

Characteristics of sea surface current during the second transitional monsoon in the Bangka strait, North Sulawesi, Indonesia

Niken Kusumawardani^{1*}, Rignolda Djamaluddin², Ping Astony Angmalisang², Lusia Manu², Wilmy E. Pelle²

¹Master of Aquatic Science Study Program, Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115, North Sulawesi Province, Indonesia

²Faculty of Fisheries and Marine Science, Sam Ratulangi University, Jl. Kampus Unsrat Bahu, Manado 95115, North Sulawesi Province, Indonesia

*Corresponding author: nikenkusumawardani18@gmail.com

Received: 31 March 2024 – Revised: 25 April 2024 – Accepted: 26 April 2024

ABSTRACT: Understanding the dynamics of surface currents in the Bangka Strait is crucial for various maritime and coastal activities. This strait connects Likupang, a super-priority tourism destination, with other islands in North Sulawesi. These activities include navigation safety, inter-island transportation, fisheries, search and rescue operations, and marine pollution control. This study investigated the characteristics of currents in the strait using a hydrodynamic model called Delft3D. The result revealed that the currents exhibit a tidal pattern, with dominant westward flow during floods and eastward flow during ebb. Maximum sea current velocity during spring tide in the second transition monsoon occurred in September 2022, with an average speed of 102.67 cm/s. Current ellipse analysis confirmed the tidal type of the currents.

Keywords: surface current; hydrodynamic model; Delft3D; Bangka Strait; Indonesia

PENDAHULUAN

Selat Bangka merupakan perairan dangkal dan dipengaruhi oleh dinamika pasang surut. Posisi geografis selat ini, berdasarkan Katalog Peta Laut Indonesia dari Pushidrosal, berada pada koordinat 1°39'46.8" - 1°54'14.4" LU dan 124°56'34.8" - 125°12'7.2" BT (Pushidrosal, 2020). Selat ini termasuk ke dalam wilayah administrasi Kecamatan Likupang, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara, dan merupakan penghubung antara Kota Likupang dengan pulau-pulau lain di Sulawesi Utara. Minimnya kajian mengenai kondisi arus di selat ini membuat wilayah ini menjadi obyek menarik untuk dikaji.

Pengetahuan mengenai karakteristik arus adalah sangat penting, karena dapat digunakan untuk mengkaji berbagai kegiatan yang berhubungan dengan daerah pesisir dan laut, seperti keselamatan pelayaran dan navigasi antar pulau, penangkapan ikan, operasi pencarian dan penyelamatan, serta berkaitan dengan kenyamanan wisatawan yang akan berkunjung ke suatu daerah wisata bahari (Ambarwati *et al.*, 2021). Kurangnya sebaran alat pengukur arus laut yang kontinyu dapat menyebabkan pengamatan lapangan terhadap parameter tersebut di atas sulit dilakukan. Salah satu alternatif untuk mengkaji pola arus laut adalah dengan menggunakan pemodelan hidrodinamika untuk mempermudah dalam menganalisis suatu kondisi perairan, dengan memperhatikan validasi dan kesalahan (error) pada model (Milasari *et al.*, 2021; Saputro *et al.*, 2023).

Pada penelitian ini, kajian terkait arus permukaan laut di Selat Bangka dilakukan. Observasi dilakukan pada musim Peralihan II dengan menggunakan pendekatan pemodelan Delft3D. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk memberikan gambaran mengenai pola arus laut di selat tersebut dan dapat diaplikasikan untuk pemanfaatan dan pengelolaan di bidang kelautan.

MATERIAL DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan data selama 3 bulan (1 September 2022 sampai dengan 31 November 2022). Lokasi penelitian berada di Selat Bangka dengan domain penelitian mencakup daerah yang berada di dalam garis merah dengan posisi geografis 1° 36' 22.68" – 1° 57' 47.84" LU dan 124° 45' 57.6" – 125° 31' 12" BT (Figure 1).

Penentuan titik koordinat stasiun pengambilan data didasarkan pada kondisi perairan, yaitu: Stasiun A, perairan sempit yang terletak antara Pulau Talise dan Pulau Bangka serta mewakili perairan bagian utara Selat Bangka; Stasiun B, mewakili perairan bagian Timur Selat Bangka; Stasiun C, mewakili perairan bagian Selatan Selat Bangka; dan Stasiun D, mewakili perairan bagian barat Selat Bangka. Kondisi batas pemodelan menggunakan kondisi batas terbuka (open boundary) dan kondisi batas tertutup (closed boundary). Kondisi batas terbuka berada di sisi Barat, Utara, Timur, dan sebagian sisi Selatan domain penelitian. Kondisi batas

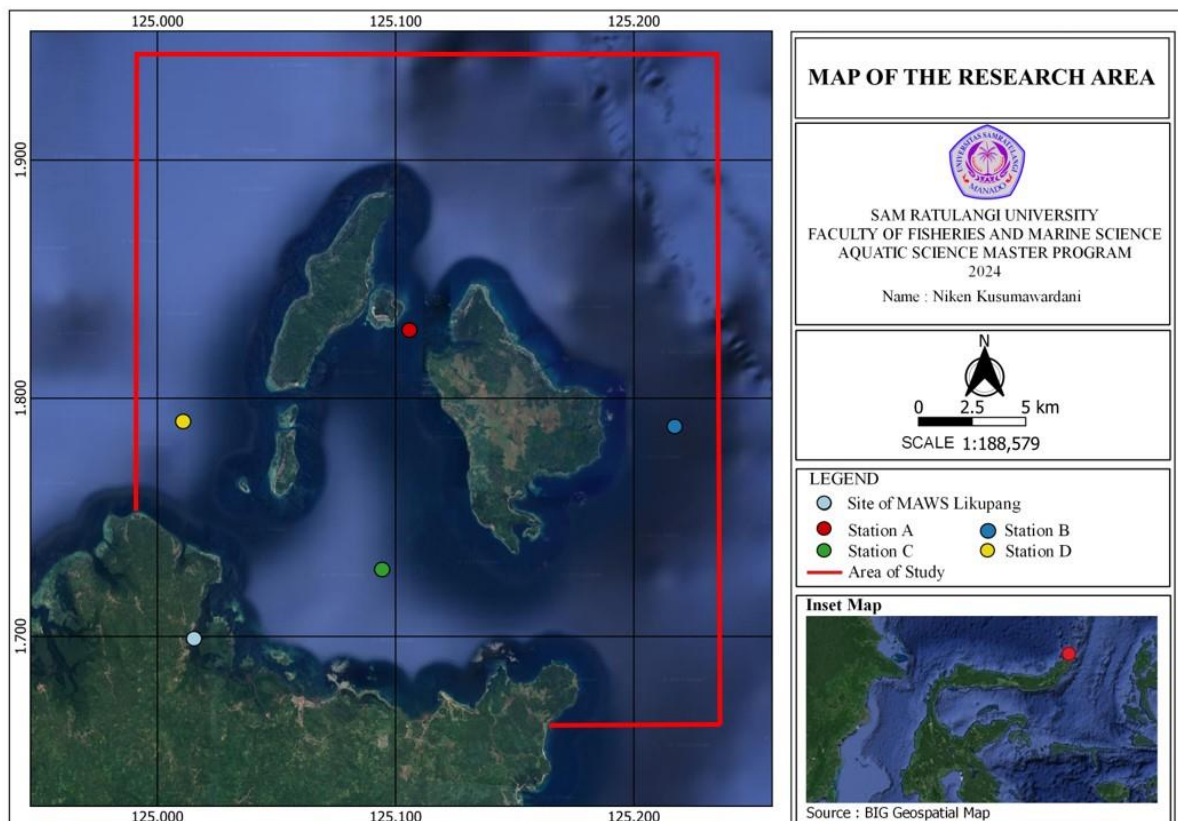


Figure 1. Map of the research area at the Bangka Strait, North Sulawesi, Indonesia

tertutup terdapat di bagian Selatan domain penelitian yang berbatasan dengan wilayah daratan Likupang.

Model hidrodinamika 2 dimensi digunakan dengan menggunakan modul Delft3D-Flow. Modul ini menggunakan persamaan Navier Stokes untuk fluida tak termampatkan di perairan dangkal (Deltares, 2014). Perhitungan model aliran arus di setiap grid dibuat sebagai hasil dari perubahan pasang surut dan angin (Yohanlis and Putri, 2021). Adapun persamaan momentum yang digunakan dalam pemodelan Delft3D, yaitu:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial u}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial \phi} - \frac{v^2}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial R}{\partial \lambda} + \frac{uv}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial (R \cos \phi)}{\partial \phi} - f v = -\frac{1}{R \cos \phi \rho_o} P_\lambda + F_\lambda + \frac{1}{(d+\zeta)^2 \partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right) + M_\lambda \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{u}{R \cos \phi} \frac{\partial v}{\partial \lambda} + \frac{v}{R} \frac{\partial v}{\partial \phi} - \frac{uv}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial (R)}{\partial \lambda} - \frac{u^2}{R^2 \cos \phi} \frac{\partial (R \cos \phi)}{\partial \phi} + f u = -\frac{1}{R \cos \phi \rho_o} P_\phi + F_\phi + \frac{1}{(d+\zeta)^2 \partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right) + M_\phi \quad \dots \dots \dots (2)$$

di mana:

- ϕ : Latitude dalam koordinat speris
- R : Radius bumi (6.378,137 km, WGS84)
- u, v : Kecepatan rata-rata secara horizontal terhadap kedalaman (m/s)
- f : Parameter coriolis (1/s)
- ρ_o : Densitas air laut (kg/m³)
- P : Gradient tekanan hidrostatik (kg/m²s²)
- F : Flux turbulen momentum (m/s²)
- M : Momentum eksternal (m/s²)

Data angin digunakan sebagai model pembangkit arus permukaan laut, yang diperoleh dari situs National Center for Atmospheric Research (NCAR). Data amplitude dan fase komponen pasang surut (M2, S2, K1, O1, K2, P1, Q1, N2, M4, dan MS4) diperoleh dari model pasang surut global TPXO 9.0 sebagai data awal yang digunakan pada daerah open boundary. Data batimetri diperoleh dari the General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO). Data waterlevel diperoleh dari observasi in situ melalui Marine Automatic Weather Station (MAWS) di Likupang sebagai data verifikator.

Data batimetri diolah menggunakan modul RFGRID yang selanjutnya dikombinasikan dengan grid yang telah dibuat untuk menghasilkan data kedalaman menggunakan modul QUICKIN. Proses interpolasi data dilakukan untuk mengisi kekosongan data dalam grid tersebut. Selanjutnya grid, batimetri, data angin, dan data komponen pasang surut dimasukkan ke dalam domain model Delft3D. Penentuan titik-titik observasi dilakukan untuk menganalisis lebih lanjut mengenai arah dominan dan kecepatan angin serta arus rata-rata selama musim peralihan kedua.

Hasil luaran model kemudian di analisis secara spasial melalui grafik mawar angin dan mawar arus untuk melihat pola pergerakan dan kecepatan arus saat kondisi pasang purnama (spring tide) dan pasang perbani (neap tide) di Selat Bangka. Selain itu, untuk melihat pengaruh energi pasang-surut pada arus permukaan, dilakukan juga analisis diagram scatter plot melalui pola elips yang terbentuk di tiap titik observasi.

Table 1
Interpretation of Root Mean Square Error Values (RMSE)

RMSE	Error
0 – 0.29 %	Low
0.3 – 0.59 %	Moderate
0.6 – 0.89 %	High
>0.90 %	Very High

Verifikasi hasil pemodelan dilakukan dengan membandingkan data water level dari pemodelan Delft3D dengan data observasi in situ MAWS Likupang; kemudian, diverifikasi dengan menggunakan formula RMSE untuk melihat sejauh mana error yang dihasilkan oleh model. Tingkat kualitas model berdasarkan nilai RMSE dijelaskan dalam Table 1 (Putra et al., 2021). Adapun persamaan RMSE adalah sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Z_{fi} - Z_{oi})^2}{N}} \dots\dots (3)$$

di mana:

Z_{fi} : Elevasi data observasi

Z_{oi} : Elevasi data model

N : Jumlah data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Verifikasi Model

Verifikasi model Delft3D dilakukan dengan melakukan perbandingan antara data water level dari Delft3D dengan data water level hasil observasi dari MAWS Likupang yang berada pada koordinat 1°41'56.29" LU dan 125°0'54.83" BT. Grafik perbandingan data waterlevel menunjukkan, bahwa setiap bulan terdapat dua kali pasang dan dua kali surut (Fig. 2). Tipe pasang surut yang terjadi di Selat Bangka adalah tipe pasang surut campuran, yang condong kehariian ganda dengan nilai bilangan Formzahl sebesar 0.473.

Nilai RMSE hasil perhitungan sebesar 0.09 meter. Hal ini menunjukkan, bahwa distribusi data waterlevel hasil pemodelan Delft3D hanya memiliki perbedaan sebesar 9 cm lebih tinggi dibandingkan data in situ (Fig. 3). Hal ini menunjukkan, bahwa kedua data water level tersebut mendekati fluktuasi yang sama (perfect fit) dan tingkat kesalahan model masuk dalam kategori rendah. Dengan demikian model Delft3D dapat diaplikasikan untuk analisis lebih lanjut.

Karakteristik Pola Angin di Selat Bangka

Pada saat musim transisi kedua (September-Oktober-November), angin di ke empat titik pengamatan bertiup dominan dari arah barat daya dengan kecepatan maksimum hingga 16 knots (Fig. 4). Kecepatan angin maksimum di Stasiun A yaitu 15.47 knots dari arah barat daya (231°), Stasiun B sebesar 15.67 knots dari arah barat daya (235°), Stasiun C sebesar 16.16 knots dari arah barat daya (232°), dan di Stasiun D sebesar 15.85 knots bertiup dari arah barat daya (228°). Gerak semu matahari menyebabkan terdapat perbedaan tekanan udara di Belahan Bumi Utara (BBU) dan di Belahan Bumi Selatan (BBS). Adanya perbedaan tekanan udara ini mengakibatkan terjadinya pergerakan udara yang dikenal sebagai angin monsun (Rifai et al., 2020). Pada bulan September-Oktober-November, kondisi

angin dipengaruhi oleh transisi antara monsun tenggara dan monsun barat. Tekanan udara di bagian barat daya Indonesia lebih tinggi dibandingkan tekanan udara di bagian timur laut, sehingga angin dominan bertiup dari arah barat daya.

Karakteristik Arus Permukaan Laut di Selat Bangka

Analisis arus laut tiap musim divisualisasikan dalam bentuk mawar arus untuk menunjukkan sebaran arus dalam 8 arah mata angin. Hal ini dilakukan untuk melihat variabilitas arus laut di Selat Bangka pada musim yang berbeda. Mawar arus yang diambil dari beberapa titik sampel memberikan pola arus yang beragam (Fig. 5). Dimana pada saat musim peralihan kedua, pada Stasiun A, arus dominan bergerak menuju Selatan dengan kecepatan arus rata-rata di titik A yaitu sebesar 24.96 cm/s dan kecepatan arus maksimum sebesar 55.4 cm/s menuju ke arah Selatan (182°). Pada Stasiun B, arus dominan bergerak ke arah utara dengan kecepatan arus maksimum sebesar 30 cm/s menuju ke arah utara (355°). Arus di Stasiun C dominan bergerak menuju arah barat laut dengan kecepatan maksimum sebesar 35.86 cm/s menuju ke arah barat laut (304°). Arus di Stasiun D dominan bergerak menuju arah Selatan dengan kecepatan maksimum sebesar 0.65 cm/s menuju ke arah tenggara-selatan (168°).

Jika dilihat arah dominasi pergerakan arus laut dan kondisi angin saat musim peralihan kedua, terlihat bahwa pergerakan arus tidak memiliki kesesuaian dengan arah tiupan angin. Dimana pola arus permukaan akan mengikuti pola angin permukaan (Hadi, 2010), serta dibelokkan pada sudut 45° terhadap arah angin dan dibelokkan ke arah kanan di Belahan Bumi Utara (BBU). Hal ini berarti angin kurang mempengaruhi

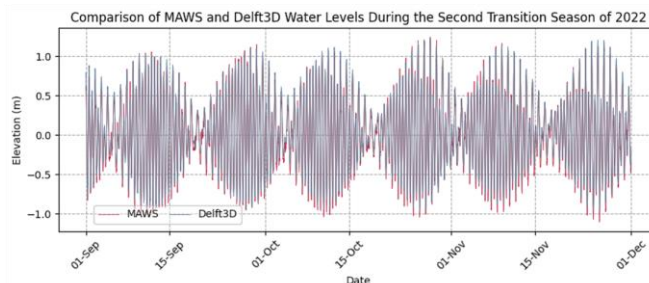


Figure 2. Comparison of MAWS and Delft3D water level data

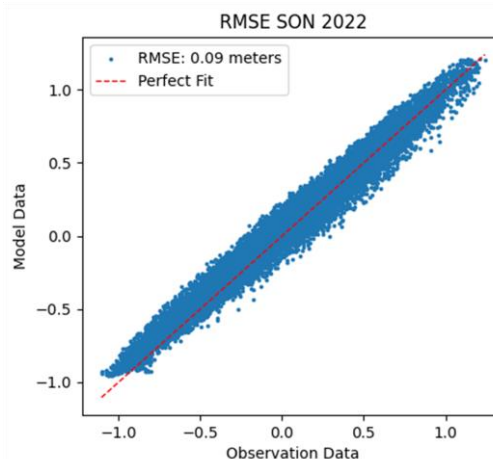


Figure 3. RMSE data of Delft3D

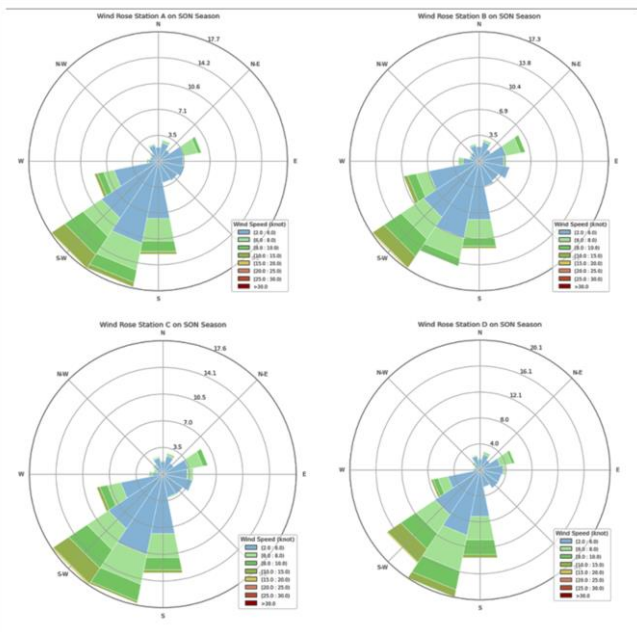


Figure 4. Wind roses at 4 observation stations in the Bangka Strait

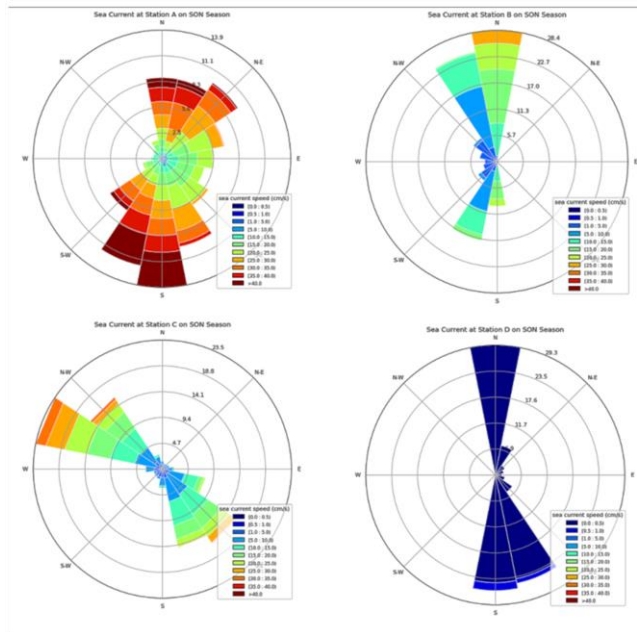


Figure 5. Current roses at 4 observation stations in the Bangka Strait

kondisi arus di Selat Bangka dan terdapat parameter lain yang lebih mempengaruhi kondisi arus di lokasi ini, seperti pasang surut dan topografi dasar laut.

Pada musim peralihan kedua, umumnya kecepatan arus di Selat Bangka berkisar antara 0.0001 cm/s hingga 102.67 cm/s. Arah pergerakan arus saat kondisi pasang dominan bergerak menuju Barat Laut – Timur Laut. Umumnya pada saat fase pasang purnama, kecepatan arus maksimum cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kecepatan arus maksimum pada fase perbani (Table 2). Hal ini disebabkan karena pada saat fase pasang purnama, gaya tarik gravitasi bulan dan matahari berada pada posisi satu garis lurus sehingga terjadi gaya tarik pasang surut yang menguat dan menyebabkan tinggi muka air memiliki gradien lebih besar dan memengaruhi peningkatan kecepatan arus (Prasetyawan et al., 2019).

Pada saat spring tide di bulan September 2022 (Fig. 6), arah pergerakan arus terlihat bergerak ke arah barat laut – timur laut dua jam sebelum terjadinya pasang tertinggi. Sementara itu, ketika menuju surut, arah pergerakan arus bergerak menuju ke timur – selatan. Saat kondisi air mencapai pasang tertinggi dan surut terendah, arah pergerakan arus mulai terlihat tidak beraturan. Kecepatan arus maksimum saat spring tide terjadi tiga jam sebelum surut terendah yaitu 102.67 cm/s. Pada saat neap tide di bulan September 2022, arah pergerakan arus saat kondisi pasang bergerak menuju barat laut – timur laut dengan kecepatan maksimum mencapai 86.33 cm/s.

Arah pergerakan arus saat kondisi spring tide di bulan Oktober 2022 (Fig. 7) terlihat bergerak ke arah barat laut – timur laut tiga jam sebelum terjadinya pasang tertinggi. Sementara itu, ketika menuju surut, arah pergerakan arus bergerak menuju ke timur – selatan. Saat kondisi air mencapai pasang tertinggi dan surut terendah, arah pergerakan arus mulai bergerak tidak beraturan. Kecepatan arus maksimum terjadi dua jam sebelum surut terendah yaitu 94.97 cm/s. Pada saat kondisi pasang ketika neap tide di bulan Oktober 2022, arus bergerak menuju barat laut – timur laut dengan kecepatan maksimum mencapai 78.67 cm/s.

Table 2

Maximum and minimum current speeds during spring and neap tides

Time	Date	Condition	Dominant Current Direction	Current Speed (cm/s)	
				Max	Min
Sep	26	full moon	Northwest to Northeast	102.67	0.00001
		neap		86.33	0.00001
Oct	25	full moon	Northwest to Northeast	94.97	0.00001
		neap		78.67	0.00001
Nov	24	full moon	Northwest to Northeast	101.26	0.00001
		neap		82.28	0.00001

Pada saat spring tide di bulan November 2022 (Fig. 8), arah pergerakan arus terlihat bergerak ke arah barat laut – timur laut sebelum terjadinya pasang tertinggi. Sementara itu, ketika menuju surut, arah pergerakan arus bergerak menuju ke timur – selatan. Saat kondisi air mencapai pasang tertinggi dan surut terendah, arah pergerakan arus mulai terlihat tidak beraturan. Kecepatan arus maksimum terjadi tiga jam sebelum pasang tertinggi yaitu 101.26 cm/s. Pada saat kondisi pasang ketika neap tide di bulan November 2022, arus bergerak menuju barat laut – timur laut dengan kecepatan maksimum mencapai 82.28 cm/s. Arah pergerakan arus di Selat Bangka menunjukkan tipe reversing current (bolak-balik), dimana ketika kondisi pasang, arus di Selat Bangka akan bergerak memasuki Selat Bangka dan saat surut akan bergerak keluar menuju Laut Maluku. Arus di Selat Bangka akan mencapai kondisi maksimum 1-3 jam sebelum terjadinya pasang tertinggi dan 2-3 jam sebelum terjadinya surut terendah. Hal ini sesuai dengan (Garrison, 2009), yang menyatakan bahwa arus pasang surut akan mencapai kecepatan maksimum saat pertengahan antara air pasang dan air

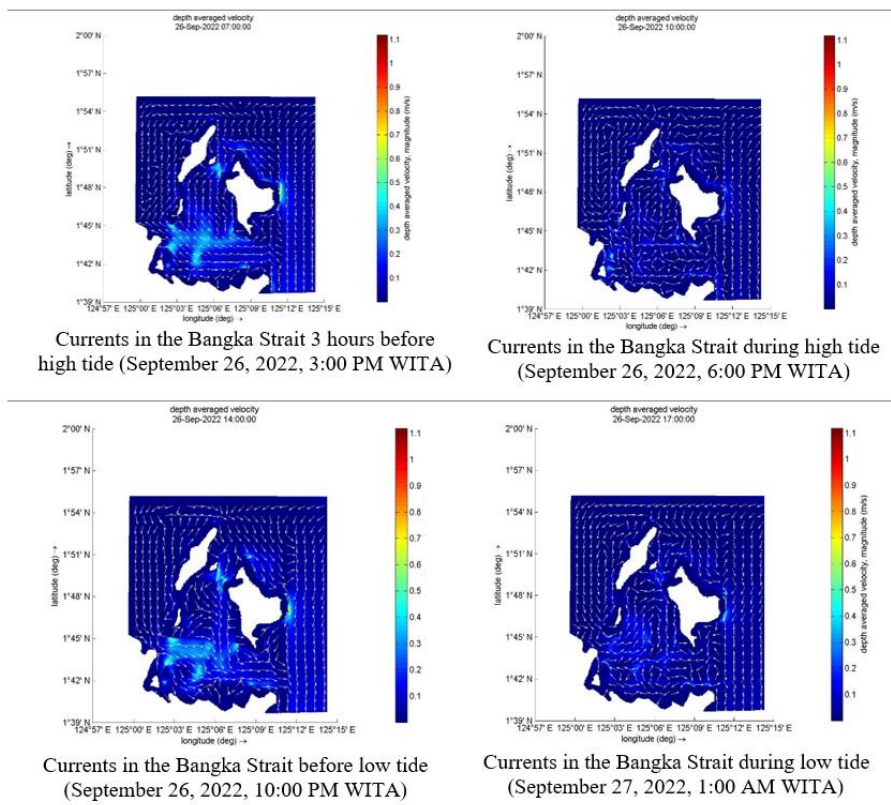


Figure 6. Currents in the Bangka Strait during spring tide on September 26, 2022

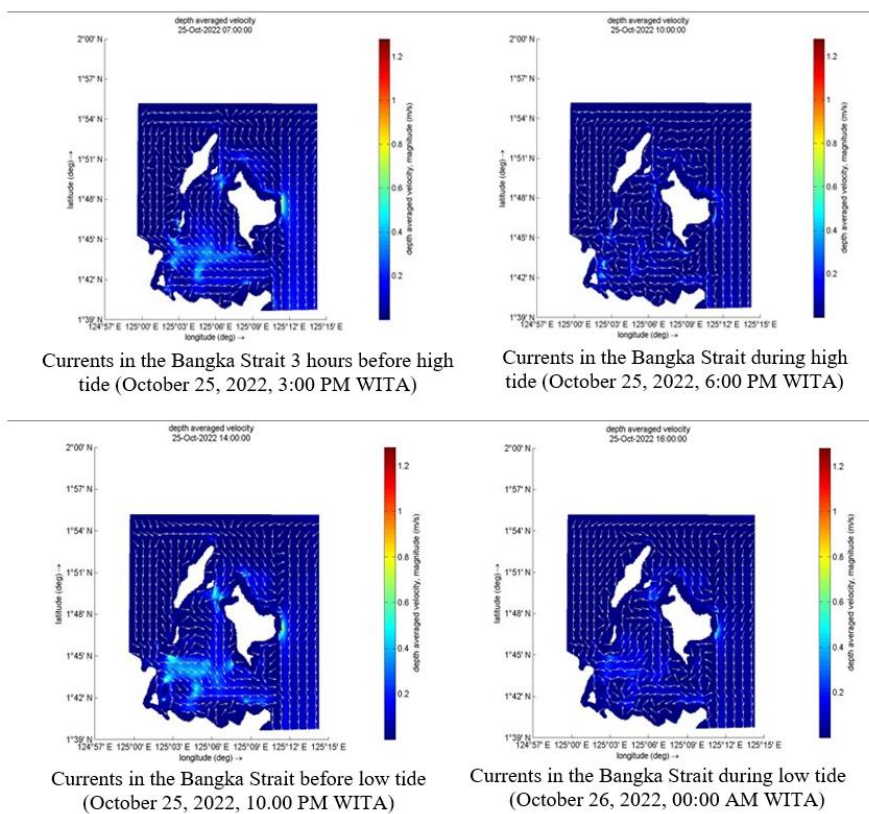


Figure 7. Currents in the Bangka Strait during spring tide on October 25, 2022

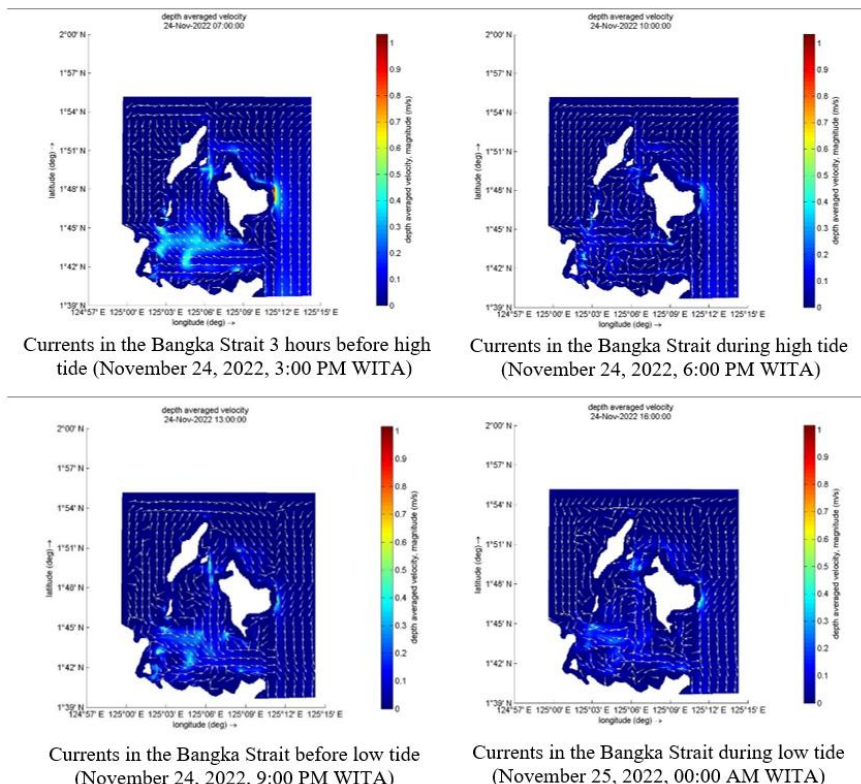


Figure 8. Currents in the Bangka Strait during spring tide on November 24, 2022

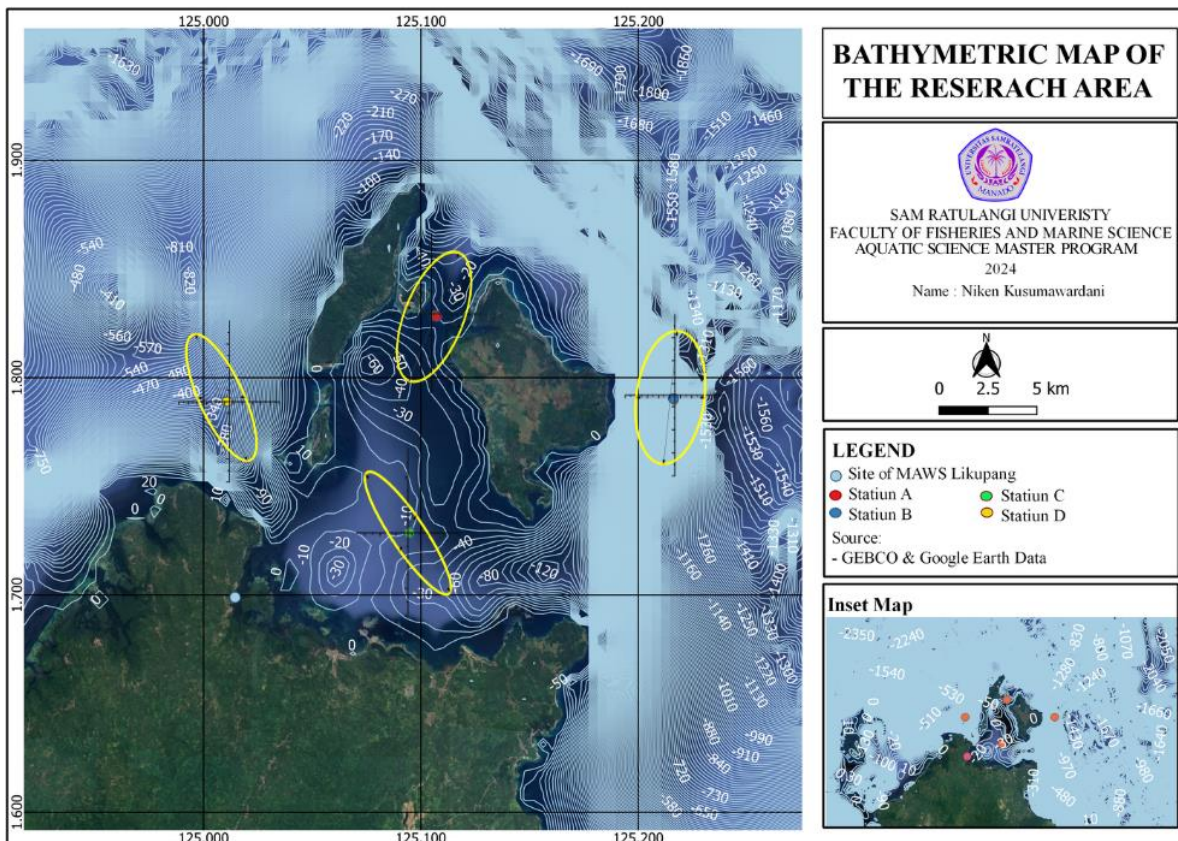


Figure 9. Elliptical patterns of currents in the Bangka Strait

surut. Sementara itu, pada saat kondisi pasang dan surut, pola arus yang terbentuk di Selat Bangka umumnya tidak beraturan dan diikuti dengan terjadinya penurunan kecepatan arus.

Daerah yang memiliki kecepatan arus yang cukup kencang terdapat di sekitar perairan sempit diantara Pulau Talisei dan Pulau Bangka (Stasiun A). Hal ini karena perairan tersebut bentuknya menyempit sehingga aliran arus akan menjadi lebih cepat dibandingkan dengan aliran arus di perairan yang lebih luas. Selain itu sisi timur Pulau Bangka, dan bagian Selatan Selat Bangka juga memiliki kecepatan arus yang cukup kencang. Hal ini disebabkan karena faktor batimetri daerah tersebut yang cenderung cukup dangkal.

Pola eliptikal yang terbentuk dari analisa data arus laut menunjukkan bahwa arus laut di suatu lokasi didominasi oleh arus pasang surut (Angmalisang, 2002). Menurut Bonauli et al. (2016), terdapat 2 kondisi dalam persebaran dominasi arah arus. Jika dominasi arah pergerakan arus membentuk pola eliptikal, maka pergerakan arus dipengaruhi oleh pasang surut. Namun jika dominasi arah arus berbentuk menyebar, maka pergerakan arus tersebut tidak dipengaruhi oleh kondisi pasang surut di perairan tersebut. Elips arus di Stasiun A dan B memiliki pola elips yang lebih besar (Fig. 9). Hal ini menandakan kondisi arus dilokasi tersebut kuat dipengaruhi oleh pasang surut. Perbedaan bentuk elips pasang surut dipengaruhi oleh faktor kedalaman (batimetri), gesekan, dan morfologi pantai (Siagian et al., 2021). Batimetri laut yang cukup dangkal dan proses rotasi antar pulau dapat menjadi faktor lain yang mempengaruhi kondisi arus di lokasi tersebut.

KESIMPULAN

Selat Bangka memiliki karakteristik arus dominan dipengaruhi oleh pasang surut. Hal ini terlihat dari pola eliptikal arus di setiap titik pengamatan. Pada saat pasang purnama dan perbani, arus dominan bergerak menuju barat – timur laut. Sementara pada saat kondisi surut, arus akan bergerak menuju timur – selatan. Pada saat musim peralihan kedua, kecepatan arus maksimum pada saat spring tide terjadi pada bulan September 2022 dengan kecepatan mencapai 102.67 cm/s. Kecepatan arus pada saat spring tide lebih tinggi dibandingkan saat neap tide. Hasil verifikasi model menunjukkan bahwa model memiliki nilai error yang rendah dengan RMSE model sebesar 0.09 meter.

Ucapan terima kasih. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini dan penulisan hasil penelitian ini untuk dipublikasi dalam jurnal.

“Kami menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dengan organisasi manapun mengenai bahan yang didiskusikan dalam naskah ini”.

REFERENSI

AMBARWATI, R., SETIAWAN, F. and MUNIR, M. (2021) Analisis Kesesuaian Wisata Bahari Ditinjau dari Parame-

- ter Fisik Kualitas Perairan serta Persepsi Pengunjung di Pantai Pasir Panjang Desa Wates Kecamatan Lekok Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Kelautan*, 14 (1), pp. 1-10.
- ANGMALISANG, P.A. (2002) *Tidal Currents in Sagami Bay*. Tokyo University of Fisheries.
- BONAU LI, M., HELMI, M. and PRANOWO, W. S. (2016) Analisis karakteristik arus harmonik akibat pasang surut di perairan teluk awur kabupaten Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 5 (1), pp. 1-10.
- DELTA RES (2014) *User Manual Delft3D Flow*. Deltares.
- GARRISON, T. (2009) *Essentials of Oceanography*. 5th Ed. Brooks/Cole, Ed. Cengage Learning.
- HADI, S. (2010) *Oseanografi Fisis*. 1st Ed. Institut Teknologi Bandung.
- MILASARI, A., ISMUNARTI, D.H., INDRAYANTI, E., MULDIYATNO, F., ISMANTO, A. and RIFAI, A. (2021) Model Arus Permukaan Teluk Lampung pada Musim Peralihan II dengan Pendekatan Hidrodinamika. *Buletin Oseanografi Marina*, 10 (3), pp. 259-268. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38293>.
- PRASETYAWAN, I.B., SETIYONO, H., KUNARSO, PURWANTO and WIJAYA, Y.J. (2019) Studi of Ocean Currents and Their Effect on The Distribution of Total Suspended Sediment in Coastal Waters, Semarang. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10 (4), pp. 248–259.
- PUSHIDROSAL (2020) *Katalog Peta Laut Indonesia*. Peta Laut Indonesia Edisi Ke-3 Agustus 2020.
- PUTRA, R.Y., INDRAYANTI, E., ISMUNARTI, D.H., HANDOYO, G. and ISMANTO, A. (2021) Pola Arus Perairan Kemujan, Karimun Jawa Pada Musim Peralihan II dengan Menggunakan Model DELFT3D. *Indonesia Journal of Oceanography*, 3 (3), pp. 83-98.
- RIFAI, A., ROCHADDI, B., FADIKA, U., MARWOTO, J. and SETIYONO, H. (2020) Kajian Pengaruh Angin Musim Terhadap Sebaran Suhu Permukaan Laut (Studi Kasus : Perairan Pangandaran Jawa Barat). *Indonesian Journal of Oceanography*, 02 (01). <https://10.14710/ijoce.v2i1.7499>.
- SAPUTRO, A.A., HIDAYAH, Z. and WIRAYU-HANTO, H. (2023) Pemodelan Dinamika Arus Permukaan Laut Alur Pelayaran Barat Surabaya. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 16 (1), pp. 88-100. <https://doi.org/10.21107/jk.v16i1.18269>.
- SIAGIAN, H., ISMANTO, A., PUTRA, T.W.L. and PRANATA. (2021) Stratification on the Vertical Structure of the Tidal Ellipse and Power Density Estimation in the Larantuka Strait, East Flores Based on ADCP Measurement Data. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 750(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012023>.
- YOHANLIS, A.D. and PUTRI, M.R. (2021) Characteristics of Surface Currents in Manado Bay, North Sulawesi, Indonesia. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 5(1), pp. 42-52.