

Karakteristik Bahan Organik Alami pada Air Sungai Akibat Pengaruh Mikroalga *Nitzschia sp.*

Dheas Rizqi Ameilia¹, Okik Hendriyanto Cahyonugroho^{1*}, Hendrata Wibisana²,
Nur Laili Alfiatin Mukharomah¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

²Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: okikhc@upnjatim.ac.id, 22034010063@student.upnjatim.ac.id

Diterima: 05 Juli 2026

Disetujui: 16 Juli 2026

Abstract

Natural organic matter is a collection of natural organic compounds commonly found in water bodies and derived from the decomposition of organic matter as well as the activities of aquatic organisms, including microalgae. The presence of microalgae in water bodies can influence the characteristics of natural organic matter through processes of growth, metabolism, and cell lysis that produce various organic compounds. This study aims to determine how the presence of the microalga *Nitzschia sp.* affects natural organic matter in river water. The study was conducted in a batch system using a 1,5 L reactor containing water from the Tambak Oso River and a culture of *Nitzschia sp.*, which was aerated throughout the study. Samples were collected at 0, 3, 6, and 9 days into the observation period. The results showed that the addition of *Nitzschia sp.* affected the characteristics of natural organic matter, as indicated by changes in COD values. During the growth phase of *Nitzschia sp.*, COD values tended to decrease due to the utilization of organic compounds for biomass formation, whereas during the death phase, an increase occurred due to the release of organic compounds resulting from cell lysis into the water. The treatment with a *Nitzschia sp.* ratio of 1:1 resulted in a higher organic matter content of 1500 mg/L compared to the 3:1 ratio, which was only 1333.3 mg/L. This indicates that the higher the ratio of added *Nitzschia sp.* microalgae, the greater its contribution to increasing the natural organic matter content in river water.

Keywords: *natural organic matter; water quality; microalgae; nitzschia sp*

Abstrak

Bahan organik alami merupakan kumpulan senyawa organik alami yang banyak ditemukan di perairan dan berasal dari proses dekomposisi bahan organik maupun aktivitas organisme akuatik, termasuk mikroalga. Keberadaan mikroalga di perairan dapat memengaruhi karakteristik bahan organik alami melalui proses pertumbuhan, metabolisme, dan lisis sel yang menghasilkan berbagai senyawa organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keberadaan mikroalga *Nitzschia sp.* dapat memengaruhi bahan organik alami di air sungai. Penelitian ini dilakukan secara batch dengan reaktor kapasitas 1,5 L yang berisi air Sungai Tambak Oso dan kultur *Nitzschia sp.* yang diaerasi selama penelitian, kemudian dilakukan sampling pada waktu 0, 3, 6, dan 9 hari pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *Nitzschia sp.* memengaruhi karakteristik bahan organik alami, ditunjukkan oleh perubahan nilai COD. Pada fase pertumbuhan *Nitzschia sp.*, nilai COD cenderung menurun akibat pemanfaatan senyawa organik untuk pembentukan biomassa, sedangkan pada fase kematian terjadi peningkatan akibat pelepasan senyawa organik hasil lisis sel ke dalam perairan. Perlakuan dengan rasio *Nitzschia sp.* 1:1 menghasilkan kandungan bahan organik lebih tinggi yaitu 1500 mg/L dibandingkan rasio 3:1 yang hanya 1333.3 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar rasio mikroalga *Nitzschia sp.* yang ditambahkan maka semakin besar kontribusinya terhadap peningkatan kandungan bahan organik alami di dalam air sungai.

Kata Kunci: *bahan organik alami; kualitas air; mikroalga; nitzschia sp.*

1. Pendahuluan

Dalam beberapa tahun terakhir, pencemaran sungai di Indonesia telah menjadi ancaman nyata bagi kehidupan manusia, hewan, dan tumbuhan [1]. Sebanyak 70% sungai di Indonesia mengalami penurunan kualitas airnya akibat limbah industri maupun domestik [2], [3]. Salah satu parameter kunci dalam kualitas air adalah bahan organik alami, yaitu campuran heterogen senyawa organik alami yang ditemukan berlimpah di perairan alami dan berasal dari dekomposisi tumbuhan, hewan dan mikroorganisme yang menghasilkan asam humat, asam fulvat dan protein [4].

Kandungan bahan organik alami dalam air sungai dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, termasuk keberadaan organisme akuatik seperti mikroalga. Sel mikroalga di permukaan air berkembang biak secara musiman, melepaskan sejumlah besar *Algal Organic Matter* (AOM) dan sejumlah kecil metabolit (misalnya, toksin, senyawa rasa, dan bau), yang dapat menyebabkan dampak buruk pada kualitas air [5]. Aktivitas biologis mikroalga tidak hanya berperan dalam penghilangan bahan organik, tetapi juga menghasilkan AOM yang berkontribusi terhadap pembentukan bahan organik alami [6]. Keberadaan mikroalga, salah satunya *Nitzschia sp.* berkontribusi signifikan terhadap kuantitas dan karakteristik *Dissolved Organic Matter* (DOM) di perairan sungai melalui produksi bahan organik autochthonous [7].

Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai kandungan bahan organik alami yang ada pada air sungai alami, dengan penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* Penelitian ini dirancang untuk menganalisis bagaimana keberadaan mikroalga dapat memengaruhi karakteristik bahan organik alami di air sungai.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan data primer hasil penelitian laboratorium mengenai perubahan karakteristik bahan organik alami dalam air sungai akibat penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* Peralatan yang digunakan antara lain reaktor kapasitas 1,5 L, aerator, pH meter, DO meter, *haemocytometer*, mikroskop, dan peralatan uji COD. Bahan yang digunakan meliputi air sungai Tambak Oso, mikroalga *Nitzschia sp.*, aquades, dan bahan uji COD.

Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan mikroalga *Nitzschia sp.* untuk ditambahkan dalam air sungai sebagai sampelnya. Sebelum memulai kultur mikroalga, dilakukan sterilisasi guna meminimalkan kontaminasi mikroba non-target yang dapat memengaruhi pertumbuhan *Nitzschia sp.* Alat-alat gelas (erlenmeyer, pipet volumetrik, gelas ukur) dibungkus aluminium foil, dan air laut sebagai medianya disterilisasi pada autoklaf 121°C, 1 atm, 15 menit. Reaktor kultur, penutup dibilas dengan aquades steril sebelum digunakan dan dikeringkan. Kultur bibit mikroalga *Nitzschia sp.* selama 7 hari pada toples kaca menggunakan air laut steril yang telah diberi pupuk diatom, silikat, trace metal, dan vitamin sebanyak 1 mL/Liter. Kultur dijalankan dalam aerasi selama 24 jam dan mendapat pencahayaan dari lampu LED putih 2000 lumen. Kultur dilakukan hingga mendapatkan kelimpahan mikroalga *Nitzschia sp.* yang dibutuhkan yaitu 10^6 sel/mL. Selanjutnya dilakukan proses aklimatisasi hasil kultur mikroalga *Nitzschia sp.* dengan air sungai Tambak Oso. Aklimatisasi dilakukan dengan perbandingan 1:1 antara kultur mikroalga *Nitzschia sp.* dengan air sungai Tambak Oso selama 7 hari hingga kelimpahan sel mikroalga kembali di 10^6 sel/mL.



Gambar 1. Titik Pengambilan Sampel Air Sungai Tambak Oso

Pengambilan air Sungai Tambak Oso sebagai sampel penelitian dilakukan pada penampang dengan koordinat 7°20'43.62"S 112°48'7.33"E. Salah satu pertimbangan pemilihan titik hilir sungai ini adalah merepresentasikan sumber air sungai yang tercemar yang mana berada di sekitar industri dan pemukiman

padat. Pengambilan air sungai dilakukan pada pagi hari pukul 08.00 - 09.00 WIB, hal ini mempertimbangkan kondisi sungai yang relatif stabil, aktivitas manusia belum terlalu tinggi, dan suhu air belum mengalami peningkatan yang signifikan akibat radiasi matahari. Pengambilan sampel air sungai dilakukan dengan metode komposit tempat, yaitu mengambil sampel dari beberapa titik lokasi dalam satu badan sungai pada waktu yang sama, kemudian sampel tersebut dicampurkan menjadi satu sampel komposit. Berdasarkan SNI 8995:2021, titik pengambilan sampel air sungai pada 4 titik masing-masing pada jarak 1/3 lebar sungai dan 2/3 lebar sungai dengan kedalaman masing-masing titik 1/5 kali kedalaman dari permukaan dan 4/5 kali kedalaman dari permukaan.

Penelitian utama dilakukan menggunakan sistem *batch* pada skala laboratorium. Reaktor yang digunakan berupa toples plastik kapasitas 1,5 L. Setiap reaktor dilengkapi selang aerasi yang terhubung ke aerator. Direncanakan sebanyak 12 reaktor digunakan untuk variasi sampel yaitu air sungai dan air sungai dengan penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* Setiap reaktor diberikan aerasi secara terus-menerus selama penelitian, hal ini bertujuan untuk menjaga homogenitas suspensi, mempercepat distribusi nutrisi dan gas CO₂, serta mencegah pengendapan sel dan flok. Penelitian dilakukan selama 9 hari dengan waktu sampling pada hari ke-0, 3, 6, dan 9.

Sampel air dianalisis berdasarkan beberapa parameter kualitas air, yaitu derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter mengacu pada SNI 6989.11:2019, suhu menggunakan termometer sesuai SNI 06-6989.23-2005, oksigen terlarut (DO) menggunakan DO meter sesuai SNI 06-6989.15-2004, kelimpahan sel mikroalga menggunakan metode hemocytometer, dan COD menggunakan metode refluks tertutup sesuai SNI 6989.73:2019.

Tabel 1. Matrik dan Variabel Bebas yang Digunakan dalam Penelitian

Sampel	Perbandingan Air Sungai dan Mikroalga	Waktu Kontak (hari)	Kode Sampel
Air Sungai	1:0	0	A
		3	
		6	
		9	
Air Sungai + <i>Nitzschia sp.</i>	1 : 1	0	AB(1)
		3	
		6	
		9	
	3 : 1	0	AB(2)
		3	
		6	
		9	

Analisis Data

Setelah mendapatkan data dari hasil sampling, kemudian dilakukan beberapa analisis data dengan metode :

a. Kelimpahan Sel Mikroalga

$$N = \frac{\sum C}{n} \times P \times 10^4$$

Keterangan :

N = Kelimpahan mikroalga (sel/ml)

ΣC = Total sel mikroalga yang terhitung pada kotak bidang hitung

n = Jumlah kotak bidang hitung

P = Faktor pengenceran

10⁴ = Faktor konversi volume bilik hitung (1 mm³ = 10⁻³ ml, sedangkan volume 1 kotak besar = 0,1 mm³)

b. Nilai COD

$$COD (mg/L) = \frac{1000}{Vol. sampel} \times (A - B) \times N.FAS \times 8$$

Keterangan:

A = Volume FAS untuk blanko (mL)

B = Volume FAS untuk sampel (mL)

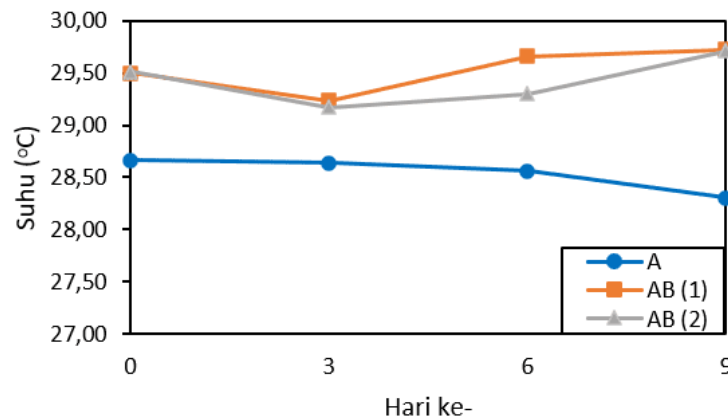
N = Normalitas FAS

V = Volume sampel (mL)

3. Hasil dan Pembahasan

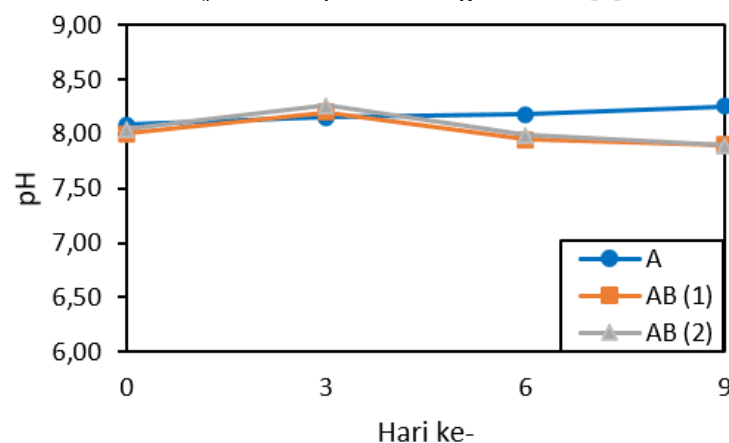
Pengaruh Rasio Penambahan *Nitzschia sp.* terhadap Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan selama masa pengamatan pada sampel air sungai dengan penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* disajikan dalam parameter suhu, pH, *Dissolve Oxygen* (DO), dan kelimpahan sel mikroalga *Nitzschia sp.*



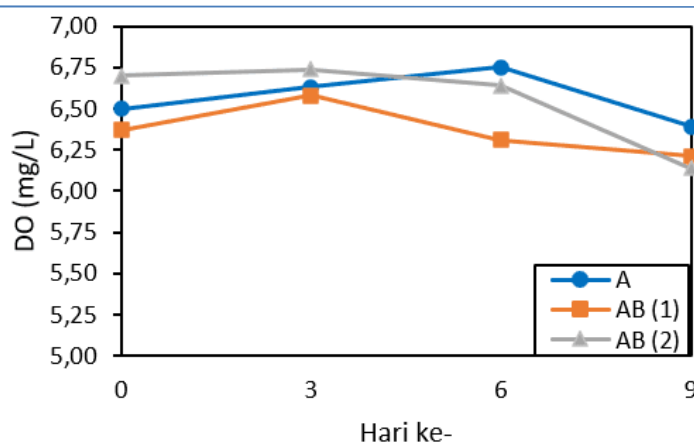
Gambar 2. Grafik Suhu pada Air Sungai dengan Penambahan Mikroalga *Nitzschia sp.*

Berdasarkan **Gambar 2**, suhu pada perlakuan air sungai dengan penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* yaitu AB(1) dan AB(2) berada pada kisaran 29,2-29,7°C, sedangkan pada air sungai berkisar antara 28,3-28,7°C. Secara umum, suhu pada seluruh perlakuan relatif stabil selama masa pengamatan. Kisaran suhu tersebut masih sesuai untuk pertumbuhan mikroalga diatom, termasuk *Nitzschia sp.*, karena suhu optimum pertumbuhan diatom umumnya berada pada rentang 27-30°C [8].



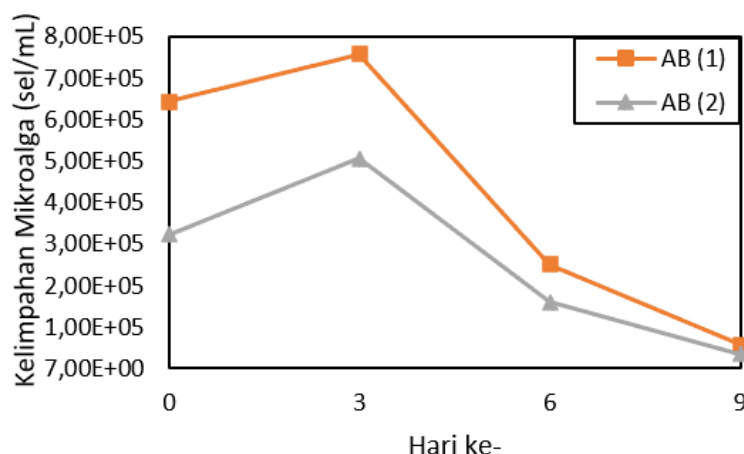
Gambar 3. Grafik pH pada Air Sungai dengan Penambahan Mikroalga *Nitzschia sp.*

Berdasarkan **Gambar 3**, nilai pH pada air sungai yang ditambahkan mikroalga *Nitzschia sp.* mengalami peningkatan pada hari ke-3 kemudian menurun hingga hari ke-9, sedangkan pada sampel air sungai pH cenderung meningkat secara bertahap dari 8,08 menjadi 8,25. Peningkatan pH pada fase awal pertumbuhan mikroalga diduga disebabkan oleh aktivitas fotosintesis yang memanfaatkan CO₂ terlarut sehingga konsentrasi asam karbonat dalam air berkurang [9]. Menurut penelitian [10], proses fotosintesis mikroalga dapat menyebabkan peningkatan pH karena konsumsi karbon anorganik selama pertumbuhan sel. Penurunan pH yang terjadi setelah hari ke-3 mengindikasikan berkurangnya aktivitas fotosintesis serta meningkatnya dekomposisi biomassa mikroalga [11].



Gambar 4. Grafik DO pada Air Sungai dengan Penambahan Mikroalga *Nitzschia sp.*

Berdasarkan **Gambar 4**, nilai DO pada sampel air sungai meningkat dari sekitar 6,45 mg/L pada hari ke-0 menjadi 6,75 mg/L pada hari ke-6, kemudian menurun menjadi 6,38 mg/L pada hari ke-9. Pada perlakuan sampel air sungai dengan penambahan mikroalga *Nitzschia sp.* AB(1), DO meningkat dari 6,37 mg/L menjadi 6,57 mg/L pada hari ke-3 kemudian menurun hingga 6,17 mg/L pada hari ke-9. Tren serupa juga terjadi pada AB(2). Peningkatan DO pada awal pengamatan menunjukkan bahwa aktivitas fotosintesis *Nitzschia sp.* masih berlangsung aktif sehingga menghasilkan oksigen terlarut ke dalam media. Namun setelah hari ke-3, nilai DO mulai menurun seiring berkurangnya kelimpahan mikroalga dan meningkatnya kebutuhan oksigen untuk respirasi serta dekomposisi bahan organik [12]. Fenomena ini sejalan dengan penelitian [13], yang menyatakan bahwa peningkatan aktivitas fotosintesis fitoplankton dapat meningkatkan DO, sedangkan proses dekomposisi biomassa akan menurunkan konsentrasi oksigen terlarut.

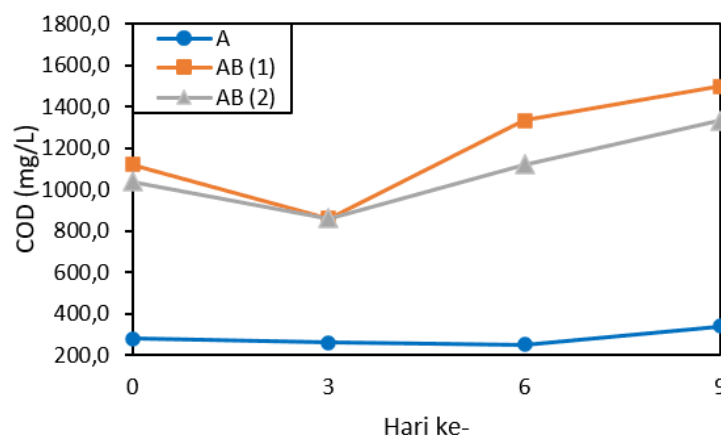


Gambar 5. Grafik Kelimpahan Sel pada Air Sungai dengan Penambahan Mikroalga *Nitzschia sp.*

Berdasarkan **Gambar 5**, pada air sungai yang ditambahkan *Nitzschia sp.* mengalami peningkatan kelimpahan sel pada hari ke-3, kemudian mengalami penurunan yang cukup tajam hingga hari ke-9. Peningkatan jumlah sel pada hari ke-3 menunjukkan bahwa *Nitzschia sp.* berhasil beradaptasi dan memasuki fase eksponensial pertumbuhan [8]. Setelah itu, mikroalga memasuki fase stasioner dan fase kematian yang ditandai dengan penurunan kelimpahan sel secara signifikan. Penurunan tersebut diduga disebabkan oleh berkurangnya nutrisi yang tersedia dalam media, kompetisi antar sel, serta akumulasi metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan mikroalga [14].

Pengaruh Rasio Penambahan Mikroalga *Nitzschia sp.* terhadap Bahan Organik Alami

Perubahan konsentrasi bahan organik alami pada air Sungai Tambak Oso dengan penambahan *Nitzschia sp.* diidentifikasi melalui parameter COD yang disajikan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Grafik Nilai COD Air Sungai dengan Pengaruh Rasio Penambahan *Nitzschia sp.*

Berdasarkan **Gambar 6**, nilai *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada setiap perlakuan menunjukkan pola yang berbeda sesuai dengan rasio penambahan *Nitzschia sp.* Pada sampel air sungai, nilai COD pada hari ke-0 sebesar 280 mg/L, kemudian menurun menjadi 260 mg/L pada hari ke-3 dan 250 mg/L pada hari ke-6. Namun, pada hari ke-9 nilai COD meningkat menjadi 340 mg/L, yang disebabkan oleh akumulasi senyawa organik hasil dekomposisi biomassa mikroorganisme maupun pelepasan bahan organik terlarut ke dalam air [15].

Perlakuan air sungai dengan penambahan *Nitzschia sp.* AB(1) dan AB(2) menunjukkan pola yang hampir sama. Nilai COD pada kedua perlakuan mengalami penurunan pada hari ke-3, kemudian meningkat secara signifikan hingga hari ke-9. Pada perlakuan air sungai dengan penambahan *Nitzschia sp.* rasio 1:1 AB(1), nilai COD awal mencapai 1120 mg/L, jauh lebih tinggi dibandingkan sampel kontrol. Nilai tersebut kemudian menurun menjadi 860 mg/L pada hari ke-3, tetapi kembali meningkat menjadi 1333,3 mg/L pada hari ke-6 dan mencapai 1500 mg/L pada hari ke-9. Sementara itu, pada perlakuan air sungai dengan penambahan *Nitzschia sp.* rasio 3:1 AB(2), nilai COD awal mencapai 1040 mg/L, jauh lebih tinggi dibandingkan sampel kontrol maupun AB(1). Nilai tersebut kemudian menurun menjadi 860 mg/L pada hari ke-3, tetapi kembali meningkat menjadi 1120 mg/L pada hari ke-6 dan mencapai 1333,3 mg/L pada hari ke-9.

Penurunan COD pada hari ke-3 berkaitan dengan fase pertumbuhan *Nitzschia sp.* yang ditunjukkan oleh peningkatan kelimpahan sel mikroalga. Pada fase ini, mikroalga memanfaatkan nutrisi dan sebagian senyawa organik yang tersedia dalam media untuk mendukung proses metabolisme dan pembentukan biomassa [16]. Akibatnya, jumlah senyawa yang dapat teroksidasi dalam pengujian COD menjadi berkurang. Kondisi ini sejalan dengan peningkatan kelimpahan *Nitzschia sp.* yang mencapai nilai maksimum pada hari ke-3.

Setelah hari ke-3, nilai COD mengalami peningkatan yang cukup tajam hingga hari ke-9. Fenomena ini diduga berkaitan dengan menurunnya kelimpahan *Nitzschia sp.* yang menunjukkan bahwa kultur mulai memasuki fase stasioner dan fase kematian. Pada fase tersebut, sel mikroalga menghasilkan senyawa *Intracellular Organic Matter* (IOM) dan *Extracellular Polymeric Substances* (EPS), serta melepaskan bahan organik akibat lisis sel [16], [17]. Pelepasan senyawa organik tersebut menyebabkan bahan organik terlarut dalam air sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen untuk proses oksidasi kimia yang tercermin pada meningkatnya nilai COD. Menurut penelitian oleh Yun dkk [18], mikroalga dapat menghasilkan berbagai senyawa organik terlarut berupa polisakarida, protein, dan metabolit lainnya yang berkontribusi terhadap peningkatan kandungan bahan organik alami di perairan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *Nitzschia sp.* meningkatkan nilai COD air sungai dibandingkan kontrol. Saat mikroalga berada pada fase pertumbuhan (fase eksponensial), nilai COD dapat mengalami penurunan karena mikroalga secara aktif memanfaatkan senyawa organik dan nutrisi yang terdapat di dalam air untuk mendukung pembentukan biomassa sel. Selama fase ini, aktivitas fotosintesis dan metabolisme berlangsung secara optimal sehingga sebagian bahan organik alami di dalam air dikonsumsi sebagai sumber karbon maupun energi, sementara nutrisi seperti nitrogen dan fosfor juga diserap untuk sintesis komponen sel di dalamnya [16]. Akibatnya, konsentrasi bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimia menjadi berkurang sehingga nilai COD menurun. Namun, pada fase kematian, mikroalga *Nitzschia sp.* justru berkontribusi meningkatkan COD dalam perairan. Peningkatan tersebut berkaitan dengan pembentukan biomassa mikroalga dan pelepasan bahan

organik alami yang berasal dari aktivitas metabolisme serta lisis sel mikroalga. Oleh karena itu, semakin tinggi rasio *Nitzschia sp.* yang ditambahkan, semakin besar pula kontribusi senyawa organik terhadap peningkatan beban organik air yang tercermin dari meningkatnya nilai COD [17].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan *Nitzschia sp.* memengaruhi nilai COD air sungai sesuai dengan fase pertumbuhannya. Pada fase pertumbuhan (eksponensial), nilai COD cenderung menurun karena mikroalga memanfaatkan senyawa organik dan nutrisi di dalam air untuk membentuk biomassa sel. Sebaliknya, pada fase kematian, nilai COD meningkat akibat pelepasan bahan organik alami melalui aktivitas metabolisme dan lisis sel mikroalga. Oleh karena itu, semakin tinggi rasio *Nitzschia sp.* yang ditambahkan, semakin besar pula kontribusi senyawa organik yang dilepaskan ke perairan sehingga meningkatkan beban organik yang tercermin dari nilai COD. Perlakuan dengan rasio *Nitzschia sp.* 1:1 menghasilkan kandungan bahan organik lebih tinggi yaitu 1500 mg/L dibandingkan rasio 3:1 yang hanya 1333.3 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar rasio mikroalga *Nitzschia sp.* yang ditambahkan maka semakin besar kontribusinya terhadap peningkatan kandungan bahan organik alami di dalam air sungai.

5. Daftar Pustaka

- [1] Aisy, Fery Mauliza, Siti Mayang Sari, and Lili Kasmini. "Sungai Bukan Tempat Sampah: Menyelamatkan Habitat Air Tawar Kita." *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial Dan Pengabdian Kepada Masyarakat* 5.2 (2025): 1423-1432.
- [2] T. A. Kurniawan *et al.*, "Implications of climate change on water quality and sanitation in climate hotspot locations: A case study in Indonesia," *Water Supply*, vol. 24, no. 2, pp. 517–542, 2024, doi: 10.2166/ws.2024.008.
- [3] P. P. Rahardjo, D. Widyastuti, A. Zairina, Y. Q. Mondiana, A. C. Wijaya, and S. Farida, "Integrasi Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Kualitas Air untuk Mendukung Program Sanitasi Masyarakat " *Jurnal Green House* 4.1 (2025): 58-66.
- [4] T. Tseka, P. Finkbeiner, Z. Phiri, T. T. I. Nkambule, P. Jarvis, and L. A. de Kock, "Comparative evaluation of ion-exchange resins for natural organic matter removal from power plant source waters," *J. Water Process Eng.*, vol. 78, no. October, p. 108829, 2025, doi: 10.1016/j.jwpe.2025.108829.
- [5] C. Liu, H. Liu, C. Hu, A. T. Chow, and T. Karanfil, "Molecular Alterations of Algal Organic Matter in Oxidation Processes: Implications to the Formation of Disinfection Products," *ACS ES T Water*, vol. 4, no. 12, pp. 5890–5901, 2024, doi: 10.1021/acsestwater.4c00855.
- [6] O. H. Cahyonugroho, E. N. Hidayah, and E. A. Rahma, "Effect of Intermittent Aeration on Characteristic of Effluent Organic Matter in Oxidation Ditch Microalgae *Chlorella sp.*," *Pollution*, vol. 2, 2024.
- [7] O. H. Cahyonugroho, S. Hariyanto, and G. Supriyanto, "Dissolved Organic Matter and Its Correlation with Phytoplankton Abundance for Monitoring Surface Water Quality," *Glob. J. Environmental Sci. Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–16, 2022, doi: 10.22034/gjesm.2022.01.0.
- [8] T. D. Anggraeni, "Teknik Kultur *Nitzschia sp.* Dari Skala Laboratorium Sampai Skala Intermediet Di Balai Budidaya Perikanan Air Payau (BPBAP) Situbondo," Universitas Airlangga, 2016.
- [9] T. L. Palikrousis, S. D. Kalamaras, and P. Samaras, "Effect of Carbon Dioxide on the Growth and Nutrient Uptake of the Microalgae *Chlorella sorokiniana* from Digestate," *Water (Switzerland)*, vol. 17, no. 18, 2025, doi: 10.3390/w17182674.
- [10] O. Kristiawan, "Microalgae Biomass Productivity By CO₂ Injection In Correlation With pH Variation In Photobioreactor," *Sci. Contrib. Oil Gas*, vol. 37, no. 1, pp. 57–62, 2022, doi: 10.29017/scog.37.1.624.
- [11] M. A. Salim, *Mikrobiologi dalam Riset Biologi*, 1st ed. Bandung: Yayasan Lembaga Pendidikan dan Pelatihan Multiliterasi, 2022.
- [12] Y. Yao *et al.*, "Algal Decomposition Accelerates Denitrification as Evidenced by the High-Resolution Distribution of Nitrogen Fractions in the Sediment–Water Interface of Eutrophic Lakes," *Water (Switzerland)*, vol. 16, no. 2, 2024, doi: 10.3390/w16020341.
- [13] M. I. Ainalyaqin and I. W. Abida, "Correlation of Dissolved Oxygen Content and pH to Plankton Diversity in Kalidami River, Surabaya City," *Environ. Pollut. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 895–905, 2024, [Online]. Available: <https://ecotonjournal.id/index.php/epj>

-
- [14] C. S. Reynolds, *Ecology of Phytoplankton*, First. United States of America: Cambridge University Press, 2006.
 - [15] E. S. Sahabuddin, *Filosofi Cemanan Air*, 1st ed., vol. 53, no. 9. Kupang, 2015.
 - [16] W. Babiak and I. Krzemińska, “Extracellular Polymeric Substances (EPS) As Microalgal Bioproducts: A Review Of Factors Affecting EPS Synthesis And Application In Flocculation Processes,” *Energies*, vol. 14, no. 13, 2021, doi: 10.3390/en14134007.
 - [17] J. L. Lin and F. Sidik, “Effect Of Extracellular Organic Matter (EOM) Accumulation On Algal Proliferation And Disinfection By-Product Precursors During Cyclic Cultivation,” *Environ. Sci. Water Res. Technol.*, vol. 10, no. 11, pp. 3024–3034, 2024, doi: 10.1039/d4ew00207e.
 - [18] T. S. Yun *et al.*, “Release of Algal Organic Matter from Cyanobacteria Following Application of USEPA-Registered Chemical Algaecides,” *J. Environ. Manage.*, vol. 370, 2024, doi: 10.1016/j.jenvman.2024.122822.