

## Sebaran Klorofil-a dan Material Padatan Tersuspensi (MPT) di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Adella Eka Wardani\*, Muhammad Zainuri, Sri Yulina Wulandari, dan Baskoro Rochaddi

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275, Indonesia  
Email: adellawardani51@gmail.com

### Abstrak

Aktivitas manusia di daratan, seperti kegiatan konversi lahan untuk pemukiman, pertanian, dan keberadaan industri di daratan dapat mempengaruhi adanya peningkatan masukan MPT yang terbawa oleh aliran sungai menuju ke laut. Salah satu sungai di Kabupaten Pekalongan yang terdampak adalah muara Sungai Loji. Masukan MPT yang tinggi tersebut dapat menyebabkan kekeruhan kolom perairan dan selanjutnya mempengaruhi fotosintesis fitoplankton, yang biomasnya dapat ditentukan melalui konsentrasi klorofil-a. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui sebaran MPT dan klorofil-a hasil pengukuran lapangan pada musim timur serta menganalisis hubungan antara keduanya. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 19 Juni 2022 dengan pengambilan sampel air untuk dianalisis klorofil-a dan MPT pada 11 titik stasiun penelitian. Penelitian dilaksanakan dengan pendekatan kuantitatif dan hasil penelitian di *overlay* menggunakan peta yang diunduh dari satelit Sentinel-2 dengan interpolasi *spline with barrier*. Hasil penelitian menunjukkan, konsentrasi klorofil-a berkisar antara 1,494 – 3,788  $\mu\text{g/L}$  dan konsentrasi MPT berkisar dari 57,73 – 70,27  $\text{mg/L}$ . Sebaran klorofil-a dan MPT secara umum ditemukan lebih tinggi pada perairan dekat daratan dan secara perlahan menurun ke arah laut dan pola sebarannya dipengaruhi oleh arah pergerakan arus dan angin pada periode musim timur. Pola sebaran bergerak dari arah tenggara menuju ke barat laut. Hasil analisis korelasi antara MPT dan klorofil di muara Sungai Loji, menunjukkan hubungan yang negatif dengan nilai koefisien korelasi ( $r$ ) kedua variabel sebesar 0,08. Hal ini menggambarkan bahwa keberadaan MPT dapat mempengaruhi proses fotosintesis sehingga konsentrasi klorofil-a menjadi menurun.

**Kata kunci:** Klorofil-a, MPT, Sentinel-2, Muara Sungai Loji, Pekalongan

### Abstract

## Distribution of Chlorophyll-a and Total Suspended Solids (TSS) in the Loji River Estuary, Pekalongan

Human activities in upstream areas, such as land conversion for settlements, agriculture, and the presence of industry, can affect the increase in TSS input carried by river flow to the sea. One of the affected rivers in Pekalongan Regency is the Loji River estuary. The high TSS input can cause turbidity of the water column and further affect phytoplankton photosynthesis, whose biomass can be determined through chlorophyll-a concentration. The purpose of this study was to determine the distribution of TSS and chlorophyll-a from field measurements in the eastern season and analyse the relationship. The research was conducted on 19 June 2022 by collecting water samples for analysis of chlorophyll-a and TSS at 11 points of the research station. The research was conducted with a quantitative approach and the results were overlaid using maps downloaded from the Sentinel-2 satellite with spline interpolation with barrier. The results showed that chlorophyll-a concentrations ranged from 1,494 - 3,788  $\mu\text{g/L}$  and TSS concentrations ranged from 57.73 - 70.27  $\text{mg/L}$ . The distribution of chlorophyll-a and TSS was generally found to be higher in the waters near land and slowly decreased towards the sea and the distribution pattern was influenced by the direction of current and wind movement during the eastern season. The distribution pattern moves from the southeast to the northwest. The results of the correlation analysis between TSS and chlorophyll in the Loji River estuary showed a negative relationship with a correlation coefficient ( $r$ ) value of the two variables of 0.08. This illustrates that the presence of TSS can affect the photosynthesis process so that chlorophyll-a concentration becomes decreased..

**Keywords:** Chlorophyll-a, TSS, Sentinel-2, Loji River Estuary, Pekalongan

### PENDAHULUAN

Pekalongan adalah salah satu daerah di jalur Pantai Utara Jawa yang dikenal sebagai wilayah dengan industri batik terbanyak di Jawa Tengah. Pekalongan memiliki industri garmen dan batik sebesar 90,10% dari

total jumlah industri dan sedikitnya 5 juta liter limbah dihasilkan dari pembuatan batik setiap harinya. Pekalongan baru memiliki 4 IPAL atau Instalasi Pengelolaan Air Limbah yang hanya mampu menampung 45% dari limbah buangan batik yang ada dan sisanya terbuang ke sungai menuju muara dan berakhir di laut lepas. Muara Sungai Loji adalah salah satu muara yang menjadi jalur aliran pembuangan limbah. Muara Sungai Loji, Pekalongan menjadi tempat pembuangan limbah rumah tangga, pertanian, industri, pelelangan ikan, dan tambak yang berpengaruh terhadap peningkatan masukan polutan yang terbawa aliran sungai, serta masuk ke perairan muara. Muara Sungai Loji juga menjadi jalur lalu lintas kapal, karena muara Sungai Loji digunakan untuk Pelabuhan Perikanan Nusantara Pekalongan (PPNP). Pelabuhan tersebut memanfaatkan muara Sungai Loji sebagai tempat bersandarnya kapal-kapal penangkap ikan, pelelangan hasil tangkap, dan sebagai tempat untuk membuang limbah pengolahan ikan. Unsur kimia organik dalam limbah cair yang masuk ke perairan, sangat dipengaruhi oleh tingkat aktivitas manusia (Maslukah *et al.*, 2017). Daerah perkotaan dengan pemukiman padat memiliki peran besar dalam inputan nutrient ke perairan Pantai. Nutrien inilah yang selanjutnya mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton yang dalam perairan dapat ditentukan melalui konsentrasi klorofil-a.

Menurut Wang *et al.* (2015), fitoplankton adalah salah satu faktor utama dalam siklus karbon dalam sistem atmosfer laut dan perubahan iklim. Kandungan klorofil-a dipengaruhi oleh kadar nutrien (Nitrat dan Fosfat) di perairan yang dapat bersumber dari perairan itu sendiri melalui mekanisme dekomposisi tumbuhan, organisme mati, dan limbah buangan (Hidayah *et al.*, 2016). Biomasa fitoplankton dapat dihitung dengan memperkirakan konsentrasi klorofil-a. Klorofil-a berperan dalam proses fotosintesa dan biomasa fitoplankton dapat digunakan sebagai parameter kelimpahan alga, status eutrofikasi, dan parameter penting kualitas air (Maslukah *et al.*, 2022). Amna *et al.* (2022) menjelaskan bahwa, sebaran horizontal klorofil-a memiliki pola yang menyebar dari badan sungai menuju mulut sungai kemudian menuju laut lepas.

Aliran sungai dari daerah hulu yang masuk ke perairan Pantai mengangkut material padatan yang tersuspensi yang didalamnya mengandung nutrien. Sebagian dari partikel padatan ini akan mengendap menjadi bagian dari sedimen dasar dan sebagian tetap melayang sebagai MPT. Material tersuspensi terdiri dari bahan anorganik, biasanya sedimen dari darat dan sedimen dasar laut yang tersuspensi, serta bahan organik partikulat, seperti fitoplankton (diukur sebagai klorofil-a), zooplankton, dan bakteri (Amna *et al.*, 2022). MPT adalah partikel kecil dan halus dalam sistem perairan yang memiliki diameter lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$  (Fanela *et al.*, 2019). Material padatan tersuspensi dapat mengandung bahan anorganik seperti lanau halus yang terbawa erosi dan bahan organik seperti mikroorganisme di badan air. Aktivitas antropogenik menimbulkan masukan polutan yang terdeposit ke sungai mengalir ke muara dan sampai ke laut lepas (Ridarto *et al.*, 2023). Sebaran material padatan tersuspensi memiliki nilai yang tinggi pada wilayah muara sungai dan pada wilayah yang masih mendapat pengaruh dari muara sungai yang kemudian semakin berkurang ketika menuju ke laut (Damayanti *et al.*, 2013).

Material padatan tersuspensi dari aliran sungai merupakan salah satu sumber keberadaan elemen kimia, khususnya nutrien fosfat (Maslukah *et al.*, 2020), yang sangat berpengaruh terhadap kesuburan perairan dan pertumbuhan fitoplankton. Namun demikian, konsentrasi MPT yang tinggi di perairan, belum tentu menggambarkan tingginya fitoplankton. Wang *et al.*, (2017), menjelaskan bahwa peningkatan kadar MPT akan menurunkan transmisi cahaya yang masuk ke perairan, sehingga mempengaruhi ketersediaan cahaya untuk fitoplankton yang dapat mengakibatkan penurunan produksi primer fitoplankton. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai konsentrasi MPT dan klorofil-a, pola sebaran dan keterkaitannya antara kedua variabel tersebut. MPT dan klorofil-a merupakan parameter penting dalam penentuan baik buruknya kualitas perairan sehingga perlu dilakukan monitoring secara berkala.

Ridarto *et al.* (2023), menjelaskan bahwa dalam melihat pola sebaran dua parameter perairan dapat dilakukan menggunakan metode *overlay* dari variabel-variabel tersebut. Pembuatan model persebaran dapat dilakukan menggunakan pendekatan peta dari citra sentinel-2.

## MATERI DAN METODE

Penelitian dilakukan di perairan muara Sungai Loji, Pekalongan, Jawa Tengah ( $6^{\circ} 50' 47,149''$  -  $6^{\circ} 51' 57,636''$  LS dan  $109^{\circ} 41' 22,834''$  -  $109^{\circ} 41' 19,158''$  BT) pada tanggal 19 Juni 2022. Pengambilan data lapangan berupa sampel air laut yang selanjutnya akan dianalisis konsentrasi klorofil-a dan MPT. Pengambilan sample dilakukan pada 11 titik satsiun (Gambar 1). Pertimbangan titik-titik sampel mewakili daerah muara, daerah perairan yang dekat dengan daratan, dan perairan menuju laut. Analisis laboratorium dilakukan di

Laboratorium Geologi dan Laboratorium Kimia Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro pada tanggal 20 – 22 Juni 2022.

Pengambilan sampel air pada kedalaman 0,2d untuk masing-masing stasiun, menggunakan botol Nansen. Kemudian, data pendukung pada penelitian ini terdiri dari beberapa data, diantaranya data satelit sentinel-2 untuk mempermudah dalam pembuatan peta lokasi penelitian (<https://www.usgs.gov/>), data pasang surut (<http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/>), data angin Juni 2022 (<https://www.ecmwf.int/>), serta data batimetri Pekalongan (BATNAS). Data pasang surut, angin dan batimetri pada penelitian ini digunakan dalam inputan model arus. Sebaran klorofil-a dan MPT diperoleh dari pengambilan sampel dilapangan dan analisis dilaboratorium selanjutnya diolah pola sebarannya dengan interpolasi menggunakan metode *spline with barrier*. Model arus 2D dengan inputan data angin, pasang surut, dan batimetri di proses menggunakan modul *flow model* (FM) (Millasari *et al.*, 2021).

**Analisis Data Klorofil-a**

Metode yang digunakan untuk menganalisis klorofil-a adalah metode spektrofotometri dengan panjang gelombang 664 nm, 647 nm, dan 630 mengikuti metode APHA (Maslukah *et al.*, 2022). Nilai klorofil-a diukur dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

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

Keterangan: Ca (nilai klorofil-a di cuvet dalam µgr/ml), λ664, λ647 dan λ630 (Absorbansi pada panjang gelombang 664 nm, 647 nm, dan 630 nm). Sebagai pengontrol kekeruhan, setiap panjang gelombang dikurangi dengan nilai absorbansi 750 nm.

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

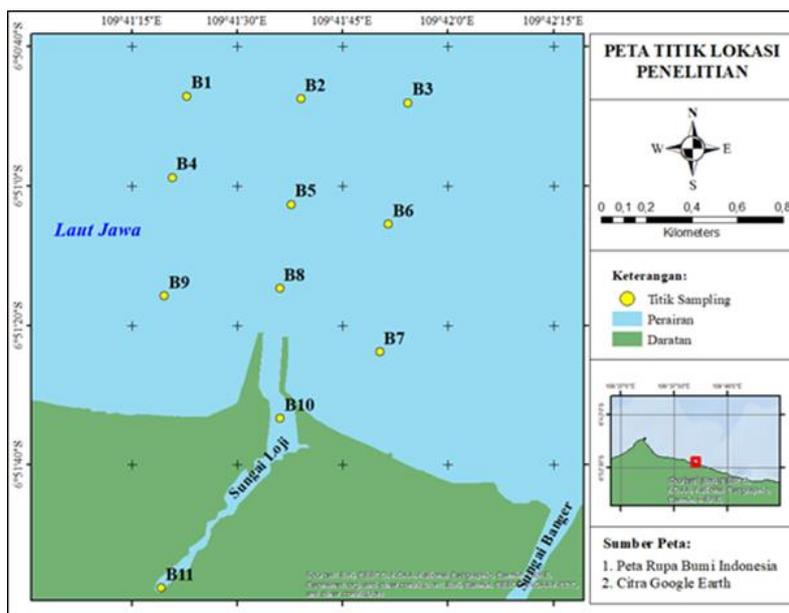
Keterangan: Ca (konsentrasi di cuvet, µg/L); v (volume aseton untuk ekstraksi (mL); V (volume sampel air laut (L); l (lebar kuvet (1 cm).

**Analisis Data Material Padatan Tersuspensi**

Metode yang digunakan untuk menganalisis material padatan tersuspensi adalah metode Gravimetri. Kadar MPT dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$MPT (mg/L) = \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

Keterangan: B (Berat kertas saring (mg)); A (Berat kertas saring + residu kering (mg)); dan C = Volume sampel air (L).



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel

### Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis korelasi ( $r$ ) dan analisis koefisien determinasi ( $R^2$ ). Untuk mengetahui hubungan yang terdapat antara klorofil-a dengan konsentrasi material padatan tersuspensi dapat menggunakan analisis korelasi *pearson*.

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x \sum y)}{\sqrt{n(\sum x^2 - (\sum x)^2) - (n(\sum Y^2 - (\sum y)^2))}}$$

Keterangan:  $r$  = koefisien korelasi;  $x$  = variabel MPT;  $y$  = variabel klorofil;  $n$  = jumlah data. Koefisien  $R^2$  digunakan untuk pendugaan pengaruh atau kontribusi konsentrasi padatan tersuspensi terhadap konsentrasi klorofil-a.

### Metode Pemetaan Distribusi Spasial

Metode yang digunakan untuk mengetahui sebaran konsentrasi klorofil-a dan MPT adalah pendekatan geospasial. Data citra satelit Sentinel-2 level 1C diunduh dari EarthExplorer (usgs.gov) yang kemudian dilakukan koreksi menggunakan *software* Sen2Core dan menghasilkan data Sentinel-2 level 2A (Padró *et al.*, 2018). Pemetaan klorofil-a dan MPT menggunakan metode interpolasi *spline with barrier*. Metode ini menginterpolasi permukaan raster menggunakan pembatas, dari titik menggunakan metode *spline* kelengkungan minimum. Batas yang digunakan berguna sebagai fitur poligon atau *polyline*. Penggunaan batas atau *barrier* menjadi penunjuk adanya perbedaan wilayah yang curam, garis, ataupun bentuk lainnya yang menunjukkan bentuk permukaan.

### Analisa Data Angin

Data yang digunakan merupakan data kecepatan angin dengan komponen  $u$  dan  $v$ . Komponen  $u$  (angin zonal) adalah nilai kecepatan angin dalam arah vektor  $x$  (timur – barat), sementara komponen  $v$  (angin meridiornal) adalah nilai kecepatan angin dalam arah vektor  $y$  (utara – selatan). Data angin yang digunakan adalah data dengan interval satu jam selama satu bulan penuh pada Juni 2022 yang dapat mewakili musim timur. Data angin digunakan untuk mengetahui karakteristik dominan kecepatan dan arah angin yang melewati perairan Pekalongan. Data angin direpresentasikan dalam mawar angin dengan *software* WRPLOT. Nilai resultan angin diperoleh dari perhitungan nilai komponen  $u$  dan  $v$  kecepatan angin mengikuti persamaan sebagai berikut (Utami *et al.*, 2018):

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

Sementara, untuk menentukan arah kecepatan angin dapat menggunakan persamaan:

$$\theta = \arctan \frac{v}{u}$$

Keterangan:  $C$  = Kecepatan resultan angin (m/s);  $u$  = Kecepatan angin dalam arah vector;  $v$  = Kecepatan angin dalam arah vektor  $y$  (m/s).

### Analisa Model Arus

Model arus dibuat dengan modul *Flow Model* dengan modul hidrodinamika digunakan dalam membuat model pola arus 2 dimensi. Data yang dipakai dalam pembuatan model arus ini, diantaranya data angin, data pasang surut per-jam pada bulan Juni 2022, data batimetri, dan data garis pantai. Tahapan pembuatan model arus ini, diantaranya: pra-pemrosesan model, berupa penyusunan batimetri dan pembuatan mesh; pembuatan model berupa koefisien nilai parameter; dan *post-processing* berupa hasil simulasi numerik (Amirullah *et al.*, 2014). Hasil pemodelan berupa arah dan kecepatan arus Pekalongan pada bulan Juni 2022.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

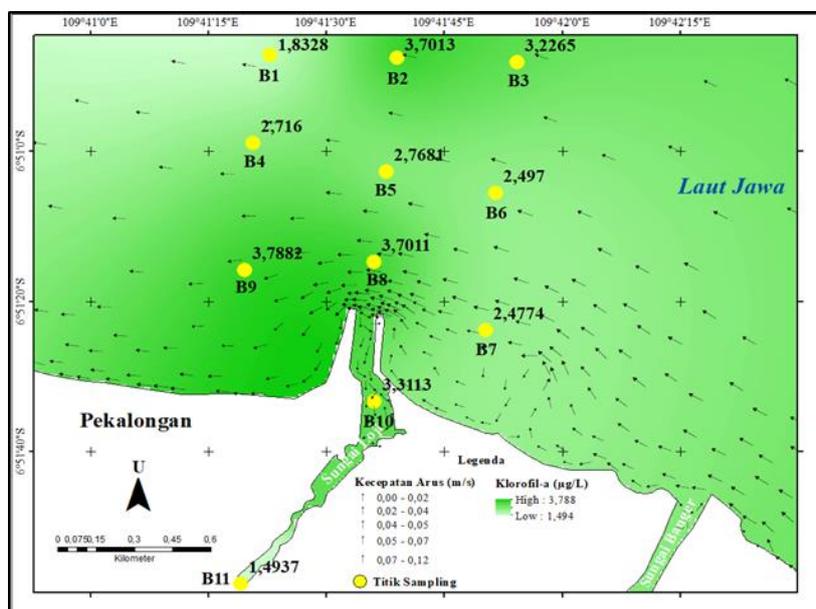
Hasil analisis laboratorium klorofil-a dan material padatan tersuspensi (MPT) di muara Sungai Loji, Pekalongan disajikan pada Tabel 1. Nilai konsentrasi klorofil-a berada dalam rentang nilai 1,494 – 3,788  $\mu\text{g/L}$  dan untuk nilai konsentrasi MPT memiliki kisaran 57,733 - 70,267 mg/L.

### Konsentrasi dan Sebaran Klorofil-a di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Konsentrasi klorofil-a di muara Sungai Loji, Pekalongan yang paling tinggi berada pada stasiun 9 sebesar 3,788  $\mu\text{g/L}$  yang berada dekat dengan pesisir pantai dan yang paling rendah berada di stasiun 11 dengan nilai 1,494  $\mu\text{g/L}$  yang berada di sungai (Gambar 2).

**Tabel 1.** Konsentrasi Klorofil-a dan MPT di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Stasiun	Klorofil ( $\mu\text{g/L}$ )	MPT (mg/L)
1	1,833	58,067
2	3,701	60,667
3	3,227	62,4
4	2,716	57,733
5	2,768	66,2
6	2,497	65,8
7	2,477	66,2
8	3,701	64,6
9	3,788	66,733
10	3,311	66,867
11	1,494	70,267



**Gambar 2.** Peta Sebaran Klorofil-a di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Menurut Fauzan *et al.* (2018), perairan dengan kandungan klorofil  $< 4 \mu\text{g/L}$  tergolong dalam perairan oligotrofik dan dapat dikatakan bahwa tingkat kesuburannya rendah. Sementara Maslukah *et al.* (2021) menjelaskan bahwa nilai klorofil  $< 2 \mu\text{g/L}$  termasuk oligotrofik dan  $> 2 \mu\text{g/L}$  diklasifikasikan ke dalam perairan mesotrofik. Persebaran klorofil-a di lokasi penelitian dipengaruhi oleh pergerakan arus dan angin yang bergerak dari arah tenggara menuju ke barat laut. Menurut Budiman *et al.* (2021), kadar klorofil-a di perairan akan terpengaruh oleh karakteristik arus dan angin musiman yang terjadi pada suatu wilayah. Berdasarkan hasil peta distribusinya, persebaran klorofil-a di muara Sungai Loji, Pekalongan pada musim timur dapat dikatakan sebagai persebaran yang divergen.

Stasiun-stasiun yang berada di dekat pantai menunjukkan nilai yang lebih tinggi dan mengarah ke laut menjadi lebih rendah. Hal tersebut terjadi karena proses pelarutan unsur nutrisi di wilayah pesisir dari berbagai bahan organik, baik dari limbah maupun sedimen. Nilai nutrisi yang tinggi pada wilayah pesisir dimanfaatkan oleh fitoplankton untuk mendukung pertumbuhannya. Hal ini menyebabkan kandungan klorofil menjadi tinggi, karena pemanfaatan secara optimal oleh berbagai jenis fitoplankton (Mishbach *et al.*, 2021). Kondisi ini dijelaskan oleh Nugraheni *et al.*, (2022); Puspitasari *et al.*, (2021), bahwa perairan muara dan pantai memberikan peluang terjadinya degradasi bahan organik, nitrat dan fosfat menjadi ion yang dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh klorofil yang terkandung di dalam fitoplankton. Lebih lanjut Zainuri *et al.* (2022), menyatakan bahwa jenis-jenis fitoplankton di daerah pantai sangat beraneka ragam sehingga mampu mengoptimalkan kandungan nutrisi di perairan tersebut untuk mendukung peningkatan konsentrasi klorofil.

Namun demikian, jenis-jenis fitoplankton yang ada di perairan muara dan wilayah pesisir tidak semuanya merupakan jenis fitoplankton yang dapat dikonsumsi oleh biota laut, dan bahkan beberapa jenis termasuk golongan fitoplankton *Harmful Algae Blooms* (HABs). Lebih lanjut dijelaskan bahwa jenis-jenis tersebut mempunyai kandungan klorofil yang tinggi sebagai bagian dari strategi eutrofikasi di wilayah pesisir. Sedangkan, di wilayah lautan kandungan klorofil akan meningkat karena dikandung oleh fitoplankton yang digunakan untuk makanan biota herbivora. Dengan demikian kandungan klorofil yang tinggi di wilayah pesisir lebih dikarenakan pemanfaatan nutrisi oleh jenis-jenis fitoplankton yang beraneka ragam, sedangkan kandungan klorofil yang berada di perairan laut adalah jenis yang dikandung oleh fitoplankton, yang merupakan pakan biota laut.

### **Konsentrasi dan Sebaran Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Loji, Pekalongan**

Sebaran material padatan tersuspensi menunjukkan pola yang mengarah dari muara dengan nilai paling tinggi menuju laut lepas dengan nilai konsentrasi yang paling rendah. Nilai konsentrasi MPT paling besar berada di stasiun 11 dengan nilai 70,267 mg/L yang terletak di sungai dan paling rendah berada di stasiun 4 dengan nilai konsentrasi sebesar 57,733 mg/L (Gambar 3). Kandungan MPT pada suatu perairan dapat dipengaruhi karena adanya masukan bahan organik dari wilayah hulu menuju ke pantai (Marwoto *et al.*, 2021). Indrayanti *et al.* (2022), menjelaskan bahwa MPT dapat mengalami sebaran secara horizontal dari wilayah hulu menuju muara hingga mengikuti garis pantai menuju laut dimulai dari nilai tertinggi kemudian nilai paling rendah. Hal ini dikarenakan pada wilayah hulu banyak terdapat faktor masukan dari berbagai kegiatan manusia yang limbahnya dibuang ke badan sungai. Sedangkan, pada daerah muara dan pantai dipengaruhi oleh siklus pasang surut, angin, dan arus sebagai bagian dari siklus musiman.

Konsentrasi paling tinggi berada pada stasiun B11 dengan nilai 70,27 mg/L. Pada lokasi ini, banyak kapal-kapal nelayan yang bersandar disana dan juga membuang limbah mereka langsung ke badan air, sehingga hal tersebut menyebabkan kadar MPT di titik ini paling tinggi. Nilai MPT pada titik B10 hingga B5 dengan rentang nilai 64,6 mg/L – 66,87 mg/L dapat dipengaruhi oleh tingkat kedalaman pada lokasi tersebut yang berkisar antara 2,9 m – 6,1 m. Hal ini dijelaskan oleh Adriono *et al.* (2021); Utami *et al.* (2016), bahwa kedalaman perairan yang dangkal menghambat proses sebaran MPT menuju ke laut dikarenakan sedimen di dasar perairan terangkat akibat adanya proses pengadukan oleh arus sehingga sedimen di dasar laut naik ke kolom air dan mengakibatkan berbagai unsur kimia terangkat ke kolom air. Adanya input dari arah timur muara Sungai Loji, yaitu Sungai Banger, mengindikasikan adanya konsentrasi input dari sebelah timur lokasi penelitian. Pada stasiun-stasiun berikutnya yang menuju ke laut lepas, kadar MPT mengalami penurunan yang mana nilai konsentrasinya berkisar antara 62,4 – 57,73 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa MPT mengalami proses dilusi atau pelarutan yang dapat terjadi jika perairan tersebut dipengaruhi oleh pasang surut hingga mencapai daerah hulu. Periode pengambilan sampel air saat pasang menuju surut turut mempengaruhi konsentrasi MPT di perairan. Titik B1 – B4 memiliki nilai konsentrasi yang rendah dikarenakan saat pengambilan sampel, air laut dalam kondisi pasang dan ketika mengambil sampel air di titik B11, perairan dalam kondisi surut. Hal ini dijelaskan oleh Gusman *et al.* (2013), bahwa ketika kondisi perairan dalam keadaan pasang pergerakan arus menuju pantai, sehingga pada stasiun yang berada dekat dengan pantai cenderung memiliki konsentrasi MPT yang tinggi. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa sebaran material padatan tersuspensi berkaitan erat dengan arus pasang menuju surut, angin, dan periode musim.

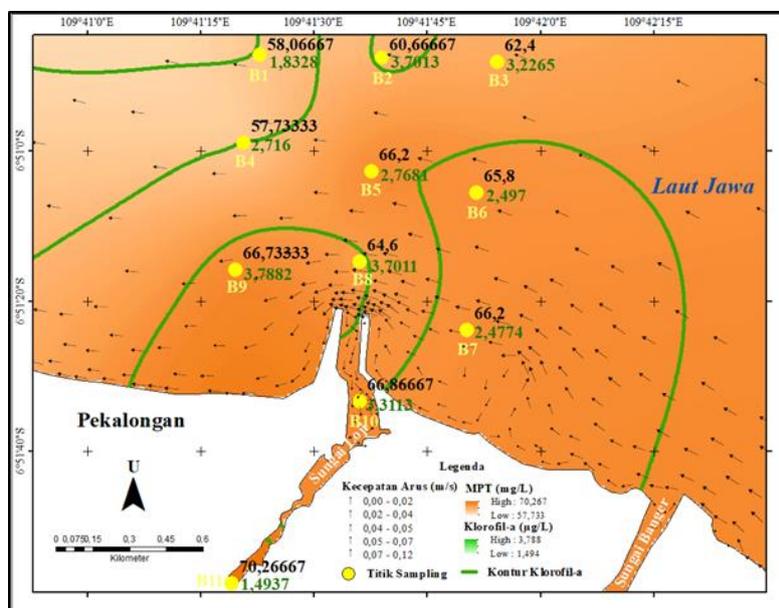
### **Keterkaitan Sebaran Klorofil-a dengan MPT di Muara Sungai Loji, Pekalongan**

MPT di perairan komposisinya terdiri dari bahan organik (mineral-mineral sedimen dan *clay*) dan organik (bakteri, detritus, fitoplankton). Dengan demikian tingginya fitoplankton dapat berkontribusi terhadap meningkatnya MPT di perairan (Maslukah *et al.*, 2022). Kedua hubungan dapat dilihat melalui analisis koefisien korelasi, yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 4. Menurut Fu *et al.* (2020), hubungan linier atau keterkaitan antara dua variabel dapat ditemukan dengan korelasi *Pearson* yang dapat menghasilkan koefisien korelasi sebagai pengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel. Nilai koefisien korelasi ( $r$ ) yang diperoleh antara klorofil-a dengan MPT di muara Sungai Loji adalah 0,083 dan menunjukkan tidak ada hubungan antara keduanya. Untuk menggambarkan model hubungan kedua variabel dapat ditentukan menggunakan persamaan regresi, yang dalam penelitian ini diperoleh hubungan  $y = -0,3984x + 65,281$ . Berdasarkan persamaan regresi dapat dijelaskan bahwa hubungan klorofil terhadap MPT memiliki hubungan

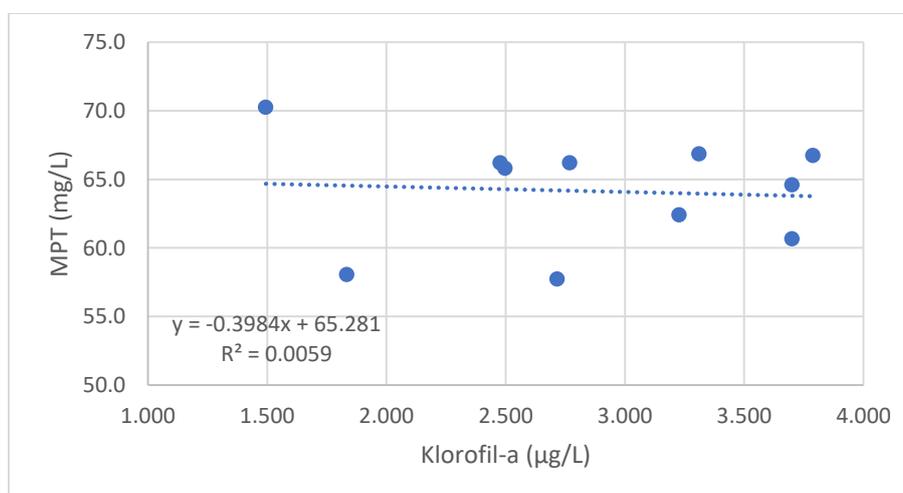
negatif yang artinya setiap ada tambahan konsentrasi MPT, justru menyebabkan berkurangnya klorofil-a. MPT diperairan dapat menyebabkan suhu perairan menjadi naik (Balasubramanian *et al.*, 2020; Sankaran *et al.*, 2023) dan oksigen terlarut menjadi berkurang (Wang *et al.*, 2017).

Keterkaitan antara klorofil-a dengan MPT dapat diketahui melalui koefisien korelasi. Hubungan linier atau keterkaitan antara dua variabel dapat dievaluasi dengan menggunakan korelasi *Pearson* yang dapat menghasilkan koefisien korelasi yang berfungsi untuk mengukur kekuatan hubungan linier antara dua variabel (Fu *et al.*, 2020; Safitri, 2016). Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai koefisien korelasi (*r*) sebesar 0,29767 dan menunjukkan bahwa variabel klorofil-a dan material padatan tersuspensi di muara Sungai Loji, Pekalongan termasuk dalam kategori hubungan sedang seperti yang telah dijelaskan oleh Ekaputra *et al.* (2019), bahwa interval koefisien 0,25 – 0,5 termasuk kategori hubungan sedang. Disamping itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah  $y = 1,5706x + 58,491$  yang memiliki arti bahwa setiap pertambahan konsentrasi klorofil-a sebesar 1 mg/L akan meningkatkan konsentrasi material padatan tersuspensi sejumlah 1,5706 µg/L.

Pengaruh material padatan tersuspensi terhadap konsentrasi klorofil-a dapat diketahui dengan menggunakan koefisien determinasi yang besarnya adalah kuadrat dari nilai koefisien korelasi. Ekaputra *et al.* (2019), menjelaskan bahwa koefisien determinasi ( $R^2$ ) juga disebut sebagai koefisien penentu, karena varian yang terjadi pada variabel dependen dapat dijelaskan dengan varian yang terjadi pada variabel independen.



**Gambar 3.** Peta Sebaran Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Loji, Pekalongan



**Gambar 4.** Hubungan antara Klorofil-a dan Material Padatan Tersuspensi

Nilai koefisien determinasi yang diperoleh adalah sangat kecil yaitu 0.0059. Nilai tersebut memiliki arti bahwa, konsentrasi material padatan tersuspensi di muara Sungai Loji, Pekalongan tidak secara signifikan dipengaruhi oleh keberadaan fitoplankton (klorofil-a). Keberadaan MPT lebih dipengaruhi oleh faktor organik, yang diduga berkaitan dengan proses-proses di pantai seperti proses resuspensi, hasil abrasi dan pengkikisan mineral-mineral tanah di darat.

## KESIMPULAN

Pada muara Sungai Loji, Pekalongan konsentrasi klorofil-a memiliki kisaran nilai antara 1,494 – 3,788 µg/L yang termasuk golongan sedang (oligotrofik-mesotrofik) dan nilai konsentrasi material padatan tersuspensi berada dalam rentang 57,73 – 70,27 mg/L. Distribusi klorofil-a dan MPT memiliki pola pergerakan yang dipengaruhi oleh masukan bahan organik dari wilayah muara serta dipengaruhi arus dan angin pada periode musim timur sehingga pola pergerakannya dari arah tenggara menuju ke barat laut. Klorofil-a dan material padatan tersuspensi di muara Sungai Loji, Pekalongan memiliki hubungan negatif tidak signifikan. Tingginya material padatan tersuspensi di lokasi studi mempengaruhi penurunan konsentrasi klorofil-a yang disebabkan oleh berkurangnya intensitas yang masuk dan terganggunya proses fotosintesis.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan penelitian ini didanai oleh program PTUPT Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi dengan nomor hibah 017/ES/PG.02.00.PT/2022 dan 18763/UN7.6.1/PP/2022 dan hibah penelitian penelitian Universitas Diponegoro 236 dan 238/UN7.5.10.2/PP/ 2022. Atas bantuannya kami ucapkan terimakasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriono, F. H., Zainuri, M., Helmi, M., Rochaddi, B. & Widada, S. 2021. Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Perairan Sungai Jajar, Kabupaten Demak. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(4): 344–353. <https://doi.org/10.14710/halal.v%25vi%25i.11862>.
- Amirullah, A. N., Sugianto, D. N. & Indrayanti, E. 2014. Kajian Pola Arus Laut dengan Pendekatan Model Hidrodinamika Dua Dimensi untuk Pengembangan Pelabuhan Kota Tegal. *Jurnal Oseanografi*, 3(4): 671–682.
- Amna, A. M., Maslukah, L. & Wulandari, S. Y. 2022. Distribusi Horizontal Klorofil-A dan Material Padatan Tersuspensi di Muara Bodri, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(2): 232–240. <https://doi.org/10.14710/jkt.v25i2.13949>.
- Balasubramanian, S. V., Pahlevan, N., Smith, B., Bindige, C., Schallesf, J., Loiselg, H., Gurlin, D., Greb, S., Alikas, K., Randla, M., Bunkei, M., Moses, W., Nguyẽn, H., Lehmann, M. K., O'Donnell, D., Ondrusek, M., Han, T-H., Fichot, C. G., Moore, T. & Boss, E. 2020. Robust algorithm for estimating total suspended solids (TSS) in inland and nearshore coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 246: p.111768. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.111768>.
- Budiman, A. S., Bengen, D. G., Arifin, Z., Nurjaya, I. W. & Ismail, M. F. A. 2021. Physical forces driving chlorophyll-a variability in the South Java Sea Shelf: A spatio-temporal analysis. *2nd International Conference on Fisheries and Marine*, Ternate, 15 July 2021.
- Damayanti, R., Hariadi & Atmodjo, W. 2013. Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Muatan Padatan Tersuspensi di Pantai Slambaran Pekalongan. *Jurnal Oseanografi*, 2(1): 128–142.
- Ekaputra, M., Hamdani, H., Suryadi, I. B. B. & Apriliani, I. M. 2019. Penentuan Daerah Penangkapan Potensial Ikan Tongkol (*Euthynnus Sp.*) Berdasarkan Citra Satelit Klorofil-A Di Palabuhanratu, Jawa Barat. *Albacore Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 3(2): 169–178. <https://doi.org/10.29244/core.3.2.169-178>.
- Fanela, M. A. P., Takarina, N. D. & Supriatna. 2019. Distribution of total suspended solids (TSS ) and chlorophyll-a in Kendari Bay , Southeast Sulawesi. *The 8th International Seminar on New Paradigm and Innovation on Natural Science and Its Application*, Central Java, 26 September 2018.
- Fauzan, A., Melani, W. R. & Apriadi, T. 2018. Tingkat Kesuburan Perairan di Perairan Tembeling Tanjung, Kabupaten Bintan, Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Akuatiklestari*, 2(1): 22–28. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v2i1.2349>.

- Fu, T., Tang, X., Cai, Z., Zuo, Y., Tang, Y. & Zhao, X. 2020. Correlation research of phase angle variation and coating performance by means of Pearson's correlation coefficient. *Progress in Organic Coatings*, 139: 105459. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105459>.
- Gusman, D. V., Widada, S. & Satriadi, A. 2013. Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Material Padatan Tersuspensi. *Jurnal Oseanografi*, 2(1): 66–72.
- 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. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i1.11296>.
- Indrayanti, E., Maslukah, L., Astariningrum, M. & Zainuri, M. 2022. Impact of Nutrients and Suspended Particulate Matter on Phytoplankton Chlorophyll-a Biomass, in the Estuary of Kendal, Indonesia. *Ecological Engineering and Environmental Technology*, 23(4): 212–218. <https://doi.org/10.12912/27197050/150635>.
- Marwoto, J., Windyartanti, O. & Muslim, M. 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. <https://doi.org/10.14710/jkt.v24i2.10703>.
- Maslukah, L., Wulandari, S. Y. & Prasetyawan, I. B. 2017. Konsentrasi klorofil-a dan keterkaitannya dengan nutrient N, P di perairan Jepara: studi perbandingan perairan muara Sungai Wisu dan Serang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 20(2): 72-77. <https://doi.org/10.14710/jkt.v20i2.1697>.
- 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. <https://doi.org/10.12911/22998993/118287>.
- 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 and Environmental Technology*, 23(1): 25–33. <https://doi.org/10.12912/27197050/143064>.
- Milasari, A., Ismunarti, D. A., Indrayanti, E., Muldiyatno, F., Ismanto, A. & Rifai, A. 2021. Model Arus Permukaan Teluk Lampung pada Musim Peralihan II dengan Pendekatan Hidrodinamika. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(3): 259–268. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i3.38293>.
- Mishbach, I., Zainuri, M., Widianingsih, Kusumaningrum, H. P., Sugianto, D. N. & Pribadi, R. 2021. Analisis Nitrat dan Fosfat Terhadap Sebaran Fitoplankton Sebagai Bioindikator Kesuburan Perairan Muara Sungai Bodri. *Buletin Oseanografi Marina*, 10(1): 88–104. <https://doi.org/10.14710/buloma.v10i1.34645>.
- Nugraheni, A. D., Zainuri, M., Wirasatriya, A. & Maslukah, L. 2022. Sebaran Klorofil-a secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*, 11(2): 221–230. <https://doi.org/10.14710/buloma.v11i2.40004>.
- Puspitasari, A. A., Zainuri, M., Setiyono, H., Wulandari, S. Y. & Maslukah, L. 2021. Analisa Sebaran Kandungan Fosfat di Muara Sungai Bodri, Kendal Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(1): 120–127. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v3i1.10684>.
- Ridarto, A. K. Y., Zainuri, M., Helmi, M., Kunarso, Rochaddi, B., Maslukah, L., Endrawati, H., Handoyo, G. & Koch, M. 2023. Assessment of Total Suspended Solid Concentration Dynamics Based on Geospatial Models as an Impact of Anthropogenic in Pekalongan Waters , Indonesia. *Buletin Oseanografi Marina*, 12(1): 142–152. <https://doi.org/10.14710/buloma.v12i1.51454>.
- Safitri, W. R. 2016. Analisis Korelasi Pearson Dalam Menentukan Hubungan Antara Kejadian Demam Berdarah Dengue Dengan Kepadatan Penduduk Di Kota Surabaya Pada Tahun 2012-2014. *Jurnal Ilmiah Keperawatan*, 2(2): 21–29.
- Sankaran, R., Al-Khayat, J. A., Aravinth, J. Chatting, M. D., Sadooni, F. N. & Al-Kuwari, H. A. 2023. Retrieval of suspended sediment concentration (SSC) in the Arabian Gulf water of arid region by Sentinel-2 data. *Science of The Total Environment*, 904: 166875. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166875>.
- Utami, T. M. R., Maslukah, L. & Yusuf, M. 2016. Sebaran Nitrat (NO<sub>3</sub>) dan Fosfat (PO<sub>4</sub>) Di Perairan Karangsong Kabupaten Indramayu. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 31. <https://doi.org/10.14710/buloma.v5i1.11293>.
- Utami, I. R., Jumarang, M. I. & Apriansyah. 2018. Perhitungan potensi energi angin di kalimantan barat. *Prisma Fisika*, 6(1): 65–69. <https://dx.doi.org/10.26418/pf.v6i1.23617>.
- 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 Higashihiroshima, Japan. *Remote Sensing*, 9(3): 264. <https://doi.org/10.3390/rs9030264>.

Zainuri, M., Helmi, M., Novita, M. G. A., Kusumaningrum, H. P. & Koch, M. 2022. Improved Performance of Geospatial Model to Access the Tidal Flood Impact on Land Use by Evaluating Sea Level Rise and Land Subsidence Parameters. *J. Ecol. Eng*, 2(23): 1–11. <https://doi.org/10.12911/22998993/144785>.