

Analisis Kesuburan Perairan Berdasarkan Klorofil-a, Nitrat dan Ortofosfat di Pantai Pasir Putih Wates, Kaliori, Rembang

Clarisa Ika Oktaviana ^{✉1)}, Max Rudolf Muskananfolo²⁾, Pujiono Wahyu Purnomo³⁾

^{1),2),3)}Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia

Info Artikel

Diterima: 23 Desember
2022

Disetujui: 15 Juni 2023

Dipublikasikan: 30 Juni
2023

Keywords:

chlorophyll-a; nitrate;
orthophosphate;
phytoplankton; TSI

klorofil-a; nitrat; ortofosfat;
fitoplankton; TSI

Abstract

Wates Beach is one of the white sand beaches which is a tourist destination in Rembang Regency. The high level of human activity around the coast, such as tourism, residential areas, aquaculture, and industrial activities, is feared to cause changes in water quality, especially nutrient content. Nutrients in the waters will have an impact on the abundance of phytoplankton and the content of chlorophyll-a. This study aims to determine the abundance of phytoplankton, concentration, distribution, and the relationship between chlorophyll-a, nitrate, and orthophosphate, as well as to assess the status of water fertility in the waters of Wates Beach, Rembang Regency. The research was conducted in April 2022. The method used in this research is the descriptive method. The sampling technique used a simple random sampling method at 9 stations. Analysis of the fertility status of the waters using the TSI method and the distribution of variable concentrations using the IDW method. Data analysis to determine the relationship between variables using multiple linear regression. The results showed that the abundance of phytoplankton ranged from 1,077-6,042 cells/L. The concentration of chlorophyll-a was 2,117-8,376 µg/L, nitrate was 0.9-1.8 mg/L and orthophosphate was 0.07-3.79 mg/L with the distribution tending to decrease towards the sea. Fertility status in the waters of Wates Beach is categorised as mesotrophic to eutrophic. The abundance of phytoplankton is influenced by nitrate and orthophosphate by 85.1% with a very strong correlation, while chlorophyll-a is influenced by 52% with a strong correlation.

Abstrak

Pantai Wates merupakan salah satu pantai pasir putih yang menjadi tujuan destinasi wisata di Kabupaten Rembang. Tingginya aktivitas manusia di sekitar pantai seperti kegiatan wisata, pemukiman penduduk, pertambakan dan kegiatan industri, dikhawatirkan dapat menyebabkan perubahan kualitas perairan terutama kandungan unsur hara. Unsur hara dalam perairan akan berdampak terhadap kelimpahan fitoplankton dan kandungan klorofil-a. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelimpahan fitoplankton, konsentrasi, sebaran, dan hubungan antara klorofil-a, nitrat dan ortofosfat, serta mengkaji status kesuburan perairan di perairan Pantai Wates Kabupaten Rembang. Penelitian dilaksanakan pada bulan April 2022. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode deskriptif. Teknik pengambilan sampel menggunakan metode *stratified random sampling* pada 9 stasiun. Analisis status kesuburan perairan dengan metode TSI dan sebaran konsentrasi variabel dengan metode IDW. Analisis data untuk mengetahui hubungan antar variabel menggunakan regresi linear berganda. Hasil penelitian menunjukkan kelimpahan fitoplankton berkisar antara 1.077-6.042 sel/L. Konsentrasi klorofil-a sebesar 2,117-8,376 µg/L, nitrat sebesar 0,9-1,8 mg/L dan ortofosfat sebesar 0,07-3,79 mg/L dengan sebaran cenderung menurun ke arah laut. Status kesuburan di perairan Pantai Wates termasuk kategori mesotrofik hingga eutrofik. Kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh nitrat dan ortofosfat sebesar 85,1% dengan korelasi sangat kuat, sedangkan klorofil-a dipengaruhi oleh nitrat dan ortofosfat sebesar 52% dengan korelasi kuat.

✉ Alamat korespondensi:

Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Universitas Diponegoro

E-mail: clarisaikao@gmail.com

PENDAHULUAN

Pesisir merupakan wilayah perairan yang mempunyai peranan penting sebagai penyedia sumber daya alam, penyedia jasa pendukung kehidupan dan sebagai penerima limbah dari aktivitas di daratan seperti kegiatan pemukiman, perdagangan, perikanan dan kegiatan industri (Asyiwati & Akliyah, 2014). Pantai Wates merupakan salah satu pantai di Kabupaten Rembang yang terletak di Dusun Wates, Desa Tasikharjo, Kecamatan Kaliori. Di sekitar pesisir pantai terdapat pemukiman penduduk dengan berbagai aktivitas seperti kegiatan wisata, tambak budidaya bandeng dan garam, budidaya kerang serta kegiatan industri.

Banyaknya aktivitas yang terjadi selain memberikan manfaat kepada masyarakat sekitar juga dapat menimbulkan beberapa permasalahan yang terjadi karena perubahan kualitas perairan yang melebihi baku mutu yang dianjurkan. Aktivitas manusia yang terlalu tinggi dapat menjadi faktor yang mempengaruhi kondisi ekologi baik secara fisika, kimia dan biologi. Pemanfaatan dan pengelolaan lingkungan yang belum dilakukan dengan bijak dikhawatirkan dapat mempengaruhi kondisi ekologis perairan yang semakin menurun akibat pemanfaatan intensif yang semakin meningkat (Amelia *et al.*, 2014).

Perairan di sekitar Pantai Pasir Putih Wates memiliki air laut yang berwarna hijau kecoklatan dan keruh. Kondisi lebih parah akan terjadi pada musim angin tertentu, ditandai dengan air laut yang berwarna merah hingga menghitam. Substrat perairan berlumpur dengan bau tidak sedap dan terjadi kematian biota. Kondisi ini diduga terjadi akibat dari masukan limbah industri, pertambangan dan domestik yang dibuang melalui aliran sungai dan pipa-pipa di sekitar pantai. Menurut Simbolon (2016), limbah buangan rumah tangga termasuk kotoran hewan dan manusia merupakan sumber nitrat di perairan. Limbah industri, limbah domestik dan hasil penguraian bahan organik menghasilkan fosfat di perairan.

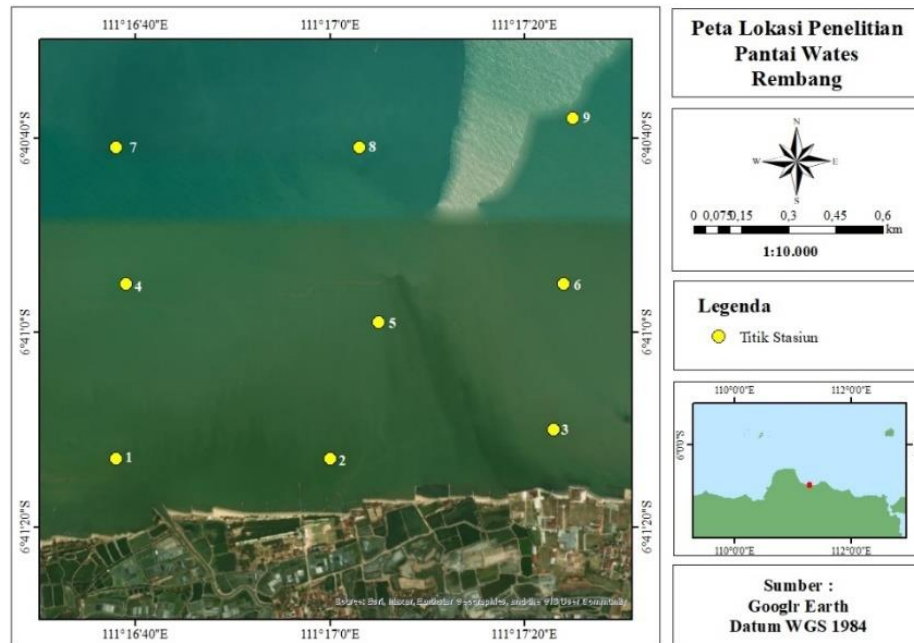
Nitrat dan ortofosfat merupakan zat hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan fitoplankton dan dapat menjadi faktor pembatas apabila dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Zat hara yang melimpah akan diikuti oleh melimpahnya klorofil-a dan fitoplankton di suatu perairan. Fitoplankton yang melimpah dapat menyebabkan perubahan kualitas suatu perairan karena dapat menjadi racun bagi organisme di dalam perairan tersebut. Limbah yang mengandung unsur hara dengan konsentrasi yang melebihi ambang batas akan menyebabkan terjadinya eutrofikasi yaitu kondisi pengkayaan unsur hara di perairan yang ditandai dengan terjadinya *blooming* fitoplankton (Swayanti *et al.*, 2015).

Kawasan perairan Pantai Wates menjadi penting mengingat sebagian diantara kawasan daratannya dipergunakan sebagai areal wisata. Di samping itu, perairan di sekitar pantai juga dimanfaatkan nelayan untuk menangkap ikan dan kegiatan budidaya. Penelitian dilakukan untuk mengetahui jenis dan kelimpahan fitoplankton, mengetahui konsentrasi dan sebaran klorofil-a, nitrat dan ortofosfat, status kesuburan perairan dan hubungan antar tiap variabel yang diteliti sebagai masukan bagi

pembuat kebijakan dan pengelolaan yang tepat yang perlu dilakukan di sekitar kawasan Pantai Pasir Putih Wates.

METODE

Penelitian dilakukan pada bulan April 2022 di perairan Pantai Pasir Putih Wates, Kecamatan Kaliori, Kabupaten Rembang. Metode yang digunakan pada penelitian adalah metode deskriptif dengan teknik pengambilan sampel menggunakan metode *stratified random sampling* pada 9 stasiun penelitian. Analisis sampel air untuk mengetahui jenis dan kelimpahan fitoplankton, konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat di perairan dilakukan di Laboratorium Pengelola Sumberdaya Ikan dan Lingkungan, Departemen Sumber Daya Akuatik, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang. Pengukuran variabel pendukung seperti oksigen terlarut, pH, kedalaman, kecerahan, suhu, arus dan salinitas dilakukan secara *in situ* atau pengukuran secara langsung di lapangan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Pantai Pasir Putih Wates

Pengambilan sampel air

Pengambilan sampel fitoplankton dilakukan dengan teknik sampling pasif dengan menyaring 100 liter air ke dalam *plankton net* (Hani *et al.*, 2020). *Plankton net* yang digunakan memiliki *mesh-size* 25 μm dan diameter *ring* 30 cm. Sampel plankton yang telah terkumpul kemudian di masukkan ke dalam botol sampel 100 ml dan ditambahkan dengan Lugol-iodine 1% sebanyak 3-4 tetes dan dimasukkan ke dalam *cool box*. Air sampel untuk pengujian variable klorofil-a, nitrat dan ortofosfat diambil dari permukaan perairan sebanyak 1,5 liter ke dalam botol sampel, kemudian dimasukkan ke dalam *cool box* selama perjalanan menuju laboratorium.

Analisis sampel air

Sampel air fitoplankton dianalisis di laboratorium dengan bantuan mikroskop, *Sedgewick-Rafter Counting Cell* dan *slide glass*. Genus fitoplankton diidentifikasi dengan buku identifikasi Yamaji (1979) dan Sachlan (1982). Jumlah fitoplankton per liter dihitung menggunakan rumus APHA, AWWA, WPOF (2005), yaitu:

$$N = n \times \frac{V_t}{V_{src}} \times \frac{A_{src}}{A_a} \times \frac{1}{V_d}$$

Keterangan:

- N = Jumlah plankton per sel (sel/L)
 n = Jumlah plankton yang tercacah (sel)
 V_t = Volume air yang tersaring (50 ml)
 V_{src} = Volume air dalam *Sedgewick-Rafter Counting Cell* (1ml)
 A_{src} = Luas total petak *Sedgewick-Rafter Counting Cell* (1000mm²)
 A_a = Luas petak yang diamati (30 petak x 1mm²)
 V_d = Volume air yang disaring (100 liter atau sesuai data lapangan)

Uji nitrat dan ortofosfat dilakukan dengan menggunakan metode *Hach programme* (2002) dengan menggunakan *Spektrofotometer Hach*. Sampel nitrat diabsorbansi dengan panjang gelombang 400 nm dan ortofosfat dengan panjang gelombang 880 nm. Uji klorofil-a dilakukan mengikuti metode Radojevic dan Bashkin (1999) menggunakan alat *Spektrofotometer Hach*, dan diabsorbansi dengan panjang gelombang 630 nm, 647 nm, 664 nm, dan 750 nm. Konsentrasi klorofil-a dihitung dengan rumus APHA (2012):

$$\text{Klorofil-a} = \frac{C_a \times V_a}{V \times D \times E}$$

Keterangan:

- C_a = Klorofil-a (11,85 E664 – 1,54 E647 – 0,8 E630)
 V_a = Volume aseton (ml)
 V = Volume sampel air yang di saring (liter)
 D = Lebar kuvet (cm)
 E = Absorbansi Panjang gelombang yang berbeda (yang dikoreksi dengan Panjang gelombang 750 nm)

Analisis data

Trophic State Index (TSI) merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan perairan. *Trophic state index* (TSI) dihitung dengan rumus (Carlson, 1977) sebagai berikut:

$$\text{TSI (SD)} = 60 - 14,41 \ln (\text{SD})$$

Keterangan:

$$\text{TSI (CHL)} = 30,6 + 9,81 \ln (\text{CHL})$$

SD = *Secchi-disk* (m)

$$\begin{aligned} \text{TSI (TP)} &= 4,15 + 14,42 \ln (\text{TP}) & \text{CHL} &= \text{Klorofil-a } (\mu\text{g/L}) \\ \text{Rata-rata TSI} &= \frac{\text{TSI (SD)} + \text{TSI (CHL)} + \text{TSI (TP)}}{3} & \text{TP} &= \text{Total fosfat } (\mu\text{g/L}) \end{aligned}$$

Konversi Total Fosfat (TP) dari ortofosfat (PO_4) diperoleh dari penelitian Kochary *et al.* (2017), sebesar 0,3262. Penggolongan nilai TSI menurut Carlson (1977), skala TSI <30, oligotrofik; 30-40, oligotrofik; 40-50, mesotrofik; 50-60, eutrofik; 60-70, eutrofik; 70-80, eutrofik; >80 hipertrofik.

Analisis hubungan antara kelimpahan fitoplankton dan klorofil-a dengan nitrat dan ortofosfat dilakukan menggunakan analisis regresi berganda. Sebaran konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat diolah dan dianalisa secara spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG). Nilai didapatkan melalui proses interpolasi dengan metode *Inverse Distance Weighted* (IDW) (Meliala *et al.*, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis dan kelimpahan fitoplankton

Fitoplankton yang ditemukan di perairan Pantai Pasir Putih Wates berasal dari kelas Bacillariophyceae, Cyanophyceae dan Dinophyceae dengan total 25 genera. Genus fitoplankton yang ditemukan antara lain *Chaetoceros* sp., *Lauderia* sp., *Thalassiosira* sp., *Rhizosolenia* sp., *Dactyliosolen* sp., *Biddulphia* sp., *Pleurosigma* sp., *Amphiprora* sp., *Dytilum* sp., *Coscinodiscus* sp., *Fragilaria* sp., *Nitzschia* sp., *Pseudo-nitzschia* sp., *Oscillatoria* sp., *Hemidiscus* sp., *Leptocylindrus* sp., *Navicula* sp., *Melosira* sp., *Asterionella* sp., *Hemiaulus* sp., *Bacteriastrum* sp., *Dinophysis* sp., *Ceratium* sp., *Protoperidinium* sp., dan *Peridinium* sp.. Kelimpahan fitoplankton dan struktur komunitas fitoplankton disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kelimpahan dan struktur komunitas fitoplankton di lokasi penelitian

Stasiun	Kelimpahan fitoplankton (sel/L)	Indeks keanekaragaman (H')	Indeks keseragaman (e)	Indeks dominansi (D)
S1	18.137	0,803	0,273	0,712
S2	12.384	1,432	0,505	0,415
S3	10.046	1,208	0,436	0,530
S4	14.877	0,528	0,195	0,818
S5	5.631	0,513	0,214	0,816
S6	7.197	0,926	0,334	0,654
S7	3.220	0,919	0,383	0,644
S8	3.731	0,978	0,425	0,595
S9	5.347	0,598	0,241	0,790

Keterangan: S1= ± 100 m dari muara Kali Cilik; S2= ± 100 m dari kawasan wisata Pantai Wates; S3= ± 100 m dari pemukiman dan industri; S4,S5,S6= ± 500 m dari S1,S2,S3; S7,S8,S9= ± 500 m dari S4,S5,S6.

Berdasarkan Tabel 1. diketahui bahwa daerah yang mendekati daratan memiliki kelimpahan yang lebih tinggi, dan semakin kearah laut kelimpahan fitoplankton semakin menurun. Sebaran konsentrasi fitoplankton yang tinggi di perairan pantai sebagai akibat dari tingginya suplai nutrien yang berasal dari daratan dan sebaliknya cenderung rendah di daerah lepas pantai (Aryawati & Thoha, 2011). Menurut

Abubakar *et al.* (2021), kelimpahan fitoplankton yang tidak merata di karenakan keberadaan unsur hara serta kondisi perairan yang berbeda, sehingga dapat mempengaruhi distribusi penyebaran fitoplankton di suatu badan perairan. Faktor yang dapat mempengaruhi yaitu hembusan angin, morfogeografi setempat, dan pola arus yang membawa massa air di permukaan perairan.

Di lokasi penelitian jenis fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae paling banyak ditemukan dan genus yang mendominasi adalah *Chaetoceros* sp. Fitoplankton jenis ini dapat berpotensi sebagai HABs, meskipun tidak beracun tetapi keberadaannya dapat menyebabkan gangguan pernapasan pada ikan (Aprianti *et al.*, 2015). Menurut Hallegraef (1991) dalam Mulyani *et al.* (2012), *Chaetoceros* sp. adalah spesies HABs yang dapat menyebabkan efek hemofilik dan menginfeksi biota, apabila konsentrasi sel lebih dari 5.000 sel/L. *Chaetoceros* sp. memiliki kelimpahan terbanyak di setiap stasiun penelitian dengan kisaran antara 2.582 – 15.270 sel/L, meskipun demikian tidak ditemukan adanya kejadian kematian ikan yang disebabkan oleh organisme HABs di perairan Pantai Pasir Putih Wates.

Indeks keanekaragaman dan keseragaman fitoplankton di lokasi penelitian tergolong kategori rendah. Nilai indeks dominansi tergolong tinggi yang artinya terdapat genus yang mendominasi. Keanekaragaman yang kecil menunjukkan kestabilan komunitas yang rendah dan indeks keseragaman yang rendah menunjukkan persebaran individu yang tidak merata, sehingga terjadi persaingan dalam memanfaatkan nutrisi seperti nitrat dan orfosfat yang tersedia di perairan. Menurut Harahap & Harahap (2023), tinggi rendahnya nilai indeks keanekaragaman dan dominansi di ekosistem perairan dipengaruhi oleh sejumlah faktor fisika air, kandungan nutrisi serta pemanfaatan nutrisi yang tidak sama oleh setiap individu.

Karakteristik fisika dan kimia perairan Pantai Pasir Putih Wates

Konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat di perairan dipengaruhi oleh kondisi fisika dan kimia perairan. Variabel fisika dan kimia perairan yang diukur dalam penelitian yang dilakukan meliputi kecerahan, kedalaman, DO, suhu, pH, salinitas dan kecepatan arus. Hasil pengukuran variabel fisika dan kimia perairan Pantai Wates disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran variabel fisika dan kimia perairan

Stasiun	Kecerahan (m)	Kedalaman (m)	DO (mg/L)	Suhu (°C)	pH	Salinitas (‰)	Kecepatan arus (m/s)
S1	0,53	0,93	5,69	30,2	7,90	20	0,021
S2	0,32	0,81	7,62	32,9	8,17	33	0,017
S3	0,25	0,80	6,36	31,7	8,25	32	0,016
S4	1,51	2,09	7,04	34,8	8,03	24	0,034
S5	1,55	1,65	6,02	32,1	8,03	33	0,029
S6	0,91	1,04	6,73	33,0	8,47	33	0,017
S7	2,45	3,80	6,19	34,5	8,16	28	0,017
S8	2,00	2,74	6,34	33,3	8,04	33	0,035
S9	1,43	2,41	6,54	34,5	8,16	32	0,012

Keterangan: S1= ±100 m dari muara Kali Cilik; S2= ±100 m dari kawasan wisata Pantai Wates; S3= ±100 m dari pemukiman; S4,S5,S6= ±500m dari S1,S2,S3; S7,S8,S9=±500m dari S4,S5,S6.

Kedalaman dapat mempengaruhi kesuburan perairan, hal ini karena proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton hanya dapat berlangsung optimal pada kedalaman dimana sinar matahari masih dapat menembus ke dalam perairan. Kesuburan perairan akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman suatu perairan (Faizin *et al.*, 2018). Kedalaman yang tinggi seiring dengan kecerahan perairan yang tinggi, hal ini menandakan kandungan bahan organik yang sedikit sehingga konsentrasi nutrisi rendah, dimana nitrat dan ortofosfat merupakan variabel yang digunakan untuk menentukan status kesuburan perairan (Hanifah *et al.*, 2018).

Nilai pH di lokasi penelitian berkisar antara 7,9-8,5. Menurut Effendi (2003), sebagian besar organisme akuatik hidup baik pada perairan dengan kisaran nilai pH antara 7-8,5. Berdasarkan pernyataan tersebut dapat dikatakan bahwa pH di perairan Pantai Wates tergolong optimum untuk kehidupan biota laut. Begitu juga dengan konsentrasi oksigen terlarut yang terukur berkisar antara 5,69-7,62 mg/L. Nilai tersebut telah dikatakan baik untuk kehidupan biota laut. Hal ini sesuai dengan PP No.22 Tahun 2021 yang menetapkan nilai oksigen terlarut untuk kehidupan biota laut adalah >5 mg/L.

Suhu merupakan variabel yang mempengaruhi kesuburan perairan dilihat pada pengaruhnya terhadap pengkayaan unsur hara. Effendi (2003), menyebutkan bahwa suhu optimum dalam proses nitrifikasi adalah 20-25°C. Kondisi suhu perairan yang lebih atau kurang dari angka tersebut dapat mempengaruhi kecepatan proses nitrifikasi. Perubahan suhu perairan juga dapat mempengaruhi metabolisme, reproduksi dan distribusi organisme perairan. Perairan Pantai Wates memiliki suhu rata-rata sebesar 33°C. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dwiyanti *et al.* (2022), perairan Kabupaten Rembang dari tahun 2018 hingga 2020 memiliki rata-rata suhu permukaan laut sebesar 30°C. Tingginya suhu di perairan Pantai Wates, dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada pagi hingga siang hari, saat matahari terik.

Salinitas merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan organisme perairan. Salinitas memiliki hubungan yang sangat erat dengan konsentrasi klorofil-a dan kelimpahan fitoplankton. Semakin rendah nilai salinitas maka kandungan klorofil-a dan fitoplankton akan semakin tinggi (Marlian, 2015). Sedangkan kecepatan arus akan mempengaruhi distribusi fitoplankton dan unsur hara. Mason (1981) dalam Rasyid *et al.* (2018), menyebutkan bahwa arus dengan kecepatan kurang dari 0,1 m/s termasuk kategori arus sangat lemah. Kecepatan arus yang lemah menunjukkan perairan yang tenang sehingga terjadi peningkatan fitoplankton hingga terakumulasinya fitoplankton di perairan (Samudera *et al.*, 2021).

Konsentrasi dan sebaran klorofil-a, nitrat dan ortofosfat

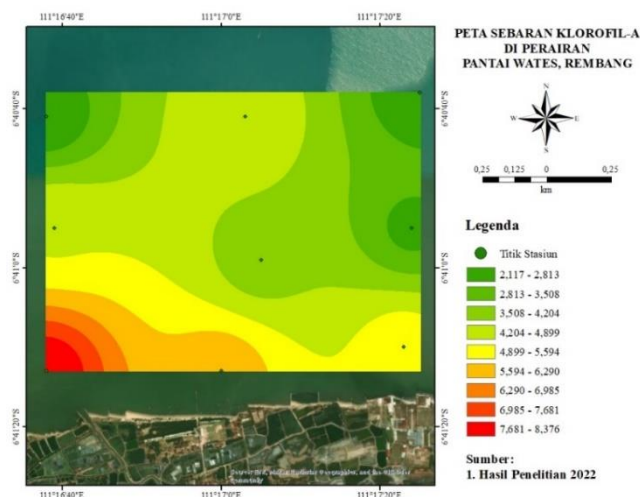
Hasil analisis laboratorium terhadap konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat yang terdapat pada sembilan stasiun pengambilan air sampel di perairan Pantai Wates dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis laboratorium

Stasiun	Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	Nitrat (mg/L)	Ortofosfat (mg/L)
S1	8,376	0,9	3,79
S2	6,169	1,8	0,18
S3	5,404	1,1	0,47
S4	4,812	1,1	2,24
S5	3,720	1,4	0,08
S6	2,577	1,3	0,07
S7	2,117	1,1	0,12
S8	4,886	0,9	0,24
S9	2,201	1,4	0,36

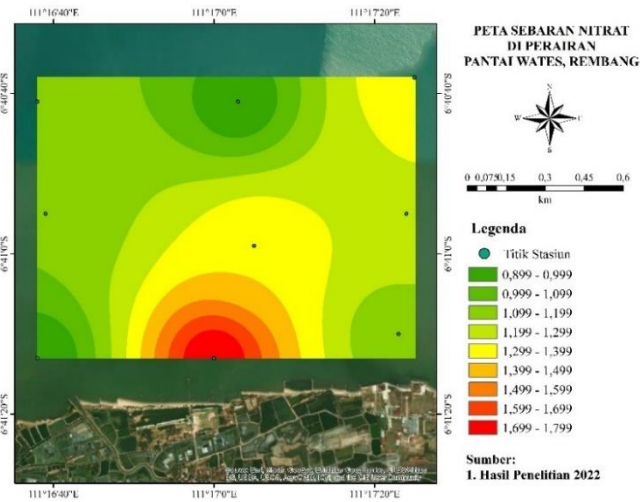
Keterangan: S1= $\pm 100\text{m}$ dari muara Kali Cilik; S2= $\pm 100\text{ m}$ dari kawasan wisata Pantai Wates; S3= $\pm 100\text{m}$ dari pemukiman; S4,S5,S6= $\pm 500\text{m}$ dari S1,S2,S3; S7,S8,S9= $\pm 500\text{m}$ dari S4,S5,S6

Konsentrasi klorofil-a tertinggi di perairan Pantai Wates berada di sekitar muara sungai sebesar $8,376\ \mu\text{g/L}$, dan konsentrasi klorofil-a terendah berada di kawasan yang jauh dari daratan sebesar $2,117\ \mu\text{g/L}$. Tingginya konsentrasi klorofil-a di stasiun 1 yang mendekati muara sungai, seiring dengan tingginya nilai ortofosfat di titik yang sama. Rendahnya konsentrasi klorofil-a stasiun 7 seiring dengan tingginya nilai salinitas. Hal ini sesuai yang dikemukakan oleh Marlian *et al.* (2015), perairan yang dekat dengan daratan memiliki kandungan unsur hara yang tinggi yang diikuti dengan tingginya sebaran klorofil-a di perairan, dan perairan yang jauh dari daratan memiliki unsur hara yang rendah diikuti juga dengan rendahnya sebaran horizontal klorofil-a. Salinitas juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di perairan, semakin tinggi nilai salinitas maka akan menurunkan konsentrasi klorofil-a di perairan.

**Gambar 2.** Sebaran konsentrasi klorofil-a ($\mu\text{g/L}$) di perairan Pantai Pasir Putih Wates

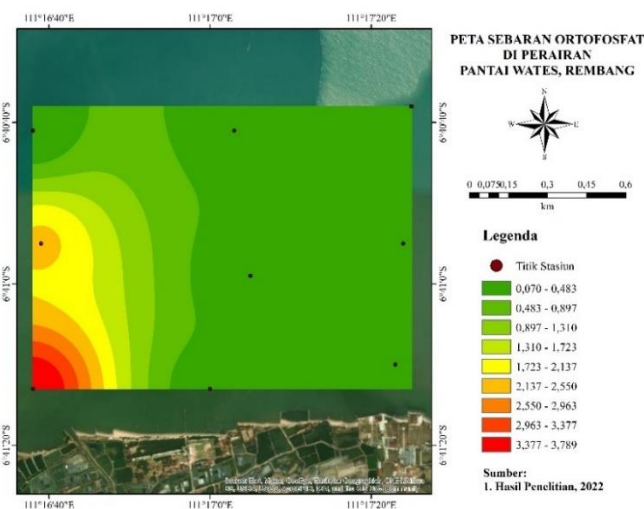
Konsentrasi nitrat tertinggi berada di stasiun 2 yang terletak di sekitar kawasan wisata dan kapal nelayan bersandar dengan konsentrasi nitrat terukur sebesar $1,8\ \text{mg/L}$. Tingginya konsentrasi nitrat di stasiun 2 juga diikuti dengan rendahnya kedalaman dan kecerahan. Karil *et al.* (2015), menyebutkan tingginya konsentrasi nitrat dapat dipengaruhi oleh faktor hidrooseanografi, salah satunya satunya tingkat kecerahan yang rendah akibat dari pengadukan atau turbulensi pada dasar perairan karena aktivitas

manusia yang menyebabkan kandungan nitrat pada sedimen terlepas dan memperkaya nutrisi pada kolom perairan. Konsentrasi nitrat di perairan juga dipengaruhi oleh arus laut dan parameter fisika kimia perairan, sedangkan sebaran konsentrasi nitrat dipengaruhi oleh pola arus.



Gambar 3. Sebaran konsentrasi nitrat (mg/L) di perairan Pantai Pasir Putih Wates

Konsentrasi ortofosfat tertinggi (3,79 mg/L) berada di kawasan dekat muara sungai dan konsentrasi terendah (0,07 mg/L) berada jauh dari wilayah daratan. Tingginya konsentrasi ortofosfat disebabkan stasiun 1 yang terletak di dekat muara sungai, sehingga banyak mendapat masukan nutrisi dari darat yang berasal dari limbah pemukiman serta kegiatan pertambakan di sekitar sungai. Menurut Aziz *et al.* (2014), tingginya konsentrasi ortofosfat di perairan estuari berasal dari limbah industri dan limbah pemukiman penduduk. Sebaran spasial konsentrasi ortofosfat di perairan dipengaruhi oleh faktor fisik seperti pola arus dan pasang surut. Semakin ke arah laut konsentrasi ortofosfat akan semakin rendah karena semakin menjauhi sumber pembuangan limbah dan sungai.



Gambar 4. Sebaran konsentrasi ortofosfat (mg/L) di perairan Pantai Pasir Putih Wates

Status kesuburan perairan Pantai Wates

Hasil perhitungan kesuburan perairan dengan metode TSI pada lokasi penelitian perairan Pantai Wates dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil perhitungan kesuburan perairan

Stasiun	TSI SD	TSI CHL	TSI TP	TSI	Status Trofik (Carlson, 1977)
S1	49,21	51,45	106,81	69,163	Eutrofik (60 < TSI < 69)
S2	44,95	48,45	62,87	52,094	Eutrofik (50 < TSI < 59)
S3	44,41	47,15	76,71	56,095	Eutrofik (50 < TSI < 59)
S4	46,21	46,01	99,23	63,821	Eutrofik (60 < TSI < 69)
S5	45,74	43,48	51,18	46,806	Mesotrofik (40 < TSI < 49)
S6	49,72	39,88	49,25	46,290	Mesotrofik (40 < TSI < 49)
S7	46,63	37,95	57,03	47,207	Mesotrofik (40 < TSI < 49)
S8	51,06	46,16	67,02	54,751	Eutrofik (50 < TSI < 59)
S9	54,26	38,33	72,87	55,159	Eutrofik (50 < TSI < 59)

Kondisi kesuburan perairan di Pantai Pasir Putih Wates tergolong mesotrofik hingga eutrofik. Tingginya nilai kesuburan perairan di lokasi penelitian disertai tingginya konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat yang terukur. Konsentrasi nitrat dan ortofosfat telah melebihi ambang baku mutu menurut PP No. 21 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Simbolon (2016), menyebutkan bahwa keadaan eutrofikasi yang terlalu lama dapat mengganggu kondisi perairan khususnya terjadinya *blooming algae*. Konsentrasi nitrat dan fosfat yang tinggi akan menyebabkan jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton tinggi, hal ini menyebabkan berkurangnya kadar oksigen terlarut dalam perairan serta dapat menghasilkan senyawa toksik. Keadaan ini dapat mengganggu kesehatan manusia dan juga kehidupan biota laut di dalamnya.

Hubungan konsentrasi nitrat dan ortofosfat dengan kelimpahan fitoplankton dan klorofil-a

Uji regresi berganda dilakukan untuk melihat hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen. Variabel independen pada pengujian ini adalah nitrat (X_1) dan ortofosfat (X_2) serta variabel dependent yaitu kelimpahan fitoplankton (Y). Berdasarkan hasil analisis regresi berganda didapatkan persamaan $Y = -1645,520 + 2818,487X_1 + 1423,223X_2$. Nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,922 yang artinya tingkat keeratan hubungan pada interval nilai 0,81-1,0 tergolong sangat kuat (Widianto *et al.*, 2015). Koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,851 menunjukkan bahwa sebesar 85,1% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh nitrat dan ortofosfat, sisanya sebesar 14,9% kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia perairan. Hasil uji f sebesar 0,003 yang berarti bahwa hubungan antar seluruh variabel signifikan ($p < 0.05$).

Melimpahnya konsentrasi nitrat dan ortofosfat di perairan, juga berpengaruh terhadap kelimpahan klorofil-a. Hal tersebut dibuktikan dengan uji regresi yang di dapatkan persamaan regresi berganda $Y = 1,788 + 1,332X_1 + 1,261X_2$ dengan nilai koefisien korelasi (R) sebesar 0,721. Nilai ini memberikan informasi bahwa hubungan nitrat dan ortofosfat dalam kategori kuat. Konsentrasi nitrat dan

ortofosfat berpengaruh sebesar 52,1% terhadap klorofil-a. Hidayah *et al.* (2016), menyebutkan tingginya klorofil-a di suatu perairan akibat dari tingginya nutrisi yang berasal dari buangan limbah rumah tangga, area pertambakan dan kegiatan industri kecil. Kandungan nutrisi yang tinggi berbanding lurus dengan kandungan klorofil yang tinggi, hal ini menunjukkan bahwa proses fotosintesis berjalan dengan baik.

SIMPULAN

Kelimpahan fitoplankton tertinggi berada di stasiun 1 (18.137 sel/L) dan kelimpahan terendah di stasiun 7 (3.220 sel/L) dengan genus fitoplankton yang mendominasi adalah *Chaetoceros* sp. Konsentrasi klorofil-a pada perairan Pantai Wates berkisar 2,117-8,376 µg/L. Konsentrasi nitrat berkisar 0,9-1,8 mg/L dan ortofosfat 0,07-3,79 mg/L. Sebaran konsentrasi klorofil-a, nitrat dan ortofosfat cenderung lebih tinggi pada wilayah yang mendekati daratan dan muara sungai dengan status kesuburan perairan berdasarkan metode TSI termasuk dalam kondisi mesotrofik hingga eutrofik. Kelimpahan fitoplankton dipengaruhi oleh nitrat dan ortofosfat sebesar 85,1% dengan kategori korelasi sangat kuat. Sedangkan klorofil-a dipengaruhi oleh nitrat dan ortofosfat sebesar 52% dengan kategori korelasi kuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, S., Akbar, N., Baksir, A., Umasangadji, H., Najamuddin, Tahir, I., Paembonan, R.E. & Ismail, F. (2021). Distribusi Spasial dan Temporal Fitoplankton di Perairan Laut Tropis. *Jurnal Kelautan Trunojoyo*, 14 (2), 149-163.
- Asyiwati, Y. & Akliyah, L. S. (2014). Identifikasi Dampak Perubahan Fungsi Ekosistem Pesisir Terhadap Lingkungan di Wilayah Pesisir Kecamatan Muaragembong. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 14 (1), 1-13.
- Amelia, Y., Muskananfolo, M. R. & Purnomo, P. W. (2014). Sebaran Struktur Sedimen, Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat di Perairan Dasar Muara Morodemak. *Diponegoro Journal of Maquares*, 3 (4), 208-215.
- APHA (*American Public Health Association*). (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 21 Edn*. Wangshinton (US): APHA, AWWA, WPCF.
- APHA (*American Public Health Association*). (2012). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 22 Edn*. Wangshinton (US): APHA.
- Aprianti, N.S., Sulardiono, B. & Nitisupardjo, M. (2015). Kajian Tentang Fitoplankton yang Berpotensi Sebagai HABs (*Harmful Algal Blooms*) di Muara Sungai Plumbon, Semarang. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4 (3), 132-138.
- Aziz, A., Wulandari, S.Y. & Maslukah, L. (2014). Sebaran Konsentrasi Ortofosfat di Lapisan Permukaan Perairan Pelabuhan Perikanan Nusantara Pengambangan dan Estuari Perancak, Bali. *Jurnal Oseanografi*, 3 (4), 713-721.
- Carlson, R.E. (1977). A *Trophic State Index for Lakes*. *Limnology and Oceanography*. 22 (2), 361-369.
- Dwiyanti, A., Maslukah, L. & Rifai, A. (2022). Pengaruh Suhu Permukaan Laut (SPL) dan Klorofil-a Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Layang (*Decapterus macrosoma*) di Perairan Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography (IJOCE)*, 4 (4), 109-119.
- Effendi, H. (2003). Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kasinius. Yogyakarta
- Faizin, K. A., Rudiyananti, S. & Anggoro, S. (2018). Profil Status Kesuburan Perairan Secara Vertikal di Waduk Jatibarang, Semarang. *Journal of Maquares*, 7 (2), 197-206.

- Hani, F.A., Hartoko, A. dan Latifah, N. (2020). Analisis Sebaran Horizontal dan Temporal Klorofil-a dan Fitoplankton di Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*, 4 (2), 60-68.
- Hanifah, D.N., Wulandari, S.Y., Maslukah, L. & Supriyantini, E. (2018). Sebaran Horizontal Konsentrasi Nitrat dan Fosfat Anorganik di Perairan Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Tropical Marine*, 1 (1), 27-32.
- Harahap, S.M. & Harahap, A. (2023). Analisis Keragaman Fitoplankton di Sungai Barumun Kecamatan Panai Tengah Kabupaten Labuhanbatu. *Jurnal Ilmiah Biologi*, 11 (1), 64-74.
- 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.
- Karil, A.R.F., Yusuf, M. & Maslukah, L. (2015). Studi Sebaran Konsentrasi Nitrat dan Fosfat Di Perairan Teluk Ujungbatu Jepara. *Jurnal Oseanografi*, 4 (2), 386-392.
- Kochary, S.A.Y., B.M.A. & Noori, T.D. Byl. (2017). *Assessment of Selected Physico-Chemical Parameters of Ground Water in Direct Contact with Septic Tanks: Experimental modeling*. Journal of University of Duhok, (20)1, 231-240.
- Marlian, N., Damar, A. & Effendi, H. (2015). Distribusi Horizontal Klorofil-a Fitoplankton Sebagai Indikator Tingkat Kesuburan Perairan di Teluk Meulaboh Aceh Barat. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 20 (3), 272-279.
- Meliala, E.G., Purnomo, P.W. & Rahman, A. (2019). Status Kesuburan Perairan Berdasarkan Sebaran Klorofil-a, Bahan Organik, Nitrat dan Fosfat di Pesisir Sayung, Demak. *Journal of Maquares*, 8 (3), 162-168.
- Mulyani, R. Widiarti & Wardhana, W. (2012). Sebaran Spasial Penyebab *Harmful Algal Bloom* (HAB) di Lokasi Budidaya Kerang Hijau (*Perna viridis*) Kamal Muara, Jakarta Utara, Pada Bulan Mei 2011. *Jurnal Akuatika*, 3 (1), 28-39.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggara Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Radojevic, M. & Bashkin, V.N. (1999). *Practical Enviromental Analysis*. Royal Society of Chemistry, Cambridge.
- Rasyid, H.A., Purnama, D. & Kusuma, A.B. (2018). Pemanfaatan Fitoplankton sebagai Bioindikator Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Hitam Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu. *Jurnal Enggano*, 3(1), 39-51.
- Sachlan, M. (1982). *Planktonology*. Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro.
- Samudera, L.N.G., Widianingsih & Suryono. (2021). Struktur Komunitas Fitoplankton dan Parameter Kualitas Air di Perairan Paciran, Lamongan. *Journal of Marine Research*, 10 (4), 493-500.
- Simbolon, A. R. (2016). Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. *Jurnal Pro-Life*, 3 (2), 109-118.
- Swayati, D. P., Muskananfolo, M.R. & Rudiyaniti, S. (2015). Konsentrasi Klorofil-a, Nitrat dan Fosfat untuk Menilai Kesuburan Muara Sungai Wakak, Kendal. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4 (4): 71-79.
- Yamaji, C.S. (1979). *Illustration of the Marine Plankton of Japan*. Hoikiska Publ.Co.Ltd., Japan.