

PEMODELAN ARUS PERMUKAAN LAUT SELAT LEMBEH, SULAWESI UTARA MENGUNAKAN APLIKASI MIKE 21

Hazman Hiwari^{1*} dan Subiyanto²

¹Salam Pacific Indonesia Lines, Surabaya

²Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Padjadjaran

*Korespondensi: hazmanhiwari10@gmail.com

ABSTRAK

Selat Lembeh merupakan perairan yang dipenuhi oleh kegiatan keluar masuknya kapal, aktivitas nelayan, ekowisata dan transportasi laut masyarakat. Kegiatan tersebut sangat berpengaruh terhadap kondisi perairan di Selat Lembeh. Persebaran nutrient, partikel tersuspensi, dan sampah hasil antropogenik akan tersebar dengan bantuan arus laut. Arus laut ini merupakan pergerakan massa air secara horizontal yang dipengaruhi faktor oseanografi lainnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi hidrodinamika perairan Selat Lembeh pada musim barat dan musim timur. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana dilakukan pengumpulan data-data angka sebagai pendukung dalam pembentukan model numerik seperti data angin, batimetri, dan pasang surut. Model hidrodinamika akan dibuat menggunakan Mike 21 dengan modul Flow Model FM untuk mengetahui pola pergerakan arus berdasarkan data yang digunakan. Pada musim barat arus rata-rata bergerak dengan kecepatan 0.04 – 0.12 dengan kecepatan maksimum sesaat 0.16 -0.24 m/s sedangkan pada musim timur bergerak dengan kecepatan rata-rata berkisar 0.04 – 0.12 dengan kecepatan maksimum sesaat 0.16 m/s. Arah dominan pergerakan arus condong ke arah timur laut. Hasil uji RMSE menunjukkan hasil 0.07 – 0.11. Hasil ini menunjukkan bahwa kesalahan atau error pada data kecil, sehingga hasil model mendekati nilai observasi. Dengan kata lain model yang dibuat dalam penelitian ini dapat dipercaya.

Kata kunci: selat lembeh, musim barat, musim timur, model hidrodinamika, mike 21

SEA SURFACE CURRENT MODELLING AT LEMBEH STRAIT, NORTH SULAWESI USING MIKE 21 APPLICATION

ABSTRACT

The Lembeh Strait shunts the waters that are filled with exchanges in ships, fishing activities, ecotourism and public sea transport. This activity has had a major impact on the waters of the strait. The nutrient alignment, suspension particles, and anthropogenic debris will spread with the help of ocean currents. This ocean current is a horizontal movement of water masses influenced by other oceanographic factors. The purpose of this study is to know the hydrodynamics of the lembeh strait waters in the west and the eastern seasons. The method used in this study is the quantitative method, where numerical data are carried out as backups in numerical models such as wind, bathymetric and tidal data. The hydrodynamic model will be created using mike 21 with the flow model FM module to know the current movement pattern based on the data used. In the western season the average current moves at 0.04 - 0.12 with a temporary maximum of 0.16 - 0.24 m/s while in the eastern season, sea current moves average rate of 0.04 - 0.12 with a temporary maximum of 0.16 m/s. The dominant direction the currents tilt to the northeast. RMSE test results show a 0.07. 0- 11. This result indicates that error or error in the small data, so the model approaches the value of observation. In other words, the models made in this research are reliable.

Keywords: lembeh strait, west season, east season, hydrodynamic model, mike 21

PENDAHULUAN

Selat Lembeh merupakan selat yang terletak diantara pulau Sulawesi tepatnya kota Bitung dengan Pulau Lembeh. Selat ini memiliki panjang 19.2 kilometer yang dipenuhi oleh kegiatan keluar masuknya kapal, aktivitas nelayan, ekowisata dan transportasi laut masyarakat. Dengan kata lain, kegiatan-kegiatan di Selat Lembeh sangat berkaitan erat dengan kondisi perairannya.

Arus merupakan pergerakan massa air secara horizontal yang berperan dalam menentukan kondisi suatu perairan (Irawan et al., 2018; Permadi et al., 2015; Tanto et al., 2017). Informasi mengenai arus laut ini sangat berguna untuk budidaya perairan, pertimbangan pembangunan pelabuhan, bahan kajian dalam aktivitas dan operasional PLTU, dan penentuan kebijakan (Amirullah et al., 2014; Permadi et al., 2015; Sugianto & ADS, 2007). Model numerik merupakan metode paling cepat untuk memodelkan dan mengetahui kondisi hidrodinamika laut (Fattah et al., 2018). Metode ini dapat dilakukan sebagai alternatif yang lebih murah dan cepat dalam mengetahui kondisi terkini di lapangan meskipun masih memiliki kesalahan atau nilai error pada model (Sugianto & ADS, 2007).

Kajian model hidrodinamika banyak digunakan dalam beberapa penelitian seperti pasang surut, arus permukaan laut, perubahan garis pantai, pencemaran perairan dan pantai, kejadian banjir rob, dan lain sebagainya (Dewi et al., 2019; Handyman et al., 2018; Jasmin et al., 2019; Nugroho et al., 2016; Radjawane et al., 2018; Sri Suharyo & Adrianto, 2018; Subiyanto et al., 2019; Supian et al., 2020; Supiyati, 2005). Mike 21 merupakan salah satu aplikasi berbasis numerik yang umum digunakan dalam pemodelan arus, gelombang, transport sediment baik area pantai laut lepas maupun daerah sungai (DHI, 2013; Sri Suharyo & Adrianto, 2018). Adapun module yang digunakan untuk mengetahui pola sirkulasi arus laut ini adalah Mike 21 HD Flow Model FM (Amirullah et al., 2014; Sri Suharyo & Adrianto, 2018)

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui kondisi hidrodinamika perairan Selat Lembeh pada musim barat dan musim timur.

METODE RISET

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif, dimana dilakukan pengumpulan data-data angka sebagai pendukung dalam pembentukan model numerik dan divalidasi dengan perhitungan statistik (Supian et al., 2020). Analisis yang digunakan merupakan analisis deskriptif berdasarkan model yang dihasilkan dan telah tervalidasi.

Data Penelitian

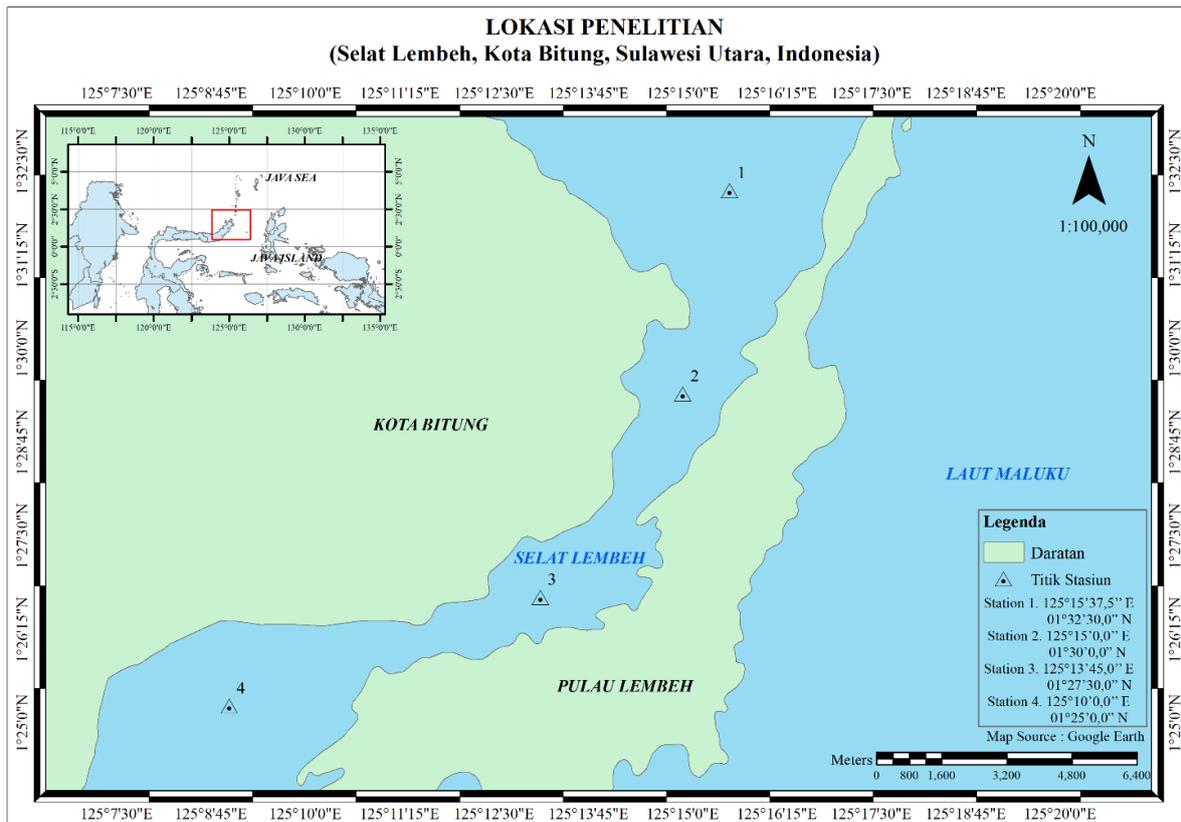
Data yang digunakan dalam penelitian merupakan data sekunder yang diambil dari beberapa situs berikut ini.

Tabel 1. Data yang dibutuhkan dalam penelitian

No.	Bahan	Sumber	Resolusi	Keterangan
1	Data Batimetri	GEBCO	30 Arc-Second	The General Bathymetric Chart of the Oceans
2	Data Pasang Surut	IOC-UNESCO	Per- 1 jam	<i>Intergovernmental Oceanographic Commision of UNESCO</i> , Stasiun Bitung
3.	Data Angin	ECMWF	Per- 1 jam	<i>Europe Centre for Medium-Range Wether Forecasts</i>

Batasan dan Skenario Penelitian

Wilayah penelitian berada di Selat Lembeh, Kota Bitung, Sulawesi Utara, Indonesia. Batasan kajian beada pada titik koordinat 1.39 N 125.10 E – 1.57 N 125.30 E. Lokasi yang menjadi fokus pembahasan berada di 4 titik lokasi. Pemilihan 4 titik ini memakai sistim acak menyesuaikan dengan perbedaan kondisi setiap titik lokasi. Adapun wilayah kajian disajikan pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Batasan Wilayah Penelitian

Penelitian dilakukan pada dua musim yang berbeda yaitu musim barat dan musim timur. Hal ini bertujuan untuk melihat perbedaan kondisi oseanografi pada dua musim tersebut. Model hidrodinamika akan dibuat menggunakan Mike 21 dengan modul Flow Model FM untuk mengetahui pola pergerakan arus berdasarkan data yang digunakan (Sri Suharyo & Adrianto, 2018). Adapun persamaan model yang digunakan dalam penelitian ini ada sebagai berikut (DHI, 2013).

Persamaan Kontinuitas:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \tag{1}$$

Momentum massa pada sumbu X :

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{gp\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \tag{2}$$

Momentum massa pada sumbu Y :

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{gq\sqrt{p^2 + q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \tag{3}$$

where:

- $h(x, y, t)$: Kedalaman (= $\zeta - d$, m)
- $d(x, y, t)$: Variasi kedalaman terhadap waktu (m)
- $\zeta(x, y, t)$: Elevasi muka air (m)
- $p, q(x, y, t)$: Kepadatan fluks pada arah x dan y ($m^3/s/m$)=(uh, vh); (u,v)= pada

kedalaman dan kecepatan rata-rata di arah x dan y

$C(x, y)$: Hambatan Chezy ($m^{1/2}/s$)
g	: Percepatan gravitasi (m/s^2)
$f(V)$: Faktor gesekan angin
$V, V_x, V_y(x, y, t)$: Komponen kecepatan angin di arah x dan y (m/s)
$\Omega(x, y)$: Parameter coriolis tergantung lintang (s^{-1})
$p_a(x, y, t)$: Tekanan atmosfer ($kg/m/s^2$)
ρ_w	: Densitas air (kg/m^3)
x, y	: Koordinat ruang (m)
t	: Waktu (s)
$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$: Komponen tegangan geser efektif

Adapun skema model penelitian yang digunakan pada aplikasi ditampilkan dalam tabel berikut.
 Table 1. Pengaturan simulasi model numerik

Parameter	Deskripsi
Periode Simulasi	01-12-2019 sampai 29-02-2020 (Musim Barat) 06-01-2020 sampai 31-08-2020 (Musim Timur)
Interval waktu	Per-Jam
Viskositas Eddy	Formula Smagorinsky
Bed Resistance	Chezy number
Angin	Bervariasi setiap waktu dan Konstan pada titik lokasi
Kondisi Awal Model	Konstan

Validasi model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan selisih nilai pasang surut observasi dengan nilai pasang surut yang dihasilkan oleh model. Metode validasi ini merupakan penarikan akar dari jumlah kuadrat error terhadap banyaknya waktu data peramalan, yang biasa disebut dengan *Root Mean Square Error* atau RMSE (Larena, 2015). Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan hasil model yang dibuat (Yusuf & Tjandrasa, 2013). Data uji yang digunakan untuk validasi model adalah data stasiun Bitung yang didapatkan dari Web IOC Sea Level Monitoring. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right]} \tag{4}$$

Dimana

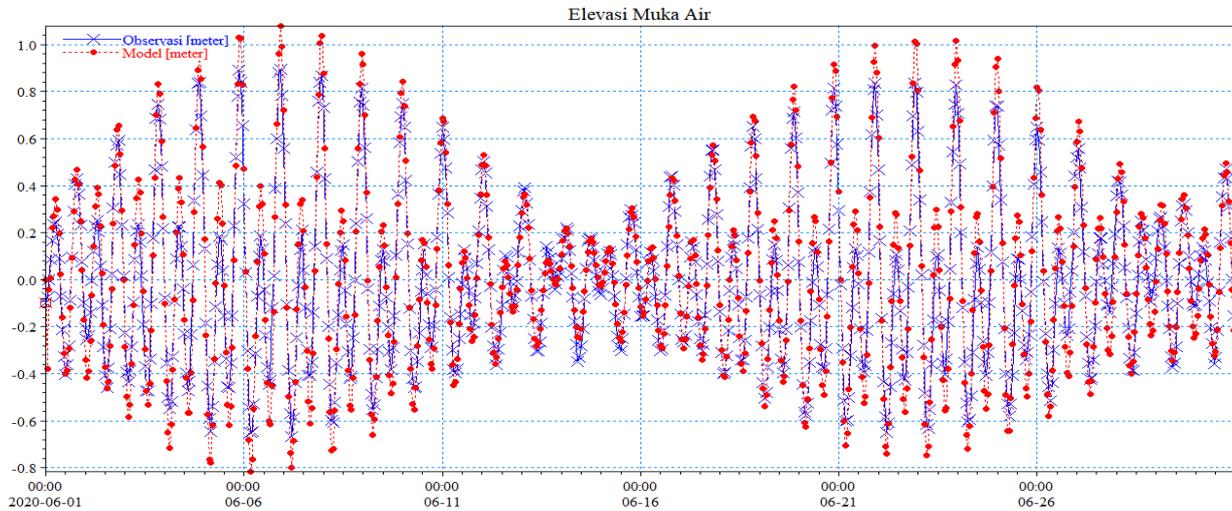
- $RMSE$: Root Mean Square Error
- X_i : Nilai hasil observasi
- \bar{X} : Nilai hasil model
- N : Jumlah data
- i : Urutan data pada database

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Validasi model

Hasil pengujian nilai RMSE, nilai error hasil pemodelan berkisar 0.07 – 0.11. Hasil ini menunjukkan bahwa kesalahan atau *error* pada data kecil, sehingga hasil model mendekati nilai observasi. Dengan kata lain model yang dibuat dalam penelitian ini dapat dipercaya. Adapun hasil validasi dapat dilihat pada Gambar 2 perbandingan nilai pasang surut model dan observasi berikut.

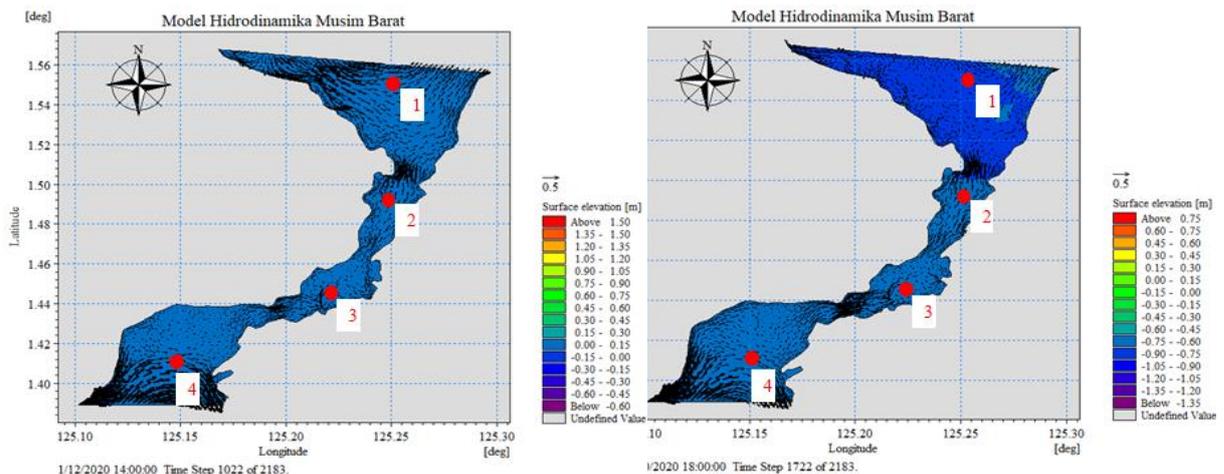


Gambar 2. Perbandingan data pasang surut observasi dengan hasil model

Hasil di atas, data observasi ditunjukkan dengan garis berwarna biru, sedangkan hasil model berwarna merah. Dari kedua data tersebut, hasil menunjukkan garis model sangat berhimpitan dengan data observasi dan nilai yang dihasilkan cenderung sama. Dengan kata lain, model memiliki kemiripan dengan keadaan sebenarnya. Hasil elevasi model yang dihasilkan Mike 21 memiliki nilai yang mirip dengan pengamatan langsung yang terjadi, dimana nilai tersebut berdasar pada data perekaman satelit TOPEX (Valerina et al., 2017)

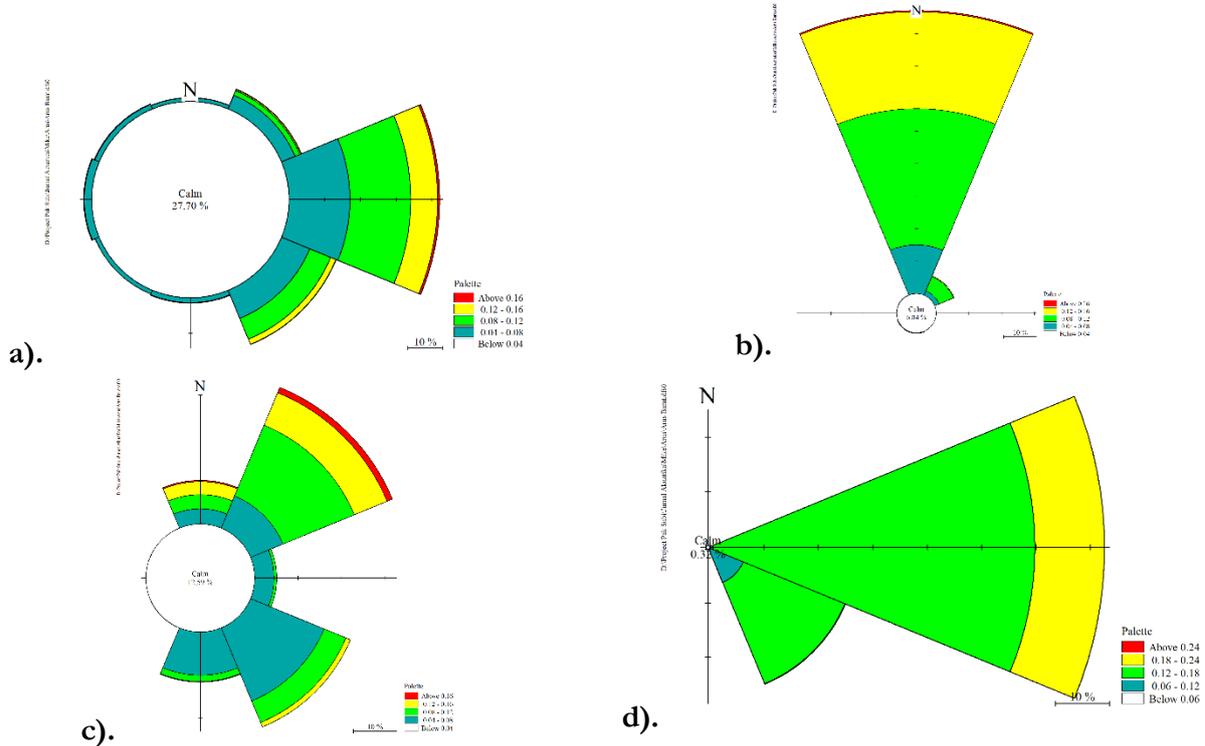
Simulasi Hidrodinamika

Arus laut hasil simulasi hidrodinamika ditampilkan dalam dua kondisi pada penelitian ini, saat pasang tertinggi dan surut terendah pada setiap musimnya. Adapun pergerakan arus pada musim barat ditampilkan pada Gambar 3 berikut.



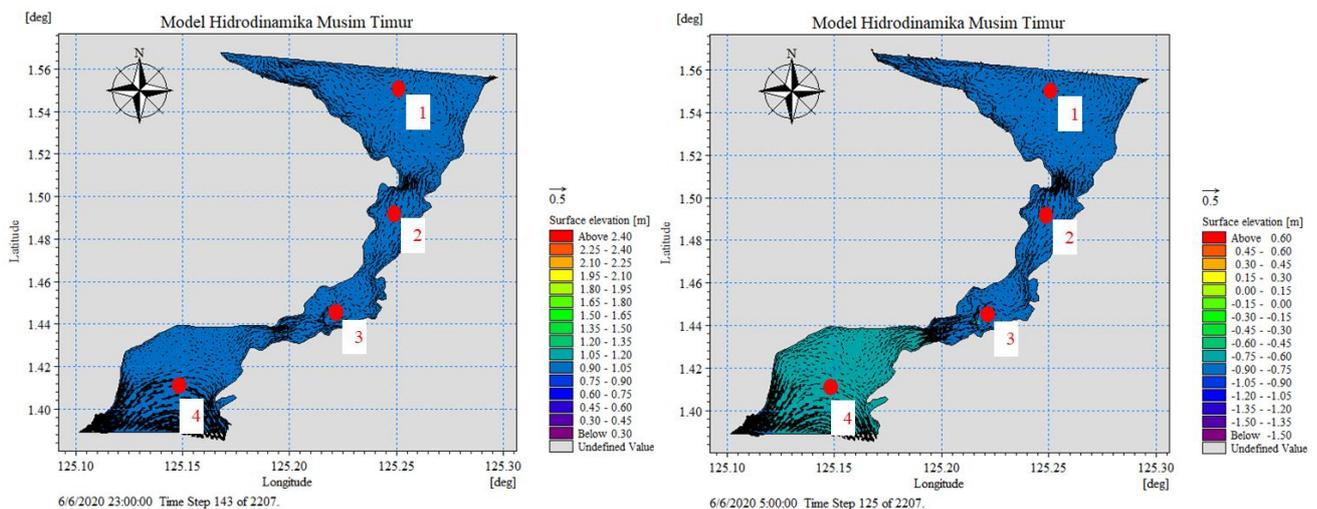
Gambar 3. Pergerakan arus laut musim barat pada pasang tertinggi (Kanan) dan surut terendah (Kiri)

Pada saat musim barat pasang tertinggi arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.36 m/s di perairan Selat Lembeh. Namun pada titik lokasi penelitian memiliki kecepatan berturut-turut 0.08 m/s, 0.13 m/s, 0.11 m/s, dan 0.25 m/s dengan pergerakan dominan ke arah timur laut. Sedangkan pada surut terendah arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.297 m/s di perairan Selat Lembeh. Pada titik poin penelitian secara berturut turut memiliki kecepatan sebesar 0.05 m/s ke arah timur laut, 0.11 m/s ke arah timur laut, 0.08 m/s ke arah barat daya, dan 0.15 m/s ke arah tenggara. Secara umum, pergerakan arus laut masing-masing poin pada musim barat divisualisasikan pada gambar 4.



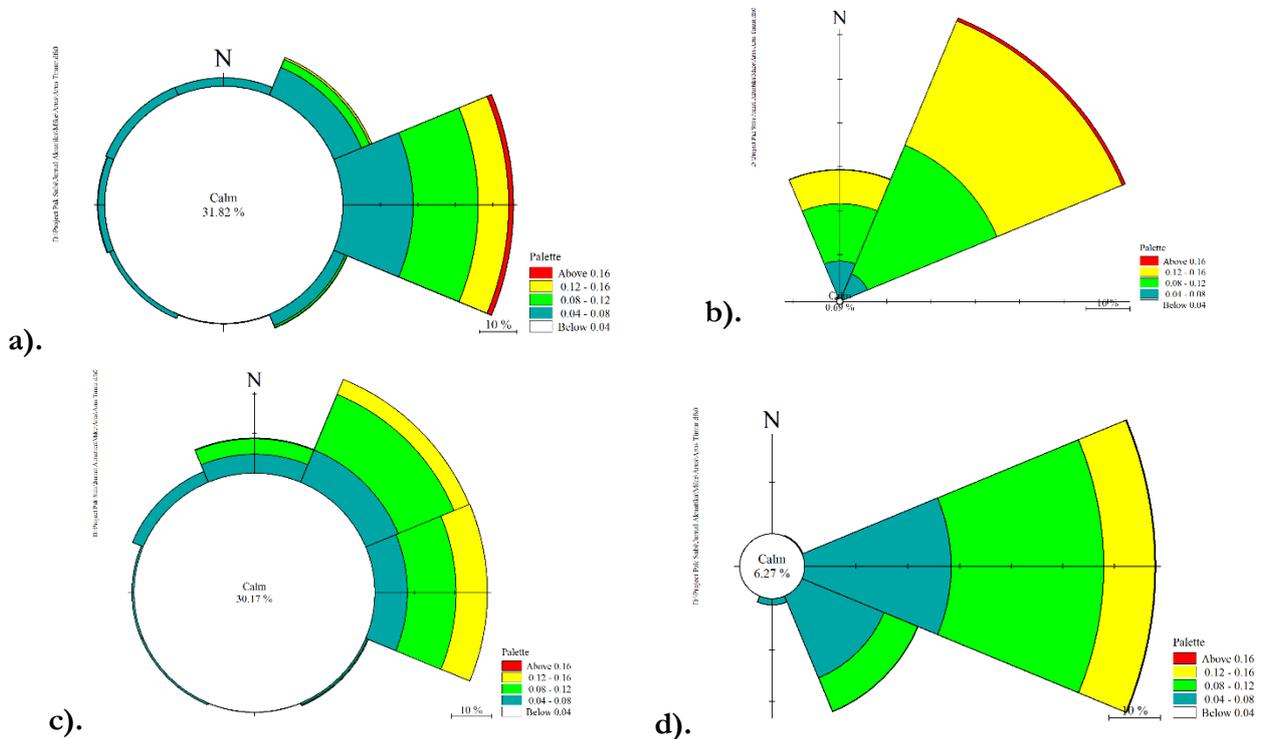
Gambar 4. Pergerakan arus laut pada musim barat. a) Lokasi 1, b) Lokasi 2, c) Lokasi 3, dan d) Lokasi 4.

Pada setiap lokasi arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.04 – 0.12 m/s, arus bergerak dengan kecepatan sesaat tertinggi sebesar 0.16 – 0.24 m/s. Namun arah dominan yang berbeda diantara setiap titik lokasi Lokasi **a** dominan bergerak ke arah timur, lokasi **b** dominan bergerak ke arah utara, lokasi **c** dominan bergerak ke arah timur laut, dan lokasi **d** dominan bergerak ke arah timur. Berbeda dengan musim timur, pergerakan arus pada musim barat ditampilkan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Pergerakan arus laut musim timur pada pasang tertinggi (Kanan) dan surut terendah (Kiri)

Arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.35 m/s pada saat pasang tertinggi di perairan Selat Lembeh. Pada setiap titik lokasi penelitian memiliki kecepatan berturut-turut 0.06 m/s, 0.10 m/s, 0.11 m/s, dan 0.17 m/s dengan pergerakan dominan ke arah timur laut. Sedangkan pada surut terendah arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.299 m/s di perairan Selat Lembeh. Pada titik poin penelitian secara berturut turut memiliki kecepatan sebesar 0.05 m/s ke arah tenggara dibelokkan ke arah timur laut, 0.11 m/s ke arah timur laut, 0.07 m/s ke arah timur laut, dan 0.13 m/s ke arah tenggara. Adapun pergerakan arus laut masing-masing poin pada musim timur divisualisasikan pada Gambar 6.



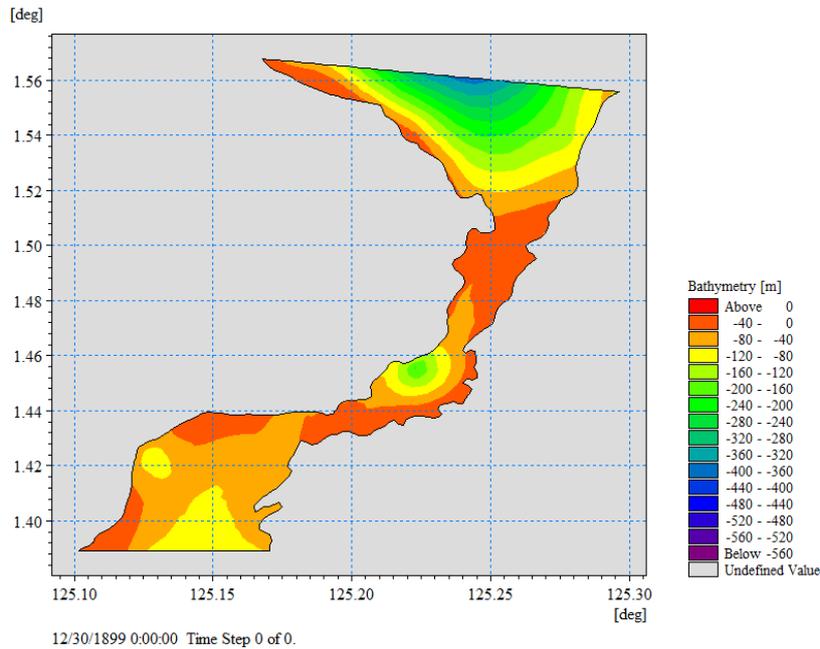
Gambar 6. Pergerakan arus laut pada musim timur. a). Lokasi 1, b). Lokasi 2, c). Lokasi 3, dan d). Lokasi 4.

Pada setiap lokasi arus bergerak dengan kecepatan rata-rata 0.04 – 0.12 m/s, arus bergerak dengan kecepatan sesaat tertinggi sebesar 0.16 m/s. Namun arah dominan yang berbeda diantara setiap titik lokasi Lokasi a, b, dan c dominan bergerak ke arah timur laut, dan lokasi d dominan bergerak ke arah timur.

Pembahasan

Berdasarkan perhitungan bilangan Formzhal yang didapatkan dari hasil model hidrodinamika, nilai yang didapatkan adalah 0.44. Nilai ini menunjukkan bahwa didaerah Selat Lembeh memiliki pasang surut campuran condong ke harian ganda, sehingga arus sangat dipengaruhi oleh kondisi lokal yaitu pasang surut. Arus dominan yang ada di Selat Lembeh adalah arus pasang surut yang di divisualkan dengan arah arus bolak balik mengikuti arah pasang dan surut (Permadi et al., 2015; Supian et al., 2020).

Pergerakan arus juga dipengaruhi oleh elevasi muka air laut, arus cenderung bergerak dari elevasi muka air yang tinggi menuju elevasi muka air yang lebih rendah, dapat kita lihat pada arus yang bergerak pada saat surut terendah pada kedua musim (Supiyati, 2005). Cepat lambatnya pergerakan arus dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor angin, densitas air, dan topografi (Irawan et al., 2018; Utami & P, 1986). Arus akan bergerak cepat dan laminar Ketika bertemu dengan topografi yang landai, dan akan semakin lambat ketika bertemu dengan topografi yang beragam sehingga menghasilkan aliran turbulen pada gerakan arusnya (Utami & P, 1986). Adapun topografi Selat Lembeh secara sederhana divisualisasikan pada gambar 7.



Gambar 7. Batimetri Selat Lembeh

Pada lokasi 2 dan 3 dapat kita lihat lokasi tersebut berada pada lokasi transisi perubahan topografi yang cukup landai sehingga memungkinkan terjadinya gerak percepatan kecepatan arus. Selain itu terdapat penyempitan ruang sehingga percepatan gerak arus laut dapat terjadi di lokasi tersebut hasil pergerakan massa dari lokasi 4 ke 3 maupun 1 ke 2.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan uraian diatas dapat disimpulkan bahwa Selat Lembeh memiliki pergerakan arus yang condong dipengaruhi oleh pasang-surut atau biasa disebut arus pasang surut. Pada musim Barat arus rata-rata bergerak dengan kecepatan 0.04 – 0.12 dengan kecepatan maksimum sesaat 0.16 -0.24 m/s sedangkan pada musim timur bergerak dengan kecepatan rata-rata berkisar 0.04 – 0.12 dengan kecepatan maksimum sesaat 0.16 m/s. Arah dominan pergerakan arus condong ke arah timur laut. Faktor-faktor lain yang mempengaruhi pergerakan arus laut ini adalah angin dan topografi. Hasil uji RMSE menunjukkan hasil 0.07 – 0.11. Hasil ini menunjukkan bahwa kesalahan atau *error* pada data kecil, sehingga hasil model mendekati nilai observasi. Dengan kata lain model yang dibuat dalam penelitian ini dapat dipercaya.

Saran

Pengukuran parameter arus secara langsung dilapangan sangat diperlukan untuk membuktikan secara *real* mengenai model yang dibuat, sehingga hasil penelitian akan sangat teruji dan dipercaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada bagian ini, saya ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada Bapak Subiyanto Ph.D. yang telah memberikan arahan dan dukungan dalam penulisan artikel ini. Serta sumbangsuhnya terhadap pengajaran dan pengetahuan bidang terkait kepada saya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amirullah, A. N., Sugianto, D. N., & Indrayanti, E. (2014). Kajian Pola Arus Laut Dengan Pendekatan Model Hidrodinamika Dua Dimensi Untuk Pengembangan Pelabuhan Kota Tegal. *Jurnal Oseanografi*, 3(4), 671–682.
- Dewi, R. C., Hakim, O. S., & Siadari, E. L. (2019). Pemodelan Mike21 Dalam Kejadian Banjir Rob Menjelang Gerhana Bulan Di Pesisir Semarang. *Jurnal Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika*, 5(3), 46–52. <https://doi.org/10.36754/jmkg.v5i3.74>
- DHI. (2013). *MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM - Sand Transport Module*. 14.
- Fattah, A. H., Suntoyo, Damerianne, H. A., & Wahyudi. (2018). Hydrodynamic and Sediment Transport Modelling of Suralaya Coastal Area , Cilegon , Indonesia Hydrodynamic and Sediment Transport Modelling of Suralaya Coastal Area , Cilegon , Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 135, 1–9.
- Handyman, D., Purba, N., Pranowo, W., Harahap, S., Dante, I., & Yuliadi, L. (2018). Microplastics Patch Based on Hydrodynamic Modeling in The North Indramayu, Java Sea. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(1), 135–142. <https://doi.org/10.15244/pjoes/81704>
- Irawan, S., Fahmi, R., & Roziqin, A. (2018). Kondisi Hidro-Oseanografi (Pasang Surut, Arus Laut, Dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 11(1), 56. <https://doi.org/10.21107/jk.v11i1.4496>
- Jasmin, H. H., Purba, N. P., Harahap, S. A., Pranowo, W. S., Syamsudin, M. L., & Faizal, I. (2019). The Model of Macro Debris Transport Before Reclamation and in Existing Condition in Jakarta Bay. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11(1), 131–140. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v11i1.24777>
- Lareno, B. (2015). Analisa Dan Perbandingan Akurasi Model Prediksi Rentet Waktu Arus Lalu Lintas Jangka Pendek. *CSRID (Computer Science Research and Its Development Journal)*, 6(3), 148. <https://doi.org/10.22303/csrid.6.3.2014.148-158>
- Nugroho, A. R., Akhwady, R., Metakaryanto, D., & Yahya, F. (2016). Studi Model Distribusi Pencemaran di Pantai Utara Jawa Tengah Menggunakan Model MIKE 21 ECOLab. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 8(2), 89–100. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol8.iss2.art3>
- Permadi, L., Indrayanti, E., & Rochaddi, B. (2015). Studi Arus Pada Perairan Laut Di Sekitar Pltu Sumuradem Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Oseanografi*, 4(2), 116387.
- Radjawane, I. M., Saputro, B. S. C., & Egon, A. (2018). Model Hidrodinamika Pasang Surut di Perairan Kepulauan Bangka Belitung. *Jurnal Teknik Sipil*, 25(2), 121. <https://doi.org/10.5614/jts.2018.25.2.5>
- Sri Suharyo, O., & 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>
- Subiyanto, Ibrahim, T. M., Hiwari, H., Hidayat, Y., Ihsan, Y. N., & Sudrajat. (2019). Coastline Change Analysis through Numerical Flow Modelling on Batu Hiu , Pangadaran. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(05), 211–219.
- Sugianto, denny nugroho, & ADS, A. (2007). Studi Pola Sirkulasi Arus Laut di Perairan Pantai Provinsi Sumatera Barat. *Ilmu Kelautan*, 12(2), 79–92.

- Supian, S., Hiwari, H., Ibrahim, T. M., & Subiyanto. (2020). Hydrodynamic model simulation of cikidang river estuary, pangandaran based on two season in Indonesia. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(5), 220–229.
- Supiyati. (2005). Model Hidrodinamika Pasang Surut Di Perairan Pulau Baai Bengkulu. *Gradien*, 1(2), 51–55.
- Tanto, T. Al, Wishu, U. J., Kusumah, G., Pranowo, W. S., Husrin, S., Ilham, I., & Putra, A. (2017). Karakteristik Arus Laut Perairan Teluk Benoa – Bali. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 23(1), 37. <https://doi.org/10.24895/JIG.2017.23-1.631>
- Utami, W. T., & P, D. G. (1986). *Pengaruh Topografi Dasar Laut Terhadap Gerakan Arus Laut*. 59–65.
- Valerina, E., Hariadi, & Setiyono, H. (2017). Studi Karakteristik Dan Peramalan Pasang Surut Pelabuhan Labuhan Pandeglang Bagian Selatan Pelabuhan Merak Banten. *Oceanografi*, 6(December 2016), 516–524.
- Yusuf, A., & Tjandrasa, H. (2013). Prediksi Nilai Dengan Metode Spectral Clustering Dan Clusterwise Regression. *Jurnal Simatec*, VIII(1), 39–45.