

KARAKTER TINGGI GELOMBANG SIGNIFIKAN, DINAMIKA MUKA LAUT DAN SIRKULASI ARUS PERMUKAN LAUT DI TELUK JAKARTA BERDASARKAN DATA MODEL GLOBAL

CHARACTERISTICS OF SIGNIFICANT WAVE HEIGHTS, SEA SURFACE HEIGHT DYNAMICS, AND SURFACE CURRENT CIRCULATION IN JAKARTA COASTAL BAY BASED ON GLOBAL MODEL DATA

Johar Setiyadi^{1,2}, Dadang Handoko^{3,4}, Tarisa Lestari Ayuningsih⁵, Kurnia Malik⁴,
Aida Sartimbul⁵, Widodo Setiyo Pranowo^{2,6}

¹Program Studi S3 Geomatika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

²Program Studi S2 Oseanografi, Sekolah Tinggi Teknologi Angkatan Laut (STAL), Jakarta

³Program Studi S3 Teknologi Kelautan, IPB University Bogor

⁴Program Studi S1 Hidrografi, STAL, Jakarta

⁵Program Studi S1 Ilmu Kelautan, FPIK, Universitas Brawijaya

⁶Pusat Riset Iklim dan Atmosfer, BRIN, Bandung

e-mail : jsetiyadi99@gmail.com

Diterima tanggal: 4 JULI 2024 ; diterima setelah perbaikan: 8 JULI 2024 ; Disetujui tanggal: 11 JULI 2024

ABSTRAK

Teluk Jakarta merupakan wilayah yang memiliki peran yang sangat penting untuk mendukung aktivitas maritim seperti menjadi tempat transportasi laut, pariwisata, industri dan pemukiman untuk penduduk sekitar. Sehingga perlunya dilakukan analisis pola pergerakan arus dan gelombang untuk menunjang kegiatan yang ada. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pola pergerakan gelombang dan arus di Teluk Jakarta pada puncak tiap-tiap musim, yaitu musim barat (Januari 2023), musim peralihan pertama (April 2023), musim timur (Juli 2022), dan musim peralihan kedua (Oktober 2022) dengan menggunakan data global arsip *CMEMS Marine Copernicus. Ocean Data View* dan MS Excel digunakan untuk mengolah dan menganalisis data. Berdasarkan hasil analisis, didapatkan, kecepatan maksimum arus (0,49 m/s) terjadi pada musim Barat dengan pola pergerakan dominan menuju ke timur, dimana sirkulasi ini dibangkitkan oleh gradien tinggi muka laut. Ketinggian gelombang signifikan maksimal (1,11 m) juga terjadi pada musim barat dengan pola penjalaran gelombang mengikuti arah tiupan angin.

Kata kunci: Teluk Jakarta, Pola Arus, Tinggi Gelombang Signifikan.

ABSTRACT

Jakarta Coastal Bay is an area that has a very important role to support maritime activities such as being a place for sea transportation, tourism, industry and settlements for the surrounding population. It is necessary to analyze the characteristics of hydrodynamics to support existing activities. The purpose of this study is to analyze/evaluate recent existing the characteristics of current circulation, sea surface height dynamics and significant wave height during east monsoon (July 2022), second transition (October 2022), west monsoon (January 2023), and first transition (April 2023). Ocean Data View software and Microsoft Excel have been used for this research. The maximum current speed (0.49 m/s) has been found during west monsoon which circulate from west to east, causing by sea level gradient. Meanwhile, the maximum significant wave height (1.11 m) has also happened during west monsoon, which propagate follows monsoonal winds.

Key words: Jakarta Bay, Current Pattern, Wave Significant Height.

PENDAHULUAN

Teluk Jakarta merupakan sebuah perairan di wilayah laut Jawa yang letaknya berada di bagian utara Provinsi DKI Jakarta dan memiliki luasan sekitar 514 km² (Harryando *et al.*, 2017). Menurut Indriani *et al.* (2010) menyatakan bahwa, perairan Teluk Jakarta memiliki peranan yang sangat penting dalam mendukung adanya berbagai aktivitas kemaritiman seperti sebagai sarana transportasi laut, pariwisata, perindustrian maupun sebagai tempat pemukiman bagi masyarakat di wilayah pesisir. Oleh karena itu Muhazzir *et al.*, (2012) menyatakan perlunya mengetahui informasi mengenai fenomena fisika kelautan seperti pasang surut, arus laut dan gelombang, dalam pengembangan wilayah perairan, seperti pembangunan dan pengembangan pelabuhan (Maryan *et al.*, 2021).

Melihat aktivitas kemaritiman yang tinggi di wilayah teluk Jakarta memungkinkan distribusi limbah yang besar area teluk (Indriani *et al.*, 2010), oleh karena itu mengetahui pola arus sangat diperlukan agar mendapatkan gambaran sejauh mana distribusi limbah tersebut menyebar dan mempengaruhi ekosistem. Pola tinggi gelombang juga sangat diperlukan selain untuk pengembangan bangunan pantai di wilayah teluk Jakarta, juga sebagai bahan untuk menganalisa peningkatan tinggi muka air laut tiap tahunnya dan pengaruhnya terhadap struktur bangunan pantai (Triatmodjo, 1996). Selain itu informasi yang akurat terkait kondisi suatu kawasan laut akan memberikan manfaat yang sangat besar. Karena akan memberikan informasi waktu ideal untuk melakukan pelayaran, identifikasi segala permasalahan pantai akibat sedimentasi, sebaran polutan di suatu perairan, dan mitigasi bahaya banjir akibat banjir rob dari arah laut (Bachtiar & Sembiring, 2015).

Menurut Salam *et al.* (2022) arus merupakan pergerakan horizontal maupun vertikal dari massa air yang di sebabkan oleh berbagai faktor penggerak seperti angin, perbedaan gradien tekanan, perubahan densitas, dan pengaruh pasang surut air laut. Gelombang laut merupakan naik turunnya air laut yang membentuk pola sinusoidal yang dominan disebabkan oleh angin yang bertiup secara terus menerus (Liufandy *et al.*, 2022).

Untuk mendapatkan gambaran utuh pola tinggi gelombang dan arus dalam kurun waktu tertentu pada suatu area, secara praktis dapat menggunakan data global seperti *website Marine Copernicus* <https://marine.copernicus.eu/>. Hal ini karena untuk

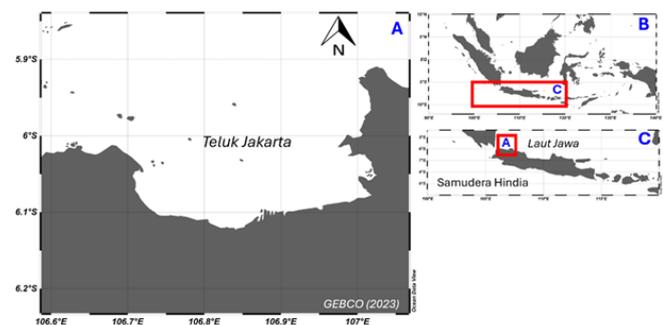
mendapatkan gambaran data gelombang dan arus secara insitu diperlukan kerapatan stasiun pengambilan data yang mewakili daerah tersebut dan waktu yang cukup lama, sehingga memerlukan biaya yang cukup tinggi.

Penelitian ini merupakan studi pendahuluan kondisi terkini untuk mendapatkan karakter hidrodinamika tentang gambaran pola sirkulasi arus terhadap dinamika muka laut, dan penjalaran gelombang di wilayah perairan Teluk Jakarta. Hasil studi pendahuluan ini nantinya akan digunakan untuk riset lanjutan tentang kadaster laut.

BAHAN DAN METODE

Dalam melakukan analisis arus laut dan gelombang di Teluk Jakarta, dalam penelitian ini selain mengumpulkan data global mengumpulkan literatur dari penelitian sebelumnya. Sehingga hasil yang didapat dari pengolahan data global tersebut dapat dianalisis dan dikaitkan dengan literatur yang sudah ada sehingga hasil yang didapat diharapkan berkesinambungan. Gambar 1 merupakan peta lokasi penelitian

Data yang digunakan dalam menganalisis pergerakan arus laut di wilayah Teluk Jakarta pada puncak musim bulan Juli 2022, Oktober 2022, Januari 2023 dan April 2023 berasal dari CMEMS (*Copernicus Marine Environment Monitoring Service*) <https://marine.copernicus.eu/>. Data yang diunduh berupa data arus (V_0 dan U_0), data *Sea surface wave significant height* (SWH) dan data *Sea surface height above geoid* (SSH). Setelah data terunduh, kemudian dapat melakukan pengolahan menggunakan software ODV atau *Ocean Data View* (Schlitzer, 2022), yang

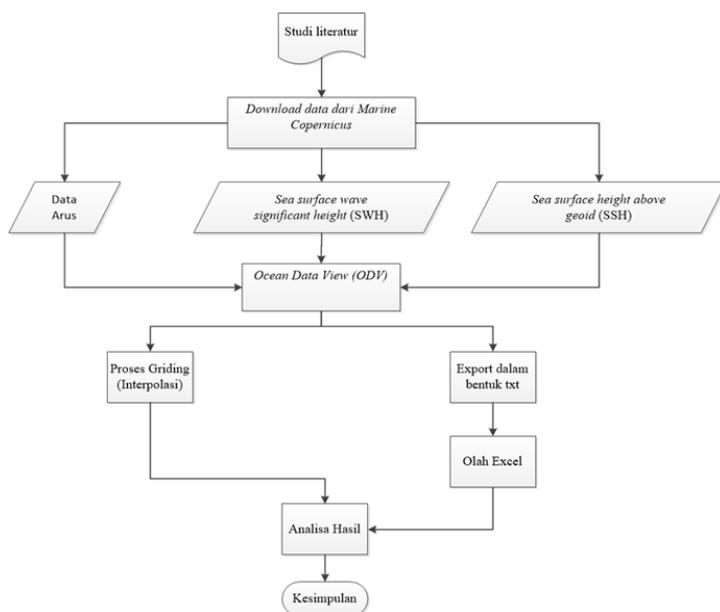


Gambar 1. Area Lokasi Penelitian adalah Teluk Jakarta (A) yang merupakan bagian dari Laut Jawa (C) Benua Maritim Indonesia (B).

Figure 1. The research area is Jakarta Coastal Bay (A), which is part of the Java Sea (C) in the Indonesian Maritime Continent (B).

merupakan aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk eksplorasi interaktif dan menampilkan grafis oseanografi, data profil, lintasan, atau rangkaian waktu yang direferensikan secara geografis lainnya. ODV memungkinkan pengguna memelihara dan menganalisis dataset yang sangat besar pada perangkat keras yang murah dan portabel. Berbagai jenis output grafis dapat dihasilkan dengan mudah, termasuk peta stasiun berkualitas tinggi, plot properti-properti umum dari satu stasiun atau lebih, plot sebaran stasiun yang dipilih, plot bagian di sepanjang jalur pelayaran dan distribusi properti pada isosurfaces umum (Abidin, 2022).

Pengolahan data pada ODV dapat dilakukan dengan memasukkan file .nc yang telah diunduh dan mengubah waktu pada subset dimension menjadi setengah dari waktu yang ada. Kemudian dapat mengubah *layout* template menjadi 1 *surface window*. Selanjutnya dapat membuat *contour grid* data dengan memilih DIVA gridding dan menyesuaikan panjang skala yang dapat menutupi seluruh wilayah perairan. Untuk tahapan selanjutnya dapat membuat *overlay window* dan mengubah komponen dengan arrows dan mengisinya menjadi data X dan Y. Setelah semua selesai kemudian data dapat di *save*. Gambar 2 menunjukkan diagram alir penelitian.



Gambar 2. Diagram alir kerja.
Figure 2. Workflow diagram.

HASIL DAN PEMBAHASAN

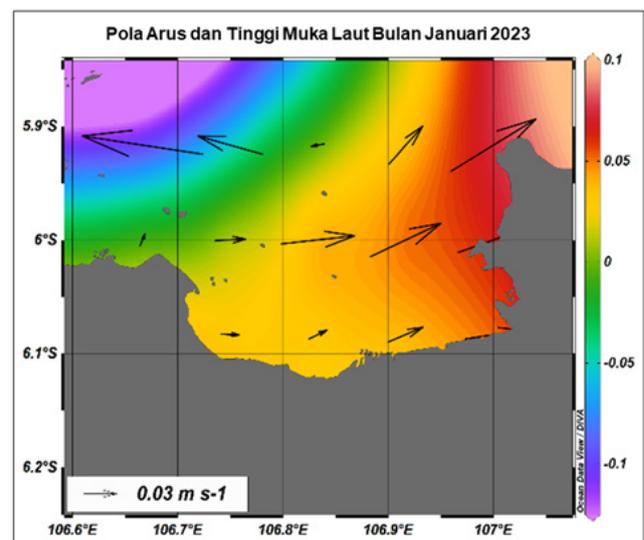
Karakter Sirkulasi Arus dan Dinamika Tinggi Muka Laut

Hasil overlay data arus dengan *Sea surface height above geoid* (SSH) (tinggi muka laut) pada puncak-puncak musim dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6. Sirkulasi arus diindikasikan dengan vektor panah, yang menunjukkan arah arus, dengan panjang vektor panah sebagai skala kecepatan arus (Mustikasari & Rustam, 2019). Sedangkan, gradasi warna menunjukkan ketinggian muka laut di atas geoid (Budiyanto *et al.*, 2018; Hirmawan *et al.*, 2021).

Secara umum, pola sirkulasi dan kecepatan arus secara umum masih sama dengan observasi yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya dengan domain yang lebih regional, seperti yang dilakukan oleh Siregar *et al.* (2017) di Laut Jawa, dan dengan domain yang lebih kecil yang berada di dalam Teluk Jakarta seperti yang dilakukan oleh Maryan *et al.* (2019) di wilayah perairan Tanjung Priuk, termasuk penelitian tentang dinamika muka laut seperti yang telah dilakukan oleh Amalina *et al.* (2019) yang mengamati pasang surut muka laut di Teluk Jakarta selama 20 tahun.

Musim Barat

Gambar 3 merupakan pola pergerakan arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Barat yang terjadi pada bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta.



Gambar 3. Pola sirkulasi arus dan tinggi muka laut pada musim barat (Januari 2023).

Figure 3. Current circulation and sea level distribution patterns during the west monsoon (January 2023).

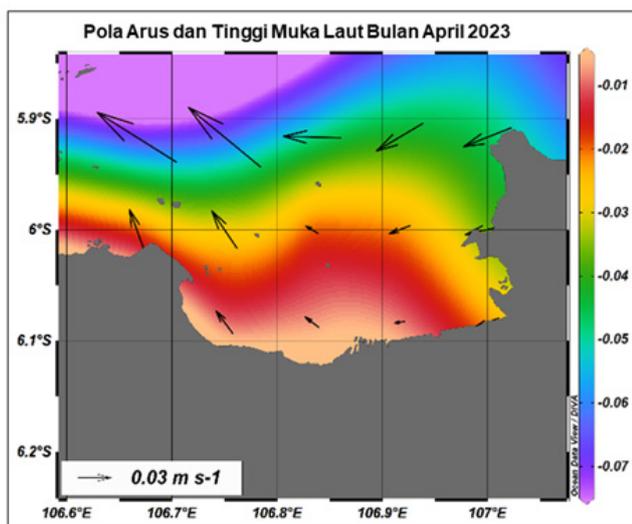
Berdasarkan hasil olah data arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Barat bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan kecepatan arus maksimal sebesar 0,48559 m/s dan kecepatan arus minimum sebesar 0,00001 m/s dengan rata-rata kecepatan sebesar 0,08202 m/s dan arah arus dominan dari Barat menuju Timur. Sedangkan untuk tinggi muka laut maksimum maksimal sebesar 0,70m dan tinggi muka laut minimum sebesar 0,49m.

Musim Peralihan Pertama

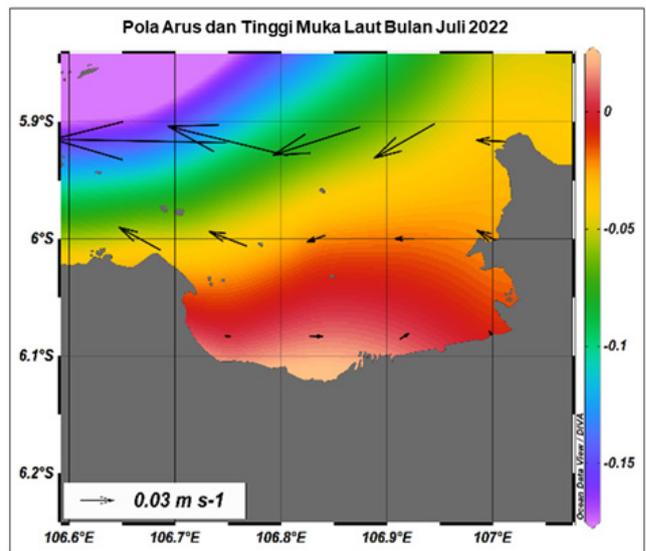
Gambar 4 merupakan pola pergerakan arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Peralihan I yang terjadi pada bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta. Berdasarkan hasil olah data arus pada puncak musim Peralihan I bulan April 2023 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan kecepatan arus maksimal sebesar 0,36449 m/s dan kecepatan arus minimum sebesar 0,00013 m/s dengan rata-rata kecepatan sebesar 0,07152 m/s dan arah arus dominan dari arah Timur ke arah Barat. Sedangkan untuk tinggi muka laut maksimal sebesar 0,70m dan tinggi muka laut minimum sebesar 0,43m.

Musim Timur

Berikut merupakan pola pergerakan arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Timur yang terjadi pada bulan Juli 2022 di wilayah Teluk Jakarta. Berdasarkan hasil olah data arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Timur bulan Juli 2022 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan kecepatan arus maksimal sebesar 0,36052 m/s dan kecepatan arus minimum sebesar 0,00006 m/s dengan rata-rata kecepatan arus sebesar 0,08730 m/s



Gambar 4. Pola sirkulasi arus dan tinggi muka laut pada musim peralihan pertama (April 2023).
 Figure 4. Current circulation and sea level distribution patterns during the first transitional monsoon (April 2023).

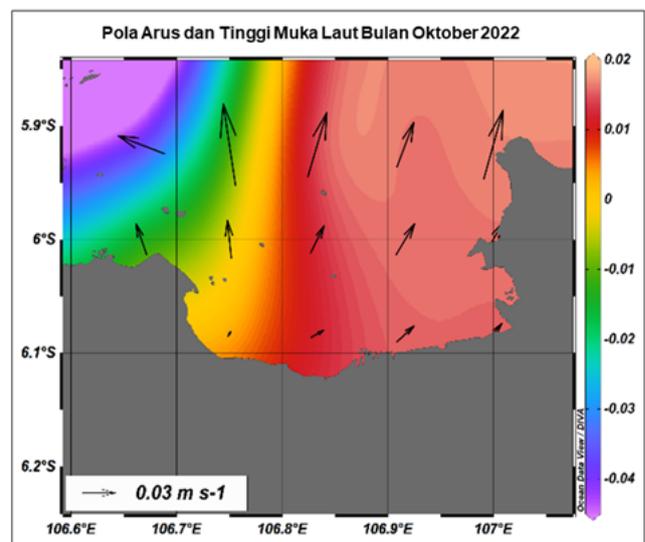


Gambar 5. Pola sirkulasi arus dan tinggi muka laut musim timur (Juli 2022).
 Figure 5. Current circulation and sea level distribution patterns during the east monsoon (July 2022).

dan arah arus dominan menuju ke Barat. Sedangkan untuk tinggi muka laut maksimum sebesar 0,80m dan tinggi muka laut minimum sebesar 0,67m dengan rata-rata ketinggian muka laut sebesar 0,73 m/s.

Musim Peralihan Kedua

Gambar 6 merupakan pola pergerakan arus dan tinggi muka laut pada puncak musim Peralihan II yang terjadi pada bulan Juli 2022 di wilayah Teluk Jakarta. Berdasarkan hasil olah data arus dan tinggi muka



Gambar 6. Pola sirkulasi arus dan tinggi muka laut pada musim peralihan kedua (Oktober 2022).
 Figure 6. Current circulation and sea level distribution patterns during the second transitional monsoon October (2022).

laut pada puncak musim Peralihan II bulan Oktober 2022 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan kecepatan arus maksimal sebesar 0,34815 m/s dan kecepatan arus minimum sebesar 0,00006 m/s dengan rata-rata kecepatan sebesar 0,05990 m/s dan arah arus dominan dari Selatan menuju Utara. Sedangkan untuk tinggi muka laut maksimal sebesar 0,74 m dan tinggi muka laut minimum sebesar 0.58 m.

Melihat hasil pengolahan dari data global, menunjukkan bahwa pola arus yang terjadi di area Teluk Jakarta merupakan arus yang searah dengan garis pantai (longshore current). Namun pola arus yang terjadi pada puncak musim peralihan II pada bulan Oktober 2022 menunjukkan pola arus menjauh dari pantai menuju laut. Menurut Hapsari *et al.*, (2022) didapatkan kecepatan arus maksimum sebesar 0,312095 m/s dengan arah dominan dari arah barat menuju ke timur laut. Pada literatur Soerjowo dan Maryanto, (2018) bahwa pola pergerakan arus pada saat pasang akan bergerak dari arah Barat laut menuju ke arah Selatan dan bergerak sejajar dengan pantai. Sedangkan pada saat surut, arus akan bergerak dari arah Selatan menuju arah Barat laut atau mengarah ke laut dengan kecepatan arus pada lapisan dasar sebesar 0,141 m/s. sedangkan menurut Yuliasari *et al.*, (2012) pada saat kondisi pasang arah arus cenderung ke arah Timur Laut – Barat dan pada saat surut arah arus ke arah Barat –Timur laut dengan kecepatan arus 0,004 m/s – 0,13 m/s.

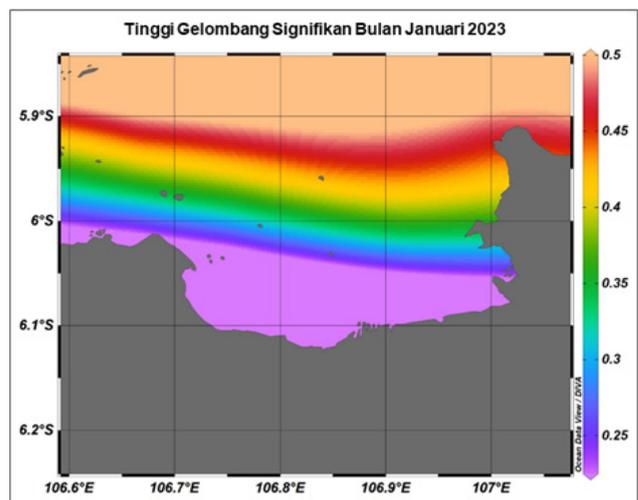
Karakter Tinggi Gelombang Signifikan

Gambar 7 merupakan hasil olah data Sea surface wave significant height (SWH) (tinggi gelombang signifikan) pada puncak musim bulan Juli 2022, Oktober 2022, Januari 2023 dan April 2023 yang dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9 dan Gambar 10 dengan gradasi warna menunjukkan tingkat ketinggian gelombang dengan pola penjalaran dan ketinggian yang masih berada didalam kisaran hasil riset yang jangka observasinya lebih Panjang yakni 9 – 10 tahun, seperti yang telah dilakukan oleh Wicaksana *et al.* (2015) dan Muliati *et al.* (2018) dengan domain observasi yang lebih regional yakni Laut Jawa.

Musim Barat

Gambar 8 merupakan tinggi gelombang signifikan pada puncak musim Barat yang terjadi pada bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta.

Berdasarkan data global menunjukkan ketinggian gelombang signifikan pada bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan ketinggian gelombang rata-rata sebesar 0.40 m, dengan ketinggian



Gambar 7. Tinggi gelombang signifikan pada musim barat (Januari 2023).

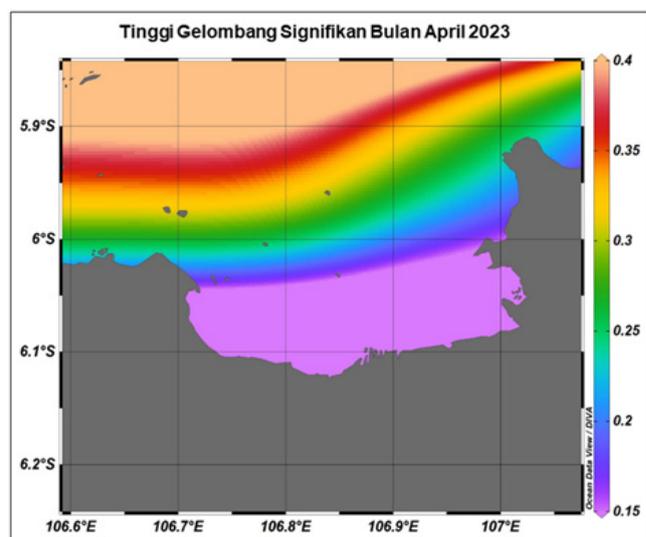
Figure 7. Significant wave height during the west monsoon (January 2023).

gelombang maksimal sebesar 1.11 m dan ketinggian gelombang minimum sebesar 0.01 m.

Musim Peralihan Pertama

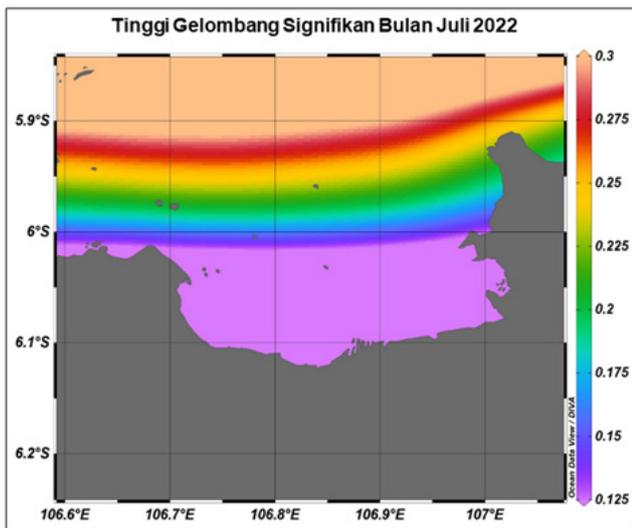
Gambar 8 merupakan tinggi gelombang signifikan pada puncak musim Peralihan I yang terjadi pada bulan April 2023 di wilayah Teluk Jakarta.

Berdasarkan data global menunjukkan ketinggian gelombang signifikan pada bulan Januari 2023 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan ketinggian gelombang rata-rata sebesar 0.21 m, dengan ketinggian



Gambar 8. Tinggi gelombang signifikan pada musim peralihan pertama (April 2023).

Figure 8. Significant wave height during the first transition monsoon (April 2023).



Gambar 9. Tinggi gelombang signifikan pada musim timur (Juli 2022).

Figure 9. Significant wave height during the east monsoon (July 2022)

gelombang maksimal sebesar 0.72 m dan ketinggian gelombang minimum sebesar 0.02 m.

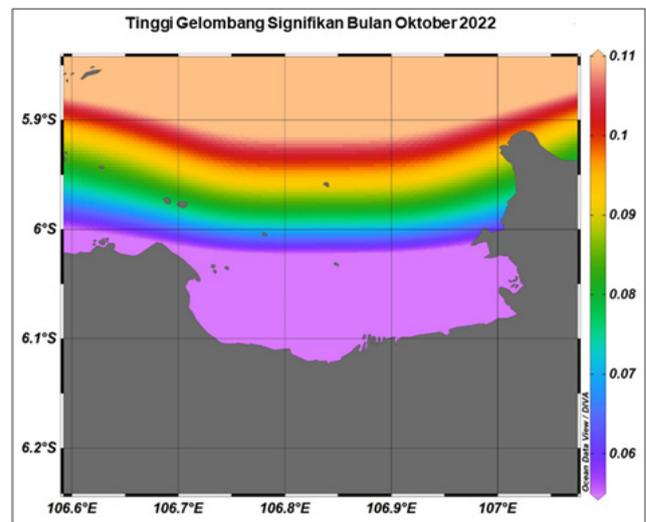
Musim Timur

Gambar 9 merupakan tinggi gelombang signifikan pada puncak musim Timur yang terjadi pada bulan Juli 2022 di wilayah Teluk Jakarta. Berdasarkan data global menunjukkan ketinggian gelombang signifikan pada bulan Juli 2022 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan ketinggian gelombang rata-rata sebesar 0.29 m, dengan ketinggian gelombang maksimal sebesar 0.80 m dan ketinggian gelombang minimum sebesar 0.02 m.

2.4. Musim Peralihan Kedua

Gambar 10 merupakan tinggi gelombang signifikan pada puncak musim Peralihan II yang terjadi pada bulan Oktober 2022 di wilayah Teluk Jakarta. Berdasarkan ketinggian gelombang signifikan pada bulan Oktober 2022 di wilayah Teluk Jakarta didapatkan ketinggian gelombang rata-rata sebesar 0.15 m, dengan ketinggian gelombang maksimal sebesar 0.70 m dan ketinggian gelombang minimum sebesar 0.01 m.

Hasil pengolahan gelombang data global menunjukkan pola perambatan tinggi gelombang di daerah Teluk Jakarta akan berkurang ketika memasuki daerah Teluk. Menurut Harryando *et al.*, (2017) berdasarkan hasil pengukuran gelombang dari tanggal 27 – 30 April 2016 di Pantai Marina Ancol didapatkan kisaran tinggi gelombang antara 0,27 – 0,35 meter dengan kisaran periode antara 2,18 – 4,88 detik. Sedangkan untuk tinggi gelombang maksimum yang terjadi yaitu 0,35



Gambar 10. Tinggi gelombang signifikan pada musim peralihan kedua (Oktober 2022).

Figure 10. Significant wave height during the second transition monsoon (October 2022).

meter dengan periode gelombang maksimum sebesar 4,88 detik. Berdasarkan hasil peramalan gelombang selama 10 tahun diketahui bahwa tinggi gelombang berkisar antara 0,042 hingga 1,896 meter dengan kisaran periode antara 3,042 – 6,492 detik. Untuk tinggi gelombang tertinggi terjadi pada musim barat dengan ketinggian 1,89 meter dengan periode 6,49 detik dan untuk tinggi gelombang signifikan yang terjadi pada musim barat lebih besar dibandingkan dengan musim peralihan 2 dan musim timur, hal itu terjadi karena wilayah yang diteliti memiliki topografi teluk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil olah data global menunjukkan pola pergerakan arus di perairan Teluk Jakarta pada puncak tiap-tiap musim, didapatkan nilai kecepatan arus maksimum terbesar berada pada musim Barat atau pada bulan Januari 2023 dengan kecepatan 0.49 m/s dengan pergerakan arah domain arus dari Barat menuju Timur. Kemudian untuk kecepatan arus maksimum terkecil berada pada musim Peralihan II atau pada bulan Oktober 2022 dengan kecepatan arus 0.35 m/s dengan pergerakan arus dominan dari Selatan menuju Utara. Tinggi gelombang signifikan paling tinggi terjadi pada bulan Januari 2023 dengan ketinggian maksimum sebesar 1.11 m dan yang paling rendah pada bulan Oktober 2022 dengan ketinggian 0.7 m. Karakter hidrodinamika ini merupakan hasil studi pendahuluan yang kemudian akan digunakan untuk input data kepada riset selanjutnya, yakni model geospasial untuk purwarupa kadaster laut Teluk Jakarta.

UCAPAN TERIMA KASIH

USeluruh penulis adalah kontributor utama. Artikel ini merupakan bagian dari studi pendahuluan dan kompilasi data sekunder dalam rangka studi disertasi penulis pertama yang diolah dan dianalisis bersama para penulis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. ., Nuryasin, N., Susanto, T., Pranowo, W. S., Khitami, R., Setiyadi, J., & Sigit Kurniawan, E. (2023). Pemutahiran Basis Data Fusi-Oceanografi dengan Variabel Suhu Konservatif dan Arus Laut. *Jurnal Hidropilar*, 8(2), 115–124. <https://doi.org/10.37875/hidropilar.v8i2.249>.
- Amalina, A.D., Atmodjo, W., & Pranowo, W. S. (2019). Karakteristik Pasang Surut di Teluk Jakarta Berdasarkan Data 253 Bulan. *Jurnal Riset Jakarta*, 12(1), 25-36. <https://doi.org/10.37439/jurnaldrd.v12i1.7>
- Bachtiar, H., & Sembiring, L. (2015). Usaha Awal Pengembangan Dan Validasi Model Hidrodinamika Di Laut Utara Jawa; Derivatif Model Detail Pasang Surut Dari Model South China Sea. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 6, 117–130.
- Budiyanto, A., Pranowo, W. S., & Simanjutak, S. M. (2018). Pembuatan Peta Konstanta Pasang Surut Selat Sunda Berdasarkan Data Pasang Surut Model TMD. *Jurnal Hidropilar*, 4(2), 59–68. <https://doi.org/10.37875/hidropilar.v4i2.187>
- Hapsari, L. P., Djari, A. A., & Ghifara, A. (2022). Pemodelan Hidrodinamika Pola Arus dan Pasang Surut di Perairan Pulau Tidung. *Maspari Journal*, 2, 79–89.
- Harryando, D., Nugroho, D., & Hariadi. (2017). Studi Tinggi Muka Air Rencana Dan Elevasi Puncak Breakwater Di Pantai Marina Ancol Jakarta. *Jurnal Oseanografi*. 6(1), 39–46.
- Hirmawan, A., Kamija, K., & Adrianto, D. (2021). Studi Komparasi Ragam Model Prediksi Pasang Surut Dengan Data Elevasi Muka Air di Perairan Benoa Bali. *Jurnal Chart Datum*, 7(2), 99–110. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v7i2.214>
- Indriani., Kurniawati, N., & Hendri, M. (2010). Simulasi Pemodelan Arus Pasang Surut di Luar Kolam Pelabuhan Tanjung Priok Menggunakan Perangkat Lunak SMS 8.1. *Maspari Journal*, 1(1), 79–83. DOI: <https://doi.org/10.56064/maspari.v1i1.1130>
- Liufandy, H., Sugianto, D. N., Pranowo, W. S., Setiyadi, J., & Rochaddi, B. (2022). Simulasi Numerik Dampak Badai George dan Jacob (2007) Terhadap Tinggi Gelombang Signifikan pada Laut Selatan Jawa Hingga Nusa Tenggara. *Jurnal Chart Datum*, 8(1), 15–22. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v8i1.224>
- Maryan, Y. S., Pranowo, W. S., Adrianto, D., Kurniawan, A., Sukoco, N. B., Astika, I. M. J. (2021). Modeling The Hydrodynamic Characteristics of Tidal And Monsoonal Currents In Pondok Dayung Port of Tanjung Priok Harbor, Jakarta. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 925(1), 012059.
- Muhazzir., Widada, S., & Ismunarti, Dw. H. (2012). Kajian Pola Arus Laut Sebelum Dan Sesudah Pembangunan Pelabuhan Khusus Pabrikasi Baja Di Perairan Paciran, Kabupaten Lamongan. *Journal of Oceanography*, 1, 69–77.
- Muliati, Y., Tawekal, R. L., Wurjanto, A., Kelvin, J., & Pranowo, W. S. (2018). Application of SWAN Model for Hindcasting Wave Height in Jepara Coastal Waters, North Java, Indonesia. *International Journal of GEOMATE*, 15(48), 114-120.
- 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>
- Schlitzer, R. (2022). Ocean Data View (ODV). <https://odv.awi.de> [diakses pada Agustus 2023]
- Salam, R., Pandoe, W. W., Sudarman, S., & Trismadi, T. (2022). Analisa Laju Sedimentasi dan Transpor Sedimen pada Pembangunan Breakwater Dermaga Lantamal III Pondokdayung di Tanjungpriok Jakarta. *Jurnal Chart Datum*, 2(1), 1–19. <https://doi.org/10.37875/chartdatum.v2i1.67>
- Siregar, S. N., Sari, L. P., Purba, N. P., Pranowo, W. S.,

& Syamsuddin, M. L. (2017). Pertukaran massa air di Laut Jawa terhadap periodisitas monsun dan Arlindo pada tahun 2015. *J. Depik*, 6(1), 44-59. <https://doi.org/10.13170/depik.6.1.5523>

Soerjowo, P. A., & Maryanto, T. I. (2018). Kajian Pola Arus Laut dan Distribusi Sedimen Di Perairan Pantai Muara Kamal Jakarta Utara. *Jurnal Rekayasa Hijau*, 1(1), 34-42. <https://doi.org/10.26760/jrh.v1i1.1335>

Triatmodjo, B. (1996). *Pelabuhan*. Beta Offset, Yogyakarta.

Wicaksana, S., Sofian, I., Pranowo, W.S., Kuswardani, A.R.T.D., Saroso, Sukoco, N.B. (2015). Karakteristik Gelombang Signifikan di Selat Karimata dan Laut Jawa Berdasarkan Rerata Angin 9 Tahunan (2005-2013). *J. Omniakutika*, 11(2), 33-40.

Yuliasari, D., Zainuri, M., & Sugianto, D. N. (2012). Kajian Pola Arus di Pantai Marina Ancol dan Pengaruhnya Terhadap Rencana Reklamasi. *Buletin Oseanografi Marina*, 1, 1-23.