

# Distribusi Horizontal Klorofil-A dan Material Padatan Tersuspensi di Muara Bodri, Jawa Tengah

Alif Maulida Laili Amna, Lilik Maslukah\*, Sri Yulina Wulandari

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedharto, SH, Tembalang Semarang 50275 Indonesia  
Email: lilik\_masluka@yahoo.com

## Abstract

### **Horizontal Distribution of Chlorophyll-A and Total Suspended Solids at the Bodri Estuary, Kendal, The Central of Java**

The Bodri Estuary receives mass input of water from land which carries nutrients and suspended matter. This will have an impact on the fertility and quality of the Bodri Estuary. Monitoring the quality of these waters is very important so that the condition of the waters and the level of fertility are known, which are closely related to fishery productivity. The aim of this study was to obtain the concentration and horizontal distribution of chlorophyll-a, total suspended solids (TSS) and its relationship to other environmental parameters, such as salinity, pH, DO, temperature, and transparency. Sampling was carried out in July 2020. The analysis of chlorophyll-a using the spectrometric and TSS by gravimetric method. Principal component analysis (PCA) in this study was used to see the relationship between chlorophyll-a and TSS on the other environmental parameters. The results showed that the concentration of chlorophyll-a ranged from 1.09 - 15.89 µg/L and SPM ranged from 53.2 mg/L - 139 mg/L. The distribution of chlorophyll-a and TSS showed higher in the estuary and slowly decreased towards the sea. The results of the analysis showed that chlorophyll-a and TSS had a very strong positive correlation ( $r = 0.927$ ,  $P < 0.001$ ). Salinity and pH are parameters of the aquatic environment that affect its distribution. The negative correlation between TSS and chlorophyll-a on salinity illustrates the influence of the water mass source from the river. This relationship illustrates the important role of river water input on fertility processes in marine areas in supporting potential fishing areas

**Keywords:** Principal component analysis, Chlorophyll-a, suspended

## Abstrak

Muara Bodri menerima masukan massa air dari darat yang membawa nutrisi dan material tersuspensi. Hal ini akan berdampak terhadap kesuburan dan kualitas Muara Bodri. Monitoring kualitas perairan ini sangat penting dilakukan sehingga diketahui terkait kondisi perairan dan tingkat kesuburan, yang sangat berkaitan dengan produktivitas perikanan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan konsentrasi dan distribusi horizontal dari klorofil-a, material padatan tersuspensi (MPT) serta hubungannya terhadap parameter lingkungan lain, seperti salinitas, pH, DO, suhu, dan kecerahan. Pengambilan sampel dilakukan pada Juli 2020. Metode analisis klorofil-a dilakukan secara spektrometri dan MPT secara gravimetri. Analisis komponen utama (AKU) dalam penelitian ini digunakan untuk melihat keterkaitan antara klorofil-a dan MPT terhadap parameter lingkungan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi klorofil-a berkisar antara 1,09 - 15,89 µg/L dan MPT berkisar 53,2-139 mg/L. Distribusi klorofil-a dan MPT menunjukkan lebih tinggi di muara dan secara perlahan-lahan mengalami penurunan ke arah laut. Hasil analisis menunjukkan bahwa klorofil-a dan MPT memiliki korelasi positif sangat kuat ( $r = 0,927$ ,  $P < 0,001$ ). Korelasi positif ini menggambarkan bahwa kontribusi klorofil-a sangat tinggi terhadap MPT tersebut, sehingga dapat menggambarkan melimpahnya fitoplankton. Salinitas dan pH, merupakan parameter lingkungan perairan yang berpengaruh terhadap distribusinya. Korelasi negatif dari MPT dan klorofil-a terhadap salinitas menggambarkan adanya pengaruh sumber massa air dari sungai. Hal ini menginformasikan peran penting masukan air sungai terhadap proses kesuburan di wilayah laut dalam mendukung daerah tangkapan ikan yang potensial.

**Kata kunci :** Analisis komponen utama, Klorofil-a, suspensi

## PENDAHULUAN

Muara Sungai Bodri merupakan perairan muara yang terletak di Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah. Aktivitas masyarakat seperti aktivitas rumah tangga, pertanian, industri, pelelangan ikan, dan tambak dapat berkontribusi terhadap masukan elemen-elemen kimia dan terbawa bersama aliran sungai masuk ke perairan muara (Zhu *et al.*, 2011; Maslukah *et al.*, 2020). Li *et al.* (2010) menjelaskan bahwa tingginya aktivitas manusia berpengaruh nyata terhadap peningkatan masukan bahan pencemar ke perairan muara. Kontribusi elemen kimia organik dalam limbah cair, hasil aktivitas manusia mencapai 50 - 75% dari limbah cair total (Putnam *et al.*, 2010). Masukan massa

air sungai akan membawa banyak nutrisi (misalnya fosfat, nitrat) yang merupakan salah satu faktor dominan yang mempengaruhi fitoplankton di perairan pantai, terutama daerah muara (Wang *et al.*, 2015; Wisna dan Maslukah, 2017)

Masukan air dari darat menuju muara sungai, selain berkontribusi terhadap elemen-elemen kimia organik terlarut, juga membawa material-material padat yang tersuspensi (Helmi dan Wibowo, 2018). Sebagian partikel padatan ini akan terendapkan menjadi bagian dari sedimen dasar dan sebagian tetap melayang sebagai material padatan tersuspensi (MPT). Macdonald, *et al.* (2013) menjelaskan bahwa material tersuspensi ini terdiri dari bahan anorganik, biasanya sedimen dari darat dan/atau sedimen dasar laut yang tersuspensi, serta bahan organik partikular, seperti fitoplankton (diukur sebagai klorofil *a*), zooplankton dan bakteri. Konsentrasi MPT di perairan dapat mempengaruhi tingkat kecerahan di perairan sehingga dapat mempengaruhi kualitas dari suatu perairan (Maslukah *et al.*, 2022; Ciancia *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian sebelumnya tentang material padatan tersuspensi di Muara Bodri telah dilakukan oleh Satriadi dan Widada (2004) dan Andayani, *et al.* (2020), namun belum dikaitkan terhadap konsentrasi klorofil-*a*, yang merupakan pigmen fitoplankton. Berdasarkan penelitian Maslukah *et al.* (2020) dijelaskan bahwa material tersuspensi dari aliran sungai memiliki peran penting dalam membawa elemen kimia, khususnya nutrisi *phosphate* dan berpengaruh terhadap kesuburan perairan. Selain sebagai sumber nutrisi di perairan, keberadaan MPT di muara sungai juga dapat digunakan sebagai indikasi melimpahnya fitoplankton, yang biomasnya dapat ditentukan dari konsentrasi klorofil-*a* (Poddar *et al.*, 2019).

Konsentrasi klorofil-*a* bersama MPT di perairan dapat digunakan dalam penentu kualitas perairan (Wang *et al.*, 2017). Keduanya merupakan variabel yang saling berkaitan. Material padatan tersuspensi yang tinggi di perairan, belum tentu menggambarkan tingginya fitoplankton. Hal ini disebabkan karena partikel-partikel tersuspensi ini lebih didominasi oleh hasil erosi tanah daratan yang dibawa oleh aliran sungai dan hasil dari sedimen dasar yang teraduk. Partikel tersuspensi merupakan material anorganik dan kehadirannya di perairan justru dapat menyebabkan terganggunya proses fotosintesis fitoplankton. Penelitian terkait hubungan klorofil-*a* terhadap MPT telah dilakukan oleh beberapa peneliti (Paudel *et al.*, 2019; Marwoto *et al.*, 2020; Maslukah *et al.*, 2022). Secara umum berdasarkan hasil penelitian, menjelaskan bahwa klorofil-*a* memiliki korelasi positif terhadap MPT, meskipun kekuatan korelasinya berbeda-beda dalam setiap perairan. Penelitian ini bertujuan mengetahui distribusi horizontal klorofil-*a* dan material padatan tersuspensi (MPT) serta keterkaitannya terhadap parameter lingkungan lainnya di Muara Sungai Bodri Kabupaten Kendal, Jawa Tengah.

## MATERI DAN METODE

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah data konsentrasi klorofil-*a*, data MPT, dan data kualitas perairan meliputi suhu, kecerahan perairan, pH, oksigen terlarut, dan salinitas. Penentuan titik lokasi sampel dilakukan berdasarkan kondisi yang dapat mewakili secara keseluruhan daerah muara dan laut. Pengambilan sampel dilakukan pada 14 titik stasiun pada posisi geografis 6° 50' 51,07" - 6° 51' 20" LS dan 110° 10' 32,50" - 110° 8' 41" BT (Gambar 1).

Pengambilan sampel air laut dilakukan pada saat kondisi surut menuju pasang. Sampel air diambil menggunakan botol Nansen dengan kedalaman pengambilan sampel air 1 meter dari permukaan laut. Air sampel yang telah diperoleh dari titik lokasi penelitian kemudian langsung dimasukkan ke botol sampel polietilen 1 L. Data kualitas air seperti suhu, pH, dan oksigen terlarut (DO), salinitas, kecerahan dilakukan secara *in situ*.

### Analisis Klorofil-*a*

Metode analisis data klorofil-*a* menggunakan metode spektrofotometri (APHA, 2005; Riyono,

2007) menggunakan 3 panjang gelombang (metode trikromatik). Formula perhitungan konsentrasi menggunakan formula:

$$C = [(11.85 \times \lambda_{664}) - (1.54 \times \lambda_{647}) - (0.08 \times \lambda_{630})]$$

Keterangan: C = Klorofil-a ( $\mu\text{gr/l}$ );  $\lambda_{664}$  = Pembacaan nilai absorbansi pada panjang gelombang 664 nm – abs 750 nm;  $\lambda_{647}$  = Pembacaan nilai absorbansi pada panjang gelombang Abs 647 nm – Abs 750 nm;  $\lambda_{630}$  = Pembacaan nilai absorbansi pada panjang gelombang Abs 630 nm – Abs 750 nm.

$$k = \frac{C \times V_a}{V_s \times d}$$

Keterangan: K= konsentrasi klorofil dalam sampel;  $V_a$  = Volume ekstrak aseton (mL);  $V_s$  = Volume sampe air sampel yang disaring (L); d = Lebar kuvet (1 cm)

### Analisis Material Padatan Tersuspensi (MPT)

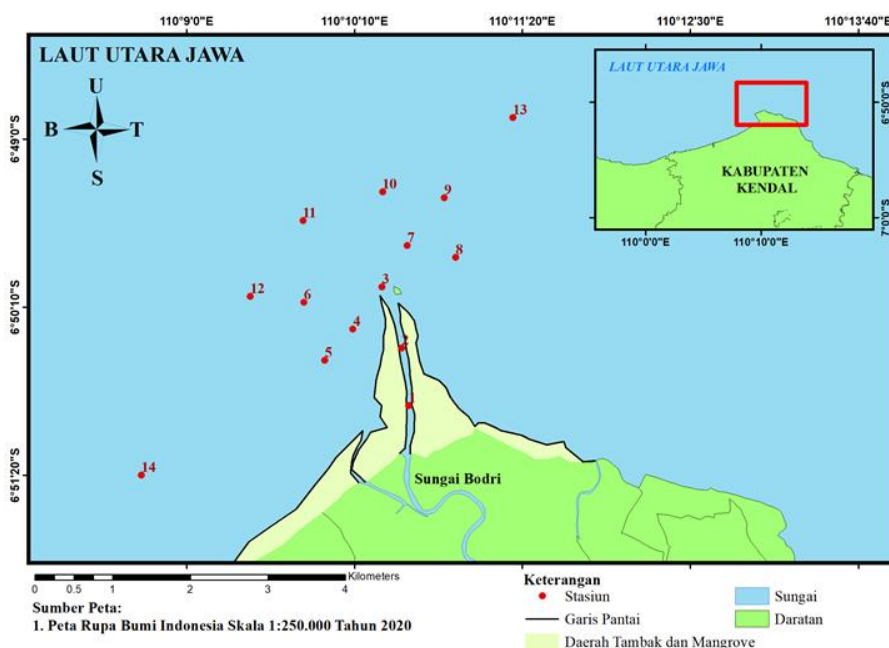
Material padatan tersuspensi yang terdapat di sampel ditentukan menggunakan metode Gravimetri. Residu tersuspensi (MPT) dari sampel air yang telah disaring menggunakan kertas saring *Whatman Microfiber filters GF/F* kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu hingga 180°C selama 1 jam. Setelah proses selesai, kemudian penentuan nilai MPT menggunakan rumus:

$$\text{MPT} = \frac{(A - B)}{C}$$

Keterangan: A = Berat kertas saring berisi residu tersuspensi (mg); B = Berat kertas saring kosong (mg); C = Volume contoh (L).

### Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis komponen utama (AKU/PCA). Abdi dan Williams (2010), AKU digunakan untuk menganalisis tabel data yang mewakili observasi yang dijelaskan oleh beberapa variabel dependen, yang secara umum saling berkorelasi. Analisis Komponen Utama didasarkan pada matriks korelasi yang digunakan untuk mendapatkan nilai kedekatan hubungan antar variabel penelitian.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

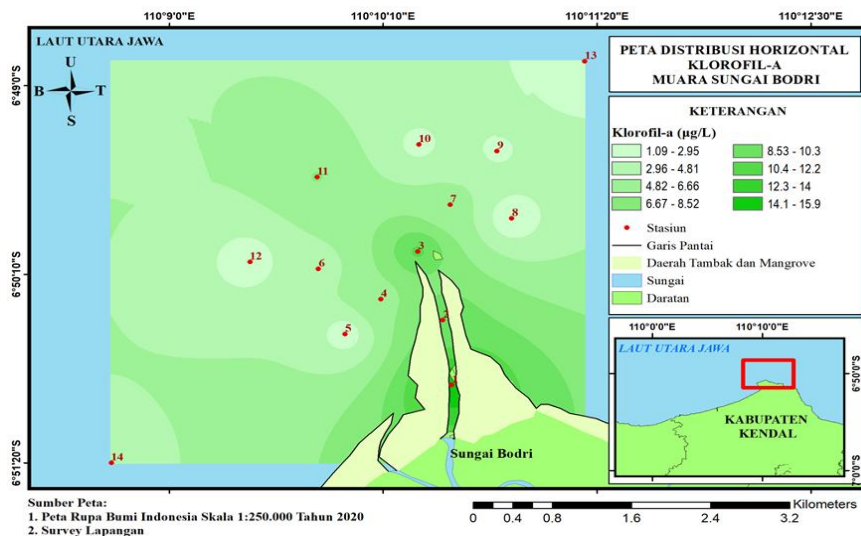
**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi klorofil-a berada pada rentang 1,09 – 15,89 µg/L, dan MPT antara 53,2–139 mg/L (Tabel 1). Konsentrasi klorofil-a tertinggi berada di stasiun 1 dan terendah berada di stasiun 13, dengan nilai rerata sebesar 5,36 µg/L. Konsentrasi MPT tertinggi berada di stasiun 3 dan terendah di stasiun 13 dengan rata-rata 78,93 mg/L. Selanjutnya pola sebaran horizontal klorofil dan MPT disajikan pada Gambar 3. Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa pH terendah terdapat pada stasiun 3 dan 4, sedangkan nilai salinitas di stasiun 1 dan 2.

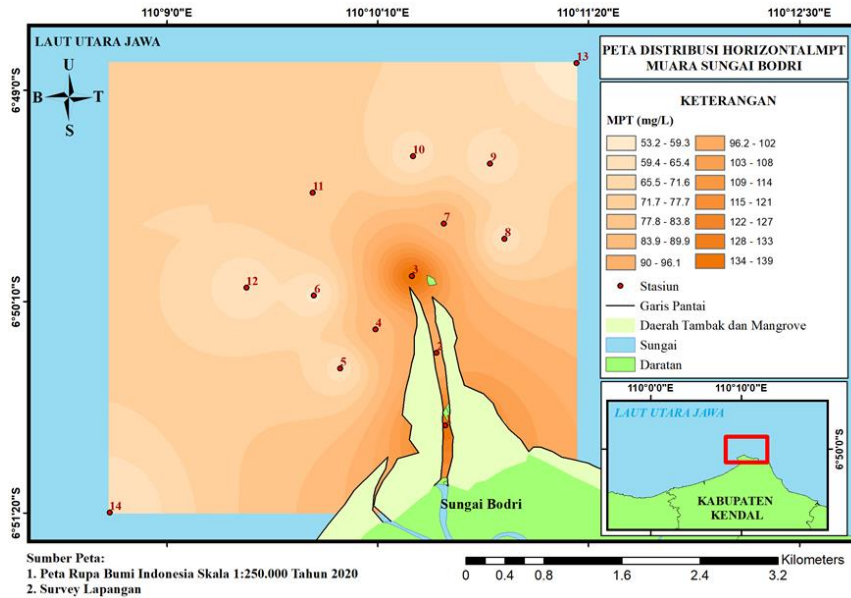
Pola distribusi horisontal klorofil-a dan MPT disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Berdasar Gambar 2, pola distribusi horisontal konsentrasi klorofil-a di muara Sungai Bodri menyebar dari stasiun 1 dan 2 yang berada di badan sungai, stasiun 3 berada di mulut sungai, dan stasiun 4 sampai 14 yang menyebar di wilayah muara hingga laut lepas. Konsentrasi klorofil-a tertinggi berada di stasiun 1 sebesar 15,89 µg/L dan konsentrasi klorofil-a terendah berada di stasiun 13 sebesar 1,09 µg/L dengan rata-rata konsentrasi klorofil-a semua stasiun sebesar 5,36 µg/L.

**Tabel 1.** Konsentrasi Klorofil-a, MPT, dan Kualitas Perairan

| Stasiun | Klorofil-a (µg/L) | MPT (mg/L) | Kecerahan (m) | pH   | Suhu (°C) | DO (mg/L) | Salinitas (‰) |
|---------|-------------------|------------|---------------|------|-----------|-----------|---------------|
| 1       | 15,89             | 137        | 0,15          | 8,05 | 29,1      | 5,1       | 33            |
| 2       | 9,82              | 99         | 0,3           | 8,23 | 29,1      | 5,4       | 33            |
| 3       | 1,55              | 139        | 0,4           | 7,92 | 29,8      | 5         | 34            |
| 4       | 6,26              | 87,6       | 0,45          | 8,04 | 29,4      | 5,1       | 34            |
| 5       | 2,07              | 62,4       | 0,4           | 8,07 | 29,8      | 5,8       | 34            |
| 6       | 4,04              | 58,2       | 0,7           | 8,03 | 29,6      | 5,7       | 34            |
| 7       | 5,38              | 88,6       | 0,6           | 8,09 | 29,2      | 6         | 35            |
| 8       | 1,76              | 62,4       | 1,5           | 8,13 | 29,5      | 6,2       | 35            |
| 9       | 2,74              | 60,6       | 3,5           | 8,08 | 29,5      | 6,1       | 35            |
| 10      | 2,60              | 61,4       | 1,15          | 8,22 | 29,8      | 6,4       | 36            |
| 11      | 6,67              | 75,2       | 0,53          | 8,26 | 29,9      | 4,2       | 36            |
| 12      | 1,95              | 60,4       | 1,15          | 8,24 | 29,7      | 4,5       | 36            |
| 13      | 1,09              | 53,2       | 2,75          | 8,27 | 29,1      | 6,7       | 36            |
| 14      | 4,17              | 60         | 1,65          | 8,34 | 29,8      | 4,4       | 36            |
| Rerata  | 5,36              | 78.93      | 1,09          | 8,14 | 30,5      | 5,47      | 34,79         |



**Gambar 2.** Peta Distribusi Horizontal Klorofil-a di Muara Sungai Bodri (µg/L).



**Gambar 3.** Peta Distribusi Horizontal MPT di Muara Sungai Bodri (mg/L).

Konsentrasi klorofil-a memiliki nilai yang tinggi di stasiun 1 karena lokasi ini berada di badan sungai yang mana di samping kanan dan kiri sungai merupakan wilayah tambak dan vegetasi mangrove serta perairan yang masih dipengaruhi oleh masukan nutrien dari limbah organik sekitar Sungai Bodri. Limbah tambak dan serasah daun mangrove yang jatuh dan mengalami dekomposisi menyumbang nutrien bagi pertumbuhan fitoplankton (Hidayah *et al.*, 2016). Konsentrasi klorofil-a memiliki nilai rendah di stasiun 13 karena lokasi stasiun berada lepas pantai dan jauh dari muara sungai dan nutrien yang masuk dari darat sedikit diterima oleh fitoplankton sehingga menghambat pertumbuhan fitoplankton di wilayah tersebut. Nilai konsentrasi klorofil-a yang didapat di muara Sungai Bodri juga dapat dipengaruhi oleh kondisi pasang surut saat pengambilan sampel air laut. Pengambilan sampel air laut dilakukan pada saat surut menuju pasang. Pada kondisi tersebut, masukan air dari sungai relatif lebih besar daripada masukan air laut menuju sungai. Hal ini menyebabkan nutrien yang dibawa oleh air sungai terakumulasi di muara sungai sehingga nilai konsentrasi klorofil-a di sekitar muara sungai relatif tinggi (Khaqiqoh *et al.*, 2014). Pola distribusi horizontal konsentrasi MPT memperlihatkan sedikit perbedaan dengan klorofil-a, yaitu menyebar dari stasiun 1 yang berada di badan sungai dan stasiun 3 yang berada di mulut sungai hingga ke stasiun 14. Konsentrasi MPT tertinggi berada di stasiun 3 dengan nilai 139 mg/L dan konsentrasi terendah berada di stasiun 13 dengan nilai 53,2 mg/L dengan rata-rata nilai konsentrasi seluruh stasiun sebesar 78,93 mg/L.

Tingginya konsentrasi MPT di stasiun 3 disebabkan karena di lokasi tersebut merupakan wilayah muara sungai tempat terjadinya pertemuan massa air sungai yang membawa partikel-partikel suspensi dari darat dengan massa air laut yang terbawa oleh gelombang sehingga terjadi pengadukan sedimen dasar muara dan terangkat ke kolom air menjadi material suspensi. Rendahnya konsentrasi MPT di stasiun 13 dapat disebabkan oleh lokasi stasiun yang jauh dari muara sungai sehingga material suspensi dari muara sungai telah mengalami pengendapan ke dasar perairan. Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Gusman *et al.* (2013) bahwa konsentrasi MPT di daerah muara sungai condong lebih tinggi daripada daerah lepas pantai.

Nilai konsentrasi MPT yang telah didapat dipengaruhi pula oleh waktu pengambilan sampel air. Pengambilan sampel air dilakukan pada saat pasang menuju surut yang mana pada waktu tersebut arus sungai dominan menuju ke laut sedangkan arus surut membawa massa air dari muara menuju arah laut sehingga nilai konsentrasi MPT di sekitar muara sungai relatif tinggi dan semakin menurun saat menuju laut lepas (Paramitha *et al.*, 2016; Wibowo *et al.*, 2016).

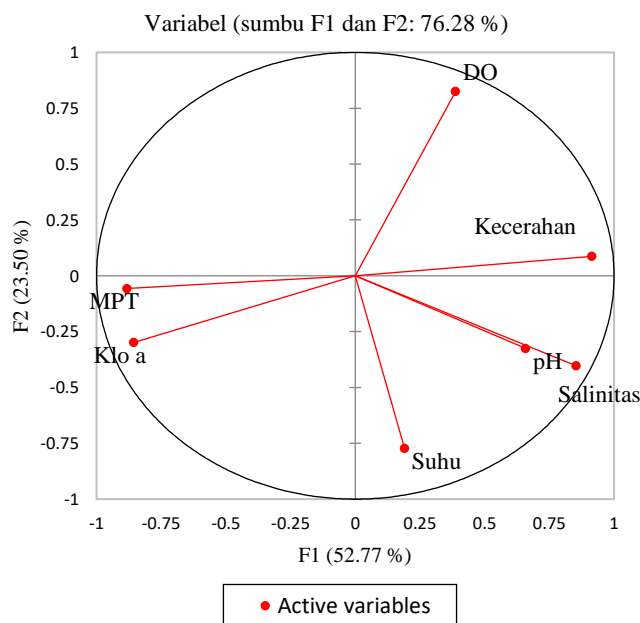
Hasil analisis korelasi antar parameter yang diukur dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 2 dan Analisis Komponen Utama (AKU) ditunjukkan pada Gambar 4. Klorofil-a sering digunakan sebagai penduga biomassa fitoplankton, yang merupakan pigmen utama dalam pigmen fotosintesis. Fitoplankton ini merupakan bagian penyusun padatan tersuspensi, sehingga meningkatnya jumlah fitoplankton akan diikuti oleh tingginya MPT. Padatan tersuspensi di perairan terdiri dari bahan anorganik, biasanya sedimen terestrial yang dibawa melalui proses fluviat (sungai) atau aeolian (dibawa oleh angin) dan/atau sedimen dasar laut yang tersuspensi, serta bahan organik terlarut dan partikular, seperti fitoplankton (diukur sebagai klorofil a), zooplankton dan bakteri (Flores *et al.*, 2012; Macdonald *et al.*, 2013; Zweifler *et al.*, 2021). Dengan demikian keberadaannya di perairan hubungannya linier antara MPT dan klorofil, namun tidak semua perairan memiliki karakteristik tersebut. Korelasi positif ( $r=0.9$ ) antara MPT dan klorofil juga ditemukan di perairan Cirebon oleh Buditama *et al.* (2017) dan di kepulauan Barrang Caddi (Maslukah *et al.*, 2022), namun nilai korelasi positifnya lebih rendah ( $r=0.32$ ). Disisi lain, MPT tinggi juga dapat mengganggu proses fotosintesis, akibat berkurangnya penetrasi cahaya. Hal ini yang menyebabkan korelasinya menjadi negatif. Maslukah *et al.* (2021) menemukan bahwa hubungan MPT terhadap klorofil-a di Perairan Semarang dan Jepara memiliki pola hubungan yang tidak sama, berkorelasi negatif di perairan Semarang dan berkorelasi positif di perairan Jepara.

Berdasarkan analisis AKU yang ditampilkan dalam Gambar 4, tampak bahwa klorofil-a sangat kuat berasosiasi terhadap MPT. Kedua variable ini memiliki korelasi negatif terhadap parameter lingkungan seperti salinitas, pH dan kecerahan. Hal ini menggambarkan bahwa pH dan kecerahan distribusinya dipengaruhi oleh salinitas dan secara bersamaan, ketiga parameter ini mempengaruhi

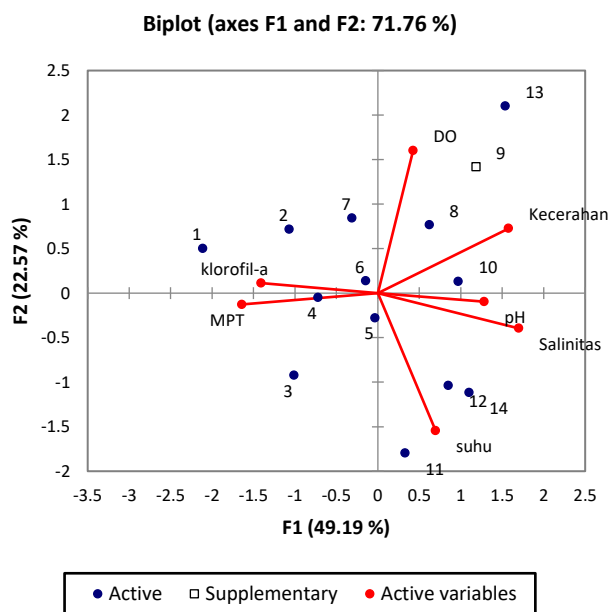
**Tabel 2.** Korelasi Pearson antara Klorofil-a dan MPT dengan Parameter Kualitas Perairan

|            | Klorofil-a | MPT     | DO     | Salinitas | Suhu   | pH      | Kecerahan |
|------------|------------|---------|--------|-----------|--------|---------|-----------|
| Klorofil-a | 1          | 0,927** | -0,409 | -0,679**  | -0,325 | -0,367  | -0,582*   |
| MPT        | 0,927**    | 1       | -0,304 | -0,655*   | -0,272 | -0,545* | -0,567*   |

Keterangan = \*\*. Korelasi Pearson signifikan pada  $P < 0,01$ ; \*. Korelasi Pearson signifikan pada  $P < 0,05$



**Gambar 4.** Analisis Komponen Utama (AKU) Klorofil-a, MPT dan Faktor Lingkungan



**Gambar 5.** Distribusi sebaran stasiun dan parameter kualitas air

klorofil-a dan MPT. Salinitas yang rendah menggambarkan adanya pengaruh massa air dari sungai lebih dominan dan selanjutnya dapat dijadikan sebagai indikator massa air dari daratan yang membawa nutrien cukup tinggi. Selain memiliki salinitas rendah, lingkungan air tawar juga dicirikan dengan nilai pH yang lebih rendah. Maslukah *et al.* (2014) menjelaskan bahwa pola distribusi fosfat memiliki hubungan negatif terhadap salinitas di muara sungai. Masukan nutrien inilah menjadi penyebab fitoplankton menjadi tumbuh pesat, yang dalam penelitian ini digambarkan melalui pengukuran klorofil-a. Selanjutnya sumbu F2 dalam Gambar 4 memperlihatkan bahwa parameter DO dan suhu tidak memiliki korelasi terhadap MPT dan klorofil-a. Sumbu F2 memperlihatkan adanya hubungan negatif antara DO dan suhu. Pada suhu perairan yang tinggi dapat menyebabkan kelarutan DO menjadi rendah dan hubungan terjadi sebaliknya. (Wu *et al.*, 2010, Alkhalidi *et al.*, 2021)

Berdasarkan grafik sebaran stasiun (Gambar 5) dapat dilihat pengelompokan stasiun. Stasiun 1, 2 dan 3 yang terletak di badan sungai dicirikan oleh parameter tingginya klorofil-a dan MPT. Stasiun 8, 10, 12, 13 dan 14, yang terletak jauh dari muara memiliki ciri salinitas, pH dan kecerahan yang tinggi. Stasiun 11 merupakan wilayah yang memiliki DO paling rendah dibanding stasiun lainnya dan letaknya berada tepat di depan mulut sungai. Hal ini diduga berkaitan dengan tingginya akumulasi bahan organik, hasil masukan dari sungai dan proses resuspensi sedimen. Beberapa studi sebelumnya telah melaporkan bahwa dekomposisi bahan organik menyebabkan rendahnya oksigen di perairan (Wang, 2009; Zhu *et al.*, 2011; Supriyantini *et al.*, 2017).

## KESIMPULAN

Konsentrasi klorofil-a di muara Sungai Bodri berkisar 1,09 µg/L hingga 15,89 µg/L dan MPT berkisar 53,2 mg/L hingga 139 mg/L. Pola sebaran horisontal klorofil-a dan MPT memiliki pola yang sama, yaitu tinggi di depan muara dan perlahan-lahan konsentrasi menurun ke arah laut. Hasil analisis komponen utama (AKU) memperlihatkan bahwa konsentrasi klorofil-a berkorelasi positif sangat kuat terhadap MPT ( $r = 0,927, P < 0,001$ ). Konsentrasi klorofil-a dan MPT di muara Sungai Bodri berkorelasi negatif terhadap salinitas, pH dan temperatur. Hal ini menjelaskan bahwa konsentrasi klorofil-a dan MPT distribusinya dipengaruhi oleh masukan massa air dari Sungai Bodri. Hasil analisis tingkat kesuburan menunjukkan bahwa muara Sungai Bodri termasuk dalam kategori subur.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, H. & Williams, L.J. (2010). Principal component analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2, 433-459. doi: 10.1002/wics.101
- Alkhalidi, M., Alsulaili, A., Almarshed, B., Bouresly, M. & Alshawish, S. (2021). Assessment of Seasonal and Spatial Variations of Coastal Water Quality Using Multivariate Statistical Techniques. *Journal of Marine Science Engineering*, 9(11), p.1292. doi: 10.3390/jmse9111292.
- Andayani, D., Suryoputro, A.A.D, Atmodjo, W., Satriadi, A. & Subardjo, P. (2020). Transpor Sedimen di Perairan Muara Sungai Bodri, Kecamatan Patebon, Kabupaten Kendal. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 243-252. doi: 10.14710/ijoce.v2i3.8513.
- APHA (American Public Health Association). (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21th Edition. Washington: APHA, AWWA (American Waters Works Association) and WPCF (Water Pollution Control Federation), pages 3 – 42.
- Buditama, G., Damayanti, A. & Giok, T. (2017). Identifying Distribution of Chlorophyll-a Concentration Using Landsat 8 OLI on Marine Waters Area of Cirebon. *IOP Conference Series : Earth Environmental Science*, 98(1), p.012040. doi: 10.1088/1755-1315/98/1/012040.
- Ciancia, E., Campanelli, A., Lacava, T., Palombo, A., Pascucci, S., Pergola, N., Pignatti, S., Satriano, V. & Tramutoli, V. (2020). Modeling and Multi-Temporal Characterization of Total Suspended Matter by the Combined Use of Sentinel 2-MSI and Landsat 8-OLI Data: The Pertusillo Lake Case Study (Italy). *Remote Sensing*, 12, 2147. doi: 10.3390/rs12132147
- Flores, F., Hoogenboom, M.O., Smith, L.D., Cooper, T.F., Abrego, D. & Negri, A.P. (2012). Chronic exposure of corals to fine sediments: Lethal and sub-lethal impacts. *PLoS ONE*, 7(5), p.e37795. doi: 10.1371/journal.pone.0037795
- Helmi, M. & Wibowo, M.A. (2012). Alos Avnir-2 digital data analysis for turbidity mapping in semarang coastal area, Central Java, Indonesia. *Buletin Oseanografi Marina*, 1, 7-12.
- Hidayah, G., Wulandari, S.Y. & Zainuri, M. (2016). Studi Sebaran Klorofil-A Secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Silugonggo Kecamatan Batangan, Pati. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1), 52-59. doi: 10.14710/buloma.v5i1.11296
- Khaqiqoh, N., Purnomo, P.W. & Hendarto, B. (2014). Pola perubahan komunitas fitoplankton di Sungai Banjir Kanal Barat berdasarkan pasang surut. *Journal of Maquares: Management of Aquatic Resource*. 3(2): 92-101
- Li, W.K.W., Lewis, M.R. & Harrison, W.G. (2010). Multiscalarity of the nutrient–chlorophyll relationship in coastal phytoplankton. *Estuaries and Coasts*, 33, 440–447. doi: 10.1007/s12237-008-9119-7
- Maslukah, L., Indrayanti, E. & Rifai, A. (2014). Sebaran material organik dan zat hara oleh arus pasang surut di muara sungai Demaan, Jepara. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science*. 19(4), 189-194. doi: 10.14710/ik.ijms.19.4.189-194
- Maslukah, L., Zainuri, M., Wirasatriya, A. & Maisyarah, S. (2020). The Relationship among dissolved inorganic phosphate, particulate inorganic phosphate, and chlorophyll-a in different seasons in the coastal seas of Semarang and Jepara, *Journal of Ecological Engineering*, 21(3), 135–142. doi: 10.12912/27197050/143064
- Maslukah, L., Setiawan, R.Y., Nurdin, N., Helmi, M. & Widiaratih, R. (2022). Phytoplankton chlorophyll-a biomass and the relationship with water quality in Barrang Caddi, Spermonde, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(1), 25–33.
- Marwoto, J., Windyartanti, O. & Muslim. (2021). Pengaruh Padatan Tersuspensi terhadap Konsentrasi Klorofil-a dan Fosfat Inorganik Terlarut di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 223-231. doi: 10.14710/jkt.v24i2.10703
- Macdonald, R.K., Ridd, P.V., Whinney, J.C., Larcombe, P. & Neil, D.T. (2013). Towards environmental management of water turbidity within open coastal waters of the Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin*, 74, 82–94. doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.07.026
- Paramitha, V.K., Yusuf, M. & Maslukah, L. (2016). Sebaran muatan padatan tersuspensi (MPT) di perairan Karangsong, Kabupaten Indramayu. *Jurnal Oseanografi*. 5(2), 293-300. doi: 10.14710/buloma.v5i1.11293
- Paudel, B., Montagna, P.A. & Adams, L. (2019). The relationship between suspended solids and nutrients with variable hydrologic flow regimes. *Regional Studies in Marine Science*, 29, 1-9.



- Poddar, S., Chacko, N. & Swain, D. (2019). Estimation of chlorophyll-a in northern coastal bay of Bengal using landsat-8 OLI and sentinel-2 MSI sensors. *Frontier Marine Science*, 6(598), 1–11. doi: 10.3389/fmars.2019.00598.
- Putnam, L.A, Gambrell, R.P. & Rusch, K.A. (2010). CBOD5 Treatment using the Marshland Upwelling Sistem. *Ecological Engineering*, 36, 548-559.
- Riyono, S.H. (2007). Beberapa sifat umum dari klorofil fitoplankton. *Jurnal Oseana*, 32(1), 23-31.
- Satriadi, A. & S. Widada. (2004). Distribusi muatan padatan tersuspensi di muara sungai Bodri, Kabupaten Kendal. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 9(2), 101-107.
- Supriyantini, E., Nuraini, R.A.T. & Fadmawati, A.P. (2017). *Buletin Oseanografi Marina*, 6(1), 29–38. doi: 10.14710/buloma.v6i1.15739
- Wang, B.D. (2009). Hydromorphological mechanisms leading to hypoxia off the Changjiang Estuary. *Marine Environmental Research*, 67, 53–58. doi: 10.1016/j.marenvres.2008.11.001
- Wang, Y., Jiang, H., Jin., Zhang, X., Lu, X. & Wang, Y. (2015). Spatial-temporal variations of chlorophyll-a in the Adjacent Sea Area of the Yangtze River Estuary influenced by Yangtze river discharge. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(5), 5420-38. doi: 10.3390/ijerph120505420
- Wang, Z., Kawamura, K., Sakuno, Y., Fan, X., Gong, Z. & 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 Higashiroshima, Japan. *Remote Sensing*, 9(264), 1-14. doi: 10.3390/rs9030264
- Wibowo, Y.S.A., Hariadi, H. & Marwoto, J. (2016). Pengaruh arus laut dan pasang surut terhadap distribusi sedimen tersuspensi di perairan muara sungai Sembilangan Kaliprau Pematang. *Jurnal Oseanografi*. 5(4), 490-492
- Wisha, U.J. & Maslukah, L. (2017). Nutrient condition of Kampar Big River Estuary: Distribution of N and P concentrations drifted by tidal bore "Bono". *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science*, 22(3), 137-146. doi: 10.14710/ik.ijms.22.3.137-146
- Wu, M.L., Wang, Y.S., Sun, C.C., Wang, H., Dong, J.D., Yin, J.P. & Han, S.H. (2010). Identification of coastal water quality by statistical analysis methods in Daya Bay, South China Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 60, 852–860. doi: 10.1016/j.marpolbul.2010.01.007
- Zhu, Z.Y., Zhang, J., Wu Y., Zhang, Y.Y., Lin, J., Liu, S.M. (2011). Hypoxia off the Changjiang (Yangtze River) Estuary: Oxygen depletion and organic matter decomposition. *Marine Chemistry*, 125, 108–116. doi: 10.1016/j.marchem.2011.03.005
- Zweifler, A., O’Leary, M., Morgan, K., Browne, N.K. (2021). Turbid Coral Reefs: Past, Present and Future—A Review. *Diversity*, 13(6), p.251. doi: 10.3390/d13060251