

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

**Adella Eka Wardani, Sri Yulina Wulandari, Baskoro Rochaddi, Muhammad Zainuri*,
Gentur Handoyo**

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Jacob Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah, 50275, Indonesia
Email : muhammadzainuri@lecturer.undip.ac.id

Abstrak

Muara Sungai Loji, Pekalongan merupakan salah satu lokasi hasil berkumpulnya limbah bahan organik akibat pembuangan kegiatan manusia dan berdampak terhadap parameter perairan yaitu klorofil dan MPT. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kandungan serta sebaran klorofil-a dan MPT dari hasil pengukuran data lapangan pada musim timur, serta menganalisis hubungan antara klorofil-a dan MPT. Penelitian dilaksanakan pada tanggal 19 Juni 2022 dengan pengambilan sampel klorofil-a dan MPT secara pada 11 titik lokasi penelitian. Penelitian dilaksanakan dengan pendekatan kuantitatif, dimana hasil pengukuran *in-situ* di-*overlay* pada citra dari satelit Sentinel-2 yang di download bersamaan dengan perioda sampling, dengan interpolasi menggunakan *spline with barrier*. Hasil penelitian menunjukkan, konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,00494 - 0,003788 mg/L sedangkan, nilai konsentrasi MPT diantara 57,73 – 70,27 mg/L. Sebaran klorofil-a dan MPT menunjukkan pola bergerak dari arah tenggara menuju ke barat laut, sebagai akibat dari masukan limbah bahan organik dari wilayah muara serta arus dan angin pada periode musim timur. Klorofil-a dan MPT di muara Sungai Loji, Pekalongan memiliki hubungan yang positif sedang dengan nilai koefisien korelasi (*r*) kedua variabel sebesar 0,29767 dan berdasarkan koefisien determinasinya klorofil-a mempengaruhi konsentrasi material padatan tersuspensi sebesar 8,86%.

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

Abstract

Study of the Distribution of Chlorophyll-a and Suspended Solid Materials (SSM) in the Estuary of Loji River, Pekalongan

*Loji River Estuary in Pekalongan is one of the locations where waste from human activities accumulates, impacting water parameters, namely chlorophyll and TSS (Total Suspended Solid). The purpose of this study was to determine the content and distribution of chlorophyll-a and TSS from in-situ measurements during the east monsoon, and to analyze the relationship between chlorophyll-a and TSS. The study was conducted on June 19, 2022, with chlorophyll-a and TSS samples taken at 11 research locations. The study was conducted using a quantitative approach, and the results were overlaid on imagery from the Sentinel-2 satellite using spline interpolation with barriers. The results showed that chlorophyll-a concentrations ranged from 0.00494 - 0.003788 mg/L, while TSS concentrations ranged from 57.73 to 70.27 mg/L. The distribution of chlorophyll-a and MPT showed a movement pattern from the southeast to the northwest, as a result of the input of organic waste from the estuary area, as well as currents and winds during the east monsoon. Chlorophyll-a and TSS in the estuary of the Loji River, Pekalongan have a moderate positive relationship with a correlation coefficient (*r*) value for both variables of 0.29767 and based on the coefficient of determination, chlorophyll-a influences the concentration of suspended solids by 8.86%.*

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

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 (Khasna, 2021). Sementara, di 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 (Kirana, 2022). Sisa buangan limbah tersebut dalam bentuk limbah organik akan terbuang dan mengalir kedalam Sungai Loji hingga terbawa dan terakumulasi di muara. 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. . Limbah cair tersebut berupa bahan organik yang masuk ke perairan, sekitar 50-75% nya adalah hasil dari aktivitas manusia. 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 menjadi salah satu tempat terakumulasinya limbah pengolahan ikan. Limbah buangan yang berupa bahan organik akan masuk kedalam badan air, dan mengalami degradasi oleh mikroba, sehingga menjadi salah satu sumber unsur nutrisi baik yang diendapkan dalam sedimen serta melayang dalam perairan berupa MPT. Kondisi tersebut menyebabkan kandungan nutrisi yang dihasilkan dan terbawa oleh aliran massa air sungai menjadi salah satu faktor dominan yang berpengaruh terhadap pemenuhan kebutuhan nutrisi oleh fitoplankton dan klorofil di perairan pantai, terutama daerah muara (Amna *et al.*, 2022).

Menurut Wang *et al.* (2015), klorofil-a yang terkandung dalam fitoplankton adalah salah satu faktor utama pada siklus karbon dalam sistem atmosfer laut dan perubahan iklim melalui proses fotosintesa. Kandungan klorofil-a dipengaruhi oleh kadar nutrisi (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 berdasarkan kandungan klorofil-a (Semedi & Safitri, 2015). Klorofil-a berperan dalam proses fotosintesa dan biomasa fitoplankton sehingga dapat digunakan sebagai parameter kelimpahan alga, status eutrofikasi, dan parameter penting kualitas air (Maslukah *et al.*, 2022). Amna *et al.* (2022) menjelaskan bahwa keberadaan klorofil-a dalam fitoplankton pada badan air memungkinkan mengalami persebaran baik secara horizontal maupun vertikal sebagai akibat faktor hidrodinamika, sehingga secara umum memiliki pola yang menyebar dari badan sungai menuju mulut sungai kemudian menuju laut lepas.

Limbah bahan organik dari berbagai kegiatan manusia yang masuk kedalam badan sungai dan aliran air ke muara sungai Loji, dalam perjalanannya akan terdegradasi menjadi molekul nutrisi sederhana, dimana berupa material padat yang tersuspensi (Zainuri *et al.*, 2022 ; Ridarto *et al.*, 2023).. Material padatan tersuspensi (*Total Suspended Solid/TSS*) adalah partikel kecil dan halus dalam sistem perairan yang memiliki diameter lebih besar dari 1 μm (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. Sebagian dari partikel padatan ini akan mengendap menjadi bagian dari sedimen dan sebagian akan terdegradasi menjadi molekul nutrisi sederhana dan ion, diantaranya nitrat dan fosfat, sehingga dapat tetap tersuspensi dalam perairan. Molekul sederhana dan ion tersebut yang selanjutnya akan dimanfaatkan oleh fitoplankton dan diserap menjadi bagian dari proses fotosintesa oleh klorofil-a (Amna *et al.*, 2022). Lebih lanjut dinyatakan bahwa kandungan material padatan tersuspensi akan berdampak pada kandungan klorofil-a pada suatu badan perairan, melalui ketersediaan nutrisi yang dihasilkannya, dan pemanfaatannya pada proses fotosintesa. Namun demikian, konsentrasi MPT yang tinggi di perairan tidak secara langsung terkait dengan densitas fitoplankton. Wang *et al.*, (2017), menjelaskan bahwa peningkatan kadar MPT akan menurunkan transmisi cahaya melalui perairan, sehingga mempengaruhi ketersediaan cahaya untuk fitoplankton yang dapat mengakibatkan penurunan produksi primer fitoplankton. Berdasarkan proses degradasinya dari limbah bahan organik hingga menjadi material padatan

tersuspensi, maka akan dipengaruhi oleh faktor mikroba, arus pasang surut serta gelombang di muara, sehingga mengalami persebaran secara gradual dari muara sungai yang kemudian semakin berkurang ketika menuju ke laut (Damayanti *et al.*, 2013).

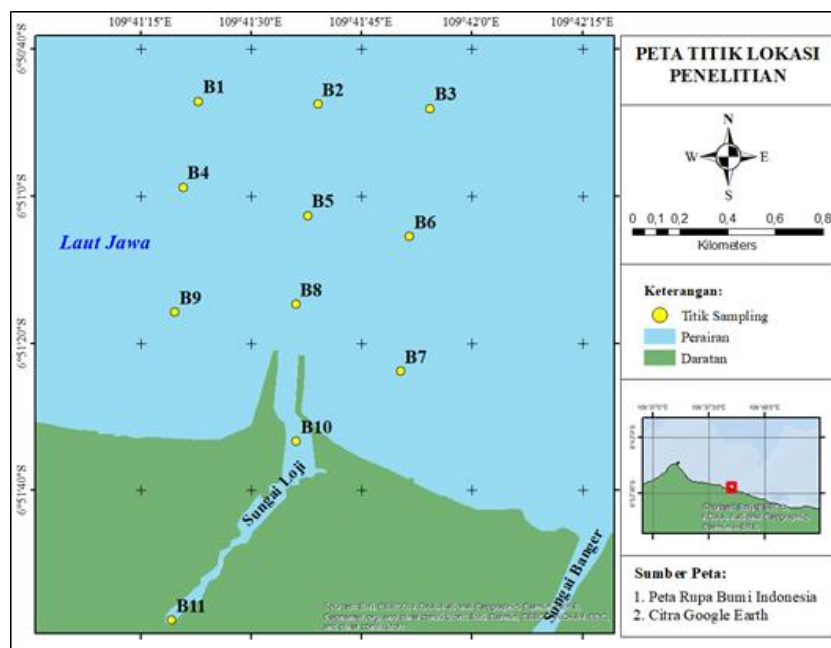
Penelitian ini berupaya untuk memberikan informasi mengenai kandungan dan sebaran klorofil-a dan material padatan tersuspensi sebagai indikator kualitas perairan berdasarkan hasil pengukuran *in situ* serta analisisnya. Hubungan antara parameter perairan dapat dilakukan dengan menggunakan model persamaan atau *overlay* (tumpang susun) dari variabel-variabel tersebut (Ridarto *et al.* (2023), Pembuatan model persebaran dapat dilakukan dengan menggunakan citra Sentinel-2 yang dapat memberikan peluang ditemukannya hasil penelitian *in situ* terhadap citra di lokasi penelitian sesuai fungsi waktu (Wirasatriya *et al.*, 2023).

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 klorofil-a dan MPT dan dilakukan pada 11 titik. Pertimbangan titik-titik sampel mewakili daerah muara, daerah perairan yang dekat dengan daratan, dan perairan menuju laut. Analisis

sampel dilakukan di Laboratorium Geologi dan Laboratorium Kimia Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro pada dan pengolahan distribusi spasial serta model arus 2D dilakukan di Laboratorium Pusat Kajian Mitigasi Bencana dan Rehabilitasi Pesisir (CoREM) (Gambar 1).

Penelitian ini menggunakan dua macam data, yaitu data primer dan sekunder. Data primer didapatkan secara *in situ* yang terdiri dari sampel air klorofil-a dan MPT. Sampel air klorofil-a dan MPT diambil di lapangan memakai bantuan botol nansen pada kedalaman 0,2d untuk masing-masing stasiun. Kemudian, data sekunder (data pendukung) penelitian ini terdiri dari beberapa data, diantaranya data satelit sentinel-2 (<https://www.usgs.gov/>), data pasang surut (<http://ina-sealevelmonitoring.big.go.id/>), data angin Juni 2022 (<https://www.ecmwf.int/>), dan data batimetri Pekalongan (BATNAS). Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif yang dapat menghasilkan data dalam bentuk numerik. Sebaran klorofil-a dan MPT diperoleh dengan pengolahan data menggunakan *software ArcGIS* dengan interpolasi menggunakan metode *spline with barrier*. Model arus 2D sebagai data pendukung diperoleh dengan pengolahan data angin, pasang surut, dan batimetri dengan menggunakan *software MIKE DHI 21 modul flow model* (FM).



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Pengambilan Sampel

Analisis Data Klorofil-a

Metode yang digunakan untuk menganalisis klorofil-a adalah metode spektrofotometri dengan panjang gelombang 664 nm, 647 nm, dan 630. Nilai klorofil-a diukur dengan menggunakan metode standar APHA (2005) dengan persamaan sebagai berikut:

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

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

$$\text{Klorofil-a} = (Ca \times v) / (V \times l) \times (1/1000)$$

Keterangan: $\lambda 664$, $\lambda 647$, $\lambda 630$ = nilai absorbansi panjang gelombang; v = volume aseton yang digunakan untuk ekstraksi; V = volume sampel air (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:

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

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

Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis korelasi (r) dan analisis koefisien determinasi (R). Untuk mengetahui hubungan yang terdapat antara klorofil-a dengan konsentrasi material padatan

tersuspensi dapat menggunakan analisis korelasi *pearson* (Safitri, 2016).

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

Keterangan: r = koefisien korelasi; x = variabel pertama; y = variabel kedua; n = jumlah data

Menurut Herlina & Diputra (2018), koefisien determinasi (R^2) yang merupakan kuadrat dari koefisien korelasi adalah angka yang diturunkan dari analisis korelasi. Koefisien determinasi digunakan untuk pendugaan pengaruh atau kontribusi konsentrasi padatan tersuspensi terhadap konsentrasi klorofil-a. Koefisien determinasi dapat diperoleh dengan persamaan:

$$R = (r)^2 \times 100\%$$

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 dilakukan dengan *software* ArcGIS 10.8 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 (Esri, 1999).

Tabel 1. Klasifikasi Korelasi Pearson (r)

Interval Koefisien	Taraf Hubungan
0	Hubungan tidak ada
0 – 0,25	Hubungan sangat lemah
0,25 – 0,5	Hubungan sedang
0,5 – 0,75	Hubungan kuat
0,75 – 0,99	Hubungan sangat kuat
1	Hubungan sempurna

Sumber: (Ekaputra *et al.*, 2019)

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 dengan persamaan:

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

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 vektor x (m/s); v = Kecepatan angin dalam arah vektor y (m/s);
 (Sumber: Utami *et al.*, 2018)

Analisa Model Arus

Model arus dibuat dengan *software* MIKE 21 *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 0,00494 - 0,003788 mg/L. Sedangkan, 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 0,003788 mg/L yang berada dekat dengan pesisir pantai dan yang paling rendah berada di stasiun 11 dengan nilai 0,001494 mg/L yang berada di sungai. Menurut Fauzan *et al.* (2018), perairan dengan kandungan klorofil < 0,004 mg/L tergolong dalam perairan oligotrofik dan dapat dikatakan bahwa tingkat kesuburannya rendah. 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,

Tabel 2. Konsentrasi Klorofil-a dan MPT di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Stasiun	Klorofil (mg/L)	MPT (mg/L)
1	0,001833	58,067
2	0,003701	60,667
3	0,003,227	62,4
4	0,002716	57,733
5	0,002768	66,2
6	0,002497	65,8
7	0,002477	66,2
8	0,003701	64,6
9	0,003788	66,733
10	0,003311	66,867
11	0,001494	70,267

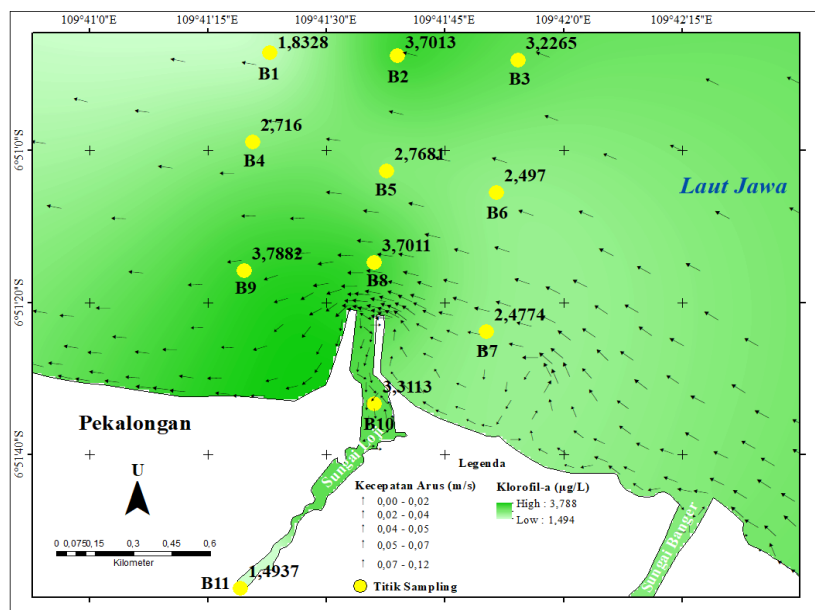
persebaran klorofil-a di muara Sungai Loji, Pekalongan pada musim timur dapat dikatakan sebagai persebaran yang divergen.

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 (2020); 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

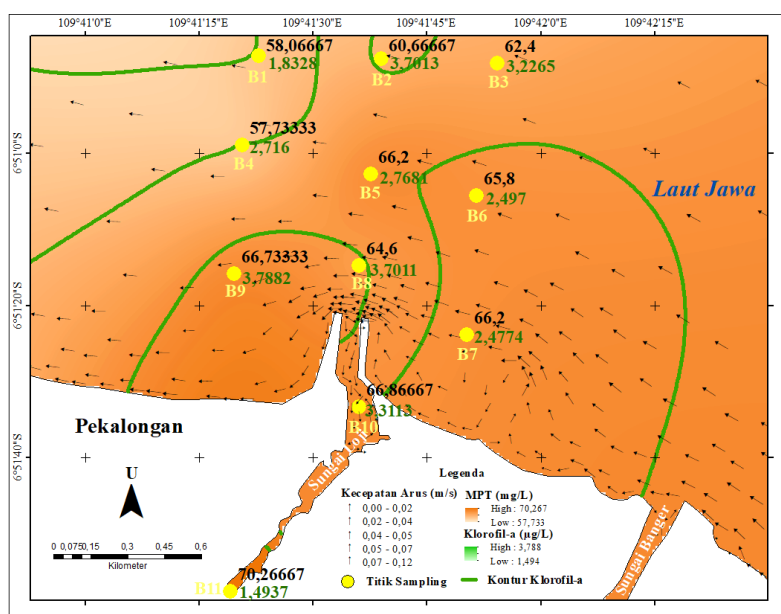
HABs (*Harmful Algae Blooms*). Lebih lanjut dijelaskan bahwa jenis-jenis tersebut mempunyai kandungan klorofil yang tinggi sebagai bagian dari strategi eutrofikasi di wilayah pesisir. Sedangkan, di wilayah laut kandungan klorofil akan meningkat karena dikandung oleh fitoplankton yang digunakan untuk 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.

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. 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



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



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

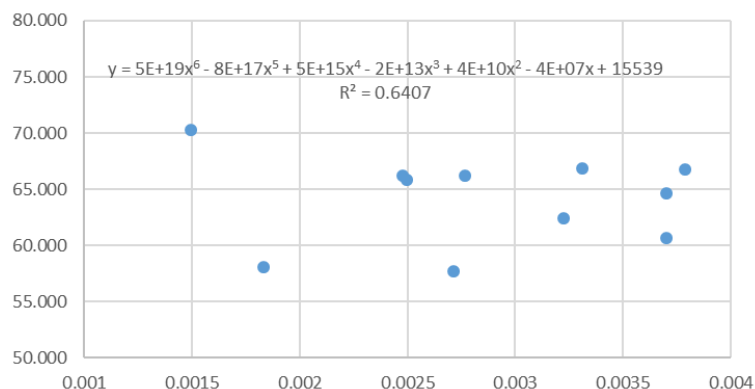
nilai tertinggi kemudian nilai paling rendah. Hal ini dikarenakan pada wilayah hulu banyak terdapat faktor masukan dari berbagai kegiatan manusia yang limbahnya dibuang ke badan sungai. Sedangkan, pada daerah muara dan pantai dipengaruhi oleh siklus pasang surut, angin, dan arus sebagai bagian dari siklus 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 Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Loji, Pekalongan

Gambar 4 di bawah ini menunjukkan keterkaitan antara klorofil-a dengan MPT melalui koefisien korelasi. 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



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

variabel. Nilai koefisien korelasi (r) yang diperoleh antara klorofil-a dengan MPT di muara Sungai Loji adalah 0,29767 dan menunjukkan kategori hubungan sedang antara keduanya. Ekaputra *et al.* (2019) menjelaskan bahwa, interval koefisien 0,25 – 0,5 termasuk kategori hubungan sedang. Disamping itu, persamaan regresi yang diperoleh adalah $y = 0,0564x - 0,5929$ yang memiliki arti bahwa setiap pertambahan konsentrasi material padatan tersuspensi sebesar 1 mg/L akan meningkatkan konsentrasi klorofil-a sejumlah 0,00564 mg/L.

Keterkaitan antara klorofil-a dengan material padatan tersuspensi (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). Disamping itu, persamaan regresi menggunakan persamaan polynomial orde 6 yang diperoleh adalah $y = 5E+19x^6 - 8E+17x^5 + 5E+15x^4 - 2E+13x^3 + 4E+10x^2 - 4E+07x + 15539$ yang memiliki arti bahwa setiap pertambahan konsentrasi klorofil-a sebesar 1 mg/L akan meningkatkan konsentrasi material padatan tersuspensi sejumlah 0,0015706 mg/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. Nilai koefisien determinasi yang diperoleh adalah sebesar 64,07%. Nilai tersebut memiliki arti bahwa, konsentrasi material padatan tersuspensi di muara Sungai Loji, Pekalongan mendapat pengaruh dari klorofil-a sebesar 8,86%, sedangkan 91,14% dipengaruhi oleh faktor lainnya. Hal ini dapat disebabkan oleh rendahnya kadar klorofil-a di lokasi penelitian sehingga tidak banyak menghasilkan oksigen yang sangat penting bagi kehidupan bakteri. Bakteri tersebut berperan dalam proses degradasi material padatan tersuspensi. Selain itu, dapat pula disebabkan oleh MPT di muara Sungai Loji, Pekalongan yang lebih banyak tersusun dari bahan anorganik daripada bahan organik yang mengandung nutrisi dan dapat berguna dalam pertumbuhan fitoplankton. Lebih lanjut Amna *et al.* (2022), menjelaskan bahwa material tersuspensi ini terdiri dari bahan anorganik, biasanya sedimen dari darat dan sedimen dasar laut yang tersuspensi, serta bahan organik partikular, seperti fitoplankton (diukur sebagai klorofil-a), zooplankton, dan bakteri. Berdasarkan hasil yang diperoleh, klorofil-a dan material padatan tersuspensi di muara Sungai Loji, Pekalongan memiliki hubungan yang berkorelasi positif dan berarti bahwa peningkatan klorofil-a akan diikuti dengan bertambahnya kadar material padatan tersuspensi di perairan.

KESIMPULAN

Pada muara Sungai Loji, Pekalongan konsentrasi klorofil-a memiliki kisaran nilai antara 0,001494 – 0,003788 mg/L yang termasuk golongan rendah sedangkan, 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 yang positif sedang dengan nilai efisien korelasi (r) kedua variabel adalah sebesar 0,29767 yaitu peningkatan klorofil-a di perairan akan turut meningkatkan kadar material padatan tersuspensi di perairan. Berdasarkan koefisien determinasinya klorofil-a mempengaruhi konsentrasi material padatan tersuspensi sebesar 8,86%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Proyek 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 nomor kontrak penelitian Universitas Diponegoro 236 dan 238/UN7.5.10.2/PP/ 2022, yang 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. doi: 10.14710/ijoc.v3i4.11862
- 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. doi: 10.14710/jkt.v25i2.13949
- APHA (American Public Health). 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21th ed.). DOI: 10.2105/smww.2882
- 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. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 890(1): p.012001. doi: 10.1088/1755-1315/890/1/012001
- Damayanti, R., Hariadi & Atmodjo, W. 2013. Pengaruh Arus Terhadap Sebaran Muatan Padatan Tersuspensi di Pantai Slamaran 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. doi: 10.29244/core.3.2.169-178
- Esri. 1999. *Spline with Barriers*. Esri Academy
- Fanela, M.A.P., Takarina, N.D. & Supriatna. 2019. Distribution of total suspended solids (TSS) and chlorophyll-a in Kendari Bay, Southeast Sulawesi Distribution of total suspended solids (TSS) and chlorophyll-a in Kendari Bay, Southeast Sulawesi. *Journal of Physics: Conference Series*, 1217(1): p.012150. doi: 10.1088/1742-6596/1217/1/012150
- 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.
- 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: p.105459. doi: 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.
- Herlina, H. & Diputra, T.T. 2018. Implementasi Rumus Sobel Pada Web Dengan Topik Regresi Linier Menggunakan Variabel Intervening. *Jurnal Algoritma, Logika Dan Komputasi*, 1(1): 19–24.
- 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.
- 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. doi: 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. doi: 10.14710/jkt.v24i2.10703
- 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.
- Mishbach, I., Zainuri, M., Pancasakti, H., 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.
- 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.
- Padró, J.C., Muñoz, F.J., Ávila, L.Á., Pesquer, L. & Pons, X. 2018. Radiometric correction of Landsat-8 and Sentinel-2A scenes using drone imagery in synergy with field spectroradiometry. *Remote Sensing*, 10(11): p.1687. 10.3390/rs10111687
- 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. doi: 10.14710/ijoce.v3i1.10684
- Ridarto, A.K.Y., Zainuri, M., Helmi, M., 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. doi: 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.
- Utami, I.R., Jumarang, M.I., & Apriansyah. 2018. Perhitungan potensi energi angin di kalimantan barat. *Prisma Fisika*, 66(1): 65–69. doi: 10.26418/pf.v6i1.23617
- Utami, T.M.R., Maslukah, L. & Yusuf, M. 2016. Sebaran Nitrat (NO₃) dan Fosfat (PO₄) Di Perairan Karangsong Kabupaten Indramayu. *Buletin Oseanografi Marina*, 5(1): 31-37. doi: 10.14710/buloma.v5i1.11293
- 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): 1–14. doi: 10.3390/rs9030264
- Wirasatriya, A., Maslukah, L., Indrayanti, E., Yusuf, M., Milenia, A.P., Adam, A.A. & Helmi, M. 2023. Seasonal variability of Total Suspended Sediment off the Banjir Kanal Barat River, Semarang, Indonesia estimated from Sentinel-2 images. *Regional Studies in Marine Science*, 5: p.102735. doi: 10.1016/j.rsma.2022.102735
- 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. *Journal of Ecological Engineering* 2(23): 1–11. doi: 10.12911/22998993/144785