

VARIASI GELOMBANG, ARUS PERMUKAAN, DAN ANGIN DI LAUT HALMAHERA BAGIAN BARAT

Arfidsa I Dero^{1)*}, Rommy M Abdullah²⁾, Zaky Alin Nuary³⁾

¹⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Khairun Ternate

²⁾ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Khairun Ternate

³⁾ Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

*Korespondensi: arfidsaidero@gmail.com

ABSTRACT

The Halmahera Sea has water masses that are influenced by the atmosphere-sea dynamics of the Pacific Ocean. The existence of the equatorial current system and warm water pools has a major influence on water conditions in the Halmahera Sea. Wave, current and wind conditions greatly influence the activities of people around these waters. It is hoped that this research will be able to provide initial information for the community in carrying out their daily activities. The data used are wave, surface current and surface wind model data from the Copernicus Model. The data is processed seasonally using spatio-temporal analysis and linear regression analysis. The research results show that the spatial patterns of wave height, surface currents and surface winds that occur in the West Halmahera Sea show a seasonal pattern that is influenced by the monsoon winds. In this research, it is shown that there is an influence between wind speed on wave formation and surface currents in the western Halmahera Sea.

Keywords: Waves, Currents, Winds, Halmahera Sea, Regression

ABSTRAK

Laut Halmahera memiliki massa air yang dipengaruhi oleh dinamika atmosfer-laut Samudera Pasifik. Keberadaan sistem arus ekuatorial dan kolam air hangat memberikan pengaruh yang besar terhadap kondisi perairan di Laut Halmahera. Kondisi gelombang, arus, dan angin sangat mempengaruhi aktivitas masyarakat di sekitar wilayah perairan tersebut. Penelitian ini diharapkan mampu menjadi informasi awal bagi masyarakat dalam melakukan aktivitas keseharian. Data yang digunakan adalah data model gelombang, arus permukaan, dan angin permukaan dari Model Copernicus. Data tersebut diolah secara musiman dengan menggunakan analisis spasio-temporal dan analisis regresi linear. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola spasial tinggi gelombang, arus permukaan, dan angin permukaan yang terjadi di Laut Halmahera bagian Barat menunjukkan adanya pola musiman yang dipengaruhi oleh angin monsun. Dalam penelitian ini, ditunjukkan bahwa adanya pengaruh antara kecepatan angin terhadap pembentukan gelombang dan arus permukaan di Laut Halmahera bagian barat.

Kata kunci: Gelombang, Arus, Angin, Laut Halmahera, Regresi

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan yang memiliki sekitar 17.508 pulau dengan luas wilayah perairan sebesar 2/3 dari luas wilayahnya, sehingga banyak aspek kehidupan penduduknya yang berhubungan erat dengan laut termasuk didalamnya gelombang laut (Tjasyono, 2006). Gelombang laut merupakan salah satu jenis layanan informasi meteorologi maritim (*marine meteorological services*). Sering terjadinya gelombang tinggi tentu dapat menyebabkan terganggunya aktivitas nelayan, transportasi laut antar pulau yang dapat berdampak pada kehidupan masyarakat di darat, seperti kelangkaan bahan pangan di

beberapa pulau kecil dan terganggunya berbagai aktifitas pembangunan karena terhambatnya suplai bahan-bahan konstruksi (Kurniawan, 2012).

Selain gelombang, arus laut juga merupakan fenomena laut yang mempengaruhi transportasi laut antar pulau yang dapat berdampak pada kehidupan masyarakat. Arus laut adalah aliran suatu massa air akibat adanya angin, densitas, dan pergerakan gelombang (Irawan, dkk, 2018). Pergerakan ini menimbulkan fenomena arus laut dan angin yang menjadi mekanisme untuk menyeimbangkan energi di seluruh muka bumi. Angin merupakan salah satu gaya utama yang menyebabkan timbulnya arus laut selain gaya

yang timbul akibat dari tidak samanya pemanasan dan pendinginan air laut. Banyak kegiatan di laut baik untuk kegiatan penelitian, operasi pelayaran untuk transportasi laut, penangkapan ikan, eksplorasi sumber daya laut serta pembangunan di sektor kelautan tentunya sangat sensitif dipengaruhi dinamika perubahan cuaca dan keadaan permukaan laut.

Laut Halmahera memiliki massa air yang dipengaruhi oleh dinamika atmosfer-lautan yang ada di Samudera Pasifik. Keberadaan sistem arus ekuatorial dan kolam air hangat memberikan pengaruh yang besar terhadap interaksi Laut-atmosfer. Laut Halmahera berada di wilayah yang cukup strategis dan dapat dimanfaatkan untuk mendeteksi fenomena-fenomena yang muncul akibat adanya dinamika laut-atmosfer.

Berdasarkan uraian sebelumnya, bahwa gelombang, arus permukaan, dan angin permukaan dapat menyebabkan terganggunya aktivitas nelayan, transportasi laut antar pulau yang dapat berdampak pada kehidupan masyarakat di laut dan di darat, maka rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana tinggi dan arah gelombang, pergerakan arus permukaan, serta angin permukaan berdasarkan musim yang terjadi serta seberapa besar pengaruh antara variabel angin terhadap pembentukan gelombang dan arus di Laut Halmahera bagian Barat.

KAJIAN PUSTAKA

Gelombang merupakan fenomena alam naik-turunnya air secara periodik dan dapat dijumpai di semua tempat di seluruh dunia. Illahude (1999) mendefinisikan gelombang laut adalah deretan pulsa-pulsa yang berurutan yang terlihat sebagai perubahan ketinggian permukaan air laut, yaitu dari elevasi maksimum (puncak) ke elevasi minimum (lembah). Gelombang memiliki beberapa bentuk (Segar, 2012), yaitu puncak gelombang (*crest*); lembah gelombang (*trough*); panjang gelombang (*wavelength*); tinggi gelombang (*wave height*); dan amplitudo gelombang (*amplitude*). Menurut Triatmodjo (1999), gelombang terbentuk oleh adanya beberapa gaya pembangkit seperti angin, gaya tarik menarik bumi-bulan-matahari, gempa (vulkanik atau tektonik) di dasar laut, dan gelombang yang disebabkan oleh topografi dasar laut.

Menurut Muhammad (2005), arus laut adalah gerakan massa air laut yang sebagian besar bergerak dengan arah horisontal dan hanya sebagian kecil bergerak dengan arah vertikal. Gerakan massa air laut secara vertikal disebut *up-welling* dan *down-welling*. Arus pada sirkulasi di permukaan laut didominasi oleh arus yang ditimbulkan oleh angin sedangkan sirkulasi di dalam laut didominasi oleh arus termohalin. Menurut Ilahude dan Nontji (1999) wilayah perairan Indonesia merupakan salah satu daerah yang menjadi jalur perjalanan sistem arus utama yang disebut Arus Lintas Indonesia (ARLINDO). Arlindo merupakan salah satu arus dunia yang memiliki peranan penting dalam proses sebaran nutrisi di lapisan termoklin sepanjang jalur yang dilaluinya (Ayers *et al.*, 2014).

Angin merupakan energi yang terjadi dikarenakan adanya perbedaan suhu dan tekanan udara. Angin bergerak dari suhu yang rendah menuju suhu yang tinggi dan atau dari tekanan yang tinggi menuju tekanan yang rendah. Angin adalah udara yang bergerak sehingga memiliki kecepatan, energi, dan arah (Kadir, 1995). Angin dapat terjadi jika terjadi perbedaan tekanan udara pada arah mendatar, maka akan terjadi gerakan perpindahan massa udara dari tekanan udara yang tinggi ke tekanan udara yang rendah (Panofsky *et al.*, 1984). Macam variabilitas angin tahunan terdiri dari angin monsun barat, monsun timur dan monsun peralihan.

METODE

Secara geografis, lokasi penelitian terletak di Laut Halmahera bagian Barat pada titik koordinat 1°0'18 LS - 1°35'52 LU dan 128°43'BT - 130°2'BT. Metode penelitian ini adalah metode deskriptif analisis, dimana tujuannya untuk menggambarkan sekaligus menjelaskan pola kondisi gelombang, arus permukaan, dan angin permukaan.

Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa data model gelombang, arus permukaan, dan angin permukaan periode tahun 2017-2021 yang disediakan oleh bank data Copernicus melalui laman <http://resources.marine.copernicus>. Data ini merupakan data dalam bentuk format NetCDF berupa data musiman yang dikelompokkan berdasarkan musim yaitu musim barat (DJF),

musim peralihan I (MAM), musim timur (JJA), dan musim peralihan II (SON).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian (ditandai dengan kotak merah)

Selanjutnya, data tersebut diolah dengan menggunakan perangkat lunak OpenGrADS untuk mendapatkan hasil spasio-temporal tiap parameter per musim berupa peta atau gambar dan grafik *time-series*. Data rata-rata musiman tiap parameter dilakukan analisis regresi untuk mengetahui nilai pengaruh antara nilai kecepatan angin terhadap tinggi gelombang dan kecepatan arus permukaan. Persamaan yang digunakan berupa Persamaan regresi linear sebagai berikut :

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n\sum x^2 - (\sum x)^2][n\sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Keterangan:

- r : Koefisien korelasi
- x : Variabel x
- y : Variabel y
- n : Jumlah sampel

Dengan mengetahui nilai koefisien korelasinya maka dapat diperoleh interpretasi hubungan berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 1. Koefisien Kolerasi (sumber: Sugiyono, 2017)

| Koefisien Korelasi | Interpretasi Hubungan |
|--------------------|-----------------------|
| 0 - 0,2 | Sangat Rendah |
| 0,2 - 0,4 | Rendah |
| 0,4 - 0,7 | Cukup Tinggi |
| 0,7 - 1,0 | Tinggi |

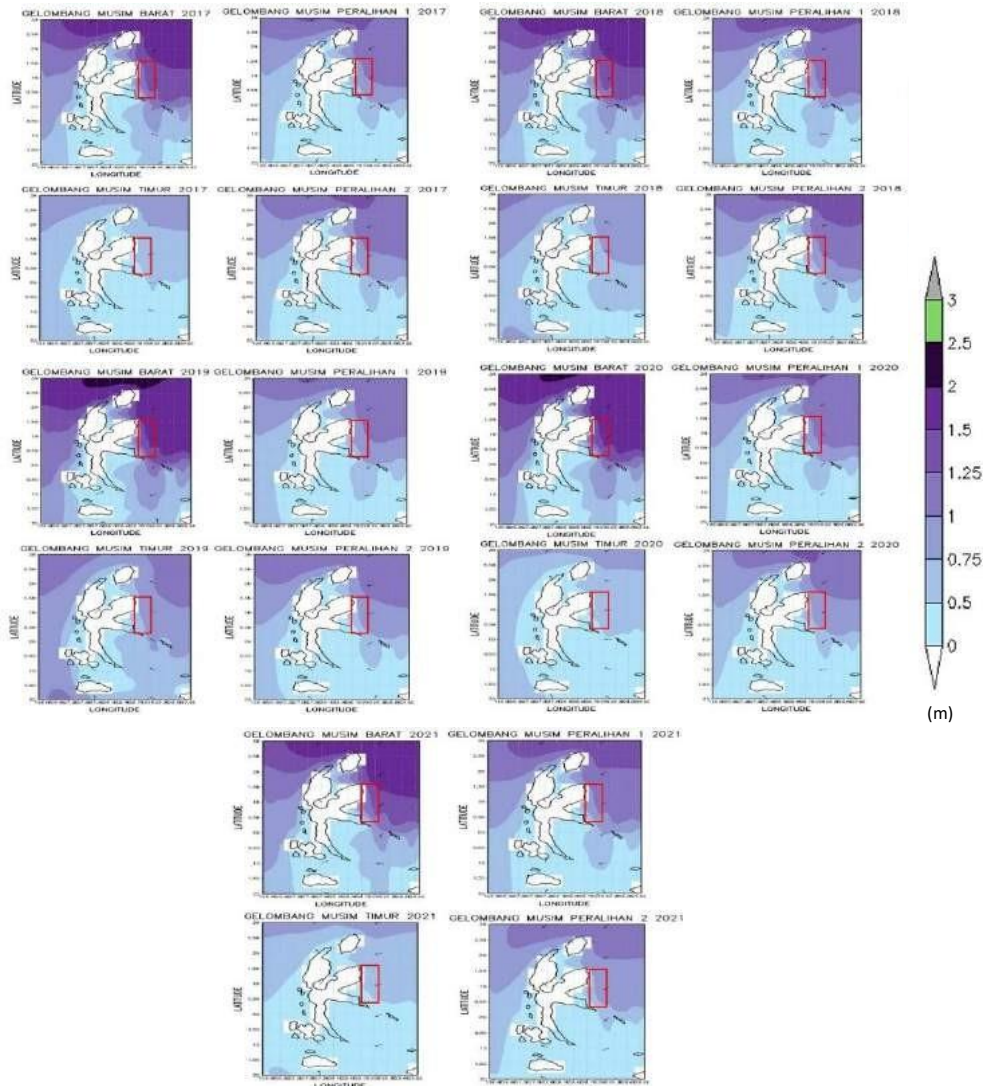
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pola spasial (gambar 2), Tinggi gelombang di Laut Halmahera bagian Barat pada tahun 2017 pada musim barat (DJF) berkisar 0,3 - 1,5 meter, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,2 - 1,0 meter, musim timur (JJA) berkisar 0,3 - 0,7 meter , dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,2 - 1,0 meter. Kemudian, pengolahan data tinggi gelombang tahun 2018 menunjukkan bahwa di wilayah Laut Halmahera bagian Barat pada musim barat (DJF) berkisar 0,3 - 1,5 meter, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,3 - 1,1 meter, musim timur (JJA) berkisar 0,3 - 0,8 meter, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,2 - 1,2 meter dengan nilai rata-rata 0,7 meter.

Pada tahun 2019, tinggi gelombang di wilayah Laut Halmahera bagian Barat pada musim barat (DJF) berkisar 0,4 - 1,7 meter, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,3 - 1,0 meter, musim timur (JJA) berkisar 0,4 - 1,0 meter, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,3 - 1,0 meter. Pada tahun 2020 pada musim barat (DJF) tinggi gelombang berkisar 0,4 - 1,7 meter, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,2 - 1,1 meter, musim timur (JJA) berkisar 0,2 - 0,7 meter, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,2 - 1,0 meter.

Sedangkan pada tahun 2021, nilai tinggi gelombang di Laut Halmahera bagian Barat secara berturut-turut pada musim barat (DJF), musim peralihan I (MAM), musim timur (JJA), dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,3 - 1,5 meter; 0,2 - 1,2 meter; 0,2 - 0,6 meter, dan 0,1 - 0,9 meter.

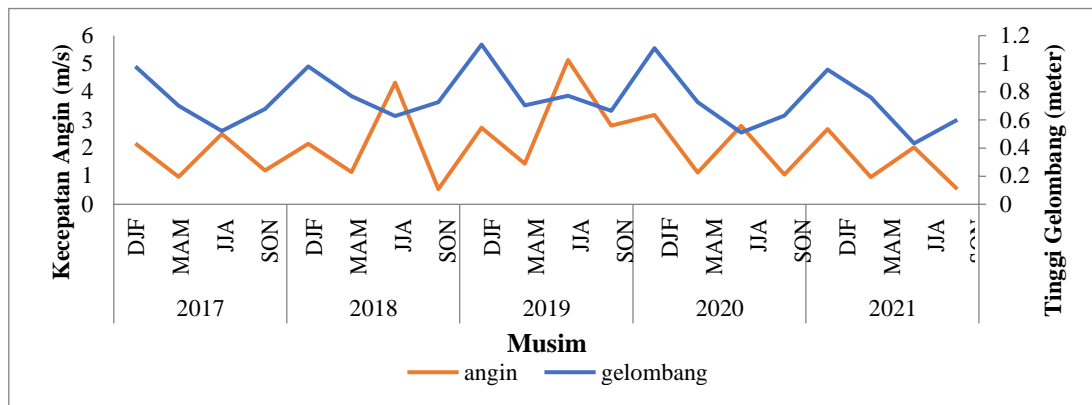
Arah rambat gelombang umumnya bergerak secara konstan yaitu pada musim barat (DJF) dan musim peralihan I (MAM) bergerak dari timur laut hingga timur, sedangkan arah pada musim timur (JJA) dan musim peralihan II (SON) bergerak dari timur hingga tenggara. Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pola spasial tinggi gelombang di Laut Halmahera bagian Barat mengalami variasi pada tiap musimnya. Umumnya, pola tinggi gelombang maksimum ditunjukkan pada musim barat (DJF) dengan arah dominan dari timur laut hingga barat daya. Sedangkan pola gelombang minimum ditunjukkan pada musim timur (JJA) dengan arah dominan dari timur hingga barat.



Gambar 2. Pola Spasial Gelombang tahun 2017-2021

Berdasarkan analisa temporal yang dihasilkan dari data rata-rata musiman angin dan gelombang (gambar 3) menunjukkan bahwa ketinggian gelombang maksimum terjadi pada musim barat (DJF) dengan nilai berkisar antara 0,3 – 1,1 meter yang diikuti oleh peningkatan kecepatan angin pada musim DJF. Hal tersebut disebabkan oleh pergerakan angin musim barat yang membentuk *fetch* gelombang di belahan bumi bagian utara. Kemudian memasuki musim peralihan I (MAM), tinggi

gelombang umumnya mengalami penurunan dan kembali menurun ketika memasuki musim timur (JJA). Namun kecepatan angin pada musim peralihan I (JJA) menunjukkan nilai maksimum tiap tahunnya berkisar antara 0,4 – 6,5 m/s. Hal ini disebabkan oleh faktor *fetch* gelombang yang terbentuk di Indonesia bagian selatan sudah mengalami penurunan energi pada musim tersebut.

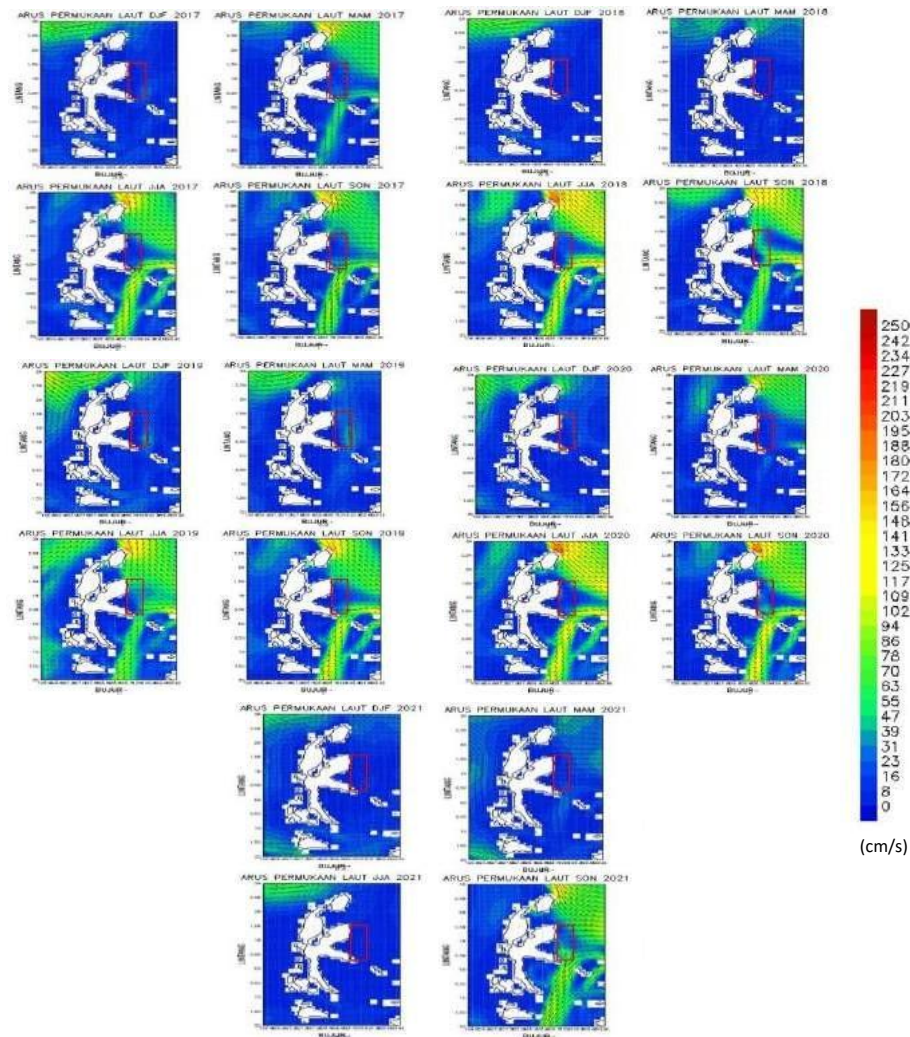


Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin dan Tinggi Gelombang

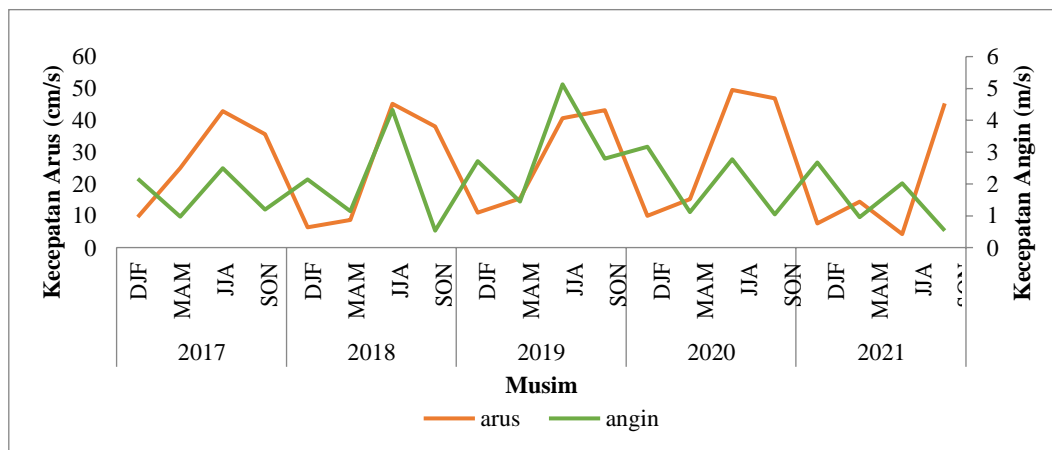
Pola spasial arus permukaan di Laut Halmahera bagian Barat (gambar 4) menunjukkan adanya perubahan pola berdasarkan kondisi musiman. Musim timur (JJA) menunjukkan pola spasial dengan arus permukaan tertinggi dibandingkan musim lainnya. Sedangkan pola spasial dengan arus permukaan terendah terjadi pada musim barat (DJF). Arah arus permukaan pada semua musim umumnya bergerak ke arah selatan hingga utara. Sumber pergerakan arus permukaan tersebut umumnya menunjukkan dari Samudera Pasifik bagian Barat menuju Laut Halmahera bagian Barat dan Laut Maluku. Hasil penelitian ini telah dijelaskan juga oleh penelitian sebelumnya oleh Fachrudiy, dkk (2018) bahwa arus permukaan pada musim timur di Laut Halmahera mengalami peningkatan dibandingkan dengan musim lainnya. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya pengaruh pergerakan massa air laut global yaitu Arus Lintas Indonesia (Arlindo) yang masuk melalui Jalur Timur menuju Laut Halmahera. Arlindo merupakan arus global yang memindahkan massa air laut di Samudera

Pasifik dan Samudera Hindia sebagai proses perubahan sirkulasi lautan. Pergerakan Arlindo jalur timur melewati lintasan Laut Maluku dan Halmahera (Wyrтки, 1961). Arlindo mengalami fase peningkatan pada musim timur karena dorongan angin pasat tenggara yang menyebabkan adanya kenaikan densitas yang cukup signifikan di Perairan Samudera Pasifik Barat.

Kondisi kecepatan arus temporal yang dihasilkan dari data rata-rata musiman (gambar 5) menunjukkan nilai maksimum berada pada musim timur (JJA) pada empat tahun penelitian (2017, 2018, 2019 dan 2020), Sedangkan pada tahun 2021 kecepatan arus tertinggi musim peralihan II (SON). Sebaliknya kecepatan arus minimum didominasi terjadi pada musim barat (DJF). Berdasarkan pola kecepatan angin, dapat terlihat adanya hubungan pada musim timur (JJA) dimana ketika kecepatan angin tinggi maka kecepatan arus juga tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya penumpukan massa air laut di samudra pasifik bagian barat yang didorong oleh angin musim timur.



Gambar 4. Pola Spasial Arus Permukaan tahun 2017 – 2021



Gambar 5. Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin dan Kecepatan Arus permukaan

Pola spasial angin di Laut Halmahera bagian Barat (gambar 6) memiliki pola yang bervariasi. Selama periode penelitian 2017-2021, umumnya pola angin bergerak sesuai

dengan pola angin muson. Pada musim barat (DJF) dan peralihan I (MAM), angin bergerak dari arah utara menuju selatan. Kondisi ini diakibatkan oleh adanya sirkulasi angin

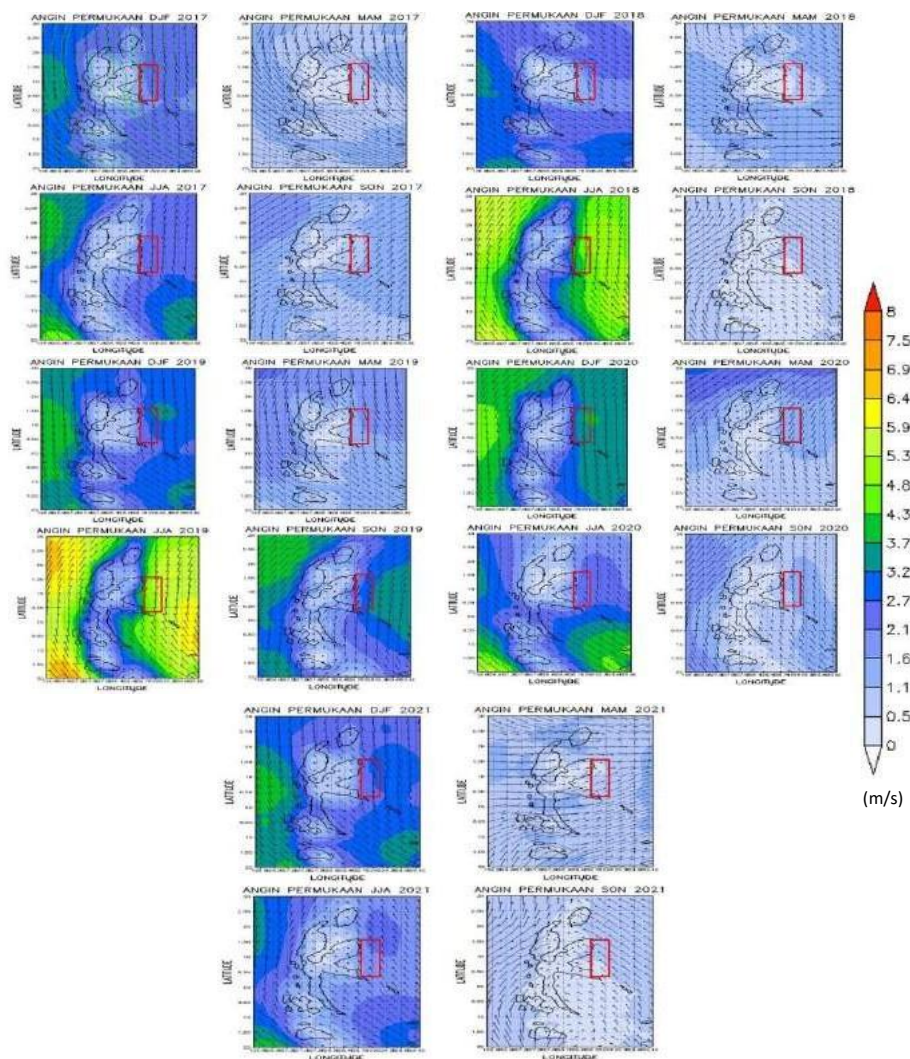
monsun asia yang bergerak dari Asia ke Australia. Sedangkan, pada musim timur (JJA) dan peralihan II (SON) arah angin bergerak dari selatan menuju utara. Jika dilihat dari pola kecepatan angin, musim timur (JJA) menunjukkan pola dengan kecepatan angin maksimum dibandingkan dengan musim lainnya. Kemudian, pola kecepatan angin minimum ditunjukkan pada musim peralihan yaitu SON dan MAM.

Kecepatan angin di Laut Halmahera bagian Barat pada tahun 2017 di wilayah Laut Halmahera bagian Barat pada musim barat (DJF) berkisar 0,7 – 2,7 m/s. Pada musim peralihan I (MAM) berkisar 0,1 – 1,3 m/s, musim timur (JJA) berkisar 0,5 – 3,7 m/s, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,4 – 1,6 m/s. Kecepatan angin tahun 2018 pada musim barat (DJF) berkisar 0,5 – 3,0 m/s, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,7 – 1,4 m/s, musim timur (JJA) berkisar 0,9 – 5,4 m/s, dan

musim peralihan II (SON) berkisar 0,1 – 0,7 m/s.

Pada tahun 2019, Kecepatan angin di Laut Halmahera bagian Barat pada musim barat (DJF) berkisar 0,9 – 3,4 m/s, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,4 – 1,9 m/s, musim timur (JJA) berkisar 1,0 – 6,5 m/s, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,5 – 3,6 m/s. Kecepatan angin di Laut Halmahera bagian Barat pada tahun 2020 pada musim barat (DJF) menunjukkan nilai berkisar 1,1 – 3,7 m/s, musim peralihan I (MAM) berkisar 0,4 – 1,5 m/s, musim timur (JJA) berkisar 0,4 – 4,5 m/s, dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,2 – 1,5 m/s.

Sedangkan pada tahun 2021, Kecepatan angin secara berturut-turut pada musim barat (DJF), musim peralihan I (MAM), musim timur (JJA), dan musim peralihan II (SON) berkisar 0,7 – 3,4 m/s; 0,1 – 1,2 m/s; 0,5 – 2,8 m/s; dan 0,1 – 0,7 m/s.



Gambar 6. Pola Spasial Angin Permukaan tahun 2017 - 2021

Berdasarkan analisis regresi pada tabel 2 bahwa variabel angin mempengaruhi variabel gelombang secara positif atau searah. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa ketika kecepatan angin mengalami peningkatan maka akan meningkatkan ketinggian gelombang. Sedangkan ketika kecepatan angin mengalami penurunan maka akan menurunkan ketinggian gelombang. Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa pengaruh angin terhadap gelombang sangat signifikan terjadi pada musim timur (JJA) dengan nilai korelasi

sebesar 97%. Sedangkan, pada analisis korelasi antara variabel angin dan arus menunjukkan bahwa variabel angin mempengaruhi variabel arus secara positif atau searah. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa ketika kecepatan angin mengalami peningkatan maka akan meningkatkan kecepatan arus. Sedangkan ketika kecepatan angin mengalami penurunan maka akan menurunkan kecepatan arus. Dari tabel diatas, dapat disimpulkan bahwa pengaruh angin terhadap arus sangat signifikan terjadi pada musim timur (JJA) dengan nilai 97%.

Tabel 2. Nilai Korelasi antar variabel pada musim berbeda

| Pengaruh Angin Terhadap Gelombang | | Pengaruh Angin Terhadap Arus Permukaan | |
|-----------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| Musim | Koefisien determinasi | Musim | Koefisien determinasi |
| DJF | 68% | DJF | 49% |
| MAM | 33% | MAM | 31% |
| JJA | 97% | JJA | 97% |
| SON | 4% | SON | 9% |

KESIMPULAN

Berdasarkan pola spasial dan temporal di Laut Halmahera bagian Barat dapat disimpulkan bahwa tinggi gelombang maksimum terjadi pada musim barat (DJF) mencapai 1.1 meter dengan arah rambat gelombang dari timur laut menuju barat. Parameter arus permukaan maksimum terjadi pada musim timur (JJA) dan musim peralihan II (SON) dengan arah arus bergerak ke arah selatan. Sedangkan parameter angin permukaan menunjukan nilai maksimum pada musim timur (JJA) dan musim barat (DJF) mencapai 6.5 m/s dengan arah angin dominan dari selatan dan utara. Kondisi gelombang, arus, dan angin ini perlu diwaspadai oleh masyarakat yang beraktivitas di sekitar Laut Halmahera bagian barat khususnya pada musim yang memiliki nilai maksimum atau tertinggi.

Terlihat adanya pengaruh dari fenomena Arlindo terhadap pergerakan arus permukaan di Laut Halmahera bagian Barat. Berdasarkan analisis pengaruh dapat disimpulkan bahwa angin memberikan pengaruh positif terhadap gelombang dan arus.

DAFTAR PUSTAKA

- _____. Kondisi Pasang Surut di Indonesia dalam Pasang Surut. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. P3O-LIPI. Jakarta.
- Ayers, J. M., P. G. Stratton., V. J. Coles., R. R. Hood., R. J. Matear. 2014. Indonesian throughflow nutrient fluxes and their potential impact on Indian Ocean productivity. *Geophys. Res. Lett.*, 41, 5060–5067, doi:10.1002/2014GL060593
- Azis, Furqon. 2006. Gerak Air di Laut: Kajian Satelit Pengindraan Jauh Cuaca Generasi Baru Himawari 8 dan 9. Repositori LAPAN. vol.III, no.5.
- Fachrud, M.A., Rahmawati, M., dan Idris, M. 2018. Analisis Spasial Pergerakan Massa Air di Laut Halmahera dan Laut Banda menggunakan Metode Empirical Orthogonal Function (EOF). *Jurnal Geosains Kutai Basin*. Vol 1, No. 1.
- Fadika U, Rifai A, Rochaddi B. 2014. Arah dan Kecepatan Angin musiman serta kaitannya dengan sebaran suhu permukaan laut di selatan pengendaran

- jawa barat. *Journal of Oceanography*. (3): 429-37
- Gross, M. G. 1993. *Oceanography*. Ed 6th. Macmillan Publishing Company. New York
- Hutabarat, S. dan S.M, Evans. 1985. *Pengantar Oseonografi*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Ilahude, A.G., 1999. *Pengantar Oseonografi Fisika*, Pusat Penelitian dan Pembangunan Oseonografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta
- Illahude, A. G dan Nontji, A. 1999. *Oseanografi Indonesia dan Perubahan Iklim Global (El Nino dan La Nina)*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Irawan, S., Fahmi, R., Roziqin, A. 2018. *Kondisi Hidro-Oseanografi (Pasang Surut, Arus Laut, dan Gelombang) Perairan Nongsa Batam*. *Jurnal Kelautan Trunojoyo*, Vol. 11, No. 1.
- Istihanah, D., & Kristianto, A. 2016. *Simulasi Tinggi Gelombang Di Teluk Bone Menggunakan Model Gelombang Wavewatch-III*.(3), 1–8.
- Ivonne M. Radjawane dan Paundra P. Hadipoetranto. 2014. *Karakteristik Massa Air Di Percabangan Arus Lintas Indonesia Perairan Sangihe Talaud Menggunakan Data Index Satal 2010*. Vol. 6, No. 2, Hlm.525-536
- Kadir. A. 1995. *Energi Sumber Daya, Inovasi, Tenaga Listrik dan Potensi Ekonomi*. Jakarta: Uipress.
- Kurniawan, R, dan Habibie, M. N. 2012. *Variasi Bulanan Gelombang Laut Di Indonesia*. 221–232.
- Loupatty G. 2013. *Karakteristik Energi Gelombang Dan Arus Perairan Di Provinsi Maluku*. *Jurnal Barekeng*. Unpatti.
- Nuary, ZA. 2021. *Pengaruh ENSO dan Musim Terhadap Dinamika Oseanografi Hubungannya Dengan Produktivitas Ikan Tuna Madidihang (Thunnus Albacores) Di Perairan Ternate-Batangdua Dan Perairan Bacan Provinsi Maluku Utara [tesis]*. Ternate (ID): Universitas Khairun Ternate
- Open University, 1989. *Waves, Tide, and Shallow-Water Processes*. Pergamon Press. 187 hal.
- Panofsky, A., Hans & Dalton, A. J. (1984). *Atmospheric Turbulence*. NewYork: Wiley and Son.
- Pariwono, J.I. 1989. *Gaya Pengerak Pasang Surut*. Dalam *Pasang Surut*. Ed. Ongkosongo, O.S.R. dan Suyarso. P3O-LIPI. Jakarta.
- Sari, Y. N., Wirasatriya, A., Rochaddi, B., & Handoyo, G. (2020). *Variabilitas Arus Permukaan di Perairan Samudra Hindia Selatan Jawa*. 02.
- Segar, D.A. (with contribution from Elaine S. Segar). 2012. *Introduction to Ocean Sciences (waves)*. Third Edition. Creative Commons. Mountain View, California.
- Setiawan, F., Prasita, V. D., Widagdo, S., Meteorologi, B., & Geofisika, K. 2019. *Pergerakan Arus Permukaan Laut Selat Bali Berdasarkan Parameter Angin Dan Cuaca*. 54–67.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta: Bandung
- Sverdrup. H.U., M.W. Jhonson, R.H. Fleming. 1970. *The Ocean. Their physic, Dhemistry, and General Biology*. Printed in the United States of Amerika: 1060 pp.
- Tjasyono, B. HK. 2006. *Meteorologi Indonesia: Karakteristik dan Sirkulasi Atmosfer*. Badan Meteorologi dan Geofisika: Jakarta
- Triatmodjo B., 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta
- Wyrcki, K. 1961. *Physical Oseanography of the South Easr Asian Water*. Naga Report Vol. 2. The University of California, La Jolla. California. Conyers, D. (1994). *Perencanaan Sosial di Dunia Ketiga: Suatu Pengantar*, Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.