

Sebaran Klorofil-A sebagai Indikator Kesuburan Perairan di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah

Zulfa Karima*, Denny Nugroho Sugianto, dan Muhammad Zainuri

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

Abstrak

Sungai Bedahan merupakan salah satu sungai yang bermuara di Perairan Pekalongan, dan dipengaruhi adanya pembuangan limbah berbagai kegiatan Manusia. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi tingkat kesuburan perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi klorofil-a sebagai indikator kesuburan perairan serta pola sebarannya di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan. Penelitian ini dilaksanakan pada 23 Juni 2023 di 33 titik stasiun. Klorofil-a di ukur menggunakan spektrofotometer. Parameter oseanografi yang diukur meliputi arah dan kekuatan angin, pasang surut, serta arus. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan Pemodelan Hidrodinamika 2D untuk memperoleh persebarannya. Selanjutnya validasi dilakukan berdasarkan nilai *Mean Relative Error* (MRE). Kandungan klorofil-a di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah menunjukkan kisaran antara 0,153-9,371 $\mu\text{g/L}$. Pola persebaran yang terjadi berbentuk konvergen. Pola konvergen terbentuk terkait erat dengan pengaruh kondisi arus pasang menuju surut, arus sejajar dengan pantai dan angin yang mempengaruhi terjadinya arus. Persebaran klorofil-a menunjukkan pola menurun dari wilayah muara ke laut lepas dengan arah pergerakan angin yang berasal dari timur menuju barat.

Kata kunci: Konsentrasi, Sebaran Klorofil-a, Muara Sungai Bedahan, Spline

Abstract

Distribution Of Chlorophyll-a As An Indicator of Fertility of Waters In The Estuary Of The Bedahan River, Pekalongan, Central Java

The Belahan River is one of the rivers that flows into Pekalongan Waters and is influenced by the disposal of waste from various human activities. These conditions can affect the fertility level of the water. This research aims to determine the concentration of chlorophyll-a as an indicator of water fertility and its distribution pattern in the Surgical River Estuary, Pekalongan. This research was carried out on June 23, 2023, at 33 stations. Chlorophyll-a is measured using a spectrophotometer. The oceanographic parameters measured include the direction and strength of wind, tides, and currents. The data obtained was analyzed using 2D hydrodynamic modeling to obtain the distribution. Next, validation is carried out based on the mean relative error (MRE) value. The chlorophyll-a content in the Tepin River Estuary, Pekalongan, Central Java, shows a range between 0.153 and 9.371 $\mu\text{g/L}$. The distribution pattern that appears is convergent. The convergent pattern formed is closely related to the influence of tidal current conditions, currents parallel to the coast, and the wind, which influences the occurrence of currents. The distribution of chlorophyll-a shows a decreasing pattern from estuary areas to the open sea, with the direction of wind movement originating from east to west.

Keywords: Concentration, Distribution of Chlorophyll-a, the Bedahan Estuary, Spline

PENDAHULUAN

Sungai Bedahan merupakan salah satu sungai yang bermuara di Perairan Pekalongan. Badan air dari sungai tersebut menjadi tempat pembuangan limbah kegiatan manusia, industri kecil, seperti Usaha Mikro dan Menengah (UMKM), serta limbah batik. Hasil penelitian Budiyanto *et al.* (2018), menunjukkan bahwa limbah yang terbuang pada badan air di Pekalongan sebagai akibat dari industri batik mengandung Kadmium (Cd) sebesar 0,07 mg/L; Kromium (Cr) 0,76 mg/L dan Timbal (Pb) 0,78 mg/L. Dalam literatur lain menjelaskan bahwa limbah yang terbuang dari seluruh muara sungai Pekalongan menunjukkan nilai yang berkisar antara 40,3-85,4 mg/L pada Tahun 2021, serta 64,7-140,5 mg/L pada Tahun 2022 (Zainuri *et al.* 2022 dan Ridarto *et*

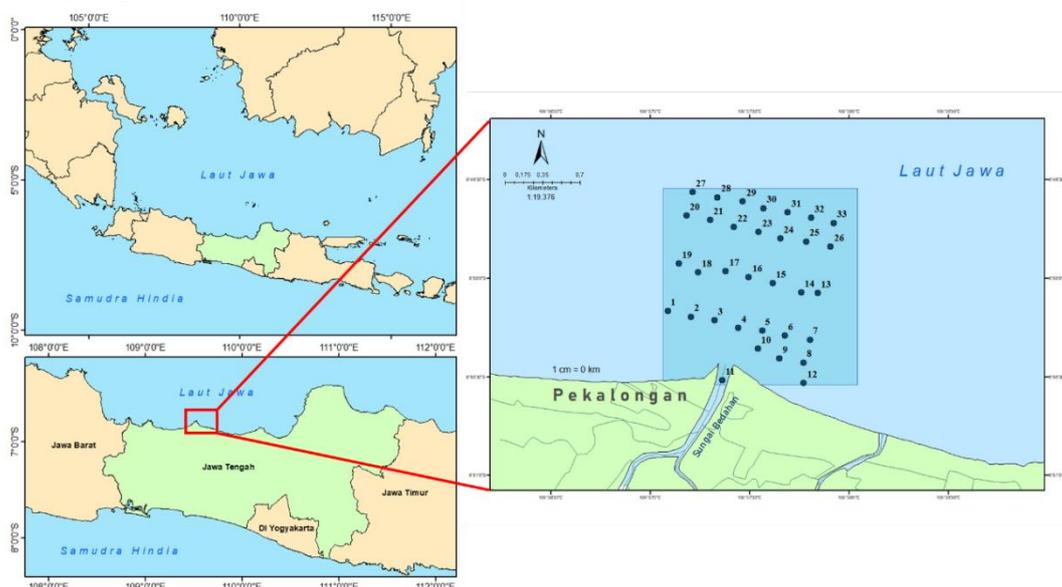
al., 2023). Angka tersebut telah melebihi nilai baku mutu dari Indeks Kualitas Air (IKA) yang telah disahkan dalam PP No. 22 Tahun 2001. Dimana, nilai maksimal dari kandungan COD yang berada di Sungai tidak lebih dari 25 mg/L. Selain itu, kurangnya pengetahuan mengenai pengolahan terhadap limbah ini menyebabkan di penurunan kualitas perairan dan mengganggu kehidupan biota (Zainuri *et al.*, 2022, Naqsyabandi *et al.*, 2023).

Keberadaan klorofil di dalam sel fitoplankton, menggunakan gelombang cahaya dengan nilai di antara 400-700 nm pada proses fotosintesa, dimana proses efektif terjadi pada gelombang ultraviolet (Zainuri, 2020). Spektrum cahaya tersebut yang digunakan untuk memetakan sebaran konsentrasi klorofil-a di suatu perairan, dimana dilakukan dengan algoritma menggunakan *software* ArcGIS. Berdasarkan hasil data lapangan dari sampel secara *in situ*, maka dapat dihasilkan peta-peta sebaran konsentrasi klorofil-a di perairan tersebut. Hal ini dikarenakan teknologi penginderaan jauh memiliki kemampuan untuk mendeteksi klorofil-a yang terdapat di perairan dan dapat digunakan untuk melakukan penelitian secara temporal. Oleh karena itu, persebaran klorofil-a dalam penelitian ini dapat digunakan untuk menduga tingkat kesuburan di suatu perairan.

MATERI DAN METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Muara Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan, Jawa Tengah pada 33 titik yang berbeda. Metode penelitian ini menggunakan Data *insitu* diambil pada tanggal 25 Juni 2023 dengan menggunakan pendekatan kuantitatif untuk meneliti populasi atau sampel tertentu dan pengambilan sampel secara random dengan pengumpulan data menggunakan instrumen, analisis data bersifat statistik (Sugiyono, 2018; Balaka, 2022). Sementara, penentuan titik sampling dilakukan dengan cara *purposive sampling* dengan pertimbangan bahwa pasokan nutrien yang masuk ke dalam perairan merupakan pengaruh dari aktivitas di sekitar lokasi penelitian, serta dapat mewakili kondisi keseluruhan daerah. Titik lokasi yang dipilih berada pada rentang lintang antara 6° 83' 61'18" – 6° 82' 86'59" sampai 109° 61' 81'16" – 109° 63' 20'56" BT (Gambar 1). Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara komposit, dimana pengambilan sampel air diambil sebanyak 1000ml dengan menggunakan botol plastik hitam dan dimasukkan ke dalam *coolbox* untuk menghindari kerusakan pada sampel. Selanjutnya, sampel klorofil-a dianalisa di Laboratorium Penelitian Kimia dan Laboratorium Geologi Laut, Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.



Gambar 1. Lokasi Pengambilan Titik Sampel

Analisis Konsentrasi Klorofil-a

Proses pengolahan sampel klorofil-a dilakukan menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis dengan panjang gelombang 630 nm, 647 nm, dan 664 nm berdasarkan metode standar APHA (2005). Adapun persamaan yang digunakan dalam perhitungan konsentrasi menggunakan persamaan 1 dan 2.

$$Ca = 11,85 (\lambda 664) - 1,54 (\lambda 647) - 0,008 (\lambda 630) \quad \dots (1)$$

Keterangan:

$\lambda 664$ = Absorbansi 664 nm – Absorbansi 750 nm

$\lambda 647$ = Absorbansi 647 nm – Absorbansi 750 nm

$\lambda 630$ = Absorbansi 630 nm – Absorbansi 750 nm

$$\text{Klorofil} - a \left(\frac{\mu g}{L} \right) = \frac{Ca \times v}{V \times l} \quad \dots (2)$$

Keterangan:

$\lambda 664, \lambda 647, \lambda 630$ = nilai absorbansi panjang gelombang

v = volume aseton yang digunakan untuk ekstraksi (ml)

V = volume sampel air (L)

L = lebar kuvet (1 cm)

Metode Pengolahan Data Angin

Data angin digunakan sebagai data masukan dalam pembuatan mode arus, yang merupakan data sekunder kecepatan angin permukaan dengan komponen u dan v. Komponen u (angin zonal) dalam kecepatan angin adalah nilai kecepatan angin dalam arah vektor x atau dalam arah timur – barat, sementara komponen v (angin meridiornal) adalah nilai kecepatan angin dalam arah vektor y atau dalam arah utara – selatan. Nilai resultan angin diperoleh dari nilai komponen u dan v kecepatan angin melalui persamaan 3 dan 4.

$$c = \sqrt{(u)^2 + (v)^2} \quad \dots (3)$$

Arah kecepatan angin dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\theta = \text{arc tan} \frac{v}{u} \quad \dots (4)$$

Keterangan:

c = Kecepatan resultan angin (m/s)

u = Kecepatan angin dalam arah vektor x (m/s)

v = Kecepatan angin dalam arah vektor y (m/s)

Metode Analisa Arus Pasang Surut

Analisis arus pasang surut melalui beberapa tahapan diantaranya : *pre-processing model*, *pengolahan data excel*, dan *processing model*. Data batimetri yang telah didapatkan melalui *website* Badan Informasi Geografis (BIG) di olah dengan bantuan *software* ArcGIS 10.8. Sehingga, menghasilkan data batimetri dengan format (.dbf). Selanjutnya, model pola arus 2 dimensi untuk mengidentifikasi pola sebaran arus dilakukan dengan modul hidrodinamik (HD) yang digunakan untuk menentukan perilaku air di bawah fungsi gaya yang berbeda, seperti kondisi angin pada saat tertentu dan ketinggian air yang telah ditentukan sebelumnya di batas model terbuka. Adapun persamaan pembangun dalam model 2D ini menggunakan persamaan konversi massa dan momentum terhadap arah sumbu x dan sumbu y (Nusratina *et al.*, 2020; DHI, 2013) mengikuti persamaan 5, 6, 7.

1) Persamaan Kontinuitas

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \quad (5)$$

2) Persamaan Momentum

Arah sumbu x :

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{c^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x = 0 \quad (6)$$

Arah sumbu y :

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} + \left(\frac{p^2}{h}\right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h}\right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_y = 0 \quad (7)$$

Keterangan :

$h(x,y,t)$	= kedalaman air
$h(x,y,t)$	= kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
$\zeta(x,y,t)$	= elevasi permukaan (m)
$p, q(x,y,t)$	= kerapatan densitas dalam arah c dan y ($m^3/s/m$) = (uh,vh)
(u, v)	= kecepatan rata-rata terhadap kedalaman dalam arah x & y
ρ_w	= berat jenis air (kg/m^3)
$C(x, y)$	= tahanan Chezy ($m^{1/2}/s$)
g	= percepatan gravitasi bumi $9.81 (m/s^2)$
$f(V)$	= faktor gesekan angin
$\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$	= komponen <i>effective shear stress</i>

Metode Interpolasi Spline

Metode pemetaan yang digunakan untuk mengetahui sebaran konsentrasi klorofil-a adalah pendekatan geospasial. Dalam proses pengolahan data nya, *Software ArcGIS 10.8*. digunakan untuk ekstraksi garis pantai yang dilakukan dengan memisahkan batas darat dari batas laut dan kemudian diekspor sebagai data vektor berupa data garis pantai dalam format .shp dan dikoreksi menggunakan metode *on screen digitize*. Adapun persamaan yang digunakan dalam metode Interpolasi *Spline* yang dijabarkan pada persamaan 8.

$$S_{(xy)} = S_{(xy)} + \sum_{j=1}^N \lambda_j R_j \quad (8)$$

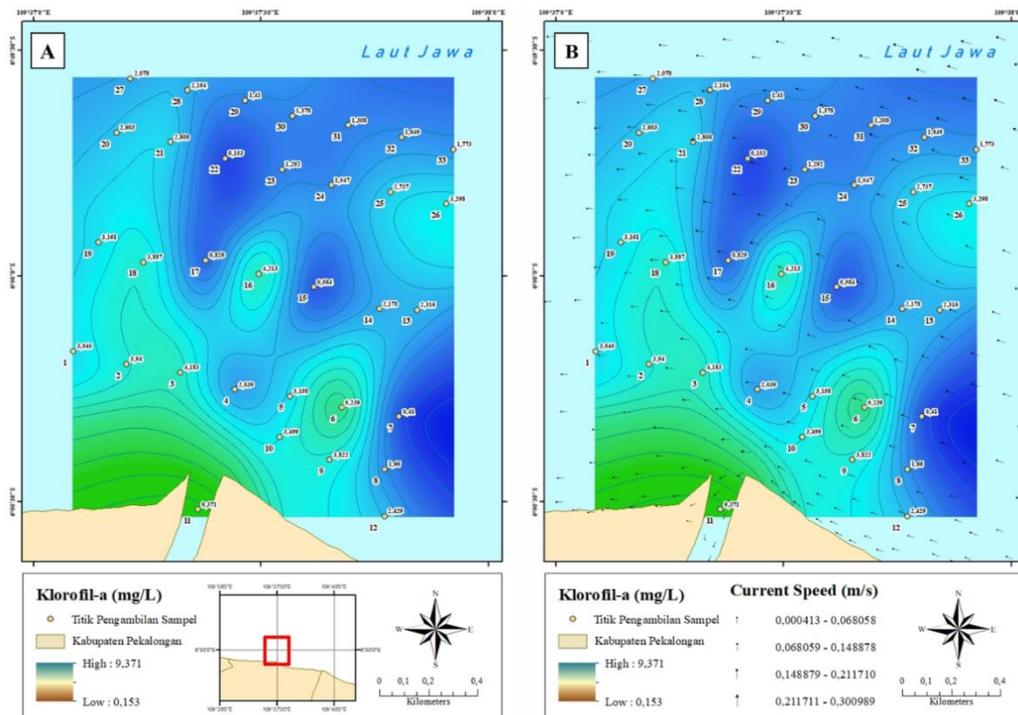
Keterangan :

j	= 1, 2, 3, ..., n
N	= jumlah titik
λ_j	= koefisien yang ditemukan dari sistem linear
r_j	= jarak antara titik ke titik j

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan dan Sebaran Klorofil-a di Muara Sungai Bedahan

Hasil pengukuran kandungan klorofil-a di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah menunjukkan kisaran di antara 0,153-9,371 $\mu g/L$. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa titik-titik stasiun yang berada dekat garis pantai nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan titik-titik yang jauh dari garis pantai. Stasiun 1-12 yang memanjang sejajar dengan garis pantai menunjukkan nilai di antara 0,410-9,371 $\mu g/L$, dengan nilai yang relatif tinggi, namun dengan kisaran yang relatif kecil. Pada stasiun 13-19 menunjukkan kisaran di antara 0,584-4,213 $\mu g/L$, dimana mempunyai nilai kisaran yang lebih lebar dibandingkan dengan Stasiun 1-12. Sedangkan, pada stasiun 20-26 menunjukkan kisaran di antara 0,153-3,298 $\mu g/L$, dimana variasi lebih lebar dibandingkan dengan stasiun-stasiun sebelumnya. Selanjutnya, pada Stasiun 27-33 merupakan stasiun yang terletak sejajar dengan garis pantai, namun dengan jarak yang paling jauh dengan kisaran nilai di antara 1,038-2,194 $\mu g/L$, dengan variasi yang cukup besar. Nilai secara lengkap setiap stasiun disajikan pada Tabel 1 dan pola sebarannya menggunakan metode spline ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kandungan Klorofil-a (A) dan overlay Distribusi Klorofil-a dengan Kecepatan Arus (B).

Berdasarkan hasil dari data diatas, konsentrasi klorofil-a di lokasi sampling Perairan Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah, memiliki kisaran nilai dalam rentang 0,153 sampai 9,371 $\mu\text{g/L}$. Stasiun dengan nilai kandungan klorofil tertinggi terletak di pertengahan antara muara sungai dengan laut lepas yang masih mendapatkan pengaruh dari darat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa klorofil-a mengalami penurunan dari wilayah muara ke laut lepas.

Kandungan klorofil-a terkait erat dengan kandungan nutrisi yang tersedia di dalam perairan. Pada daerah muara terdapat kandungan limbah organik maupun MPT yang merupakan sumber dari nutrisi. Meskipun demikian, limbah dan MPT tersebut masih berbentuk molekul kompleks. Sedangkan kandungan nutrisi ke arah laut sudah terdegradasi sehingga lebih banyak dalam bentuk ion, yang bisa digunakan untuk proses fotosintesis. Hal ini sesuai dengan penelitian Maslukah et al., (2019, 2020, 2021) yang menyatakan bahwa sebuah perairan mempunyai kandungan klorofil-a tinggi, bila terdapat kandungan nutrisi yang mencukupi untuk menunjang proses fotosintesis. Dengan demikian, kandungan klorofil-a yang ada di perairan Bedahan Pekalongan sangat terkait dengan ketersediaan unsur nutrisi yang merupakan hasil degradasi dari limbah maupun MPT di perairan tersebut.

Selain itu, kandungan klorofil-a di suatu perairan pantai memiliki kaitan erat dengan kandungan fosfat di dalam bentuk Dissolved Inorganic Phosphate (DIP). Kondisi tersebut sangat nyata diperlihatkan pada pengamatan terhadap perairan muara di Jepara, dimana ketersediaan fosfat menjadi faktor pendukung terhadap konsentrasi klorofil-a (Maslukah et al., 2018). Dengan demikian nilai klorofil-a yang tinggi di perairan Bedahan, Pekalongan, merupakan indikator terkaitnya dengan kandungan fosfat, dimana fosfat tersebut merupakan hasil degradasi dari limbah organik dan MPT. Konsentrasi klorofil-a di Perairan Bedahan, Pekalongan, juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan kecerahan. Berdasarkan data yang diperoleh pada saat sampling, kecerahan berada pada rentang nilai antara 0,75 – 6 meter dengan titik kecerahan terendah berada di muara sungai. Faktor kecerahan memiliki hubungan positif berbanding lurus dengan klorofil-a. Hal tersebut dikarenakan produktivitas primer yang dihasilkan oleh organisme autotrof di suatu perairan membutuhkan cahaya matahari dalam proses fotosintesis nya (Alhaq et al., 2021). Saat proses sampling dilaksanakan, stasiun-stasiun yang berada di laut lepas di ambil pada pukul 12.00 – 13.00 WIB. Dimana, panjang gelombang dari sinar ultraviolet berada pada kisaran nilai sebesar 550 – 700 nm. Sehingga, cahaya yang masuk ke dalam perairan lebih tinggi.

Tabel 1. Konsetrasi Klorofil-a di Muara Sungai Bedahan, Kabupaten Pekalongan

Titik Pengambilan Sampel Klorofil-a	Lokasi		Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)
	Longitude	Latitude	Juni 2023
Stasiun 1	109° 61' 81.16" E	6° 83' 61.18" S	3,045
Stasiun 2	109° 62' 00.72" E	6° 83' 65.91" S	3,940
Stasiun 3	109° 62' 20.46" E	6° 83' 69.07" S	4,184
Stasiun 4	109° 62' 40.41" E	6° 83' 75.33" S	2,039
Stasiun 5	109° 62' 6.05" E	6° 83' 77.76" S	3,159
Stasiun 6	109° 62' 7.69" E	6° 83' 81.97" S	5,239
Stasiun 7	109° 63' 00.64" E	6° 83' 85.33" S	0,410
Stasiun 8	109° 62' 95.38" E	6° 84' 0.468" S	1,660
Stasiun 9	109° 62' 75.18" E	6° 84' 0.124" S	3,822
Stasiun 10	109° 62' 56.84" E	6° 83' 9.282" S	3,500
Stasiun 11	109° 62' 26.92" E	6° 84' 22.07" S	9,371
Stasiun 12	109° 62' 95.34" E	6° 84' 19.61" S	2,429
Stasiun 13	109° 63' 0.725" E	6° 83' 45.86" S	2,316
Stasiun 14	109° 62' 93.39" E	6° 83' 45.54" S	2,179
Stasiun 15	109° 62' 69.35" E	6° 83' 37.43" S	0,584
Stasiun 16	109° 62' 49.31" E	6° 83' 32.64" S	4,213
Stasiun 17	109° 62' 29.79" E	6° 83' 27.61" S	0,829
Stasiun 18	109° 62' 0.688" E	6° 83' 28.25" S	3,888
Stasiun 19	109° 61' 90.39" E	6° 83' 20.97" S	3,161
Stasiun 20	109° 61' 96.97" E	6° 82' 80.45" S	2,603
Stasiun 21	109° 62' 16.84" E	6° 82' 83.91" S	2,808
Stasiun 22	109° 62' 36.81" E	6° 82' 89.93" S	0,153
Stasiun 23	109° 62' 57.69" E	6° 82' 94.05" S	1,292
Stasiun 24	109° 62' 75.78" E	6° 82' 99.86" S	1,547
Stasiun 25	109° 62' 97.51" E	6° 83' 0.234" S	2,737
Stasiun 26	109° 63' 18.08" E	6° 83' 0.672" S	3,298
Stasiun 27	109° 62' 0.209" E	6° 82' 60.47" S	2,078
Stasiun 28	109° 62' 23.04" E	6° 82' 64.87" S	2,194
Stasiun 29	109° 62' 44.18" E	6° 82' 68.55" S	1,410
Stasiun 30	109° 62' 61.51" E	6° 82' 74.19" S	1,378
Stasiun 31	109° 62' 81.97" E	6° 82' 77.68" S	1,308
Stasiun 32	109° 63' 0.156" E	6° 82' 82.20" S	1,649
Stasiun 33	109° 63' 20.56" E	6° 82' 86.59" S	1,773

Data Angin Perairan Pekalongan

Data kecepatan pada komponen u dan v dari tahun 2012-2023 diunduh melalui tautan <https://www.ecmwf.int/> untuk dianalisis mengenai arah dominan dari musim Timur. Hasil dari data tersebut berupa diagram mawar angin dengan perbandingan nilai dari kecepatan angin rata-rata dan arah angin dominan tiap musim ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa kecepatan rata-rata dari angin pada musim Timur lebih besar di banding ketiga musim lainnya. Hal ini memberikan pengaruh terhadap arus permukaan yang menyeret air permukaan saat bertiup, sehingga air akan mengalir searah dengan angin dan distribusi klorofil-a. Arah dominan dari musim Timur berasal dari Timur Laut menuju Barat Daya yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Data Pasang Surut Pada Bulan Juni 2023

Pengambilan *sampling* secara *insitu*, 25 Juni 2023 pukul 07.00 – 14.30 WIB. Dimana, kondisi perairan tersebut menunjukkan fase pasang menuju surut dengan karakteristik pasang surut, yaitu semi diurnal. Representasi dari pasang surut saat proses *sampling* ditunjukkan dengan grafik sebagai berikut. Kondisi pasang surut ditunjukkan dalam Tabel 3. Hasil pengolahan admiralty menunjukkan nilai surut terendah pada Juni 2023 adalah 1,23 meter dan pasang tertinggi pada 2,28 meter dengan nilai rata-rata pasang surut sebesar 1,713 meter. Pengambilan sampel air dilakukan pada pukul 07.00-14.30 WIB dengan kondisi perairan menuju pasang pada elevasi 1,87 meter sampai dengan kondisi perairan pasang tertinggi pada elevasi 2,05 meter yang ditunjukkan pada Gambar 4.

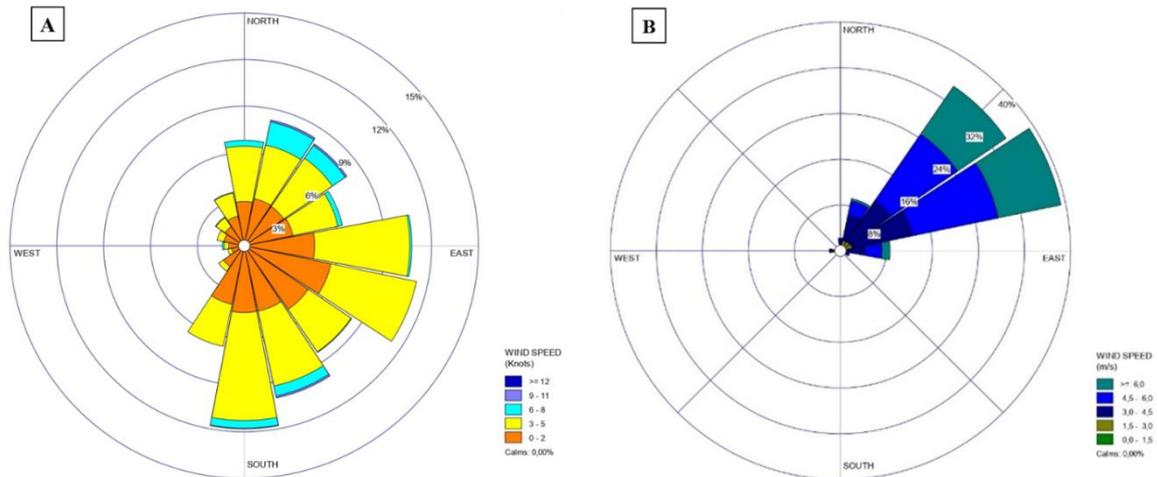
Pengambilan sampel dilakukan pada Bulan Juni 2023 yang bertepatan dengan periode musim timur. Sehingga, arah dominan arus pasang surut yang terjadi berasal dari timur menuju barat. Nilai dari kecepatan arus di Perairan Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah menunjukkan kisaran dengan rentang di antara 0,194 – 0,300 m/s. Dimana, kecepatan tertinggi nya berada di perairan terbuka. Dari pengamatan ini, adapun justifikasi yang telah di bahas pada penelitian sebelumnya oleh Purbandono dan Djunarsah (2005) dalam Indrayanti *et al.*, (2021), yang menyatakan bahwa arus pasang surut bergerak secara horizontal dari badan air menuju dan menjauhi pantai seiring dengan perubahan naik turunnya muka air laut akibat gaya pembangkit pasang surut. Selain itu, fenomena ini memiliki pengaruh yang cukup besar terhadap persebaran klorofil-a di muara. Hal tersebut dikarenakan intensitas air laut yang mengalir ke badan sungai pada saat pasang dan air tawar yang mengalir ke laut pada saat surut. Sehingga, materi-materi terlarut yang berada di perairan akan terdistribusi oleh pasang surut. Peristiwa pasang dan surut yang terjadi di suatu perairan dapat menyebabkan perubahan arah arus. Hal ini menyebabkan terbentuknya perbedaan konsentrasi massa air yang didalamnya meliputi klorofil, suhu, salinitas, oksigen dan *tracer* lainnya dapat dijadikan sebagai indikator dari kesuburan perairan (Tomascik *et al.*, 1997). Berdasarkan data dari pemodelan arus pada saat pasang menuju surut pukul 06.30 – 14.30 WIB, nilai grafik *time series* yang diperoleh menunjukkan bahwa nilai pengukuran pada data Badan Informasi Geografis (BIG) cenderung sama dengan nilai *actronomic*. Hasil visualisasi dari peta overlay persebaran klorofil-a menunjukkan adanya pola konvergen di beberapa titik. Dimana, pola tersebut dapat terbentuk merupakan salah satu akibat dari adanya faktor arus pasang surut dan angin yang dapat membelokkan massa air, sehingga membentuk overlay yang spesifik berupa cekungan (Abigail *et al.*, 2015).

Tabel 2. Kecepatan dan Arah Angin Tiap Musim 2012-2023

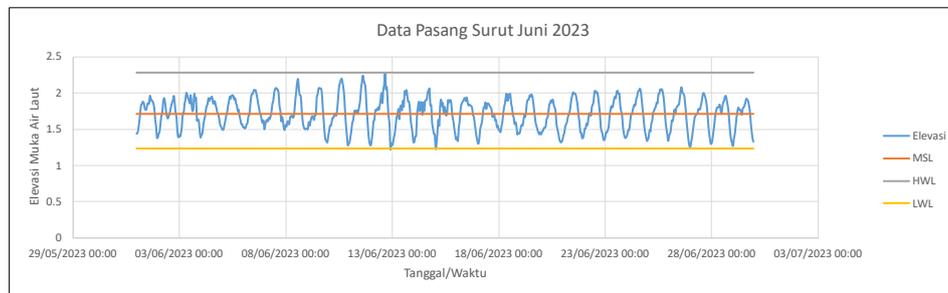
No	Periode	Kecepatan Angin Rata-Rata (m/s)	Arah Angin
1	Musim Timur	1,5575	Timur
2	Musim Barat	1,2822	Barat
3	Musim Peralihan I	0,819	Tenggara
4	Musim Peralihan II	0,752	Barat Laut

Tabel 3. Kondisi pasang surut saat pengambilan sampel

No	Tanggal	Waktu	Elevasi	Kondisi	MSL	HWL	LWL
1	25 Juni 2023	10.00 WIB	1.91	Menuju Pasang	1,713	2,28	1,23



Gambar 3. Diagram Mawar Musim Timur 2012-2023 (A). Diagram Mawar bulan Juni 2023 (B).



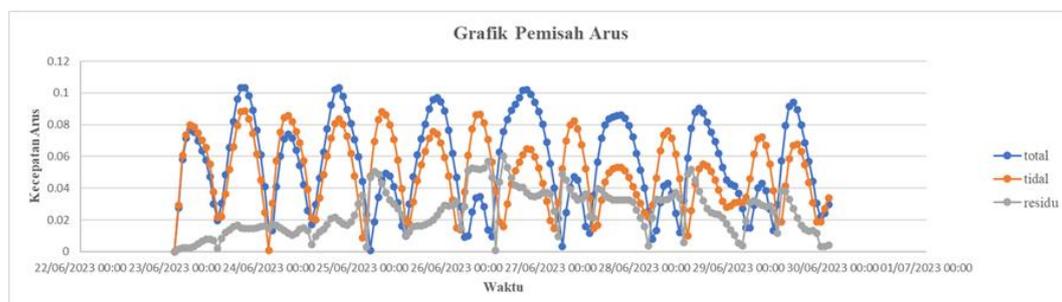
Gambar 4. Grafik pasang surut saat pengambilan sampel pada Juni 2023

Identifikasi Arus Pasang Surut di Perairan Pekalongan

Hasil pemisahan arus bertujuan untuk mengetahui arus dominan yang berada di suatu perairan, pasang surut atau arus residu. Berdasarkan data yang diperoleh, persentase dari arus pasang surut di Perairan Pekalongan sebesar 59% dan arus residu sebesar 41%. Hal ini sesuai dengan pendapat dari Hariadi *et al.* (2015) yang menjelaskan bahwa arus pasang surut mendominasi perairan tersebut dengan perbandingan 50:40. Berikut ini adalah hasil overlay antara arus total, arus pasang surut dan arus residu.

Tabel 4. Kondisi pasang surut saat pengambilan sampel

No	Jenis Arus	Nilai Kecepatan Minimum (m/s)	Nilai Kecepatan Arus Maksimum (m/s)
1	Arus Pasang Tidal	0	0,090
2	Arus Residu	0	0,060



Gambar 5. Grafik Pemisah Arus Perairan Pekalongan

Hasil Interpolasi Spline terhadap Klorofil-a

Perbandingan nilai antara data lapangan dengan hasil interpolasi memiliki perbedaan yang tidak begitu signifikan. Data lapangan menunjukkan kisaran pada rentang nilai sebesar 0,153 – 9,371 $\mu\text{g/L}$ dengan rata-rata nilai 2,6119 $\mu\text{g/L}$. Sementara, untuk data setelah proses interpolasi spline memiliki rentang nilai sebesar 0,1508 – 9,408 $\mu\text{g/L}$ dengan rata-rata nilai sebesar 2,5432 $\mu\text{g/L}$. Dari tabel diatas, hasil pengukuran MRE klorofil-a dari kedua data tersebut menunjukkan nilai sebesar 0,2776 mg/L. Sehingga, nilai tersebut menjadi indikasi bahwa pengukuran data lapangan dengan metode interpolasi spline memiliki tingkat akurasi, dikarenakan nilai mendekati 0 (AlQadri *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Penelitian terhadap persebaran klorofil-a di Muara Sungai Bedahan, Pekalongan, Jawa Tengah, pada Bulan Juni 2023, menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a menunjukkan kisaran di antara 0,153-9,371 $\mu\text{g/L}$, dimana nilai berada pada muara sungai karena adanya pengaruh dari aktivitas-aktivitas di daratan. adapun faktor pendukung yang memiliki pengaruh besar terhadap persebaran klorofil-a, diantaranya arus pasang surut sebesar 59% dan angin. Dimana, penurunan konsentrasinya dapat terlihat jelas dari wilayah muara ke laut lepas dengan arah pergerakan angin yang berasal dari timur menuju barat. selain itu, perbandingan antara interpolasi data lapangan dengan hasil dari metode spline menunjukkan perbedaan angka yang tidak signifikan. Sehingga, akurasi data yang baik (mendekati 0).

DAFTAR PUSTAKA

- Alhaq, M.S., Zainuri, M., Muslim, M., Marwoto, J. Suryoputro, A.A.D. 2021. Analisa Sebaran Klorofil-a dan Kualitas Air di Perairan Pulau Sintok Karimunjawa, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 3 (4) : 2.
- Abigail, W., Zainuri, M., Kuswardani, A.T.D., Pranowo, W.S. 2015. Sebaran Nutrien, Intensitas Cahaya, Klorofil-a, dan Kualitas Air di Selat Badung, Bali Pada Monsun Timur. *Jurnal Depik Unsyiah*, 4 (2) : 90.
- 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. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4 (3) : 96-97
- Balaka, M. Y. 2022. Metodologi Penelitian Kuantitatif. Bandung : Widina Bhakti Persada Bandung.
- Conopio, M., Japor, R. K., Blanco, A. C., and Tamondong, A. M. 2019. Estimation Of Chlorophyll-a Concentration In Laguna De Bay Using Sentinel-3 Satellite Data, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W19, 125–132, XLII-4-W19-125.
- DHI. 2013. MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM Hydrodynamic Module : Short Description. DHI headquarters, Denmark, 14 p.
- Indrayanti, I., Sugianto, D.N., Purwanto, Siagian, H.S.R.2021. Identifikasi Arus Pasang Surut di Perairan Kemujan, Karimunjawa Berdasarkan Data Pengukuran *Acoustic Doppler Current Profiler*. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24 (2) : 247.
- Maslukah, L., Wulandari, S.Y. dan Prasetyawan, I.B. 2018. The distributions of N, P nutrients and its relations with chlorophyll-a : case study in Serang and Wiso Estuary, Jepara, Indonesia. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, 20 (3) : 821–827.
- Maslukah, L., Wulandari, S.Y., Prasetyawan, I.B. & Zainuri, M., 2019. Distributions and Fluxes of Nitrogen and Phosphorus Nutrients in Porewater Sediments in the Estuary of Jepara. *Journal of Ecological Engineering*, 20 (2) : 1- 10.
- Nusratina, R.H., Ismunarti, 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) : 154.
- Pemerintah Indonesia. 2022. Peraturan Pemerintah No.20 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Pemerintah Kota Pekalongan. 2009. Laporan Status Lingkungan Hidup Kota Pekalongan Tahun 2009. Pekalongan : Tim Penyusun Laporan Pemerintah Kota Pekalongan.
- Sugiyono. 2018. Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.

- Tomascik, T., Mah, A.J., Nontji, A., Moosa, M.K. 1997. *The Ecology of Indonesian Seas*. Part I. Singapore : Periplus Editions Ltd. hlm. 642.
- Yamaji, I. 1996. *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Osaka, Hoikusho
- Zainuri, M., Kusumaningrum, H.P., Sugianto, D.N., Endrawati, H., Misbach, I. *et al.* 2018. Identification of *Harmfull algae blooms* (HABs) species from Demak marine waters. *Journal of Physics : Conference Series*.
- Zainuri, M., Indriyawati, M., Syarifah, W., Fitriyah, A. 2023. Korelasi Intensitas Cahaya Dan Suhu Terhadap Kelimpahan Fitoplankton Di Perairan Estuari Ujung Piring Bangkalan. *Buletin Oseanografi Mariana*, 12 (1) : 20-26.