

PEMODELAN HIDRODINAMIKA UNTUK MENGANALISIS ARUS EDDY DI PERAIRAN LAUT BANDA BULAN DESEMBER 2016

HYDRODYNAMIC MODELING TO ANALYZE EDDY CURRENTS IN BANDA SEA WATERS IN DECEMBER 2016

¹Atikha Az-Zahra*, ¹Isnaini Cahyaningrum, ¹Balqis Al Khansa Ayunita, ¹Bagoes Alvin Wijaya, ²Nawanto Budi Sukoco, ²Arochim

¹Program Studi Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP, Semarang, Indonesia

²Pusat Hidro-oseanografi TNI Angkatan Laut, Jakarta, Indonesia

*Koresponden penulis: atikhaazzahra @students.undip.ac.id

Abstrak

Pergerakan arus laut oleh arus Eddy yang terbentuk dari interaksi yang kompleks antara angin, perbedaan densitas di kolom air, batimetri bawah laut dan morfologi pulau di laut Banda menjadi fokus dalam penelitian ini. Dinamika arus Eddy akan mempengaruhi ketersediaan nutrisi, produktifitas perairan dan rantai makanan bagi ekosistem di Laut Banda. Kemunculan arus Eddy berusaha dianalisa secara spesifik selama musim barat di bulan Desember tahun 2016 dengan tujuan untuk mengetahui korelasinya secara fisis dengan proses upwelling dan downwelling. Metode yang digunakan untuk mensimulasikan dinamika arus di Laut Banda adalah menggunakan pemodelan hidrodinamika dengan konfigurasi 2D. Data angin dari *website European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) Copernicus* dengan jenis data *reanalysis ER5 hourly data on single levels* dan prediksi pasang surut pada bulan Desember 2016 digunakan sebagai data penggerak model. Hasil pemodelan menunjukkan adanya empat kejadian arus Eddy di Laut Banda, termasuk arus Eddy siklonik dan antisiklonik yang memiliki diameter bervariasi antara 4,44 km hingga 9,31 km. Perbedaan jenis arus Eddy ini berpengaruh terhadap dinamika *upwelling* dan *downwelling* di perairan tersebut. Temuan ini mengindikasikan pentingnya pemahaman terhadap fenomena arus Eddy untuk studi oseanografi dan perencanaan sumber daya laut oleh pemerintah untuk mengaplikasikan hasil penelitian terhadap proses pengambilan keputusan.

Kata Kunci: Arus Eddy, Pasang Surut, Gelombang 2D, Model Aliran, Spektral Gelombang, Laut Banda

Abstract

The movement of ocean currents by Eddy currents formed from the complex interaction between wind, differences in density in the water column, underwater bathymetry, and island morphology is the main topic in this research. The dynamics of Eddy currents will affect the availability of nutrients, the productivity of the waters and the food chain for the ecosystem in Banda Seas. The emergence of Eddy currents is specifically analyzed during the western season in December 2016 with the aim of understanding their physical correlation with upwelling and downwelling processes. The method used to simulate the dynamics of currents in the Banda Sea is hydrodynamic modeling with a 2D configuration. Wind data from the European Centre for Medium-Range Weather Forecast (ECMWF) Copernicus website with ER5 hourly reanalysis data on single levels and tidal predictions for December 2016 were used as driving data for the model. The modeling results show the occurrence of four Eddy current events in the Banda Sea, including cyclonic and anticyclonic Eddy currents that have diameters varying between 4.44 km to 9.31 km. The difference in the types of Eddy currents affects the dynamics of upwelling and downwelling in those waters. These findings indicate the importance of understanding Eddy current phenomena for oceanography studies and the planning of marine resources by the government to apply research results to decision-making processes.

Keyword: Eddy Current, Tides, 2D Wave, Flow Model, Spectral Wave, Banda Sea

1. PENDAHULUAN

Arus laut dapat didefinisikan sebagai

pergerakan suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, beda densitas atau pergerakan gelombang yang panjang

(Irawan et al., 2018). Arus laut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu arah angin, beda tekanan air, beda densitas air, arus permukaan, *upwelling* dan *downwelling*. Arus laut yang disebabkan oleh angin ada banyak macamnya, salah satunya arus Eddy. Eddy adalah pusaran dipermukaan laut yang terbentuk akibat interaksi permukaan air laut dengan gesekan angin, topografi dan morfologi pulau atau konvergensi arus. Menurut Kartadikaria et al. (2024), struktur dari sirkulasi Eddy memiliki skala spasial yang berkisar puluhan hingga ratusan kilometer dengan skala temporal anatar mingguan hingga bulanan. Arus Eddy dapat mengakibatkan perbedaan tinggi muka air laut. Arus Eddy siklonik terjadi pada Belahan Bumi Selatan (BBS), arus Eddy yang memiliki pusaran searah jarum jam dapat menyebabkan *upwelling* dan pusaran yang memiliki arah berlawanan jarum jam akan menyebabkan *downwelling* (Darmawan et al., 2020). Sedangkan arus Eddy antisiklonik terjadi pada Belahan Bumi Utara (BBU) berlaku sebaliknya. Karakteristik dari arus yang terjadi pada musim barat ditandai dengan massa air yang bergerak dari barat ke timur seiring bertiupnya angin muson barat (Nuzula et al., 2016). Musim barat terjadi pada bulan desember sampai february setiap tahunnya, musim ini juga terkenal sebagai musim yang memiliki pola arus yang bergerak dari benua Asia ke Benua Australia. Pada musim ini membawa lebih banyak curah hujan. Pada musim barat dibagian timur wilayah Indonesia banyak terjadi arus *Eddy* walaupun tidak sebanyak saat musim timur (Alawiyah et al., 2018). Hal ini dikarenakan Arus lintas Indonesia (Arlindo) lebih kuat terjadi di musim timur.

Fenomena *upwelling* merupakan fenomena dimana massa air laut bersuhu lebih dingin dan bermassa jenis lebih besar dari dasar laut bergerak ke permukaan akibat pergerakan angin di atasnya (Putra et al., 2017a). Kejadian *upwelling* di suatu perairan dapat diidentifikasi sebagai daerah yang subur. Hal ini disebabkan pada saat terjadinya *upwelling* zat-zat hara yang terkandung dalam perairan naik ke permukaan. Kejadian ini dapat dilihat dari beberapa indikator yaitu suhu yang lebih

rendah dari sekitarnya, salinitas, nutrien, dan klorofil-a lebih tinggi dibanding daerah sekitarnya (Putra et al., 2017). Sedangkan fenomena *downwelling* adalah fenomena dimana air hangat turun dari permukaan ke lapisan dalam yang disebabkan karena adanya penumpukan massa air dilapisan permukaan yang harus dialirkan ke lapisan dalam. Indikator untuk mengidentifikasi *downwelling* sama seperti *upwelling* tetapi suhu permukaannya lebih hangat dan membawa kandung oksigen yang besar ke dalam perairan.

Laut Banda merupakan perairan yang terletak di Kepulauan Maluku, Indonesia. Pada perairan Laut Banda di kelilingi pulau-pulau dan juga selat serta jalur perlintasan Arlindo (Trisianto et al., 2021). Hal ini menyebabkan sirkulasi dan karakteristik Laut Banda dipengaruhi kuat oleh musim dan Arlindo. Menurut Aryanti et al. (2019), menyatakan bahwa pada musim barat di Laut Banda terjadi *downwelling* dengan ekman transport yang menjauhi pantai. Menurut Waileruny et al. (2014), menyatakan bahwa pada musim barat di Laut Banda memiliki kecepatan angin maksimum 35 knot dengan rata-rata maksimum 20 knot.

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui dinamika arus *Eddy* pada Bulan Desember 2016, untuk melengkapi penelitian lainnya dari Trisianto et al., 2021, yang melaksanakan penelitian pada bulan April – Oktober 2003 - 2019. Hal tersebut diharapkan dapat memberikan informasi tentang karakteristik dan fenomena arus *Eddy* yang dikaitkan dengan terjadinya fenomena *upwelling* dan *downwelling* di Laut Banda pada musim barat.

2. METODE

2.1 Lokasi Penelitian

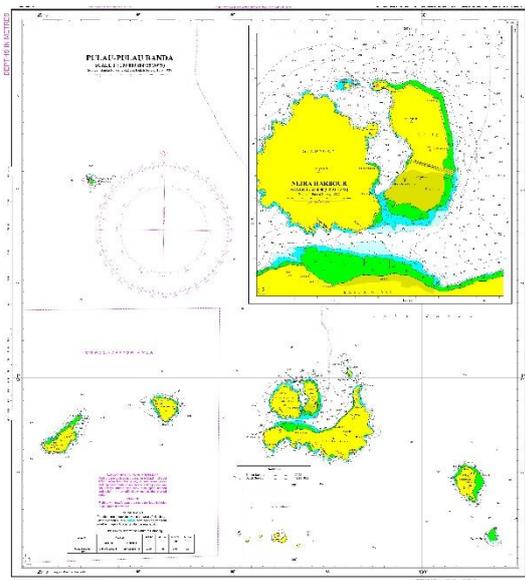
Lokasi penelitian ini berada di Perairan Laut Banda dengan koordinat 4° 40' - 4° 11' LS dan 129° 40' – 130° 05' BT. Penelitian ini menggunakan Pemodelan numerik dua dimensi untuk menganalisis arus *Eddy* (*Eddy current*) di perairan menggunakan MIKE 21.

Hasil Pemodelan diverifikasi menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan data dari *oceancolor*. Domain model mencakup wilayah Laut Banda dengan periode simulasi dari tanggal 1 Desember 2016 hingga 31 Desember 2016. Peta penelitian dapat dilihat melalui Gambar 1.

2.2 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data prediksi pasang surut yang bersumber dari Tidal Prediction of Heights pada MIKE 21, data kedalaman yang bersumber dari hasil survei Pusat Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut, dan data angin selama 31 hari yang bersumber dari *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF) Marine Copernicus*. Data garis pantai dan batimetri didapatkan melalui proses digitasi selama proses magang dilaksanakan berdasarkan Peta Laut Indonesia No. 189R1 yang selanjutnya dijadikan boundary pada set-up model MIKE 21. Data angin diperoleh dari website CDS-Copernicus dan menggunakan data pasang surut yang bersumber dari BIG untuk penggerak dalam simulasi.

Proses simulasi dan pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak MIKE 21 dan Microsoft Excel.



Gambar 1. Peta Laut Indonesia (PLI) No. 189R1 Tahun 2022 (Sumber: Pushidrosal, 2022)

2.3 Modul Hidrodinamika

Modul hidrodinamika merupakan sistem model numerik secara umum untuk memodelkan simulasi muka air dan aliran di estuari, teluk dan pantai. Modul tersebut digunakan untuk mensimulasikan aliran dua dimensi maupun dalam aliran tiga dimensi (Aristi *et al.*, 2020).

Persamaan pembangunan model memiliki dua persamaan, yaitu persamaan kontinuitas dan momentum. Persamaan kontinuitas pada persamaan 1 (Nusratina *et al.*, 2023):

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

dan persamaan momentum untuk horizontal x dan y, persamaan 2 dan 3:

Arah sumbu x:

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

Arah sumbu y:

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

Keterangan:

- $h(x, y, t)$: 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)

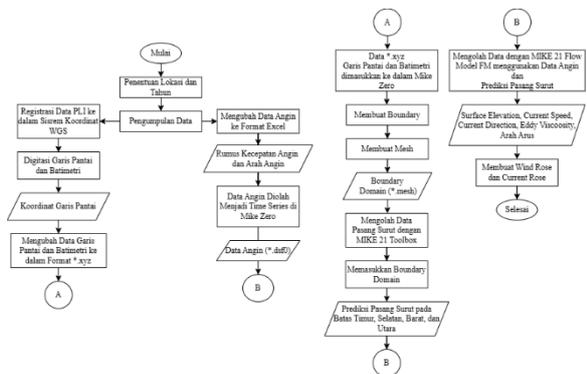
- $f(V)$: Faktor gesekan angin
- $V, V_x, V_y(x, y, t)$: Komponen kecepatan angin di arah x dan y (m/s)
- $\Omega(x, y)$: Parameter coriolis tergantung lintang (s^{-1})
- $p_a(x, y, t)$: Tekanan atmosfer 2 ($kg/m/s^2$)
- ρ_w : Densitas air (kg/m^3)
- x, y : Koordinat ruang (m)
- t : Waktu (s)
- $\tau_{xx},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

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan pengaturan sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 1. Setup Model

Lama simulasi	31 hari
Jumlah timestep	744
Interval timestep	1 jam
Simulation start time	01/12/2016 00:00:00
Simulation stop time	31/12/2016 23:00:00
Grid	Unstructured Grid

Tahapan pengerjaan model dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 2. Flowchart pengerjaan model

2.4 Analisa Arus Eddy

Analisa arus Eddy dapat dilakukan dengan melihat perputaran arus yang terjadi. Penentuan jenis arus Eddy dapat dilakukan dengan melihat arah perputaran arus, sedangkan perhitungan diameter dari arus Eddy dapat dilakukan dengan melihat jarak tepi dari arus Eddy yang terbentuk. Persamaan yang digunakan untuk

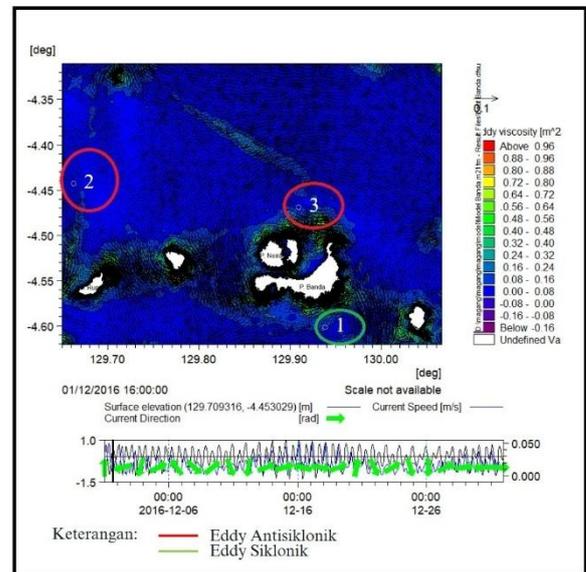
menghitung diameter dari arus Eddy pada persamaan 4 (Jatnika *et al.*, 2023) :

$$D = \frac{[|b| - |a|] \times 111km}{1 \text{ derajat}} \dots\dots\dots 4$$

- D = Diameter Eddy
- b = Tepi paling timur atau bujur paling timur (derajat)
- a = Tepi paling barat atau bujur paling barat (derajat)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan data prediksi pasang surut dan data angin yang dilakukan di di koordinat 4° 40'- 4°11' LS dan 129°40' – 130°05' BT pada bulan Desember 2016 menghasilkan visualisasi vektor yang menunjukkan dua tipe arus Eddy, yaitu siklonik yang pusarannya bergerak searah dengan jarum jam dan antisiklonik yang berderak berlawanan arah dengan jarum jam. Hasil dari model arus Eddy pada minggu pertama dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Fenomena Eddy pada Model 2 Dimensi di Minggu Pertama Bulan Desember 2016

Berdasarkan model arus 2 dimensi yang dihasilkan pada MIKE 21 Flow Model FM terdapat tiga kejadian arus Eddy di Laut Banda, tepatnya pada tanggal 1 Desember 2016 pukul 16.00 di koordinat 4° 40'- 4°11' LS dan 129°40' – 130°05' BT. Arus Eddy

yang terjadi memiliki arah yang berbeda, dengan satu kejadian siklonik dan dua kejadian antisiklonik. Arus *Eddy* siklonik dan antisiklonik dapat dibedakan berdasarkan arah perputaran arus. *Eddy* siklonik terjadi ketika perputaran arus searah dengan pergerakan jarum jam, sedangkan *Eddy* antisiklonik terjadi ketika perputaran arus berlawanan arah dengan pergerakan jarum jam. Kondisi pengelompokan ini disebabkan oleh area Laut Banda yang berada di bumi bagian selatan (BBS). Arus *Eddy* yang terbentuk pada Laut Banda juga bersifat menyebar (Darmawan *et al.*, 2020), dalam penelitian saat ini belum ditemukan dari data Era5, karena kondisi angin yang ada memiliki kecepatan di bawah 5 knot.

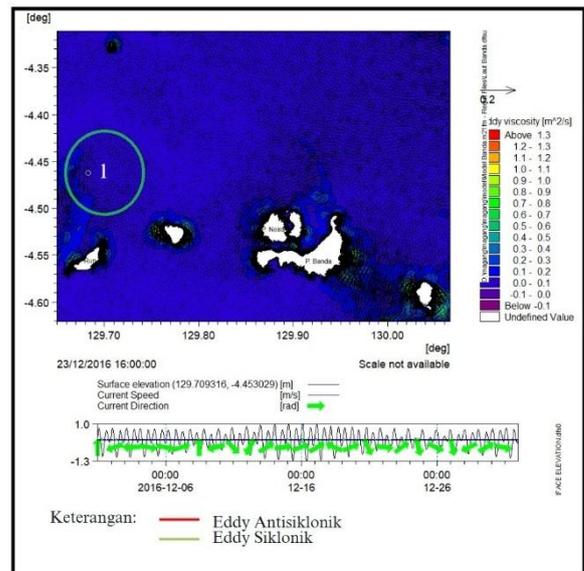
Arus *Eddy* pada bulan Desember 2016 terbentuk dengan titik pusat dan diameter yang berbeda-beda. Arus *Eddy* siklonik yang berada di sebelah selatan pulau Banda memiliki diameter 7.47 km dengan batas paling barat di 129°55'0.029" BT dan batas paling timur ada di 129°59'0.479" BT. Arus *Eddy* antisiklonik yang terbentuk di sebelah Utara Pulau Run memiliki diameter 4.44 km dengan batas paling barat berada di 129°41'49.089" BT dan batas paling timur berada di 129°39'36.325" BT. Arus *Eddy* antisiklonik yang berada di Utara Pulau Banda dan timur laut pulau Neira memiliki diameter 8.25 km dengan batas paling barat di 129°53'8.800" BT dan batas timur di 129°57'34.876" BT. Diameter arus *Eddy* pada minggu pertama bulan Desember 2016 disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Diameter Arus *Eddy* Minggu Pertama di Bulan Desember 2016

	Batas Timur	Batas Barat	Diameter
<i>Eddy</i> Siklonik (1)	129°59'0.479" BT	129°55'0.029" BT	7.47 km
<i>Eddy</i> Antisiklonik (2)	129°39'36.325" BT	129°41'49.089" BT	4.44 km
<i>Eddy</i> Antisiklonik (3)	129°57'34.876" BT	129°53'8.800" BT	8.25 km

Pada bagian utara Pulau Run ditemukan kembali arus *Eddy* pada minggu keempat bulan Desember 2016 dengan jenis siklonik. Arus *Eddy* yang terjadi di pada minggu keempat bulan Desember 2016 di laut Banda dengan koordinat 4° 40' - 4° 11' LS dan 129°40' – 130°05' BT hanya terdapat satu kejadian arus *Eddy* yang memiliki diameter 9.31 km yang memiliki posisi batas paling barat di 129°45'4.195" BT dan batas paling timur di 129°40'9.090" BT. Hasil dari model arus *Eddy* pada minggu keempat dapat dilihat pada Gambar 4 dan diameter arus *Eddy* disajikan dalam Tabel 3.

Pada minggu kedua dan ketiga di bulan Desember 2016 tidak ditemukan adanya arus *Eddy* di perairan Laut Banda, namun arus *Eddy* kembali muncul pada minggu keempat bulan Desember hingga akhir bulan Desember 2016. Arus *Eddy* yang telah dianalisis mengalami pergerakan dalam tiap minggunya pada semua tipe *Eddy* (Darmawan *et al.*, 2020). Berdasarkan 4 kejadian arus *Eddy* yang terjadi pada bulan Desember 2016 dengan diameter dari 4,4 km hingga 9.31 km, menunjukkan bahwa jenis arus *Eddy* yang terjadi di Laut Banda merupakan jenis arus *Eddy mesoscale* karena memiliki diameter dari 1-50 km.



Gambar 4. Fenomena *Eddy* pada Model 2 Dimensi di Minggu Keempat Bulan Desember 2016

Tabel 3. Diameter Arus *Eddy* Minggu Keempat di Bulan Desember 2016.

	Batas Timur	Batas Barat	Diameter
<i>Eddy</i> Siklonik (1)	129°40'9".090" BT	129°45'4.195" BT	9.31 km

Munculnya arus *Eddy* siklonik dan arus *Eddy* antisiklonik memiliki pengaruh terhadap dinamika *upwelling* dan *downwelling* di Perairan Laut Banda. *Upwelling* yang terjadi pada saat arus *Eddy* siklonik dan *downwelling* yang terjadi pada saat arus *Eddy* antisiklonik. Terbentuknya arus *Eddy*, arah terjadinya arus, dan diameter arus sangat dipengaruhi oleh kondisi atmosfer dan oseanografi, interaksi antara angin lokal, Arlindo, dan Armondo.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa pada Musim Barat tahun 2016 terutama pada bulan Desember 2016, terjadi 4 fenomena *Eddy* yang memiliki karakteristik yang berbeda. Pada 1 Desember 2016 pukul 16.00 terjadi 3 fenomena *Eddy*, dimana didapatkan satu jenis siklonik dan dua jenis antisiklonik. *Eddy* siklonik memiliki diameter 7.47 km, sedangkan *Eddy* antisiklonik masing-masing memiliki diameter 4.44 km dan 8.25 km. Kemudian pada minggu keempat sampai akhir bulan Desember 2016 terjadi 1 fenomena *Eddy*, dimana didapatkan *Eddy* tersebut berjenis siklonik. *Eddy* siklonik tersebut memiliki 9.31 km.

Perbedaan jenis *Eddy* tersebut memiliki pengaruh terhadap dinamika *upwelling* dan *downwelling* di Laut Banda. Jenis arus *Eddy* yang terjadi di Laut Banda merupakan jenis arus *Eddy mesoscale* karena memiliki diameter dari 1-50 km.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Komandan Pusat Hidro-Oceanografi TNI AL yang telah memberikan ijin dalam melaksanakan penelitian di Pushidrosal.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Alawiyah, E. A., Sasmito, B. dan Bashit, N. (2018). Analisis Pola Arus Geostropik Perairan Samudera Hindia Untuk Identifikasi *Upwelling* Menggunakan Data Satelit Altimetri. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1): 68-78.
- Aristi, S., Sutikno, S. dan Fauzi, M. (2020). Analisis Pola Arus Akibat Pasang Surut Pantai Selat Baru, Kabupaten Bengkalis. *Jurnal Selodang Mayang*, 6(3): 172 – 177.
- Aryanti, N. L. N. N., Herdrdrawan, I. G. dan Suteja, Y. (2019). Studi Variabilitas Produktivitas Primer Bersih Serta Hubungannya dengan El-Nino Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD) di Laut Banda Berdasarkan Data Satelit Aqua MODIS. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(1): 64-76.
- Darmawan, L. K., Pranowo, W. S., Harsono, G., Sukoco, N. B., dan Putra, I. (2020). Purwarupa Informasi untuk Keselamatan Pelayaran Berdasarkan Karakteristik *Eddy* di Laut Banda. *Jurnal Chart Datum*, 6(2): 33-39.
- DHI. (2017). *MIKE 21 Flow Model, Hydrodynamic Module, Scientific Documentation*. DHI Documentation.
- Irawan, A. Fahmi, R. dan Roziqin, A. (2018). Kondisi Hidro- Oseanografi (Pasang Surut, Arus Laut, Dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam. *Jurnal Kelautan*, 11(1): 56-68.
- Janitka, Zahrina, N., Yanfeto, B., dan Agassi, R. N. (2023). Pemodelan Arus *Eddy* 2 Dimensi di Perairan Selatan Yogyakarta Serta Hubungannya Dengan Sebaran Salinitas di Permukaan. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 5(1): 23-30.
- Kartadikaria, A. R., Napitupulu, G., Rangga, K., Radjawane, I. M. dan Abdullah, F. A. R. (2024). Ketidakteraturan Sebaran Spasial Variabilitas Musiman *Eddy* di Perairan Barat Laut Indonesia. *Jurnal Kelautan Tropis*, 27(1): 1-6.
- Nusratina, R. H., Ismunanarti, D. H. dan Ismanto, A. (2023). Studi Karakteristik

- Arus Laut di Selat Mansuar, Kabupaten Raja Ampat Berdasarkan Pemodelan Hidrodinamika 2D. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 5(2): 151–164.
- Nuzula, F., Sari, L. P. Y., Laksmi, M., Martono, dan Purba, N. P. (2016). Variabilitas Temporal *Eddy* di Perairan Makassar – Laut Flores. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7(1) : 130-138.
- Putra, D. P., Amin, T. dan Asri, D. P. (2017a). Analisis Pengaruh IOD dan Enso Terhadap Distribusi Klorofil-a pada Periode Upwelling di Perairan Sumbawa Selatan. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 4(2) : 7-16.
- Putra, I. I., Sukmono, A. dan Wijaya, A. P. (2017b). Analisis Pola Sebaran Area Upwelling Menggunakan Parameter Suhu Permukaan Laut, Klorofil-a, Angin dan Arus secara Temporal Tahun 2003-2016. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(4) : 157-168.
- Rienetza, A. Z., Zahrina, N., Yanfeto, B., & Agassi, R. N. (2023). Pemodelan Arus Pasang Surut dan Gelombang 2D Menggunakan Metode Numerik dengan Flow Model dan Spectral Wave Software Mike 21 di Perairan Tanjung Mulang Hingga Teluk Meru pada Bulan Januari 2022: 2d Tidal and Wave Modeling Using Numerical Method with Flow Model and Spectral Wave Mike 21 Software in The Waters of Tanjung Mulang to Meru Bay in January 2022. *Jurnal Hidrografi Indonesia*, 5(2): 57-66.
- Suyanto, M. C. W. dan Fauzan, D. (2024). Validasi Kecepatan Arus Simulasi Numerik MIKE 21 dengan Kecepatan Arus Lapangan pada Bangunan Goin PT. Boddia Galesong Jaya. *Sensistek*, 7(2): 144-151.
- Trisianto, G., Wulandari, S. Y., Suryoputro, A. A. D., Handoyo, G. dan Zainuri, M. (2021). Studi Variabilitas Upwelling di Laut Banda. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1) : 25-35.
- Waileruny, W., Wiyono, E. S., Wisudo, S. H., Purbayanto, A. dan Nurani, T. W. (2014). Musim dan Daerah Penangkapan Ikan Cangkalang di Laut Banda dan Sekitarnya Maluku Utara. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 5(1): 41-54.

