

KARAKTERISTIK ARUS PERMUKAAN LAUT DI PERAIRAN MIANGAS KABUPATEN TALAUD PROVINSI SULAWESI UTARA

*(Sea Surface Current Characteristics in Miangas Waters, Talaud Regency
North Sulawesi Province)*

**Secilya O. Nainggolan, Ping A, Angmalisang*, Wilmy E. Pelle,
Darus S. J. Paransa, Royke M. Rampengan, N. Gustaf F. Mamangkey**

Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi,
Manado, Sulawesi Utara

*Penulis Korespondensi: pingastony@unsrat.ac.id

ABSTRACT

Current is the process of moving water masses towards equilibrium so that it causes horizontal and vertical displacement of a number of water masses. The waters of Sangihe Talaud are the gateway for the entry of seawater masses from the Pacific Ocean to the Indian Ocean called the Indonesian Throughflow (ITF). The mass of Pacific Ocean water enters Indonesian waters through two routes, one of which is through the Western route. The monitoring and mapping of wind blows and surface currents in Talaud waters in this study uses data issued by the Meteorology, Climatology and Geophysics Agency, especially from the Bitung City Maritime Station. This data is used to describe the dynamics of sea surface currents in the waters of Miangas which is a shipping lane. This study uses a quantitative method. Data analysis was carried out first by the method of classifying data into four months in each year, then the data was processed using WRPLOT and ODV (Ocean Data View) software lifters. The results of the study show the characteristics of sea surface currents in Miangas Waters in 2020 cumulatively the dominant current direction heading to the Southwest with a maximum speed of 49.86 cm/s. Furthermore, in 2021, the dominant current direction headed to the Northeast at a speed of 48.69 cm/s. In 2022 the dominant current direction is heading to the Northeast with a maximum speed of 48.49 cm/s and in 2023 the dominant current direction is heading to the Northeast with a maximum speed of 50.42 cm/s.

Keywords: current, quantitative, oceanography, Miangas Waters

ABSTRAK

Arus adalah proses pergerakan massa air menuju kesetimbangan sehingga menimbulkan perpindahan horizontal dan vertikal sejumlah massa air. Perairan Sangihe Talaud merupakan pintu gerbang masuknya massa air laut dari Samudera Pasifik ke Samudera Hindia yang dinamakan Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Massa air Samudera Pasifik masuk ke perairan Indonesia melalui dua jalur salah satunya adalah melalui jalur Barat. Pemantauan dan pemetaan tiupan angin dan arus permukaan di perairan Talaud dalam penelitian ini menggunakan data yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) khususnya dari Stasiun Maritim Kota Bitung. Data ini digunakan untuk menggambarkan dinamika arus permukaan laut di perairan Miangas yang merupakan jalur pelayaran. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Analisa data dilakukan pertama-tama dengan metode pengklasifikasian data ke dalam empat bulan dalam setiap tahun, kemudian data diolah menggunakan perangkat lunak WRPLOT dan ODV (Ocean Data View). Hasil penelitian menunjukkan karakteristik arus permukaan laut di Perairan Miangas pada tahun 2020 secara kumulatif arah arus dominan menuju ke Barat Daya dengan kecepatan maksimum 49,86 cm/s. Selanjutnya pada tahun 2021 arah arus dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 48,69 cm/s. Pada tahun 2022 arah arus dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan maksimum 48,49 cm/s dan pada tahun 2023 arah arus dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan maksimum 50,42 cm/s.

Kata kunci: arus, kuantitatif, oseanografi, Perairan Miangas

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terbentang dari Sabang sampai Merauke, dengan kumpulan pulau-pulau yang sangat luas. Kepulauan Indonesia terdiri dari 17.499 pulau, dengan luas total kurang lebih 7,81 juta km². Berdasarkan luas wilayah tersebut, kurang lebih 3,25 juta km² merupakan lautan luas, 2,55 juta km² merupakan zona ekonomi eksklusif (ZEE), dan hanya kurang lebih 2,01 juta km² merupakan daratan (Pratama, 2020). Indonesia mempunyai potensi sumber daya kelautan dan perikanan yang sangat besar karena memiliki wilayah laut yang sangat luas.

Wilayah perairan Indonesia sangat luas membuat Indonesia mempunyai banyak potensi di bidang kelautan yang dapat dikembangkan untuk menunjang kesejahteraan masyarakat, mulai dari bidang perikanan sebagai sumber pangan, transportasi hingga teknologi kelautan untuk membangun infrastruktur negara. Pengembangan alternatif sumber energi dalam pengelolaan dan pengembangan ketahanan nasional serta perencanaan pencegahan dan pengelolaan bencana. Sifat, fenomena dan penggambaran terhadap laut atau samudera serta bentangannya dapat dipelajari dalam ilmu oseanografi. Fenomena penting dalam kajian oseanografi fisika adalah menyangkut gelombang, pasang surut, dan arus laut.

Arus laut (sea current) merupakan perpindahan massa air dari satu tempat menuju tempat lain, yang disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya hembusan angin, perbedaan densitas dan pasang

surut (Pariwono, 1989). Dahuri *et al* (2013) mengatakan bahwa gerakan perpindahan massa air laut disebabkan oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal dipengaruhi oleh proses upwelling dan perbedaan densitas pada lapisan kolom air, sedangkan faktor eksternal dipengaruhi oleh gaya gravitasi, gaya coriolis, angin dan pasang surut. Selain itu, Brown *et al* (2004) membaginya di dalam dua komponen terhadap pergerakan massa air laut yaitu komponen arus permukaan dan komponen arus bagian dalam. Arus permukaan disebabkan oleh gesekan angin yang pengaruhnya dari puluhan meter sampai seratus meter kedalaman dan ini tergantung dari musim dan kecepatan angin. Arus yang disebabkan oleh angin pada umumnya bersifat musiman, dimana pada satu musim arus mengalir ke satu arah dengan tetap dan pada musim berikutnya akan berubah arah sesuai dengan perubahan arah angin yang terjadi (Pariwono, 1989).

Arus laut merupakan salah satu faktor oseanografi yang menarik untuk diteliti karena sangat erat hubungannya dengan aktivitas manusia di atas permukaan laut, antara lain transportasi penumpang/barang dan kegiatan perikanan serta tidak kalah pentingnya menghasilkan informasi hidro-oseanografi.

Perairan Talaud merupakan jalur pelayaran penting yang mencakup berbagai aktivitas seperti transportasi penumpang, pengiriman barang, dan kegiatan perikanan. Arus laut di kawasan ini dapat mempengaruhi jalannya kapal dan aktivitas pelayaran lainnya. Oleh karena itu, informasi mengenai arus laut sangat penting dalam berbagai bidang seperti navigasi, penangkapan ikan,

operasi pencarian dan penyelamatan (*search and rescue*), efisiensi penggunaan bahan bakar, serta pemodelan dan penanganan tumpahan minyak (World Meteorological Organization, 2018). Perairan laut tropis Indonesia merupakan satu-satunya jalur tol laut bagi transport massa air tropis dari lintang rendah Samudera Pasifik ke Samudera Hindia, atau dikenal dengan Arus Lintas Indonesia (Arlindo).

Penelitian mengenai arus permukaan laut pernah dilakukan oleh (Widada *et al.*, 2012) di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak dengan menggunakan metode lagrangian. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa hasil simulasi model SMS rata-rata kecepatan arus permukaan yang diperoleh pada musim timur di Perairan Sayung 0,15 m/dt dengan arah dominan menuju ke Barat, sedangkan pada musim barat kecepatan arus di Perairan Sayung 0,20 m/dt dengan arah menuju ke timur-timur laut. Penelitian selanjutnya, Sumolang *et al.*, 2023 mengatakan Perairan Kepulauan Sangihe dan Kepulauan Talaud bagian utara dan timur dipengaruhi oleh arus permukaan yang mengalir dari laut Filipina menuju selatan melewati Palung Filipina. Arus permukaan yang relatif kuat terjadi pada bulan Juli-Agustus di bagian barat, yaitu ketika arus permukaan dari laut Sulawesi bergerak ke arah timur dan timur laut, di bagian selatan arus relatif kuat terjadi pada bulan Juli, ketika terjadi interaksi antara arus Samudra Pasifik bagian barat dan arus dari laut Sulawesi. Namun, berbeda dengan Perairan Miangas pada lokasi ini penelitian terkait arus permukaan laut masih sedikit sehingga diperlukan penelitian yang lebih lanjut mengenai pergerakan arus yang terjadi.

Pulau Miangas merupakan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang terletak di ujung utara Indonesia dan berbatasan dengan Negara Filipina. Perairan di sekitar Pulau Miangas penting untuk diperhatikan karena dekat dengan Selat Mindanao, yang merupakan jalur pelayaran penting di wilayah tersebut. Perairan Miangas merupakan jalur yang sering digunakan kapal-kapal untuk berlayar antara Negara Indonesia dan Negara Filipina (Muhidin, 2019). Mengingat pentingnya informasi mengenai kondisi suatu perairan sebagai jalur transportasi maka perlu dilakukan pengkajian untuk mengetahui karakteristik arus laut suatu wilayah. Oleh sebab itu, penelitian mengenai karakteristik arah dan kecepatan serta pola arus laut di Perairan Miangas penting untuk dilaksanakan.

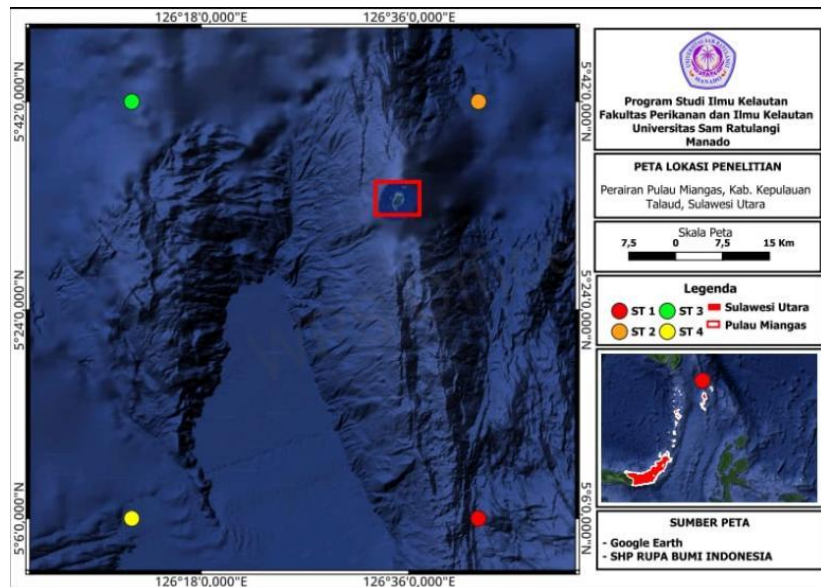
METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian dilakukan di Perairan Miangas Kepulauan Talaud Provinsi Sulawesi Utara dengan mengambil data arus permukaan laut dan data angin di 4 titik yang sama. Koordinat stasiun-1 adalah 5°06'00.0" LU dan 126°42'00.0" BT, stasiun-2 5°42'00.0" LU dan 126°42'00.0" BT, stasiun-3 5°42'00.0" LU dan 126°12'00.0" BT, dan stasiun-4 5°06'00.0" LU dan 126°12'00.0" BT.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan metode penelitian yang menggunakan data yang diukur secara numerik. Data yang dikumpulkan dalam bentuk angka kemudian dianalisis menggunakan teknik statistik untuk mengetahui hubungan, pola, dan



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan data arus di Perairan Miangas

perbedaan yang signifikan (Smith & Doe, 2020). Penelitian ini menggunakan basisdata yang diperoleh dari BMKG Stasiun Maritim Bitung. BMKG menyediakan data yang telah terekam secara digital dan di unduh dari *website* BMKG – *Ocean Forecast System*, yang merupakan pusat penyimpanan data. Data arus yang telah ambil, di masukkan ke dalam program aplikasi Microsoft Excel dan dibuat dalam bentuk tabel untuk diurutkan berdasarkan tahun, bulan, hari, jam, arah dan kecepatan arus. Data dalam bentuk table ini di simpan dalam bentuk file.

Analisis Data

Analisis data dilakukan bulan Januari, Maret, Juni, dan September pada tahun 2020 sampai dengan tahun 2023. Data arus permukaan di keempat titik koordinat tersebut dimasukan ke dalam program aplikasi WRPLOT untuk melihat pergerakan penyebarannya, sedangkan untuk melihat pola pergerakan arus

permukaan laut digunakan program aplikasi Ocean Data View (ODV). Data arus dan angin yang diolah menggunakan aplikasi WRPLOT untuk menggambarkan mawar arus agar lebih mudah untuk mengetahui arah dan kecepatan arus dan angin yang paling dominan dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2023, kemudian *Ocean Data View* (ODV) digunakan untuk melihat pola arah arus permukaan laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

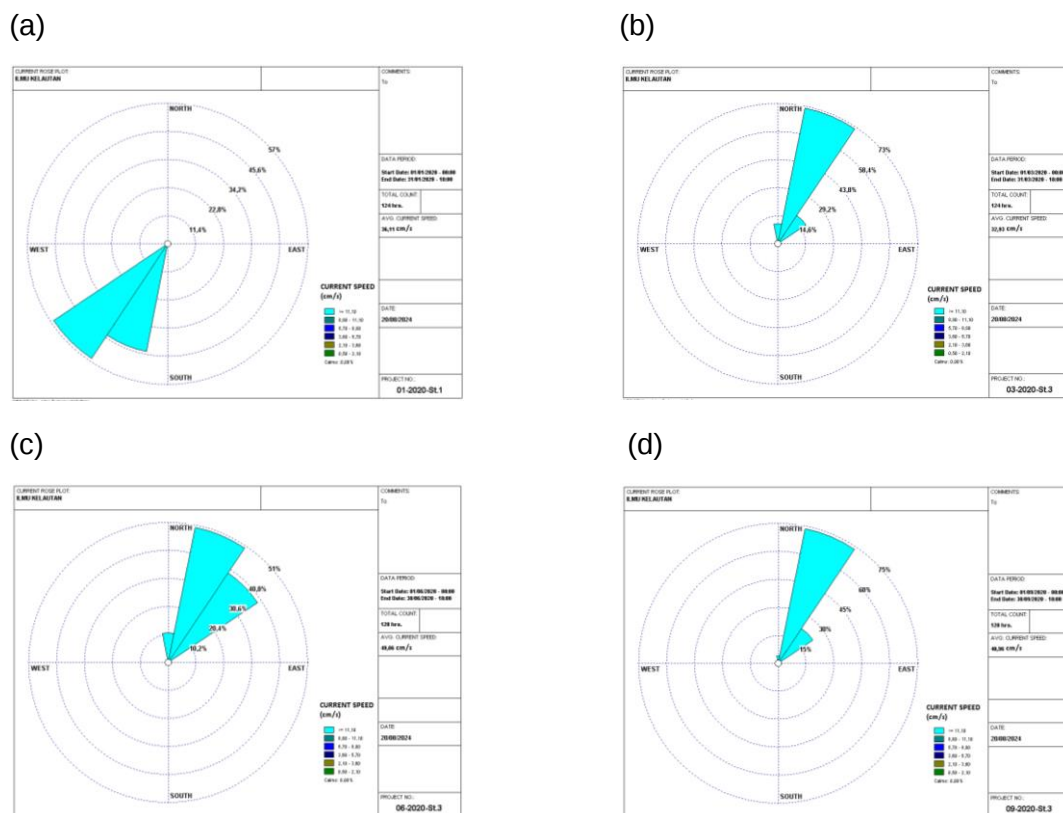
Arah dan Kecepatan Angin dan Arus

Mawar arus memperlihatkan arah dan kecepatan maksimum arus permukaan laut pada bulan Januari, Maret, Juni, dan September pada tahun 2020 sampai pada tahun 2023. Tahun 2020 (Gambar 2) kecepatan arus permukaan maksimum di keempat stasiun terbentuk pada bulan Januari stasiun 1 pergerakan arus permukaan dominan menuju ke arah Barat Daya dengan kecepatan 36,11 cm/s. Pada

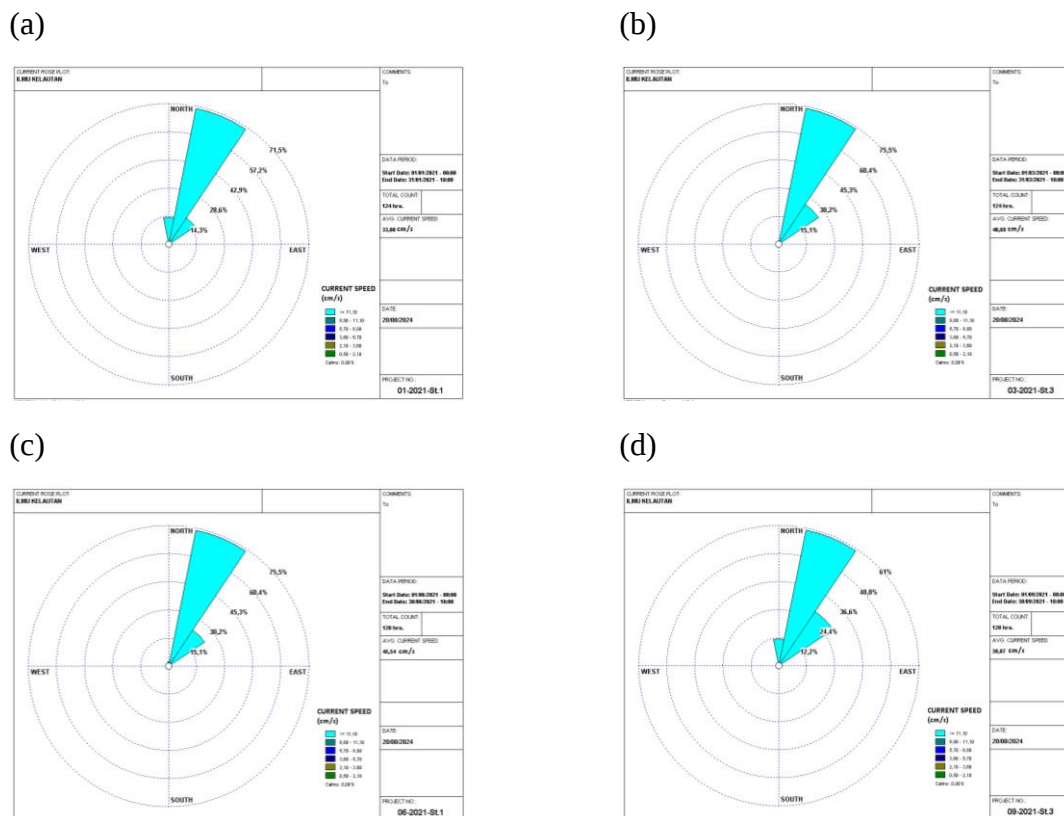
bulan Maret kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3 arus permukaan bergerak menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 32,93 cm/s. Selanjutnya pada bulan Juni kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan bergerak dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 49,86 cm/s. Pada bulan September arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan dominan bergerak dari Timur Laut dengan kecepatan 40,96 cm/s.

Tahun 2021 (Gambar 3) kecepatan arus permukaan maksimum bulan Januari terjadi pada stasiun 1, pergerakan arus

dominan menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 33,08 cm/s. Pada bulan Maret kecepatan arus maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan bergerak dari arah yang sama yaitu menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 48,69 cm/s. Selanjutnya pada bulan Juni kecepatan arus maksimum terjadi pada stasiun 1, arus permukaan bergerak dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 45,54 cm/s. Pada bulan September arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan dominan bergerak dari Timur Laut dengan kecepatan 38,87 cm/s.



Gambar 2. Mawar arus maksimum (a)Januari, (b)Maret, (c)Juli, (d)September Tahun 2020

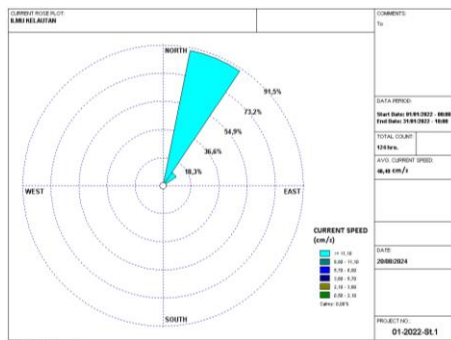


Gambar 3. Mawar arus Maksimum (a)Januari, (b)Maret, (c)Juli, (d)September Tahun 2021

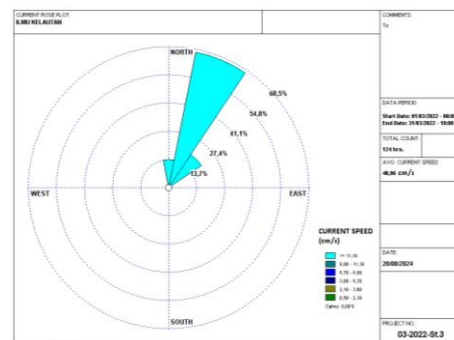
Tahun 2022 (Gambar 4) kecepatan arus permukaan maksimum bulan Januari terjadi pada stasiun 1, arus permukaan dominan menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 48,49 cm/s. Pada bulan Maret kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan bergerak menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 40,96 cm/s. Selanjutnya pada bulan Juni kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan bergerak dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 40,73 cm/s. Pada bulan September arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan dominan bergerak dari Timur Laut dengan kecepatan 36,07 cm/s.

Tahun 2023 (Gambar 5) kecepatan arus permukaan maksimum bulan Januari terjadi pada stasiun 1, arus permukaan dominan menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 41,21 cm/s. Pada bulan Maret kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 1, arus permukaan bergerak menuju ke arah Timur Laut dengan kecepatan 41,21 cm/s. Selanjutnya pada bulan Juni kecepatan arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan bergerak dominan menuju ke Timur Laut dengan kecepatan 50,42 cm/s. Pada bulan September arus permukaan maksimum terjadi pada stasiun 3, arus permukaan dominan bergerak dari Timur Laut dengan kecepatan 33,35 cm/s.

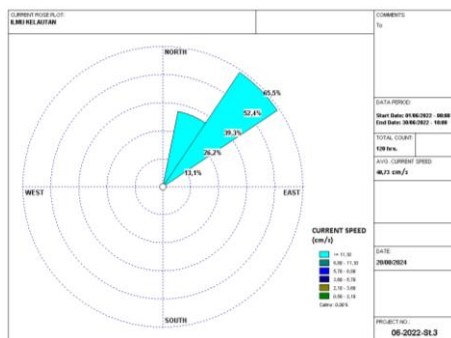
(a)



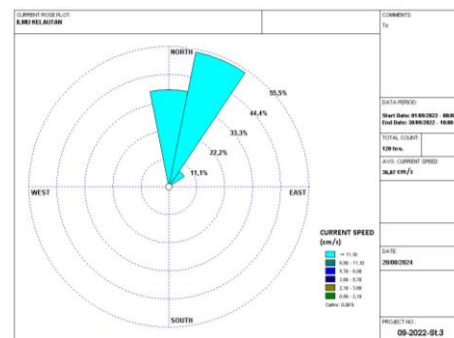
(b)



(c)

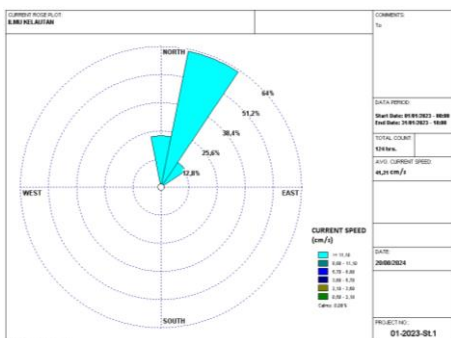


(d)

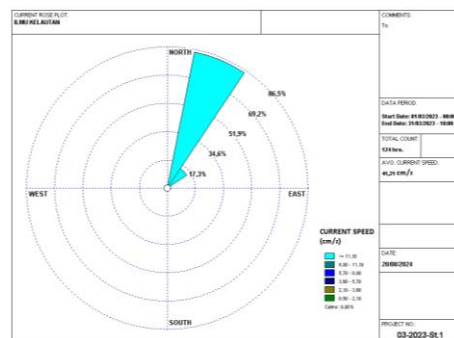


Gambar 4. Mawar arus Maksimum (a)Januari, (b)Maret, (c)Juli, (d)September Tahun 2022

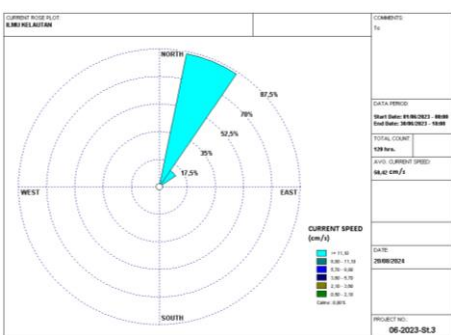
(a)



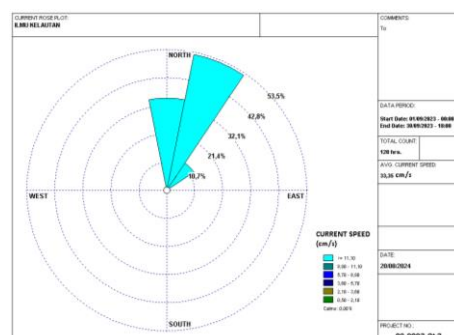
(b)



(c)



(d)



Gambar 5. Mawar arus Maksimum (a)Januari, (b)Maret, (c)Juli, (d)September Tahun 2023

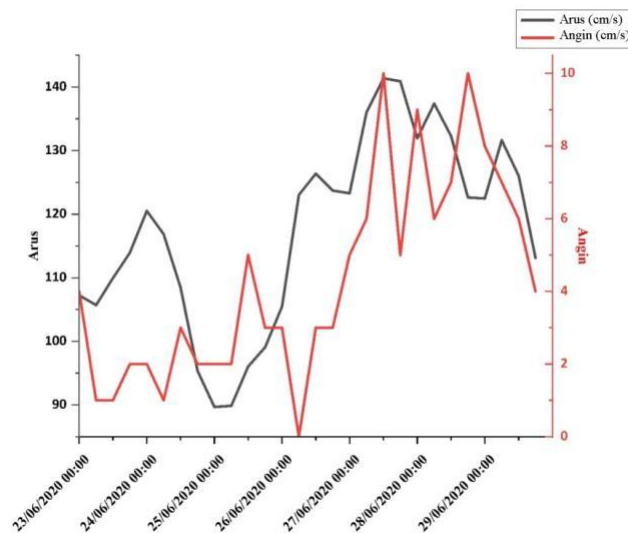
Hasil pengolahan data menggunakan *WrPlot* menunjukkan bahwa selama periode Januari dari tahun 2020 hingga 2023, stasiun 1 secara konsisten mencatat kecepatan arus permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan 3 stasiun lainnya. Wilayah sekitar stasiun 1 memiliki karakteristik kecepatan arus permukaan yang lebih kuat dibandingkan dengan wilayah lain yang diwakili oleh ketiga stasiun lainnya, terutama selama bulan Januari. Selain itu, pada bulan Maret tahun 2020 hingga 2022, stasiun 3 mencatat kecepatan arus permukaan yang lebih besar di antara keempat stasiun. Namun, pada tahun 2023, kecepatan maksimum arus permukaan tercatat pada stasiun 1, menandakan adanya perubahan dinamika arus permukaan di wilayah tersebut pada tahun terakhir yang diamati. Pengamatan pada bulan Juni menunjukkan bahwa pada tahun 2020, stasiun 3 mencatat kecepatan arus permukaan tertinggi di antara keempat stasiun. Kemudian pada tahun 2021, kecepatan maksimum terjadi pada stasiun 1, namun pada tahun 2022 hingga 2023, stasiun 3 kembali mencatat kecepatan arus permukaan tertinggi, menunjukkan pola yang dinamis dalam intensitas arus permukaan di berbagai stasiun sepanjang tahun tersebut. Data juga menunjukkan bahwa selama bulan September dari tahun 2020 hingga 2023, stasiun 3 secara konsisten mencatat kecepatan arus permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan ketiga stasiun lainnya.

Arus permukaan laut akan mengikuti arah angin dominan di suatu wilayah. Arus permukaan yang digerakkan oleh angin akan dibelokkan oleh gaya Coriolis, dimana efek yang dihasilkan oleh rotasi

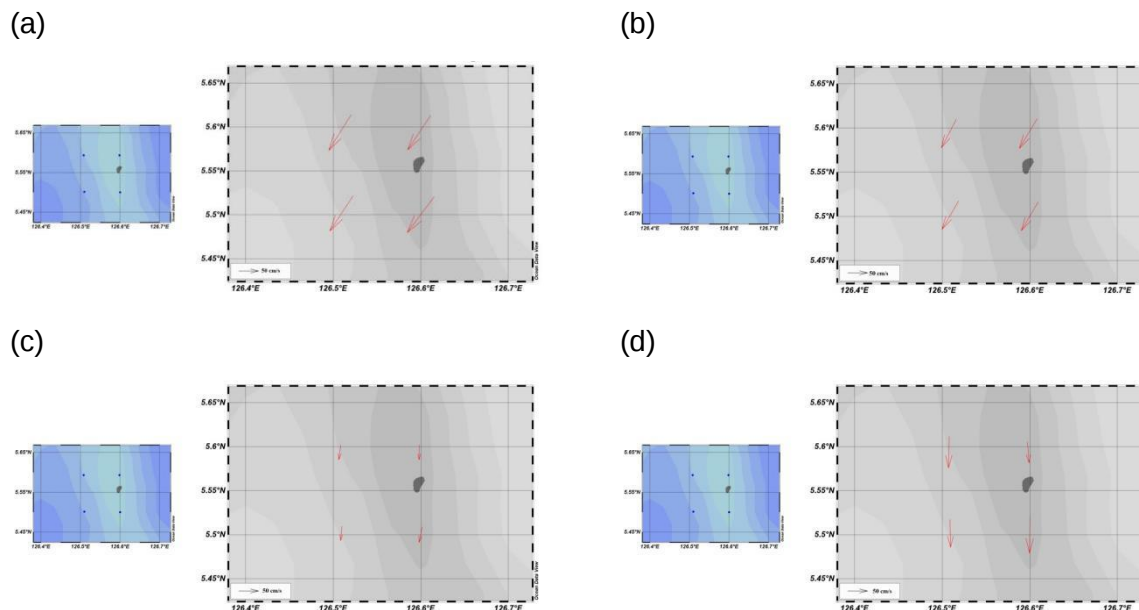
bumi yang menyebabkan pembelokan dari jalur lurus. Hal tersebut menunjukkan bahwa arus permukaan dipengaruhi oleh kecepatan dan arah anginnya (Wyrky, 1961). Pada penelitian ini menjelaskan arus permukaan yang terjadi di Perairan Miangas cenderung dipengaruhi oleh Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang membawa massa air laut dari Samudra Pasifik ke Samudra Hindia melalui Perairan sangihe Talaud (Gordon & Fine, 1996). Meskipun demikian, angin juga berperan penting dalam pembentukan arus permukaan laut. Namun, pengaruh angin terhadap arus permukaan relatif kecil dibandingkan faktor lainnya, di mana hanya sekitar 2% dari kekuatan angin yang mempengaruhi pergerakan arus secara signifikan (Octavia *et al.*, 2018).

Grafik Kecepatan Arus Permukaan dan Angin

Kecepatan arus permukaan maksimum dari pengolahan data 4 tahun terjadi pada tahun 2020 di stasiun 3 (Gambar 6). Grafik tersebut mewakili data kecepatan arus permukaan dan kecepatan angin maksimum dalam satu minggu dimulai dari tanggal 23-29 pada bulan Juni. Grafik tersebut menunjukkan arus permukaan memiliki kecepatan minimum pada tanggal 25 kecepatan arus permukaan sebesar 90 cm/s dengan kecepatan angin 2,1 cm/s. Kecepatan maksimum terjadi pada tanggal 27 pukul 12.00 dan 18.00 arus mencapai kecepatan 141 cm/s dan kecepatan angin 10,3 cm/s. Berdasarkan grafik diatas terlihat jelas bahwa pengaruh pergerakan angin terhadap arus permukaan di Perairan Miangas relatif kecil. Pada tanggal 23 kecepatan arus mencapai 109 cm/s, sedangkan kecepatan angin hanya



Gambar 6. Grafik kecepatan arus permukaan dan angin



Gambar 7. Peta arus Bulan Januari, Maret, Juni, September Tahun 2020

tercatat pada ketinggian 4,2 cm/s. Hal ini menunjukkan bahwa kontribusi angin terhadap pembentukan arus permukaan laut sangat sedikit. Pola yang sama juga terlihat pada tanggal 27, ketika kecepatan arus permukaan laut berada pada titik maksimum, yaitu mencapai 141 cm/s, kecepatan angin hanya mencapai 10,3 cm/s. perbedaan yang cukup signifikan antara kecepatan arus dan angin menunjukkan bahwa faktor utama yang

mempengaruhi pergerakan arus dikawasan tersebut bukanlah angin, melainkan lebih didominasi oleh Arus Lintas Indonesia (Arlindo). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa arus permukaan di perairan Miangas cenderung lebih banyak dipengaruhi oleh Arlindo, yang membawa massa air dari samudra Pasifik ke Samudra Hindia, dibandingkan dengan pengaruh yang ditimbulkan oleh tiupan angin pada permukaan laut.

Peta Arah Arus

Peta arus permukaan pada tahun 2020 keempat stasiun pada bulan Januari mencatat arus permukaan dominan secara konsisten bergerak menuju ke arah Barat Daya dengan kecepatan 50 cm/s, menunjukkan pola arus permukaan yang stabil dan terarah pada periode tersebut. Pada bulan Maret mencatat arus permukaan dominan bergerak menuju ke arah yang sama dengan bulan Januari yaitu menuju ke Barat Daya dengan kecepatan 50 cm/s namun, dapat dilihat pada tanda panah pada gambar bulan Maret memiliki kecepatan lebih kecil. Pada bulan Juni terlihat arus permukaan dominan bergerak menuju ke arah Selatan dengan kecepatan 50 cm/s dan memiliki pergerakan kecepatan arus permukaan lebih kecil. Selanjutnya pada bulan September mencatat arus permukaan dominan bergerak menuju ke arah Selatan dengan kecepatan 50 cm/s dan memiliki pergerakan kecepatan arus permukaan lebih besar dibandingkan dengan kecepatan arus permukaan yang terjadi pada bulan Juni.

KESIMPULAN

1. Berdasarkan analisis data arus permukaan laut selama empat tahun terakhir, diketahui bahwa arus permukaan laut maksimum terjadi pada Tahun 2020 bulan Juni stasiun 3. Pada tanggal 27, arus permukaan laut mencapai kecepatan tertinggi sebesar 141 cm/s dengan arah dominan menuju ke arah Timur Laut. Hal ini menunjukkan bahwa priode tersebut mencatat intensitas arus yang sangat tinggi dibandingkan dengan priode lainnya. Sebaliknya, kecepatan minimum arus permukaan laut terjadi

pada tanggal 25 dengan kecepatan sebesar 90 cm/s dan bergerak menuju kearah Barat Daya.

2. Pola arus permukaan yang diwakilkan pada tahun 2020 dapat dilihat pada bulan Januari dan Maret arus permukaan dominan bergerak menuju ke arah Barat Daya dengan kecepatan lebih besar terjadi pada bulan Januari. Pada bulan Juni dan September pola arus permukaan dominan menuju ke arah Selatan dengan kecepatan lebih besar terjadi pada bulan September.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengetahui pengaruh pasang surut terhadap pergerakan arus permukaan pada lokasi yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Anzhar, K., Yarianto, SBS. 2000. Pola Angin Laut dan Angin Barat di Daerah Ujung Lahembang, Semenanjung Muria. *Jurnal Pengembangan Energi Nuklir*, 2(4), 199-206.
- Brown, J, Colling, A., Park, D., Phillips, J., Rothery, D., Wright, J. 1989. Ocean Circulation. The Open University. First Edition. Pergamon Press, Oxford.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting Putra, S., Sitepu, M. J. 2013. Pengelolaan Sumber Daya Pesisir Secara Terpadu. PT. Balai Pustaka (Persero). Jakarta Timur.
- Efendi, S, S., Karmen, D., Perdana, P, Y. 2013. Efektivitas Struktur Penahan Pasir dalam Perubahan Arus di Perairan Pantai Nusa Dua Bali. Kolokium Hasil Litbang Sumber Daya Air.
- Furue, R., Potemra, J. T., Creary, J. P. 2019. Mindanao Current and Undercurrent: Variability and Connection to the Large-scale Wind Field. *Journal of Physical Oceanography*, 49(9), 2281-2300.
- Gordon, A.L., R.A. Fine. 1996. Pathways of Water Between the Pacific and

- Indian Oceans in the Indonesian Seas. *Nature*, 379, 146- 149.
- Gordon, A. L., Villanoy, C., Centurioni, L., Bower, A., Furey, H., Wang, D., Flament, P. 2012. The Mindanao Current: Mean and variability. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 117.
- Haqiqi, J. F. 2018. Analisis Pola Arus Laut dalam Mendukung pengembangan energy Listrik Tenaga Arus di Selat Toyopakeh Nusa Penida Bali.
- Ilahude, A. G., Nontji, A. 1999. Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina), Lokakarya AIPI, Serpong.
- Muhidin, S, O. 2019. Penyelesaian Sangketa perbatasan Yang Ditinjau Melalui Implementasi *Border Crossing Agreement* Antara Indonesia- Filipina. *Jurnal Transborders*, 2(2), 108-114.
- Nontji, A., 2005, Laut Nusantara, Cetakan Ketiga. Djambatan. Jakarta.
- Octavia, Y, P., Jumarang, M, I., Apriansyah. 2018. Estimasi Arus Laut Permukaan yang Dibangkitkan Oleh Angin di Perairan Indonesia. *Prisma Fisika*, 6(1), 1-8.
- Pratama, O. 2020. Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut. Retrieved Desember 22, 2022, from KKP Web Site: <https://kkp.go.id/djprl/artikel/21045>.
- Pariwono. 1989. Gaya Penggerak Pasang Surut Puslitbang Oseanologi LIPI.
- Pond, S., Pickard, G. 1983. *Introductory Dynamical Oceanography*; Second Edition. New York: Pergamon Press.
- Poerbandono, D. E., Djunarsjah, E. 2005. Survey Hidrografi. *Refika Aditama*, 1-166.
- Radjawane, I. M., Hadipoetranto, P. P. 2014. Karakteristik Massa Air di Percabangan Arus Lintas Indonesia Perairan Sangihe Talaud Menggunakan Data Index Satal 2010. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(2), 525-536.
- Riandi, R., Apriansyah., Risiko. 2022. Pengukuran Kecepatan Arus Permukaan dengan Metode Langrangian di Estuari Mempawah. *Manfish Journal*, 2(2), 72-79.
- Sari, Y, N., Wirasatrya, A., Kunarso., Rachadidi, B., Handoyo, G. 2020. Variabilitas arus Permukaan di Perairan Samudra Hindia Selatan Jawa. *Jurnal of Oceanography*, 2(1), 1-7.
- Smith, J., Doe, J. 2020. The Effects of Exercise on Mental Health: A Quantitative Analysis. *Jurnal of Health Psychology*.
- Sumolang, S., Sampe, S., Kumayas, N. 2023. Ruang Laut Masyarakat kepulauan Sangihe-Talaud di perbatasan Indonesia-Pilipina. *Kepel Press*. 1-246.
- Surinati, Dewi. 2011. Energi Arus Laut. *Oseana*, 36(1), 13-25.
- Widada, S., Rochadidi, B., Endrawati, H. (2012). Pengaruh Arus Terhadap Genangan Rob di Kecamatan Sayung Kabupaten Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, (1), 31-39.
- World Meteorological Organization. 2018. Guide to Marine Meteorological Services. (471), 1-69.
- Wyrski, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian waters*. UC San Diego: Library-Scripps Digital Collection. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/49n9x3t4>.