

Pola Distribusi Klorofil-a di Perairan Pekalongan sampai Kendal Berdasarkan Data Sentinel

Dede Muhamad Nur Cahyo*, Elis Indrayanti, dan Lilik Maslukah

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia
Email: *ryanakhmal19@gmail.com

Abstrak

Klorofil-a merupakan faktor penting yang dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan suatu perairan. Penentuan wilayah yang subur di perairan dapat diketahui berdasarkan konsentrasi dari klorofil-a baik secara spasial maupun temporal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi kandungan klorofil-a di Perairan Pekalongan-Kendal menggunakan data citra sentinel- 3. Data citra Sentinel-3 OLCI diolah menggunakan software SNAP dengan metode C2RCC. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa klorofil-a memiliki nilai yang bervariasi di setiap bulannya. Nilai konsentrasi klorofil tertinggi pada tahun 2021 di Perairan Pekalongan-Kendal terjadi pada bulan Juli sebesar 3,22 mg/m³ dan terendah pada bulan November sebesar 1,87 mg/m³. Nilai konsentrasi klorofil-a memiliki korelasi positif terhadap arus dan angin, dengan koefisien korelasi berturut-turut sebesar 0.464 dan 0.453. Hal ini menjelaskan bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a akan diikuti dengan naiknya kecepatan arus dan angin, dan sebaliknya ketika konsentrasi klorofil-a rendah maka nilai kecepatan arus dan angin juga turun.

Kata kunci: Klorofil-a, Arus, Angin, Sentinel 3, Perairan Pekalongan-Kendal

Abstract

Chlorophyll-a Distribution Pattern in Pekalongan to Kendal Waters Based on Sentinel Data

Chlorophyll-a is one of the important factor as an indicator in the marine productivity High productivity areas can be determined based on the concentration of chlorophyll-a both spatially and temporally. This study aims to determine the distribution of chlorophyll-a content in the coastal waters of Pekalongan-Kendal using sentinel 3 OLCI imagery. This study used Sentinel-3 OLCI image data which was processed using SNAP software with the C2RCC method. Based on the results of the study it was found that chlorophyll-a has a value that varies every month. The high chlorophyll concentration value in 2021 in Pekalongan-Kendal Waters occurred in July at 3.22 mg/m³ and the lowest was in November at 1.87 mg/m³. The value of chlorophyll-a concentration has a positive correlation with currents and wind, with a correlation coefficient of 0.464 and 0.453, respectively. This explains that a high concentration of chlorophyll-a will be followed by an increase in current and wind speed, and conversely, when the concentration of chlorophyll-a is low, the value of current and wind speed will decrease.

Keywords: Chlorophyll-a, Current, Wind, Sentinel 3, Pekalongan-Kendal coastal waters

PENDAHULUAN

Kawasan Pantai Utara Jawa Tengah mempunyai potensi pengembangan yang tinggi. Wilayah ini mempunyai karakteristik topografi yang landai dan dangkal, serta terdapat banyak kegiatan perikanan tangkap, tambak, pelabuhan, industri. Perairan Utara Jawa Tengah sangat dipengaruhi oleh aliran air tawar dari sungai-sungai besar. Aktivitas dari hulu sungai menyebabkan tingginya masukan material tersuspensi dan menyebabkan proses sedimentasi di wilayah ini menjadi tinggi. Selain masukan material suspensi, aliran air sungai ini memiliki kontribusi signifikan terhadap masukan zat hara ke perairan. Tingginya suspensi dan nutrisi dari daratan akan memberikan pengaruh terhadap kondisi fisika-kimia serta biologi perairan. Fitoplankton merupakan salah satu parameter biologi yang akan merespon terhadap tingginya masukan material suspensi dan nutrisi (Maslukah *et al.*, 2019). Klorofil-a merupakan pigmen umum yang ditemukan dalam fitoplankton dan keberadaannya sangat penting bagi kehidupan di laut. Pada umumnya sebaran konsentrasi klorofil tinggi ditemukan di perairan pantai akibat tingginya nutrisi yang berasal dari daratan melalui limpasan air sungai. Namun sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai karena sedikitnya suplai nutrisi. Meskipun demikian, pada beberapa tempat yang jauh dari daratan masih

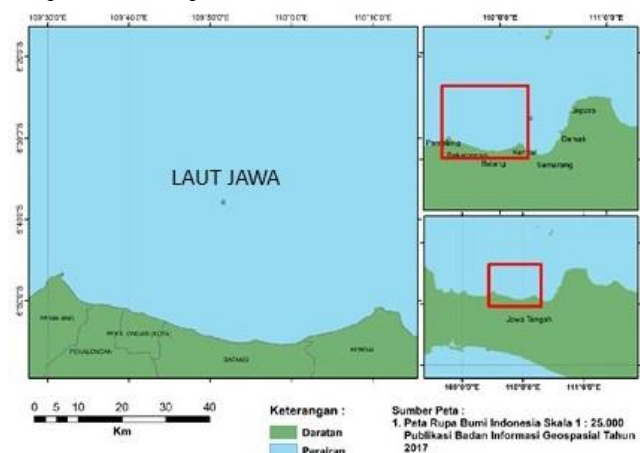
ditemukan konsentrasi klorofil yang tinggi, akibat pengaruh faktor yang lain seperti proses sirkulasi massa air yang membawa sejumlah nutrisi dari tempat lain (Irman *et al.*, 2017) dan didukung adanya ketersediaan cahaya.

Penentuan konsentrasi klorofil-a dalam analisis air dapat dilakukan dengan pengukuran lapangan, pengukuran laboratorium, atau dengan memantau warna laut menggunakan data penginderaan jauh (Wang *et al.*, 2017; Abbas *et al.*, 2019; Maslukah *et al.*, 2021; 2022). Citra dari sensor satelit dapat digunakan untuk mengestimasi nilai konsentrasi klorofil-a pada skala yang luas melalui sifat optik yang dipantulkan oleh air laut. Salah satu metode penginderaan jauh yang telah dikembangkan untuk memantau sifat optik air adalah satelit Sentinel 3. Menurut (Maslukah *et al.*, 2022), menjelaskan bahwa citra Sentinel-3 memiliki resolusi spasial lebih tinggi (300 m x 300 m) jika dibandingkan dengan citra MODIS (4 km x 4 km) yang artinya resolusi spasial yang dimiliki oleh citra Sentinel-3 jauh lebih baik bila dibandingkan dengan citra MODIS. (Maslukah *et al.*, 2021; 2022) juga menjelaskan bahwa penggunaan MODIS level 3 tidak sesuai untuk pemantauan klorofil-a di wilayah pesisir atau muara sungai. Hal ini terkait dengan resolusi spasial yang rendah yaitu 4 km. Namun sayangnya dengan resolusi spasial sebesar itu akan kurang baik apabila digunakan dalam memantau sebaran klorofil-a di wilayah yang cukup sempit seperti di area perairan Pekalongan, Kendal.

Penggunaan Citra Sentinel-3 diharapkan dapat menjelaskan konsentrasi klorofil-a di perairan pantai, karena resolusinya yang lebih tinggi. Menurut Jakovels *et al.*, (2016); Haban *et al.*, (2022), menjelaskan bahwa citra Sentinel-3 memiliki korelasi yang cukup baik dalam menentukan klorofil-a dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Dalam penelitiannya di Teluk Riga, Laut Baltik diperoleh model hubungan antara nilai klorofil-a in situ dengan nilai citra Sentinel sebesar 0,61-0,83 (R^2). Berdasarkan uraian di atas, dapat dikatakan bahwa citra Sentinel-3 memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi dan dapat mencakup wilayah yang relatif sempit, sehingga dapat digunakan untuk melihat distribusi klorofil-a di suatu perairan dengan baik. Penggunaan Citra Sentinel-3 untuk meninjau distribusi klorofil-a pernah dilakukan di Muara Sungai Bodri, Kendal dan keterkaitannya dengan kualitas air (AIQadri *et al.*, 2022), sedangkan di Perairan Pekalongan-Kendal belum pernah dilakukan. Diharapkan metode penginderaan jauh menggunakan Sentinel 3 ini, dapat digunakan dalam pemetaan klorofil-a yang sangat berhubungan dengan kesuburan perairan.

MATERI DAN METODE

Materi yang digunakan dalam penelitian ini berupa data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan berupa data konsentrasi klorofil-a yang didapatkan melalui citra Sentinel-3 OLCI di perairan Pekalongan-Kendal. Sedangkan data sekunder yang digunakan berupa, data arus yang diperoleh melalui website di *Marine Copernicus*, data salinitas dan suhu yang didapatkan melalui *Marine Copernicus*, data angin yang diambil dari data model reanalysis ERA-5 *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts* (ECMWF), peta RBI (Rupa Bumi Indonesia). Penelitian ini dilakukan di Perairan Pekalongan-Kendal yang terletak pada koordinat spasial 06°45'57.1" hingga 06°50'34.4" Lintang Selatan dan 109°30'59.62" hingga 110°15'46.95" Bujur Timur seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

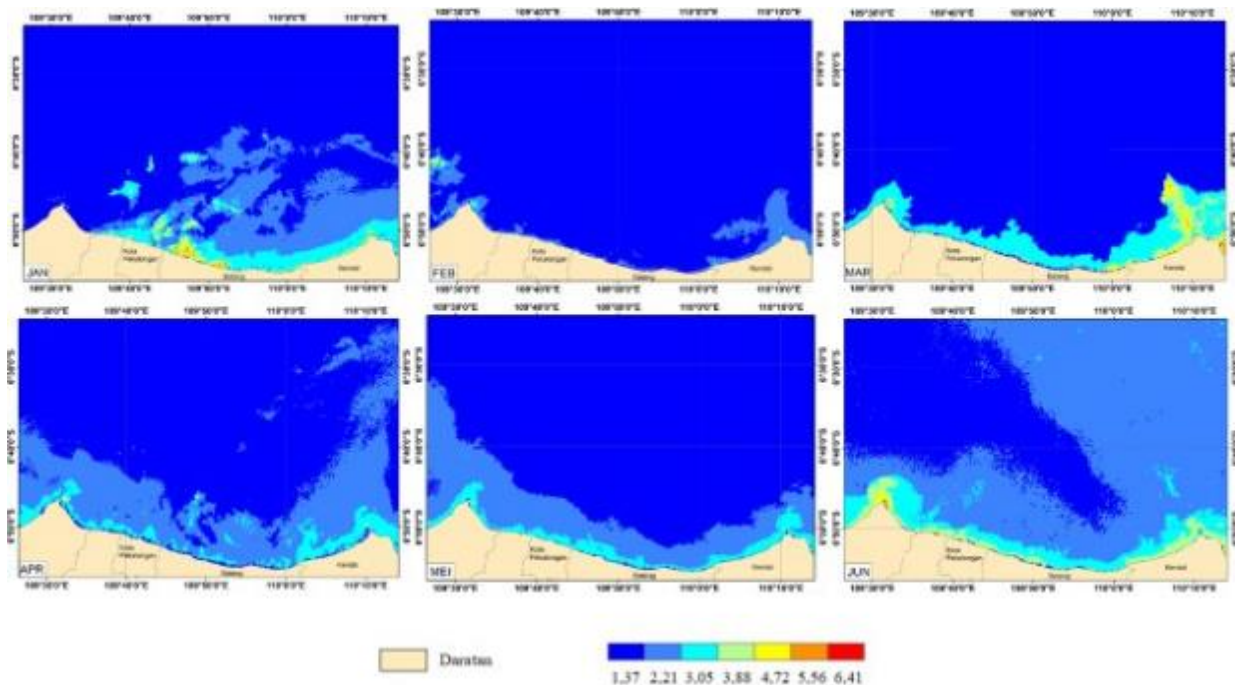
Data citra Sentinel-3 OLCI diolah dengan menggunakan *Sentinel Application Platform* (SNAP) 8.0 sehingga didapatkan konsentrasi klorofil-a di perairan Pekalongan-Kendal. Pengolahan data citra klorofil-a diolah menggunakan sentinel-3 OLCI dimulai dari pengumpulancitra (pemilihan citra dipilih berdasarkan citra yang mempunyai gangguan awan paling sedikit dalam satu bulan) dan dipilih 3-4 citra yang dianggap sudah mewakili (awal bulan, pertengahan bulanserta akhir bulan), pemotongan citra (*cropping*), reprojeksi citra, pengolahan dengan algoritma C2RCC, komposit citra level-3 binning, dan visualisasi data.

Distribusi kandungan klorofil-a selanjutnya akan dikaitkan dengan arah dan kecepatan arus dan angin di perairan Pekalongan-Kendal. Data ini didownload melalui *Marine Copernicus* dan *European Centre for Medium-Range Weather Forecast Forecast* (ECMWF). Data arus, angin ,suhu dan salinitas diolah menggunakan *Ocean Data View* (ODV 4.0) dan Microsoft Excel. Dari data tersebut kemudian diolah lagi menggunakan ArcGIS agar bisa ditampilkan nilainya secara spasial. Penggambaran variabel klorofil-a nantinya akan ditampilkan bersama dengan data arus dan angin untuk mengetahui distribusi bulanan klorofil-a serta keterkaitan dengan pergerakan arus dan angin di Pekalongan-Kendal selama satu tahun (Januari - Desember) tahun 2021.

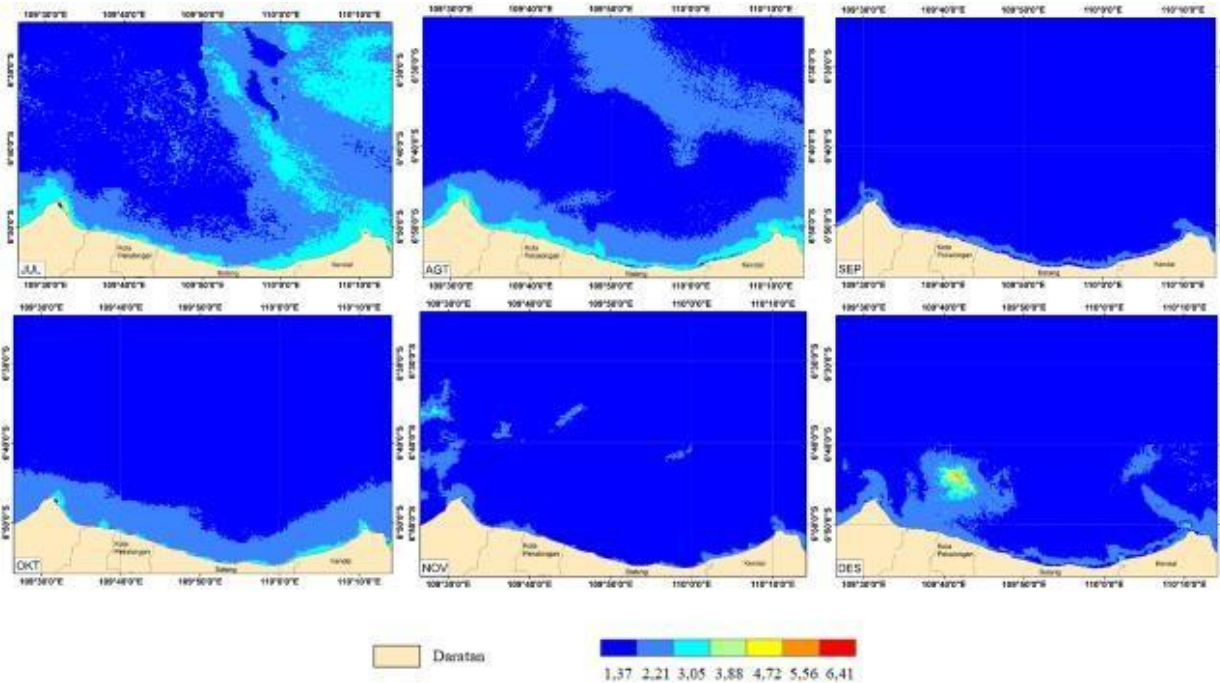
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil olahan data klorofil-a diperoleh hasil bahwa sebaran klorofil-a pada perairan Pekalongan-Kendal bervariasi pada setiap bulannya. Distribusi spasial (Gambar 2 dan 3) memperlihatkan klorofil-a di pesisir pantai lebih tinggi dan semakin ke arah laut nilai konsentrasi klorofil-a semakin rendah. Seperti penelitian yang dilakukan oleh Haban *et al.*, 2022 yang mengatakan bahwa secara umum klorofil-a di pesisir lebih tinggi daripada ditengah perairan.

Sesuai yang ditunjukkan di Gambar 2 dan Gambar 3 konsentrasi klorofil-a tahun 2021 memiliki rata-rata tertinggi pada bulan Juni yaitu pada musim Timur sebesar 3.22 mg/m^3 dan nilai konsentrasi klorofil terendah terjadi pada bulan November yaitu pada musim Peralihan 2 sebesar 1.874 mg/m^3 . Adanya beberapa gangguan awan pada citra saat download data menyebabkan data dari beberapa bulan menjadi terganggu karena tertutup oleh awan tersebut. Adanya gangguan awan terjadi pada bulan Januari, Maret dan Desember.

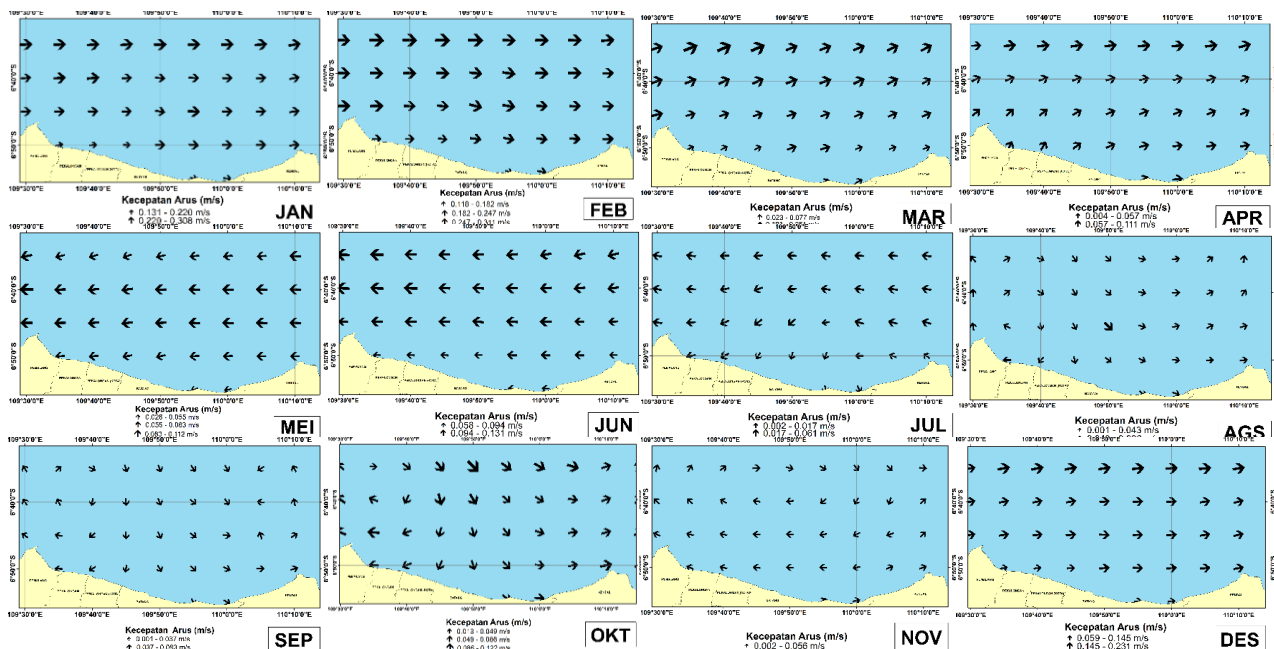


Gambar 2. Distribusi klorofil-a bulan Januari – Juni 2021 di Perairan Pekalongan – Kendal

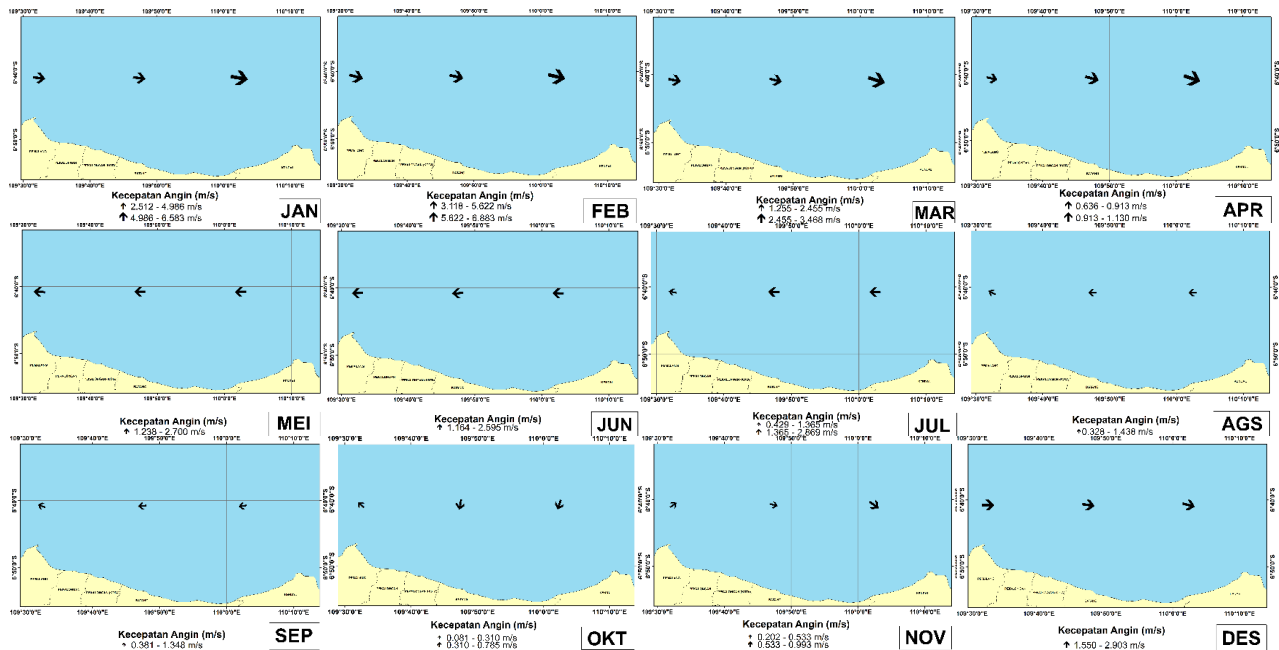


Gambar 3. Distribusi klorofil-a bulan Juli – Desember 2021 di Perairan Pekalongan – Kendal

Hasil pengolahan data spasial distribusi arus di Perairan Pekalongan-Kendal sepanjang tahun 2021 ditunjukkan pada Gambar 4. Rata –rata pergerakan arah arus tiap bulancenderung sama di beberapa bulan tertentu. Distribusi kecepatan arus tertinggi terjadi pada bulan Januari dengan rata-rata kecepatan 0.219 m/s dan terjadinya arus dengan kecepatan terendah terjadi di bulan September dengan kecepatan rata-rata 0.001 m/s. Di sepanjang tahun 2021 nilai kecepatan konsentrasi arus berkisar rata-rata antara 0.001 m/s - 0.311 m/s dapat dilihat berdasarkan gambar dibawah.

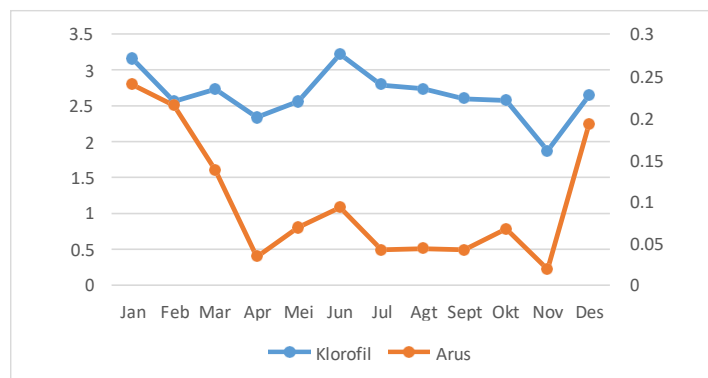


Gambar 4. Distribusi arah dan kecepatan arus rata-rata bulan Januari – Desember 2021 di Perairan Pekalongan-Kendal

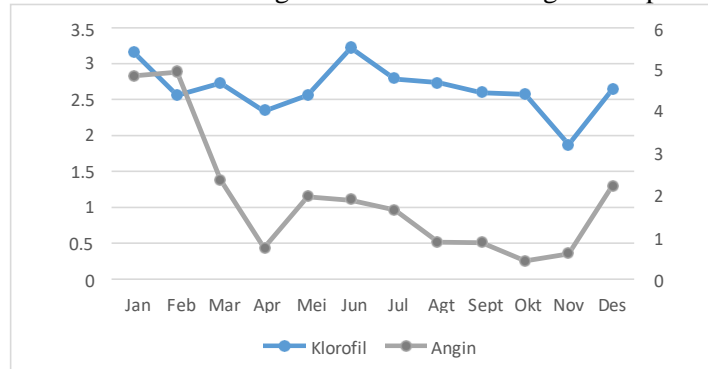


Gambar 5. Distribusi arah dan kecepatan angin rata-rata bulan Januari – Juni 2021 di PerairanPekalongan-Kendal

Hasil dari pengolahan data angin yang diperoleh melalui Era-5 ECMWF sepanjang tahun 2021 dari bulan Januari sampai Desember di Perairan Pekalongan-Kendal disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan Gambar 5, menunjukkan bahwa distribusi angin setiap bulannya memiliki pola arah yang cenderung sama di beberapa bulan tertentu, namun memiliki kecepatan arus rata-rata yang berbeda disetiap bulannya. Kecepatan angin rata-rata di wilayah Perairan Pekalongan-Kendal berkisar antara 0,081 m/s - 6,883 m/s.



Gambar 6. Grafik hubungan rerata klorofil-a dengan kecepatan arus



Gambar 7. Grafik hubungan rerata klorofil-a dengan kecepatan angin

Grafik hubungan rerata klorofil-a dengan kecepatan arus menunjukkan adanya hubungan korelasi antara klorofil dengan kecepatan arus. Nilai korelasi antara kedua parameter tersebut menunjukkan nilai sebesar 0.464 dan berbanding lurus atau searah. Hal ini berarti hubungan antarakeduanya mempunyai hubungan yang searah, dimana ketika nilai klorofil-a tinggi maka nilai arus juga akan tinggi sebagaimana terlihat dalam Gambar 6. Sedangkan grafik hubungan rerata klorofil-a dengan kecepatan angin menunjukkan adanya hubungan korelasi antara klorofil dengan kecepatan angin. Nilai korelasi antara kedua parameter tersebut menunjukkan nilai sebesar 0.453 dan berbanding lurus atau searah. Hal ini berarti hubungan antara keduanya mempunyai hubungan yang searah, dimana ketika nilai klorofil-a tinggi maka nilai angin juga akan tinggi sebagaimana terlihat dalam Gambar 7. Kedua grafik tersebut menunjukkan adanya hubungan atau tingkat korelasi dengan tingkatan yang sedang.

Berdasarkan pada hasil pengolahan data penelitian distribusi klorofil menggunakan citra Sentinel-3 yang telah dilakukan di Perairan Pekalongan-Kendal berkisar antara 1.87 – 3.22 mg/m³. Dari Gambar 2 dan Gambar 3 dapat dilihat bahwa secara spasial nilai konsentrasi distribusi klorofil-a lebih tinggi di wilayah pesisir dan semakin menurun saat ke lepas pantai. Menurut (Suprijanto *et al.*, 2019) tingginya konsentrasi klorofil-a di pantai dapat disebabkan oleh adanya akumulasi nutrient yang dibawa dari daratan dan aktivitas manusia, sehingga dari konsentrasi nutrient tersebut dapat memicu pertumbuhan fitoplankton.

Berdasarkan pola arah angin monsoon membagi musim di Indonesia menjadi tiga golongan, yaitu musim Timur, musim Barat dan musim Peralihan. Musim Barat dimulai dari bulan Desember – Februari, musim Timur dimulai dari bulan Juni – Agustus dan musim Peralihan 1 dimulai pada bulan Maret – Mei dengan September – November sebagai musim Peralihan II. Suprijanto *et al.*, 2019 menjelaskan bahwa tingginya klorofil-a pada musim Barat dan musim Peralihan 1 berhubungan adanya curah hujan yang tinggi di Indonesia dan menyebabkan adanya masukan daridarat yang membawa unsur hara lebih banyak masuk ke perairan laut melalui aliran sungai. Hal sebaliknya terjadi pada musim Timur dan Peralihan 2. Pola ini berbeda dengan hasil yang didapatkan pada penelitian ini.

Pada penelitian ini, klorofil-a cenderung lebih tinggi saat musim timur (Juni-Agustus) dibanding musim barat. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi klorofil-a di daerah Perairan Pekalongan-Kendal berada pada awal musim kemarau, dimana tingkat intensitas penyinaran matahari lebih tinggi dibandingkan dengan bulan – bulan lainnya sehingga terjadi proses fotosintesis. (Shabrina *et al.*, 2017) menjelaskan bahwa temperatur dan intensitas cahaya mempengaruhi tingginya klorofil-a pada musim kemarau. Pada musim barat memiliki nilai rata-rata sebesar 2.649 mg/m³. Pada musim ini masih terdapat awan, sehingga visualisasi yang ditunjukkan pada konsentrasi 1.824 – 4.187 mg/m³ bukan sepenuhnya nilai klorofil melainkan kombinasi dari awan dan klorofil.

Suprijanto *et al.*, (2019), menyatakan bahwa konsentrasi klorofil-a di laut dapat dipengaruhi beberapa elemen seperti suhu permukaan laut, arah angin, dan arus laut. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini. Pada bulan Januari dan Februari nilai konsentrasi klorofil-a tinggi begitu pula dengan kecepatan angin di bulan tersebut yang juga tinggi. Kemudian pada bulan Maret, April, Mei yang menunjukkan adanya penurunan pada nilai klorofil-a, dimana nilai kecepatan angin pada bulan yang sama juga mengalami penurunan dibanding bulan sebelumnya. Berbeda dengan bulan sebelumnya, di bulan Juni dan Juli terjadi peningkatan nilai konsentrasi klorofil-a sementara untuk kecepatan anginnya cukup kuat namun bukan yang terkuat. Lalu pada bulan Agustus, September, Oktober nilai klorofil mengalami penurunan diikuti dengan menurunnya nilai kecepatan angin. Pada bulan November dan Desember terjadi peningkatan nilai konsentrasi klorofil-a yang diikuti pula dengan menguatnya kecepatan angin di bulan tersebut. Peningkatan nilai konsentrasi klorofil di musim timur diperkirakan karena adanya pencampuran massa air yang juga didukung oleh meningkatnya kecepatan angin. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kunarso *et al* (2019), yang mengatakan bahwa peningkatan klorofil-a dimusim timur berkorelasi dengan pencampuran massa air karena meningkatnya kecepatan angin. Proses pencampuran massa air ini menyebabkan kenaikan unsur hara dari lapisan dalam ke permukaan dan didukung oleh intensitas cahaya tinggi yang memicu terjadinya proses fotosintesis tinggi pada musim timur.

Gambar 6 memperlihatkan adanya kaitan erat antara distribusi klorofil terhadap kecepatan arus. Hasil analisis korelasi menunjukkan hubungan positif dengan korelasi sebesar 0.464. Effendi *et al.* (2012) dan Nurmala *et al.*, (2017) mengatakan bahwa saat kecepatan arus permukaan melemah maka konsentrasi dari klorofil juga akan rendah. Arus permukaan terjadi karena pengaruh angin yang bertiup di atasnya. Arah

dan kecepatan arus sangat mempengaruhi penyebaran dari klorofil-a di suatu perairan. Arus berpengaruh signifikan pada fitoplankton karena fitoplankton memiliki kemampuan gerak yang terbatas, sehingga arah dan penyebaran dari fitoplankton tersebut bergantung pada kemana arah arus itu bergerak, begitu pula dengan klorofil-a.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa sebaran klorofil-a di perairan dekat pantai lebih tinggi daripada di perairan lepas pantai disebabkan karena adanya suplai nutrisi yang berasal dari darat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian (Kurniawati *et al.*, 2015) yang mengatakan bahwa adanya variasi nilai kandungan klorofil-a di perairan Laut Jawa cukup tinggi di wilayah pesisir dan semakin menurun di perairan lepas pantai disebabkan karena banyaknya zat hara (*run off*) dari sungai-sungai yang bermuara di Perairan Laut Jawa. Hasil penelitian Maslukah *et al.* (2018) menjelaskan bahwa pola distribusi klorofil-a berkaitan dengan distribusi nutrisi. Sumber nutrisi ini berasal dari darat melalui aliran air sungai. Hal tersebut juga semakin diperkuat oleh Mahagnyana *et al.* (2017) bahwa tingginya kadar klorofil di Perairan Jawa salah satu penyebabnya adalah karena Perairan Utara Jawa termasuk perairan yang dangkal serta terjadinya peningkatan konsentrasi klorofil-a di pesisir disebabkan karena adanya *run off* yang merupakan aliran sungai dari daratan yang membawa unsur hara atau nutrisi.

KESIMPULAN

Konsentrasi klorofil-a di Perairan Pekalongan-Kendal berkisar antara 1,87 – 3,22 mg/m³ dan memiliki pola yang bervariasi pada setiap bulannya. Pola variasi dipengaruhi angin muson. Konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi di bulan Juni (musim timur) dan terendah terjadi di bulan November. Adanya *run off* yang menyebabkan klorofil-a berfluktuasi sepanjang perairan Pekalongan-Kendal. Klorofil-a pada penelitian ini juga berkorelasi positif dengan angin dan arus dengan nilai korelasi secara berturut-turut sebesar 0,464 dan 0,453.

DAFTAR PUSTAKA

- AlQadri, G.R., Kunarso, dan Muslim. 2022. Perbandingan Pola Distribusi Klorofil-a Data Insitu dan Citra Sentinel-3 Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography* 4(3): 96-106
- Abbas, M.M., Melesse, A.M., Scinto, L.J., dan Rehage, J.S. 2019. Satellite Estimation Of Chlorophyll-a Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Sensor in Shallow Coastal Water Bodies: Validation and Improvement. *Water (Switzerland)* 11 (8). <https://doi.org/10.3390/w11081621>.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Cetakan Kelima. Yogyakarta : Kanisius.
- Haban, M.H.M., Kunarso, Prayogo, T., dan Wirasatriya, A. 2022. Spatio Temporal Distribution of Chlorophyll-a in Semarang Bay Using Sentinel-3. *Buletin Oseanografi Marina* 11 (1): 11–18. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i1.40201>.
- Irman., Nurgayah, W dan Irawati, N. 2017. Hubungan Klorofil- a Kaitanya Dengan Parameter Fisika Kimia Di Perairan Desa Tanjung Tiram Kecamatan Moramo Utara Kabupaten Konawe Selatan. *Sapa Laut* 2 (4): 97–102.
- Jakovels, D., Brauns, A., Filipovs, J., Taskovs, J., Fedorovicha, D., Paavel, B., M., Ligi, T. & Kutser. 2016. Penilaian konsentrasi klorofil-a di Teluk Riga menggunakan data hyperspectral airborne dan simulasi Sentinel-3 OLCI. Dalam Prosiding SPIEMasyarakat Internasional untuk Teknik Optik 4th Konferensi Internasional tentang Penginderaan Jauh dan Informasi Geo Lingkungan, 4 April 2016, hlm. 9688–96881G.
- Kunarso., Wirasatriya, A., Irwani., Satriadi, A., Helmi, M., Prayogi, H., dan Munandar, B. 2019. Dampak Variabilitas Iklim Terhadap Produktivitas Perairan dan Sumber Daya Perikanan di Perairan Jepara. Konferensi TIO Seri: Ilmu Bumi dan Lingkungan
- Kurniawati, F., Sanjoto, T.B., dan Juhadi. 2015. Pendugaan Zona Potensi Penangkapan Ikan Pelagis Kecil Di Perairan Laut Jawa Pada Musim Barat dan Musim Timur Dengan Menggunakan Citra Aqua Modis. *Geo-Image* 4 (2): 9–19.
- Mahagnyana, Limaran, G.D., dan Fadlan, A. 2017. Pengaruh Monsun Terhadap Kesuburan Perairan Utara

- Jawa dengan Menggunakan Satelit Aqua Modis. *Unnes Physics Journal (UPJ)* 6(1):37-40
- Maslukah, L., Wulandari S.Y. & I. B. Prasetyawan. 2018. The Distributions of N, P Nutrients and Its Relations with Chlorophyll-a: Case Study In Serang And Wiso Estuary, Jepara, Indonesia. *Asian Jr. of Microbiol. Biotech. Env. Sc.* 20 (3), 821–827.
- Maslukah, L., Ismunarti, D.H., Widada, S., Sandi, N.F., dan Prayitno, H.B. 2022. The Interaction of Chlorophyll-a and Total Suspended Matter Along the Western Semarang Bay, Indonesia, Based on Measurement and Retrieval of Sentinel 3. *Journal of Ecological Engineering* 23 (10): 191–201. <https://doi.org/10.12911/22998993/152428>.
- Maslukah, L., Setiawan, R.Y., Nurdin, N., Zainuri, M., Wirastriya, A., dan Helmi, M. 2021. Estimation of Chlorophyll-a Phytoplankton in the Coastal Waters of Semarang and Jepara for Monitoring the Eutrophication Process Using MODIS-Aqua Imagery and Conventional Methods. *Journal of Ecological Engineering* 22 (1): 51–59. <https://doi.org/10.12911/22998993/128874>.
- Nurmala, E., Utami, E., dan Umroh. 2017. Analisis klorofil-a di Perairan Kurau Kabupaten Bangka Tengah. *Jurnal Sumberdaya Perairan* 11 (1): 61–68.
- Shabrina, B, Maslukah, L., dan Wulandari, S.Y. 2018. Chlorophyll-a Distribution and Its Relation With Current Pattern in Northern Waters of Central Java. *Omni-Akuatika* 14 (1): 69–76.
- Suprijanto, J., Widowati, I., Wirasatriya, A., dan Khasanah, U.N. 2019. Spatio-Temporal Distribution of Chlorophyll-a in The Northern Waters of Central Java Using Aqua-MODIS. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 246 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/246/1/012050>.
- Wang, Z., Kawamura, K., Sakuno, Y., Fan, X., Gong, Z., dan Lim, J. 2017. Retrieval Of Chlorophyll-a And Total Suspended Solids Using Iterative Stepwise Elimination Partial Least Squares (ISE-PLS) Regression Based On Field Hyperspectral Measurements In Irrigation Ponds In Higashihiroshima, Japan. *Remote Sensing* 9 (3): 1–14. <https://doi.org/10.3390/rs9030264>.