

**PEMODELAN GELOMBANG LAUT DI PERAIRAN
TELUK JAKARTA PADA PUNCAK MUSIM ANGIN BARAT 2024**

***OCEAN WAVES MODELING IN THE JAKARTA BAY COASTAL WATERS THE PEAK
SEASON OF WESTERN WIND 2024***

**L.M Dandi Wahyu Purnama¹, Yulianto², Awaluddin¹, Hawati¹, Ibnu Abdul Azies²,
Kurnia Malik², Widodo Setiyo Pranowo^{2,3}**

¹Program Studi Teknik Kelautan Politeknik Kelautan Dan Perikanan Bone, Sulawesi Selatan, Indonesia

²Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL), Jakarta, Indonesia

³Pusat Riset Iklim Dan Atmosfer, Badan Riset Dan Inovasi Nasional (BRIN), Bandung, Indonesia

Email: lmdandiwahyupurnama@gmail.com

Diterima tanggal: 14 Juni 2017 ; diterima setelah perbaikan: 02 Desember 2017 ; Disetujui tanggal: 04 Desember 2017

ABSTRAK

Teluk Jakarta merupakan salah satu perairan Indonesia yang memiliki tingkat kegiatan di sektor kelautan dan perikanan sangat tinggi. Pemahaman dalam aspek dinamika laut, salah satunya adalah gelombang laut sangat dibutuhkan guna pengambilan keputusan dalam kelancaran kegiatan ekonomi di perairan teluk Jakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tinggi gelombang yang dipengaruhi oleh angin pada puncak musim angin barat (Januari) 2024, berdasarkan hasil simulasi pemodelan gelombang laut menggunakan Perangkat lunak MIKE 21. Input model berupa data angin bersumber dari arsip data CMEMS Marine Copernicus. Batimetri dan garis pantai menggunakan Peta Laut Indonesia terbitan Pushidrosal. Data rekaman gelombang *in situ* (observasi) menggunakan RBR Duo pada saat Latek STTAL Hidros, digunakan untuk validasi model. Hasil validasi menunjukkan nilai RMSE mencapai 0,0612 (sangat kecil), sehingga dikatakan hasil model mendekati akurat. Hasil analisa menunjukkan arah dan kecepatan angin di perairan Teluk Jakarta pada Januari 2024 mencapai 1,4 – 2,8 m/s dengan dominan arah dari Utara dengan variasi arah Barat laut. Berdasarkan hasil kecepatan angin, diperoleh rata-rata tinggi gelombang signifikan di perairan Teluk Jakarta mencapai 0,312 m. Jelas, bahwa karakteristik dari tinggi gelombang laut di perairan teluk Jakarta sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin.

Kata kunci : Teluk Jakarta, Mike 21, kecepatan dan arah angin, gelombang.

ABSTRACT

Jakarta Bay coastal waters is one of Indonesia's waters which has a very high level of activity in the marine and fisheries sector. Understanding the aspects of ocean dynamics, one of which is sea waves, is very much needed for decision making in the smooth running of economic activities in the Jakarta Bay coastal waters. This research aims to determine the wave height influenced by wind at the peak of the western wind season (January) 2024, based on the results of sea wave modeling simulations using MIKE 21 software. The model input is wind data sourced from the CMEMS Marine Copernicus data archive. Bathymetry and coastlines use the Indonesian Sea Map published by Pushidrosal. In situ wave recording data (observations) using RBR Duo during "Latek STTAL Hidros", was used for model validation. The validation results show that the RMSE value reaches 0.0612 (very small), so it is said that the model results are close to accurate. The results of the analysis show that the direction and speed of the wind in the Jakarta Bay coastal waters in January 2024 will reach 1.4 - 2.8 m/s with a dominant direction from the North with variations in the northwest direction. Based on the wind speed results, the average significant wave height in the waters of Jakarta Bay reached 0.312 m. It is clear that the characteristics of sea wave height in the Jakarta Bay coastal waters are greatly influenced by wind speed.

Keywords: Jakarta Bay, Mike 21, speed and wind direction, wave.

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta adalah salah satu perairan Indonesia yang memiliki tingkat kegiatan transportasi laut, pariwisata dan pemanfaatan sektor perikanan yang sangat tinggi (Mustikasari & Rustam, 2019). Banyaknya pelabuhan dan sarana transportasi laut di sekitar teluk Jakarta menjadikan kelancaran arus lalu lintas laut menjadi sangat penting, sehingga diperlukan pemahaman mengenai dinamika laut. Salah satu aspek dinamika laut yang mempunyai peranan penting dalam aktivitas kelautan adalah gelombang laut.

Karakteristik gelombang laut menjadi faktor yang sangat menentukan dinamika yang terjadi di pesisir pantai khususnya di kawasan pelabuhan, baik alur masuk pelabuhan, tempat penaruhan jangkar, dan tempat sandar. Pengaruh gelombang terhadap pelayaran dapat dilihat dari nilai ketinggian gelombang yang dihasilkan. Informasi yang terpercaya mengenai karakteristik gelombang laut dan spektrum energi merupakan suatu kebutuhan yang sangat diperlukan bagi masyarakat pengguna laut. Informasi tersebut dapat diperoleh dengan pengukuran di lapangan, hanya saja memerlukan biaya mahal dan waktu yang begitu lama serta penguasaan alat ukur teknologi yang mendalam. Metode lain yang bisa digunakan dan lebih terjangkau adalah dengan melalui simulasi numerik gelombang laut (Hadi *et al.*, 2005).

Pemodelan gelombang laut di teluk Jakarta mempertimbangkan beberapa aspek lingkungan seperti topografi, perbedaan suhu permukaan laut, arus dan angin lokal baik secara temporal maupun spasial (Azies *et al.*, 2024). Profil kecepatan hanyut gelombang yang dibutuhkan beberapa hal mengenai aplikasi penting di dalam pemodelan laut, seperti perhitungan lintas benda hanyut, minyak dan zat lain (Breivik *et al.*, 2016).

Perubahan iklim global dapat berdampak signifikan pada pola angin di teluk Jakarta, sehingga menimbulkan gelombang laut yang dapat mempengaruhi aktivitas manusia, keseimbangan ekosistem laut, dan keberlanjutan lingkungan. Pemodelan gelombang laut dapat membantu dalam memprediksi dampak perubahan iklim dan merancang strategi adaptasi yang sesuai. Kemajuan dalam teknologi pemodelan numerik dan pengumpulan data observasi telah memungkinkan pengembangan model gelombang laut yang lebih akurat dan canggih. Pemodelan ini dapat memberikan prediksi yang lebih baik mengenai pola angin di teluk Jakarta, sehingga memungkinkan pengambilan

keputusan yang lebih tepat dalam berbagai konteks, mulai dari keselamatan pelayaran serta pengelolaan sumber daya perikanan.

Pemodelan numerik dapat menggambarkan dan mensimulasikan hasil pengamatan pasang surut dan gelombang sehingga tampak lebih nyata. Pemodelan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak MIKE 21. Perangkat Lunak Mike 21 mampu memberikan gambaran kejadian gelombang dalam skala spasial dan bersifat temporal, sehingga dapat digunakan dalam perencanaan kegiatan kelautan dengan lebih baik dan dapat disesuaikan dengan kondisi alam yang sama dengan lokasi yang akan dipelajari mengenai kondisinya (HDI, 2017).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

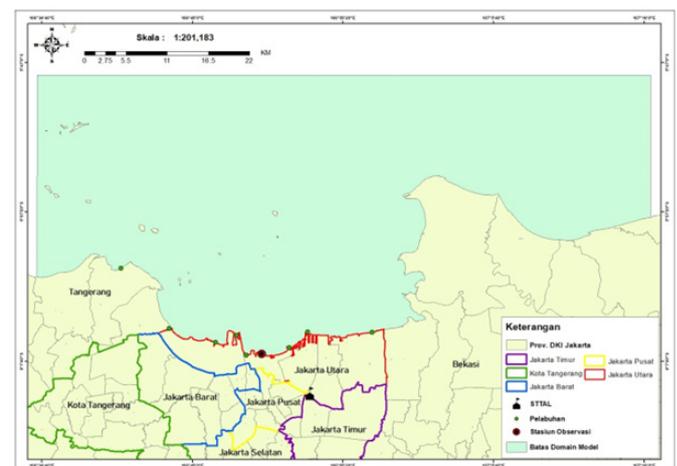
Penelitian ini dilaksanakan pada 3 Januari - 31 Maret dengan 2 tahap, tahap pertama adalah pengambilan data lapangan yang dilakukan di perairan teluk Jakarta yang dimulai dari tanggal 9 Januari 2024 sampai tanggal 29 Januari 2024 dan tahap kedua yaitu pengolahan data serta running program yang dilakukan di Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STTAL) Kelapa Gading. Adapun peta lokasi pengambilan sampel dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Langkah Kerja

Langkah-langkah dalam pembuatan model gelombang dapat dilihat pada flowchart Gambar 2.

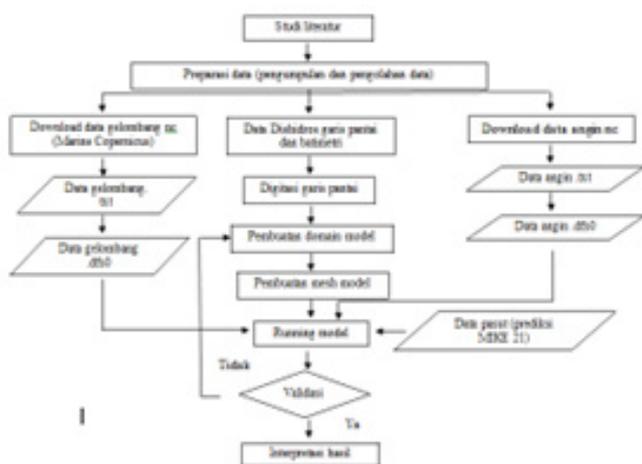
Data Pengamatan

Data pengamatan yang diperoleh yaitu data gelombang



Gambar 1. Peta domain model dan stasiun observasi untuk validasi.

Figure 1. Model domain map and observation stations for validation.



Gambar 2. Diagram Alir Pemodelan gelombang.
Figure 2. Wave modeling flowchart.

hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan alat RBR Duo (*Resonant Wave Buoy*) dimulai dari 10 Januari 2024 - 29 Januari 2024 dengan koordinat -6.11869, 106.8289 yang kemudian di *convert* dari data RSK menjadi XLS menggunakan *software* Ruskin. Kemudian data tersebut dirapikan menggunakan MS. Excel untuk dibuatkan grafik parameter depth dan tinggi gelombang rata-rata yang dihasilkan dari alat RBR Duo (Soleman *et al.*, 2017). Data hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai validasi dari data hasil model yang telah dibuat.

Data Input Mike

Data Batimetri Dan Garis Pantai

Data utama untuk pemodelan gelombang laut (*Spectral Wave*) adalah data kedalaman perairan (batimetri) dan garis pantai dari daerah penelitian. Data batimetri dan garis pantai diperoleh dari Pushidros TNI AL yang berupa peta dengan nomor 98 dan 86 (Teluk Jakarta). Data yang telah didapatkan kemudian dilakukan proses digitasi menggunakan *Software* ArcMap 10.8 sehingga dapat membedakan garis pantai dan kedalaman lautnya. Data batimetri yang telah didigitasi berupa format XYZ, dengan nilai XY sebagai posisi (*decimal degree*) dan Z sebagai kedalaman (meter), sedangkan untuk garis pantai dalam format XY (posisi) yang kemudian disesuaikan dengan format data *Flow Model* (FM).

Data Gelombang

Data input model yang digunakan berasal dari data download gelombang *Marine Copernicus* yang diakses pada <https://cds.climate.copernicus.eu/>, dengan interval waktu per 3 jam yang diunduh selama 20 hari dari tanggal 9 sampai 29 Januari 2024. Data yang diperoleh dari *Marine Copernicus* masih berupa data nc yang kemudian diubah dengan menggunakan

Ocean Data View (ODV) sehingga menjadi format txt untuk dimasukkan di Microsoft Excel. Dikarenakan format inputan data yang dibutuhkan dalam simulasi model numerik Mike 21 adalah adalah data Times series (.dfs0, dfs1, dan lainnya), sehingga data yang ada di Microsoft excel kemudian dipindahkan ke software MIKE untuk diolah menjadi data Times series .dfs0.

Data Angin

Data angin yang diperoleh berupa kecepatan, arah dan waktu yang diakses dari situs data global ECMWF (*European Center for Medium-range Weather Forecasts*) di link <https://cds.climate.copernicus.eu/>. Periode data yang diambil selama 1 bulan yaitu dari 1 Januari – 31 Januari 2024, dengan selang waktu 1 jam. Data yang telah didownload tersebut akan dimasukkan kedalam tools ODV (*Ocean Data View*) untuk diubah bentuk format datanya yang awalnya berupa data nc diubah menjadi data txt. Data txt tersebut akan dimasukkan dan diolah di M. Excel untuk di tentukan arah dan kecepatannya. Data angin yang telah diolah tersebut dibuatkan Times series .dfs0 pada *software* MIKE berupa kecepatan (*speed*) dan arah (*direction*).

Analisis Data

Persamaan Gelombang Laut

Menurut (Binilang, 2014) rumus kecepatan dan panjang gelombang adalah sebagai berikut.

Panjang gelombang

$$L = C \cdot T$$

Kecepatan rambat gelombang

$$C = L/T$$

Keterangan :

L = Panjang gelombang (m)

C = Kecepatan gelombang (m/s)

T = Periode gelombang (s)

Validasi Model

Data pengamatan gelombang yang dilakukan digunakan sebagai validasi terhadap data hasil model prediksi MIKE 21. Dari hasil validasi antara data pengamatan atau observasi dengan data model akan dilihat hasil keakuratannya. Data pengamatan dilakukan selama 19 hari dari tanggal 10-29 Januari 2024. Data yang telah diperoleh akan di analisis menggunakan nilai RMSE dan korelasinya.

Analisis Root Mean Square Error (RMSE)

Hasil model yang dibuat dapat dikatakan baik jika hasil model tersebut mendekati dengan kondisi alam sebenarnya. Besarnya nilai validasi model yang dapat

diterima atau dikatakan baik jika nilai RMSE bernilai 0,05. Nilai hasil validasi yang diperoleh dengan persamaan RMSE (*Analisis Root Mean Square Error*) berikut ini.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (x_i - y_i)^2}$$

RMSE : Root Mean Square Error
 Xi : Data hasil simulasi
 Yi : Data lapangan
 N : Jumlah data

HASIL DAN PEMBAHASAN

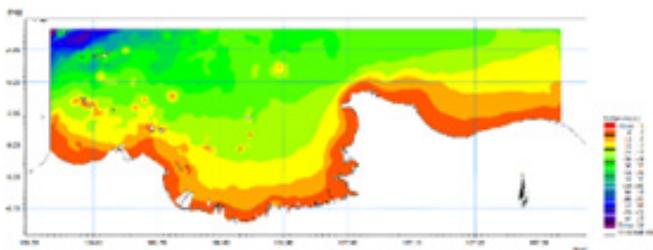
Interpolasi Batimetri dan Garis Pantai

Model numerik dengan menggunakan MIKE 21 FM menerapkan metode Computational Fluid Dynamics (FEM) dengan bidang horizontal, grid terstruktur dalam bentuk segitiga (*Triangular mesh*) diterapkan untuk mencapai resolusi geometris yang lebih tinggi di sepanjang garis pantai yang kompleks, sehingga memungkinkan seluruh area studi mendekati kondisi aktual (Malik *et al.*, 2023).

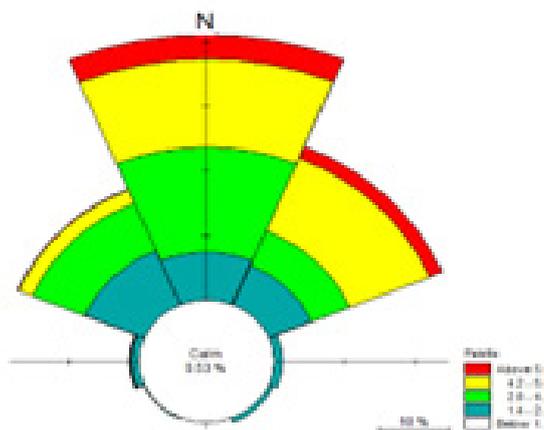
Hasil interpolasi batimetri dan garis pantai menggunakan *software* MIKE 21 FM yang terlihat pada Gambar 3 domain model menunjukkan bahwa kedalaman laut dapat dilihat berdasarkan perbedaan warna. Dari hasil perbedaan warna diperoleh tingkat perbedaan kedalaman perairan, yang dimana kisaran kedalaman pada area Teluk Jakarta mencapai 6 – 24 m dan luar Teluk mencapai 78 meter. Untuk bentuk mesh yang dibuat berbentuk segi empat dengan sisi bawah menunjukkan area daratan (garis pantainya), sisi kanan sebagai Timur, sisi atas sebagai Utara, dan sisi kiri sebagai Barat.

Kecepatan dan Arah Angin Teluk Jakarta bulan Januari 2024

Dari hasil pengolahan data angin di Microsoft Excel diperoleh arah dan kecepatan angin yang kemudian diubah menjadi Times series pada *software* MIKE



Gambar 3. Interpolasi batimetri dan garis pantai.
 Figure 3. Interpolation of bathymetry and coastline.



Gambar 4. Mawar Angin (arah dibaca sebagai berhembus dari).

Figure 4. Windrose (read as blows from direction).

21 sebagai data inputan pembangkit gelombang pada modul *Spectral Wave* dan data untuk *Wind ross* yang dibuat pada MIKE ZERO plot composer. Adapun hasil Wind rose dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 4, menunjukkan kecepatan dan arah angin di perairan Teluk Jakarta pada Januari 2024. Kecepatan angin di area Teluk mencapai 1,4 – 4,2 m/s dengan dominan arah datang dari Utara dengan variasi dari Barat Laut dan Timur Laut yang ditandai warna biru dan hijau dan untuk rata-rata kecepatan anginya mencapai 3,4 m/s. Sedangkan untuk luar Teluk kecepatan angin mencapai 5,6 dengan dominan arah datang dari Utara dengan variasi dari Timur Laut dan Barat laut yang di tandai dengan warna kuning dan merah. Sesuai dengan (Arifin *et al.*, 2014) angin Muson yang terjadi di perairan laut Jawa memiliki pola pergerakan arah angin yang berasal dari Barat dan Barat Laut menuju ke Timur dengan kurun waktu Desember – Januari – Februari.

Tinggi Gelombang Laut

Dari hasil pengamatan gelombang laut dengan menggunakan alat RBR Duo di perairan Teluk Jakarta selama 19 hari mulai dari tanggal 10 – 29 Januari 2024 dapat dilihat pada Gambar 5.

Berdasarkan gambar 5 menunjukkan bahwa grafik tinggi gelombang signifikan yang diperoleh dari hasil pengamatan di perairan Teluk Jakarta. Grafik tersebut menunjukkan tinggi maksimum gelombang signifikan mencapai 0,42 m dan tinggi minimum mencapai 0,01 m dengan rata-rata tinggi yang diperoleh mencapai 0,13 m.

Menurut (Ningsih *et al.* 2013) menyatakan bahwa



Gambar 5. Grafik tinggi gelombang observasi.
 Figure 5. Observation wave height graph.

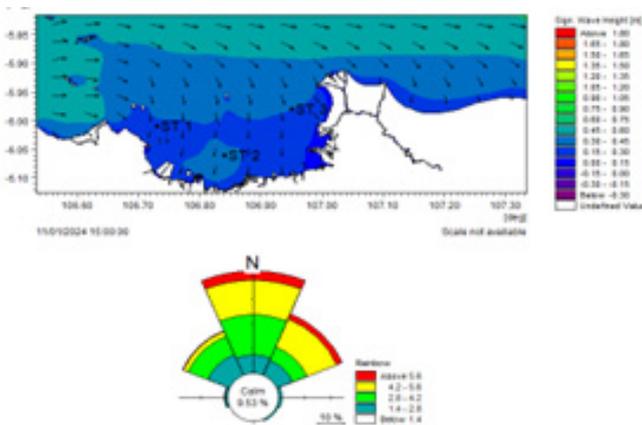
gelombang yang di bangkitkan oleh angin apabila periode gelombangnya mencapai 1 – 9 detik. Dari pernyataan tersebut, dapat diketahui tinggi gelombang laut yang ada di perairan Teluk Jakarta pada Januari 2024 pembangkit utamanya adalah angin, karena dari hasil rata-rata periode gelombang yang terjadi mencapai 3,60 detik.

Simulasi Gelombang Laut Teluk Jakarta bulan Januari 2024

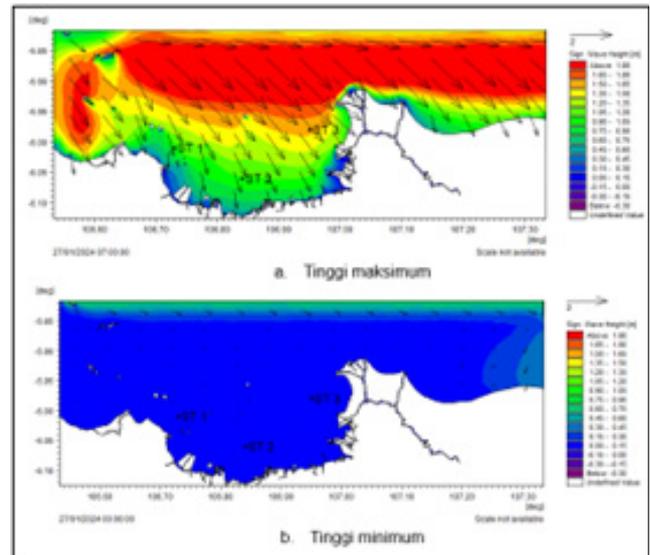
Pengaruh Angin Terhadap Gelombang Laut

Hasil simulasi model gelombang laut yang di bangkitkan oleh angin di peroleh dari persamaan arah pergerakan angin yang dapat dilihat pada gambar 6.

Berdasarkan gambar 6 diperoleh arah pergerakan datangnya gelombang sesuai dengan arah angin yang terjadi di perairan Teluk Jakarta bulan Januari 2024 yang dinyatakan dengan anak panah, bergerak dari arah Barat Laut yang kemudian masuk ke area Teluk dengan kecepatan angin yang dilihat berdasarkan wind rose mencapai 1,4 – 4,2 m/s. Dari hasil kecepatan angin tersebut menghasilkan tinggi gelombang mencapai 0,45 – 0,60m dan ketika masuk ke area Teluk semakin berkurang menjadi 0,15 – 0,30m. Hal tersebut di karena



Gambar 6. Pengaruh angin terhadap gelombang laut
 Figure 6. Wind field generating ocean waves.



Gambar 7. a)Tinggi gelombang maksimum, b) Tinggi gelombang minimum.

Figure 7. a. Maximum wave height, b. Minimum wave height.

terjadinya gelombang pecah sesuai dengan (Dauhan *et al.*, 2013) yang menyatakan bahwa pecahnya gelombang biasanya terjadi pada saat mendekati area pantai.

Tinggi Gelombang Laut Berdasarkan Gradasi Warna

Gelombang signifikan maksimum dan minimum yang terjadi di teluk Jakarta bulan Januari 2024 berdasarkan hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 7. Berdasarkan gambar 7 tinggi maksimum dan minimum gelombang signifikan di Teluk Jakarta diperoleh warna sebagai tinggi gelombang dan anak panah sebagai arah pergerakan gelombang. Hasil gradasi warna yang tampak pada gambar a menyatakan tinggi gelombang maksimum terjadi di luar area Teluk, di mana ditandai dengan warna merah dengan nilai mencapai 1,80 m, dan untuk area Teluk lebih dominan arah hijau dengan tinggi gelombang mencapai 0,75 – 1,35m dengan arah pergerakan gelombang datang dari Barat Laut menuju ke Teluk dan sebagian menuju ke arah Timur.

Hasil yang diperoleh dari gambar b tinggi minimum gelombang signifikan yang terjadi di Teluk Jakarta mencapai 0,01 – 0,15m yang di tandai dengan warna biru dengan arah pergerakannya tidak diketahui. Dari hasil tersebut dapat menjelaskan pengaruh tinggi gelombang terhadap arah pergerakan gelombang sangat jelas, dimana semakin tinggi gelombang yang terjadi maka arah pergerakannya akan lebih jelas, sebaliknya semakin rendah gelombang arah pergerakannya juga tidak diketahui.

Tabel 2. Spesifikasi peralatan CTD
Table 2. CTD equipment specifications

Stasiun	Tinggi Maks (m)	Jam	Tinggi min (m)	Jam
1	0,99	07.00	0,02	01.00
2	1,04	09.00	0,02	01.00
3	1,55	09.00	0,02	01.00

Tinggi Gelombang Signifikan Per Stasiun

Tinggi gelombang signifikan berdasarkan titik stasiun di perairan teluk Jakarta tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel 1 di atas diperoleh tinggi gelombang maksimum yang terjadi di perairan teluk Jakarta terdapat pada stasiun 3 dengan tinggi mencapai 1,55 m dengan tinggi gelombang minimum mencapai 0,02 m. Berdasarkan hasil tinggi gelombang dari 3 stasiun tersebut diperoleh rata-rata tinggi gelombang signifikan yang terjadi di perairan Teluk Jakarta mencapai 0,31 m.

Validasi Model

Hasil dari running model gelombang laut selama 20 hari akan dilakukan validasi untuk dilihat seberapa akurat antara data hasil model dengan data hasil observasi di perairan Teluk Jakarta bulan Januari 2024 dapat dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan gambar 8 perbandingan antara tinggi gelombang pengamatan dan tinggi gelombang model di perairan Teluk Jakarta diperoleh nilai RMSE mencapai 0,0612 dengan. Dari hasil simulasi model tersebut mendekati hasil model yang baik, sesuai dengan (Diputra *et al.* 2022; Wibowo, *et al.*, 2023) bahwa hasil nilai RMSE menandakan hasil simulasi model dikatakan baik atau mendekati kondisi lapangan apabila nilai RMSE nya lebih kecil dari 0,05. Perbedaan yang sangat tinggi terhadap tinggi gelombang model dan pengamatan pada tanggal 15, 17 dan 19 terjadi karena di akibatkan oleh gelombang yang di bangkitkan dari pergerakan kapal yang keluar ataupun masuk di dermaga Marina Ancol. Kemungkinan besar kapal-kapal yang keluar masuk pada tanggal 15, 17,



Gambar 8. Validasi antara model dan observasi.
Figure 8. Validation between model and observation.

dan 19 tersebut lebih besar di bandingkan kapal-kapal yang masuk biasanya di karena daya bangkit gelombang yang di dihasilkan begitu tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari hasil simulasi pemodelan gelombang ini adalah: Hasil interpolasi batimetri dan garis pantai kedalaman perairan Teluk Jakarta mencapai 6 – 24 m di area Teluk dan 78 m di luar Teluk. Kecepatan angin di Teluk Jakarta bulan Januari 2024 mencapai 1,4 – 4,2 m/s dengan dominan arah datang dari Utara dengan variasi dari Barat Laut dan Timur Laut. Tinggi gelombang laut maksimum 0,42 m dan minimum 0,01 m dengan rata-rata 0,13 m. Hasil simulasi gelombang berdasarkan Mike 21 di perairan Teluk Jakarta bulan Januari 2024, rata-rata tinggi gelombang signifikan yaitu 0,312 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Seluruh penulis artikel ini adalah kontributor utama. Artikel ini merupakan bagian dari Kerja Praktek Tingkat Akhir (KPA) penulis pertama yang dibimbing teknis pengukuran di laut oleh penulis kedua dan penulis kelima. Simulasi pemodelan dan penulisan artikel dibimbing teknis oleh penulis keenam dan ketujuh. Pembimbing ketiga dan keempat tak henti-hentinya memberikan motivasi dan dukungan moril. KPA dilaksanakan di Laboratorium Hidro-Oseanografi STTAL di Kelapa Gading Barat Jakarta Utara.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, T, Pranowo, W. S., & Zulhzm, A. (2014) Dinamika Teluk Jakarta. *Analisis prediksi dampak Pembangunan tanggul laut Jakarta* (Jakarta giant sea wall). Ed 1. Bogor (16128). IPB Press. 96 halaman.
- Azies, I. A, Pranowo, W. S., & Putra, I. W. S. E. (2024). Karakteristik Kecepatan Hanyut Gelombang Di Teluk Jakarta Tahun 2012 – 2021. *Jurnal Chart Datum*, 9(2), 91-112.
- Binilang, A. (2014). Analysis of Wave Characteristics on the Beach of Belang Subdistrict, Southeast Minahasa Regency. *Journal of Civil-Techno*, 12 (60), 46–56.
- Dauhan, S. K., Tawas, H., Tangkudung, H., & Mamoto, J. D. (2013). Analisis Karakteristik Gelombang

Pecah Terhadap. *Jurnal Sipil Statik*, 1(12), 784-96.

Journal of Marine Sciences, 10(3), 169-176.

- Diputra, A. E., S., S. M., Pranowo, W. S., & Adrianto, D. (2022). Studi Hidrodinamika Dan Pola Sebaran Sedimen Pada Perencanaan Pembangunan Dermaga Pangkalan TNI AL Di Teluk Ratai - Lampung. *Jurnal Chart Datum* 4(2), 75–86. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v4i2.129>.
- Malik, K., Pranowo, W. S., Sukoco, N. B., Adrianto, D., Setiyadi, J., & Handoko, D. (2023). Hydrodynamic Characteristics of the Lombok Strait During the 2022 West Monsoon Peak and Estimation of Ocean Current Power Generation Potential. *Computational And Experimental Research In Materials And Renewable Energy* 6(2), 72. <https://doi.org/10.19184/cerimre.v6i2.43786>.
- Mustikasari, E., & Rustam, A. (2019). Karakteristik Fisis Air Laut Dan Dinamika Perairan Kepulauan Seribu. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(2). <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v12i2.5>.
- Ningsih, I. S., Denny Nugroho S, Fauzi Budi Prasetyo, Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan, Universitas Diponegoro, Jl Prof, H Soedharto Sh, Tembalang Semarang, and Telp Fax. 2013. “Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau” 2 (may 2012): 179–88.
- Soleman., Adrianto, D., Dharma, C. S., & Ibrahim, A. L. (2017). Verifikasi Data Gelombang Alat Luwes Dengan RBR Duo (Study Kasus Di Perairan Ancol Jakarta Utara). *Jurnal Hidropilar* 3(1), 11–19. <https://doi.org/10.37875/hidropilar.v3i1.53>.
- Breivik, O, Bidlot, J. R., & Janssen, P. A. E. M. (2016). A Stokes drift approximation based on the Philips spectrum. *Ocean Modelling*. 100, 49 – 56. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2016.01.005>
- DHI. (2017). Flow Model FM Module Scientific And Spectral Wave FM Document. DHI : Denmark. https://manualas.mikepoweredbydhi.heip/latest/Coast_and_sea/mike_fm_hd_3d.pdf
- Hadi, S., Nining, S. N., & Kandaga, P. (2005). Studi Awal Pemodelan Medan Gelombang di Laut Jawa dan Karakteristik Spektrum Energi Gelombang di Teluk Jakarta. *ILMU KELAUTAN: Indonesian*

