1-1,4 m. Untuk itu perlu adanya penelitian lanjutan mengenai dampak ataupun potensi gelombang besar di Perairan Kota Tanjungpinang mengingat perairan ini merupakan alur pelayaran kapal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Ristekdikti yang telah memberikan hibah dana penelitian tahun 2021 serta saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Mario Putra Suhana, S.Pi, M.Si dan Risandi Dwirama Putra, S.T, M.Eng yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan artikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibhusana, M. N., Hendrawan, I. G., Karang, I. W. G. A. (2016). Model Hidrodinamika Pasang Surut di Perairan Pesisir Barat Kabupaten Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 2(2), 54-59.
- Adji, S.H., Putra, R.D., Suhana, M.P., Febrianto, T., Koenawan, C.J. (2020). Characteristic of sea waves Southern Batam City waters-Northern Lingga District waters. *Journal of Applied Geospatial Information*, 4(2), 367-371.
- Adytia, D., Ramdhani, M., Van Groesen, E. (2012). Phase resolved and averaged wave simulations in Jakarta harbour. *In Proceedings 6th Asia-Pacific Workshop on Marine Hydrodynamics-APHydro*. 218-223.
- Afriady, A., Alam, T. M., Ismail, M. F. A. (2019). Pemanfaatan data angin untuk karakteristik gelombang laut di perairan natuna berdasarkan data angin tahun 2009–2018. *Buletin Oseanografi Marina Inpres*, 8(2), 55-60.
- Agustino, O., Prasetyawan, I. B., Ismanto, A. (2014). Kajian Penjalaran Dan Transformasi Gelombang Di Perairan Tanjung Kelian Kabupaten Bangka Barat. *Journal of Oceanography*, 3(2), 236-245.

- Dada, O.A., Agbaje, A.O., Adesina, R.B., Asiwaju-Bello, Y.A. 2019. Effect of Coastal Land Use Change on Coastline Dynamics Along the Nigerian Transgressive Mahin Mud Coast. *Ocean & Coastal Management*. 168:251–264. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2018.11.014.
- Denestiyanto, R., Denny, N. S., Heryoso, S. (2015). Analisis Karakteristik Gelombang di Perairan Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara. *Jurnal Oseanografi*, 4(2), 400-407.
- DHI. (2004). *MIKE 21 Tidal Analysis and Prediction Module, Scientific Documentation*. DHI.
- DHI. (2012a). *MIKE 21 Spectral Wave Module Scientific Documentation*. DHI.
- DHI. (2012b). *MIKE 21 SW Spectral Waves FM Module User Guide*. DHI.
- Hamuna, B., Sari, A. N., Alianti. (2018). Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Ditinjau dari Geomorfologi dan Elevasi Pesisir Kota dan Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 6(1), 1-14. <http://dx.doi.org/10.14710/jwl.6.1.1-14>.
- Hans, O., Gunawan, C., Hermawan, S. (2020). Pemanfaatan Model Hidrodinamika Numerik Berbasis Revolusi Industr 4.0 Sebagai Acuan Desain Konstruksi Untuk Mengatasi Banjir Rob. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, 9(1), 41-48.
- Hidayah, R. T. N., Putra, R. D., Jaya, Y. V., Suhana, M. P. (2018). Pola Perubahan Garis Pantai di Pulau Dompok Periode 2005-2015. *Dinamika Maritim*, 7(1), 15-19.
- Hiwari, H. & Subiyanto. (2020). Pemodelan Arus Permukaan Laut Selat Lembeh, Sulawesi Utara Menggunakan Aplikasi MIKE 21. *Jurnal Akuatek*, 1(2), 84-93. <https://doi.org/10.24198/akuatek.v1i2.31021>.
- Illona, D. J., Jaya, Y. V., Koenawan, C. J., Suhana, M. P. (2018). Global Warming Dan Pengaruhnya Terhadap Karakteristik Gelombang Laut Di Pantai Timur Pulau Bintan Yang Ditinjau Dari Perspektif Klimatologi. *Dinamika Maritim*, 7(1), 20-26.
- Istiyono, A., Muliddin, M., Iskandar, A. (2017). Analisis Tinggi Gelombang Laut di Perairan Sulawesi Tenggara Dan Laut Banda Ditinjau Dari Perspektif Dinamika Meteorologi. *Jurnal Geografi Aplikasi dan Teknologi*, 1(2), 59-68. <http://dx.doi.org/10.33772/jagat.v1i2.6348>.
- Lenaini, I. (2021). Teknik Pengambilan Sampel Purposive dan Snowball Sampling. *Historis: Jurnal Kajian Penelitian dan Pengembangan Pendidikan Sejarah*, 6(1), 3-39. <https://doi.org/10.31764/historis.v6i1.4075>.
- Marbun, A. J. Br., Suhana, M. P., Putra, R. D., (2022). Analisis Transpor Sedimen di Sekitar Lokasi Reklamasi Kota Tanjungpinang Menggunakan Mode Hidrodinamika. SKRIPSI. Universitas Maritim Raja Ali Haji.
- Mulyadi., Jumarang, M. I., Apriansyah. (2015). Studi Variabilitas Tinggi dan Periode Gelombang Laut Signifikan di Selat Karimata. *POSITRON*, 5(1), 19-25. <http://dx.doi.org/10.26418/positron.v5i1.9737>.
- Nadia, P., Ali, M., Besperi, B. (2013). Pengaruh Angin terhadap Tinggi Gelombang pada Struktur Bangunan Breakwater di Tapak Paderi Kota Bengkulu. *Inersia: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 41-56.
- Narulita, I., Rahayu, R., Kusratmoko, E., Supriatna, S., Djuwansah, M. (2020). Ancaman kekeringan meteorologis di pulau Kecil tropis akibat pengaruh El-Nino Dan Indian Ocean dipole (IOD) positif, studi kasus: Pulau Bintan. *Jurnal Lingkungan dan Bencana Geologi*, 10(3), 127-138.
- Ningsih, I. S., Nugroho, D., Prasetyo, F. B. (2013). Analisis Penjalaran Dan Transformasi Gelombang di Pulau Subi Kecil Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Oseanografi*, 2(2), 179-188.
- Parvathy, K. G., Gopinath, D. I., Noujas, V., Thomas, K. V. (2014). Wave Transformation along Southwest coast of India using MIKE 21. *The International Journal of Ocean and Climate Systems*, 5(1), 23-34. <https://doi.org/10.1260/1759-3131.5.1.23>.
- Putra, R. D., Bachtiar, I. K., Cahyo, T. N., Suhana, M. P., Sianturi, O. R., Siringoringo, R. M., Sari, N. W. P., Abrar, M., Suryanti, A., Agust, S., Syakti, A. D. 2020. Wave Energy Potential for Development of Renewable Energy in Riau Archipelago Province. *Omni-Akuatika*, 16(3), 61-70.
- Remya, P.G., Kumar, R., Basu, S., Sarkar, A. (2012). Wave hindcast experiments in the Indian Ocean using MIKE 21 SW model. *Journal of Earth System Science*, 121(2), 385-392. 10.1007/s12040-012-0169-7.

- Rohata, F. N., & Iryanti, M. (2020). Prediksi Fenomena ENSO (El-Nino Southern Oscillation) Tahun 2020-2021 Berdasarkan Nilai SOI (Southern Oscillation Indeks) Menggunakan Metode ARIMA (Autoregresif Integrated Moving Average). *In Seminar Nasional Fisika*, 1(1), 178- 184.
- Safitri, S. (2015). El Nino, La Nina Dan Dampaknya Terhadap Kehidupan Di Indonesia. *Criksetra: Jurnal Pendidikan Sejarah*, 4(2), 153-155
- Said, M. (2019). Reklamasi Dan Dampaknya Terhadap Wilayah Pesisir Pantai Toboko, Kota Ternate. *Jurnal Dintek*, 12(2), 83-91.
- Saputro, H., & Mulsandi, A. 2016. Karakteristik Gelombang Laut Diperairan Kepulauan Riau. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 3(2), 25-31.
- Satriadi, A., & Prayogi, H. (2017). Peramalan Tinggi dan Periode Gelombang Signifikan Di Perairan Dangkal (Studi Kasus Perairan Semarang). *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 17-23.
- Suciaty, F. (2018). Transformasi Gelombang Swell dan Gelombang Angin di Perairan Selatan Bali. *RekaRacana: Jurnal Teknol Sipil*, 4(3), 28-39.
- Sudarsono, B. 2011. Inventarisasi perubahan wilayah pantai dengan metode penginderaan jauh (studi kasus Kota Semarang). *Jurnal Teknik*, 32(2), 163-170.
- Suhana, M. P., Nurjaya, I. W., Natih, N. M. (2016). Analisis kerentanan pantai timur Pulau Bintan, Provinsi Kepulauan Riau menggunakan digital shoreline analysis system dan metode coastal vulnerability index. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 7(1), 21-38. <https://doi.org/10.24319/jtpk>.
- Suhana, M. P., Nurjaya, I. W., Natih, N. M. N. (2018). Karakteristik Gelombang Laut Pantai Timur Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau Tahun 2005-2014. *Jurnal Dinamika Maritim*, 6(2), 16-19.
- Suhana, M. P., Shafitri, L. F., Putra, R. D., Nugraha, A. H., Koenawan, C. J., Idris, F., Karlina, I., Febrianto, T., Anggraini, R., Apdillah, D., Nurjaya, I. W., Natih, N. M. N., Syakti, A. D. (2021). Characteristics of sea waves condition at the northern and eastern of Bintan Island within period of 2015-2019. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1-10. IOP Publishing Ltd.
- Suharyo, O., S., & Adrianto, D. (2018). Studi Hasil Running Model Arus Permukaan Dengan Software Numerik MIKE 21/3 (Guna Penentuan Lokasi Penempatan Stasiun Energi Arus Selat Lombok-Nusapenida). *Applied Technology and Computing Science Journal*, 1(1), 30-38. <https://doi.org/10.33086/atcsj.v1i1.8>.
- Tarigan, T. A., Prasetyawan, I. B., Wulandari, S.Y. (2014). Studi Pola Sebaran Tumpahan Minyak Dengan Aplikasi Model Hidrodinamika Dan Spill Analysis Menggunakan Software MIKE 21 di Perairan Selat Rupat, Provinsi Riau. *Jurnal Oseanografi*, 3(3), 347-356.
- Thomas, T. J., & Dwarakish, G. S. 2015. Numerical wave modelling—A review. *Aquatic procedia*. 4, 443-448.
- Wahid, M. A. (2020). Mengidentifikasi Besar Kecepatan Angin dan Energinya Melalui Data Ncep/Ncar Reanalysis dan 5 Stasiun Bmkg di Provinsi Aceh. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Fisika Terapan*, 2018(1), 1-10.
- Widhi, K. B., Indrayanti, E., Prasetyawan, I. B. (2012). Kajian Pola Arus di Perairan Teluk Lampung Menggunakan Pendekatan Model Hidrodinamika 2-Dimensi DELFT3D. *Journal Of Oceanography*, 1(2), 169-177.
- Yurnita, A., Trisutomo, S., Ali, M. (2017). Model Reklamasi Pantai Secara Berkelanjutan, Kasus: Pantai Kota Makassar. *Jurnal Tata Loka*, 19(4), 339-354.
- Zulfikar, Z., Jaya, Y. V., Pratomo, A., Putra, R. D., Suhana, M. P. (2018). Variabilitas spasial suhu permukaan laut Pulau Bintan Provinsi Kepulauan Riau pada empat musim berbeda. *Dinamika Maritim*, 6(2), 12-15.