



STRUKTUR KOMUNITAS FITOPLANKTON SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS AIR DI KALI MAS KOTA SURABAYA

Kabul Fadilah^{1*}, Muhammad Abdus Salam Jawwad², dan Syadzadhiya Qothrunada Zakiyayasin Nisa³

^{1,2,&3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

*E-Mail : kabul.fadilah.tl@upnjatim.ac.id

DOI : <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v10i2.6077>

Submit: 25-09-2022; Revised: 19-10-2022; Accepted: 21-10-2022; Published: 30-12-2022

ABSTRAK: Fitoplankton merupakan organisme akuatik yang sensitif terhadap perubahan lingkungan. Kali Mas merupakan salah satu aliran sungai yang melewati Kota Surabaya, dan menjadi sumber kebutuhan air bagi berbagai kebutuhan domestik maupun industri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui status kualitas air Kali Mas berdasarkan struktur komunitas fitoplankton, yang meliputi: keanekaragaman, kelimpahan, pemerataan, dominansi, serta indeks saprobik. Metode yang digunakan dalam studi ini adalah *purposive sampling*. Sampel air dan fitoplankton diambil dari 5 stasiun sepanjang aliran Kali Mas. Hasil identifikasi dari fitoplankton yang ditemukan terdiri dari 10 kelas, yang terdiri dari: Bacillariophyceae (44,19%); Chlorophyceae (6,33%); Chrysophyceae (0,26%); Cyanophyceae (24,9%); Conjugatophyceae (7,49%); Dinophyceae (2,84%); Fragilariophyceae (1,29%); Trebouxiophyceae (8,14%); Ulvophyceae (3,18%); dan Xanthophyceae (0,65%). Indeks keanekaragaman berkisar antara 2,35-2,96; indeks pemerataan 0,72-0,87; dan indeks dominansi berada pada rentang 0,05-0,148. Sedangkan berdasarkan indeks saprobik, Kali Mas berada pada 1,05. Nilai tersebut mengindikasikan kondisi perairan Kali Mas berada pada kondisi β - Meso/oligosaprobik dengan tingkat pencemaran ringan.

Kata Kunci: Fitoplankton, Kualitas Air, Indeks Saprobik.

ABSTRACT: Phytoplankton is an aquatic organism that is sensitive to environmental changes. Kali Mas is one of the rivers that passes through the city of Surabaya, and is a source of water needs for various domestic and industrial needs. The purpose of this study was to determine the status of Kali Mas water quality based on the phytoplankton community structure, which includes: diversity, abundance, evenness, dominance, and saprobic index. The method used in this study is *purposive sampling*. Water and phytoplankton samples were taken from 5 stations along the Kali Mas flow. The identification results of the phytoplankton found consisted of 10 classes, which consisted of: Bacillariophyceae (44.19%); Chlorophyceae (6.33%); Chrysophyceae (0.26%); Cyanophyceae (24.9%); Conjugatophyceae (7.49%); Dinophyceae (2.84%); Fragilariophyceae (1.29%); Trebouxiophyceae (8.14%); Ulvophyceae (3.18%); and Xanthophyceae (0.65%). Diversity index ranged from 2.35-2.96; evenness index 0.72-0.87; and the dominance index is in the range of 0.05-0.148. Meanwhile, based on the saprobic index, Kali Mas is at 1.05. This value indicates the condition of Kali Mas waters is in β - Meso/oligosaprobic conditions with a mild level of pollution.

Keywords: Phytoplankton, Water Quality, Saprobic Index.



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a [CC BY-SA Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).





PENDAHULUAN

Ekosistem perairan darat seperti sungai merupakan salah satu ekosistem yang mempunyai peran vital dalam penyediaan sumber daya air bagi keperluan domestik, pertanian, dan industri. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan populasi manusia dan penggunaan air, tekanan lingkungan terhadap ekosistem sungai menjadi semakin besar. Ekosistem sungai merupakan ekosistem yang rentan mengalami penurunan kualitas lingkungan akibat berbagai pencemaran, seperti: logam berat, limbah domestik, pertanian, industri, dan sedimentasi (Tan *et al.*, 2015). Dampak dari pencemaran tersebut dapat menjadi ancaman kerusakan ekosistem dan juga fungsinya, serta penurunan keanekaragaman biota perairan (Zhang *et al.*, 2020).

Kota Surabaya merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia yang mempunyai kepadatan penduduk yang tinggi, serta sebagai pusat berbagai kegiatan industri. Kota ini juga dilalui oleh Kali Mas dengan panjang 42 kilometer, yang merupakan percabangan dari Sungai Brantas di daerah Mojokerto dan bermuara di Selat Madura. Padatnya daerah permukiman dan juga banyak aktivitas industri di sepanjang aliran sungai Kali Mas dapat berdampak pada masuknya bahan pencemar ke dalam badan air (Oktavia *et al.*, 2015). Bahan pencemar tersebut dapat mencemari sungai dan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air, serta mengganggu kehidupan biota akuatik yang hidup di dalamnya (Sunardi *et al.*, 2021).

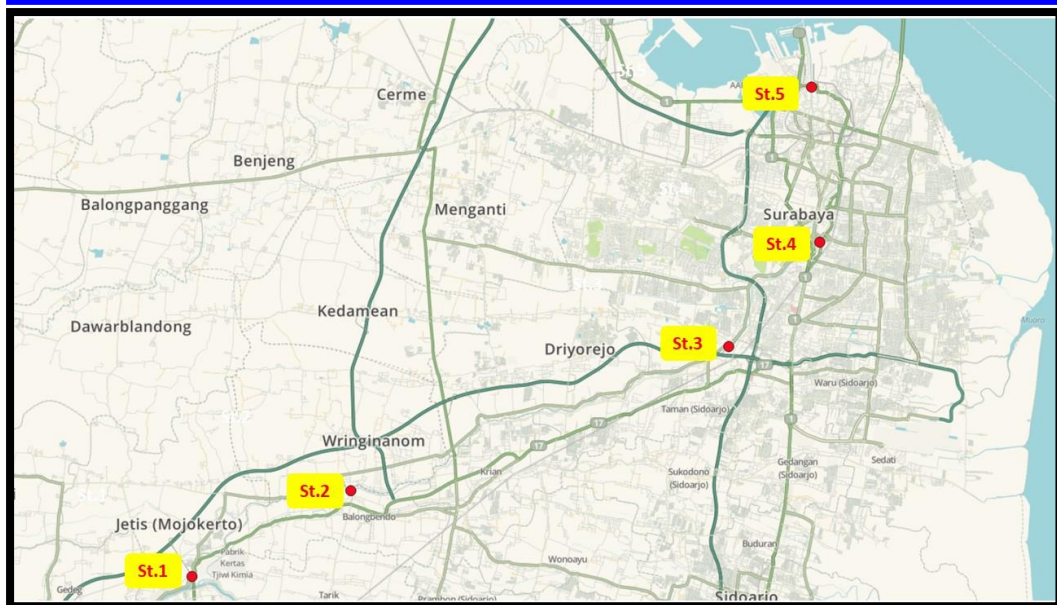
Biota akuatik dapat dijadikan sebagai bioindikator perubahan kualitas air dan ekosistem seperti kelompok fitoplankton (Feng *et al.*, 2021). Karakter fitoplankton yang hidup terbawa aliran air dan tersebar dalam jangkauan yang luas merupakan biota akuatik yang sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan air, seperti: temperatur, konsentrasi oksigen, nutrien, dan perubahan lahan (Kshirsagar *et al.*, 2012). Ketika terjadi pencemaran perairan, komposisi dan kelimpahan fitoplankton dapat menjadi indikator sebagai respon terhadap pengaruh perubahan kualitas air (Lin *et al.*, 2021).

Keberadaan Kali Mas yang mempunyai peran penting dalam pemenuhan sumber daya perairan di Kota Surabaya perlu mendapat perhatian dalam aspek pengelolaan lingkungannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kondisi ekosistem sungai berdasarkan indeks ekologi organisme fitoplankton, meliputi: indeks keanekaragaman, kemerataan, dominansi, dan saprobik, serta kualitas air di Kali Mas Kota Surabaya. Keberadaan fitoplankton dalam ekosistem perairan sebagai produsen dapat menjadi indikasi terjadinya perubahan kualitas lingkungan yang dapat berdampak pada berbagai aspek kehidupan lainnya.

METODE

Pengambilan sampel air dan fitoplankton dilakukan pada 5 titik stasiun sampling di sepanjang aliran Kali Mas (Gambar 1), menggunakan teknik *purposive sampling*.





Gambar 1. Lokasi Pengambilan Sampel Air dan Fitoplankton.

Parameter kualitas air yang diukur meliputi: DO, pH, suhu, fosfat, dan nitrat. Sampel fitoplankton diambil sebanyak 10 L menggunakan plankton net nomor 25 dengan mesh 20 μm . Sampel fitoplankton kemudian diawetkan menggunakan larutan lugol 1%. Sampel air dan fitoplankton disimpan dalam *coolbox*, kemudian dibawa ke Laboratorium untuk diidentifikasi dan analisis kualitas air. Identifikasi fitoplankton dilakukan menggunakan *sedgwick rafter* dan diamati menggunakan mikroskop binokuler. Identifikasi jenis fitoplankton dilakukan dengan mengacu pada buku *Freshwater Biology* (Edmonson, 1959), dan *How to Know the Fresh-Water Algae* (Prescott, 1964). Perhitungan kelimpahan fitoplankton menggunakan perhitungan berikut ini.

$$N = n \times \frac{1}{Vd} \times \frac{Vt}{Vs}$$

Keterangan:

N = Kelimpahan plankton (individu per liter); dan
n = Jumlah sel atau individu yang teramati.

Indeks diversitas fitoplankton menggunakan Shannon-Wiener indeks berikut ini.

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Keterangan:

H' = Indeks Diversitas Shannon-Wiener;
Pi = ni/N; dan
ni = Jumlah individu jenis ke-i.



Perhitungan dominansi fitoplankton menggunakan indeks dominansi Simpson.

$$D = \sum_{i=1}^n p_i^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Keterangan:

- D = Indeks dominansi Simpson;
ni = Jumlah individu jenis ke-i; dan
N = Jumlah total individu.

Indeks kemerataan menggunakan rumus berikut ini.

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

- E = Indeks kemerataan;
H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener; dan
S = Jumlah jenis dalam komunitas.

Indeks saprobik dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$IS = \frac{C + 3D + B - 3A}{A + B + C + D}$$

Keterangan:

- IS = Indeks Saprobik;
A = Kelompok Cyanophyta;
B = Kelompok Dynophyta;
C = Kelompok Chlorophyta; dan
D = Kelompok Chrysophyta.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran kualitas air Kali Mas ditunjukkan pada Tabel 1, yang meliputi: temperatur, pH, oksigen terlarut, BOD, nitrat, dan fosfat. Secara umum, kondisi parameter fisika kimia perairan di Kali Mas masih berada di bawah baku mutu, yang mengacu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 mengenai Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Temperatur air di sepanjang aliran Kali Mas berkisar 26,9-27,9⁰C. Kondisi temperatur tersebut masih sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Perubahan temperatur pada perairan dapat disebabkan oleh intensitas cahaya matahari yang masuk pada badan air. Semakin tinggi intensitas cahaya matahari yang masuk, maka suhu di perairan akan meningkat (Bonilla *et al.*, 2016). Nilai pH di setiap stasiun menunjukkan rentang 7,45-7,97. Nilai pH tersebut masih dalam kategori pH yang baik dalam mendukung bagi kehidupan biota akuatik.

Hasil pengukuran DO yaitu 4,2-4,3 mg/L, oksigen terlarut merupakan faktor pembatas, apabila konsentrasi di dalam air rendah maka dapat mengganggu aktivitas metabolisme biota akuatik. Sementara nilai BOD perairan relatif sama pada setiap titik sampling, yaitu 2-3 mg/L dan masih memenuhi baku mutu yang



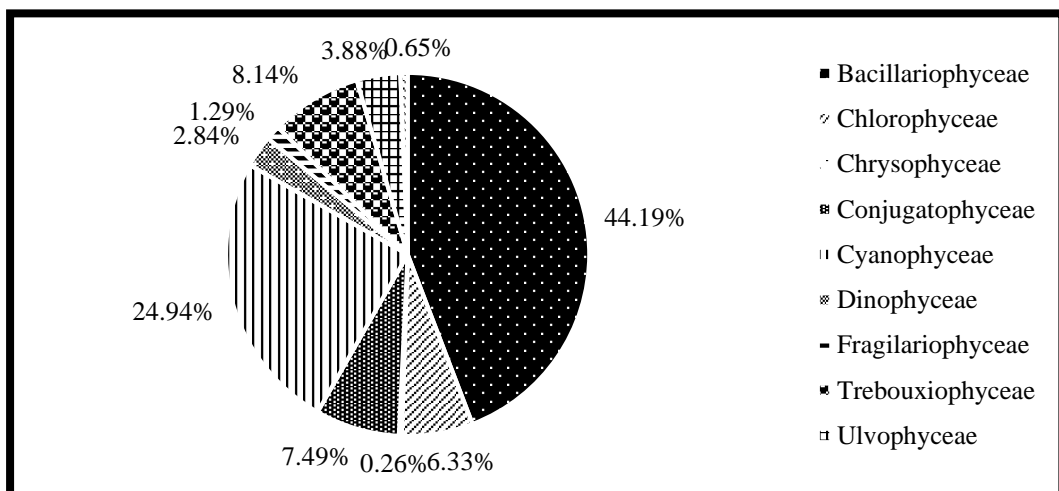
ditetapkan. Nilai BOD di perairan dipengaruhi oleh jumlah bahan organik, terutama limbah domestik yang masuk ke perairan. Parameter nitrat menunjukkan nilai yang relatif tinggi pada stasiun 3 yaitu 3,11 mg/L, sementara nilai terendah terdapat di stasiun 5 yaitu 0,77 mg/L. Sedangkan parameter fosfat berkisar pada 0,14-0,26 mg/L. Fitoplankton di suatu perairan membutuhkan berbagai macam nutrisi untuk pertumbuhannya, antara lain makronutrien dan mikronutrien. Di antara nutrisi tersebut, nitrat dan fosfat merupakan nutrisi penting yang dibutuhkan dalam pertumbuhan fitoplankton (Dwirastina & Atminarso, 2021).

Tabel 1. Kualitas Air di Kali Mas.

Parameter	Satuan	Stasiun 1	Stasiun 2	Stasiun 3	Stasiun 4	Stasiun 5
Temperatur	°C	26.9	27.73	27.25	27.91	27.93
pH	-	7.97	7.74	7.54	7.45	7.46
DO	mg/L	4.33	4.36	4.24	4.25	4.32
BOD	mg/L	2.68	2.00	2.95	2.85	3.00
Nitrat	mg/L	0.86	0.63	3.11	0.34	0.77
Fosfat	mg/L	0.14	0.15	0.21	0.17	0.26

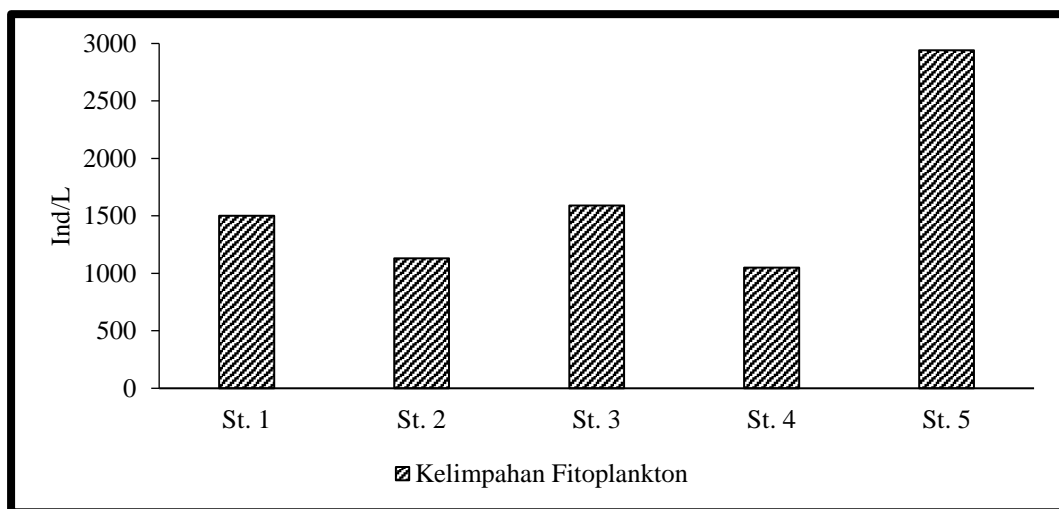
Hasil identifikasi fitoplankton di Kali Mas ditemukan 42 spesies yang terdiri dari 10 kelas (Gambar 2), yaitu: Bacillariophyceae (44,19%); Chlorophyceae (6,33%); Chrysophyceae (0,26%); Cyanophyceae (24,9%); Conjugatophyceae (7,49%); Dinophyceae (2,84%); Fragilariophyceae (1,29%); Trebouxiophyceae (8,14%); Ulvophyceae (3,18%); dan Xanthophyceae (0,65%). Berdasarkan kelas fitoplankton tersebut, kelas Bacillariophyceae merupakan kelas yang paling banyak ditemukan sepanjang aliran Kali Mas.

Menurut Samudra *et al.* (2022), kelas Bacillariophyceae merupakan kelompok yang paling sering ditemukan pada berbagai ekosistem perairan, seperti: sungai, kolam, dan danau. Beberapa spesies dari kelas Bacillariophyceae juga diketahui mampu beradaptasi pada kondisi perairan yang tercemar, sehingga mampu berkembang dalam jumlah yang lebih besar. Beberapa spesies yang banyak ditemukan yaitu: *Diatoma* sp., *Genicularia* sp., dan *Aulacoseira* sp.



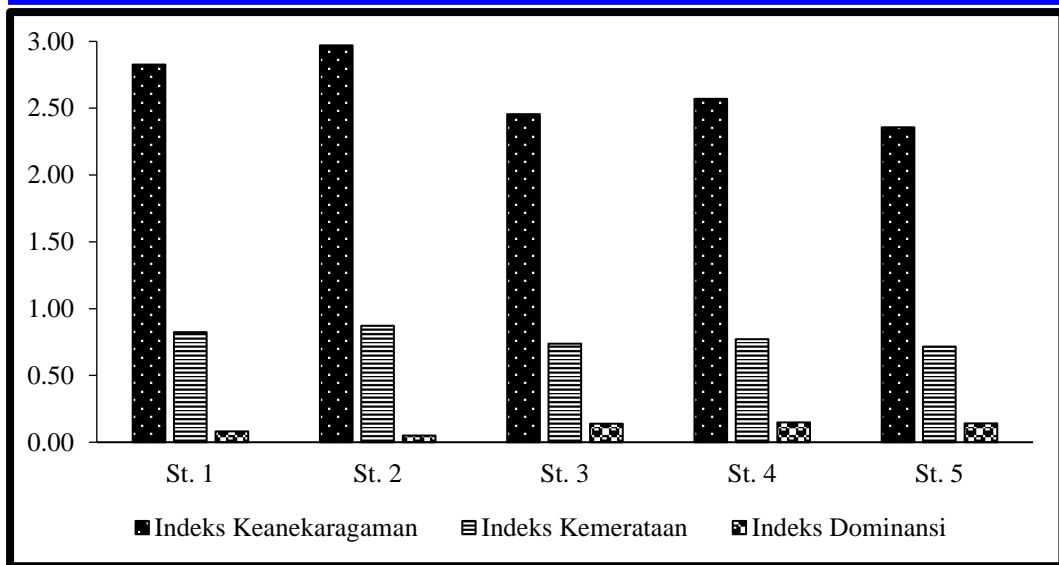
Gambar 2. Komposisi Fitoplankton di Kali Mas.

Kelimpahan fitoplankton tertinggi terdapat di Stasiun 5 yaitu sebanyak 2.940 ind/L, sementara kelimpahan terendah terdapat pada stasiun Stasiun 4 sebesar 1.050 ind/L (Gambar 3). Lokasi Stasiun 4 merupakan bagian muara dari Kali Mas menuju laut, sehingga dimungkinkan di aliran bagian hilir sungai terdapat banyak bahan organik yang mampu dimanfaatkan dalam perkembangan fitoplankton. Kelimpahan fitoplankton berkaitan erat dengan faktor nutrisi perairan. Berdasarkan pengukuran, parameter fosfat menunjukkan nilai yang tinggi pada Stasiun 5 (0,26 mg/L) dibandingkan dengan lokasi lainnya. Fosfat merupakan nutrisi penting yang digunakan fitoplankton dalam proses perkembangan dan pertumbuhan. Studi yang dilakukan oleh Fonge (2012) menunjukkan korelasi yang signifikan antara kelimpahan fitoplankton dengan konsentrasi fosfat di perairan. Beberapa spesies yang banyak ditemukan di Stasiun 5 yaitu: *Diatoma* sp., *Osillatoria* sp., *Planktothrix* sp., dan *Surirella* sp.



Gambar 3. Kelimpahan Fitoplankton di Kali Mas.

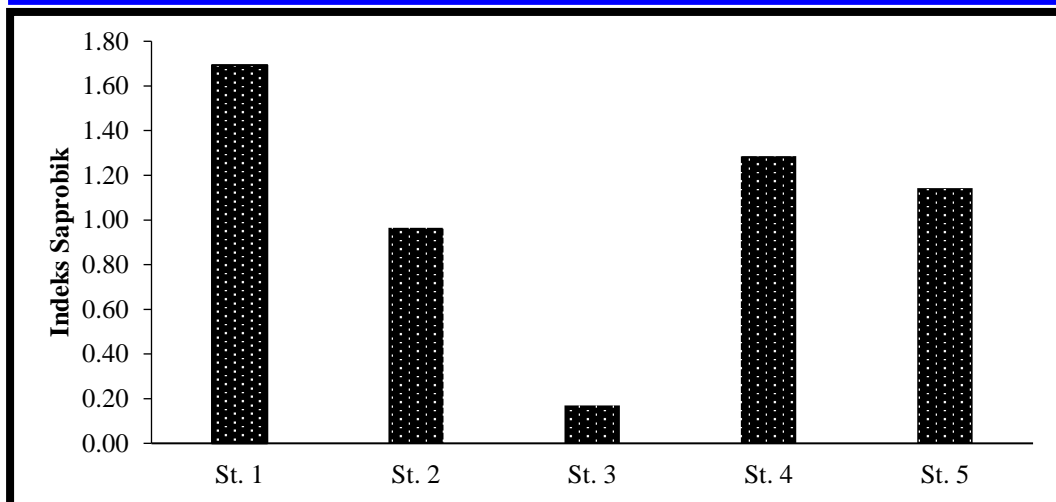
Nilai rata-rata keanekaragaman fitoplankton di Kali Mas adalah 2,64 (Gambar 4). Nilai keanekaragaman terkecil terdapat di stasiun 5 yaitu 2,35; dan tertinggi terdapat di stasiun 2 yaitu 2,96. Kondisi tersebut termasuk dalam kategori keanekaragaman tingkat sedang. Tingginya nilai indeks keanekaragaman di Stasiun 2 dapat disebabkan jumlah spesies fitoplankton ditemukan dalam jumlah yang relatif banyak, yaitu 30 spesies. Sementara itu, tidak adanya spesies fitoplankton tertentu yang mendominasi menyebabkan nilai indeks keanekaragaman menjadi tinggi. Selain itu, kondisi perairan yang baik juga menjadi faktor pendukung terhadap keberadaan berbagai jenis fitoplankton dalam suatu tempat (Marsela *et al.*, 2021). Keanekaragaman merupakan indikator yang dapat untuk digunakan sebagai gambaran kondisi pencemaran pada ekosistem perairan (Ramesha & Sophia, 2013). Indeks diversitas yang lebih besar dari 3, mengindikasikan kondisi perairan mampu mendukung kehidupan fitoplankton. Sementara nilai indeks keanekaragaman yang lebih dari 2, termasuk kategori tidak tercemar (Sidomukti & Wardhana, 2021).



Gambar 4. Indeks Keanekaragaman, Kemerataan, dan Dominansi Fitoplankton di Kali Mas.

Nilai indeks dominansi fitoplankton di Kali Mas (Gambar 4) berada pada rentang 0,05-0,14. Menurut Sirait *et al.* (2018), nilai indeks dominansi berkisar antara 0-1, nilai yang semakin mendekati 1 menunjukkan adanya dominansi jenis fitoplankton pada suatu ekosistem perairan. Berdasarkan nilai indikator tersebut, indeks dominansi fitoplankton pada 5 stasiun pengamatan di Kali Mas relatif rendah. Sementara jenis fitoplankton yang paling banyak ditemui di sepanjang aliran sungai adalah dari kelas Bacillaryophyceae. Kelompok Bacillaryophyceae atau yang dikenal juga dengan Diatom dapat mudah ditemukan pada berbagai kondisi perairan (Dahlan *et al.*, 2020). Hal tersebut juga didukung oleh karakteristik morfologinya yang mempunyai adaptasi bentuk seperti tangkai, tabung, dan berbagai bentuk simetris lainnya yang mampu memperluas permukaan tubuhnya untuk tetap berada di kolom permukaan air (Supriyantini *et al.*, 2020).

Indeks kemerataan fitoplankton di Kali Mas 0,57-0,82, dengan nilai terendah terdapat di Stasiun 4 dan tertinggi di Stasiun 1 (Gambar 4). Nilai indeks kemerataan yang mendekati 0 termasuk kategori rendah, artinya terdapat jenis yang dominan dalam komunitas tersebut. Sementara nilai yang mendekati 1 menunjukkan kemerataan antar jenis relatif merata. Indeks kemerataan di Kali Mas menunjukkan nilai yang relatif sedang ke tinggi. Perbedaan nilai indeks pada setiap stasiun menunjukkan adanya perbedaan komposisi jumlah jenis yang berbeda. Selain itu, kemerataan jenis juga dapat menjadi indikator adanya dominansi suatu jenis pada ekosistem.



Gambar 5. Indeks Saprobik di Kali Mas.

Indeks saprobik merupakan indikator yang sering digunakan sebagai acuan dalam analisis pencemaran perairan akibat pencemar organik yang dicirikan dengan kehadiran spesies tertentu pada ekosistem perairan. Hasil penelitian di Kali Mas menunjukkan nilai indeks saprobik yang berkisar antara 0,17-1,69 (Gambar 5). Secara umum, nilai rata-rata indeks saprobik di Kali Mas adalah 1,05. Nilai tersebut mengindikasikan kondisi perairan Kali Mas berada pada kondisi β - Meso/oligosaprobik dengan tingkat pencemaran ringan. Nilai indeks saprobik terbesar berada di stasiun 1, yaitu berada pada aliran masuk Kali Mas. Kondisi tersebut dapat dimungkinkan karena sumber polutan organik pada aliran sungai relatif lebih sedikit akibat terpisahnya dengan aliran utama Sungai Brantas. Sedangkan nilai indeks saprobik terkecil yaitu stasiun 3, dimana pada lokasi tersebut merupakan kawasan yang dekat pusat perkotaan dengan banyaknya kegiatan dan buangan limbah domestik (Ilham *et al.*, 2020).

SIMPULAN

Berdasarkan beberapa indikator ekologi seperti indeks keanekaragaman, pemerataan, serta dominansi, kondisi Kali Mas masih tergolong dalam keadaan yang relatif baik. Sementara nilai indeks saprobik menunjukkan tingkat pencemaran ringan pada perairan Kali Mas. Struktur komunitas yang relatif stabil dapat mendukung kelangsungan hidup fitoplankton yang ditemukan di perairan Kali Mas meliputi: Kelas Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Chrysophyceae, Cyanophyceae, Conjugatophyceae, Dinophyceae, Fragilariophyceae, Trebouxiophyceae, Ulvophyceae, dan Xanthophyceae.

SARAN

Perlu adanya data yang diambil dalam rentang waktu yang reguler atau musim yang berbeda sebagai kegiatan monitoring kualitas air dan juga ekosistem di Kali Mas Kota Surabaya.



UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada LPPM Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, yang telah mendukung kegiatan riset ini melalui skema RISDA No: SPP/113/UN.63.8/LT/V/2022.

DAFTAR RUJUKAN

- Bonilla, S., González-Piana, M., Soares, M.C.S., Huszar, V.L.M., Becker, V., Somma, A., Marinho, M.M., Kokociński, M., Dokulil, M., Antoniaades, D., and Aubriot, L. (2016). The Success of the Cyanobacterium *Cylindrospermopsis raciborskii* in Freshwaters is Enhanced by the Combined Effects of Light Intensity and Temperature. *Journal of Limnology*, 75(3), 606-617.
- Dahlan, A., Zahidah, Andriani, Y., and Herawati, H. (2020). Plankton Community Structure as a Bioindicator in Jatigede Reservoir, West Java, Indonesia. *Academia*, 13(5), 3086-3095.
- Dwirastina, M., dan Atminarso, D. (2021). Evaluation of the Conditions of Mamberamo River Water with Biomass and Phytoplankton Community Approach. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 13(1), 38-47.
- Edmonson, W.T. (1959). *Freshwater Biology*, 2nd edn. New York: John Willey and Sons.
- Feng, B., Zhang, M., Chen, J., Xu, J., Xiao, B., Zhou, M., and Zhang, M. (2021). Reduction in the Phytoplankton Index of Biotic Integrity in Riverine Ecosystems Driven by Industrial Activities, Dam Construction and Mining: A Case Study in the Ganjiang River, China. *Ecological Indicators*, 120, 106907.
- Fonge, B.A., Tening, A.S., Egbe, E.A., Yinda, G.S., Fongod, A.N., and Achu, R.M. (2012). Phytoplankton Diversity and Abundance in Ndop Wetland Plain, Cameroon. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 6(6), 247-257.
- Ilham, T., Hasan, Z., Andriani, Y., Herawati, H., dan Sulawesty, F. (2020). Hubungan antara Struktur Komunitas Plankton dan Tingkat Pencemaran di Situ Gunung Putri, Kabupaten Bogor. *LIMNOTEK : Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 27(2), 79-92.
- Kshirsagar, A.D., Ahire, M.L., and Gunale, V.R. (2012). Phytoplankton Diversity Related to Pollution from Mula River at Pune City. *Terrestrial and Aquatic Environmental Toxicology*, 6(2), 136-142.
- Lin, L., Wang, F., Chen, H., Fang, H., Zhang, T., and Cao, W. (2021). Ecological Health Assessments of Rivers with Multiple Dams Based on the Biological Integrity of Phytoplankton: A Case Study of North Creek of Jiulong River. *Ecological Indicators*, 121, 106998.
- Marsela, K., Hamdani, H., Anna, Z., and Herawati, H. (2021). The Relation of Nitrate and Phosphate to Phytoplankton Abundance in the Upstream Citarum River, West Java, Indonesia. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 11(5), 21-31.





- Oktavia, N., Purnomo, T., dan Lisdiana, L. (2015). Keanekaragaman Plankton dan Kualitas Air Kali Surabaya. *Jurnal Lentera Bio*, 4(1), 103-107.
- Prescott, G.W. (1964). *How to Know the Freshwater Algae*. Michigan: Michigan State University.
- Ramesha, M., and Sophia, S. (2013). Species Composition and Diversity of Plankton in the River Seeta at Seetanadi, the Western Ghats, India. *Advanced Bio Tech*, 12(8), 20-27.
- Samudra, S.R., Fitriadi, R., Baedowi, M., dan Sari, L.K. (2022). Pollution Level of Banjaran River, Banyumas District, Indonesia: A Study Based on the Saprobic Index of Periphytic Microalgae. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(3), 1527-1534.
- Sunardi, S., Fadilah, K., Istiqomah, N., Ariyani, M., Malini, D.M., Yolanda, S., Putri, A., dan Ratningsih, N. (2021). Citarum River Water Pollution and Stress Responses in the Tolerant and Sensitive Fish. *Indonesian Journal of Limnology*, 2(1), 53-64.
- Supriyantini, E., Munasik, M., Sedjati, S., Wulandari, S.Y., Ridlo, A., dan Mulya, E. (2020). Kajian Pencemaran Perairan Pulau Panjang, Jepara Berdasarkan Indeks Saprobik dan Komposisi Fitoplankton. *Buletin Oseanografi Marina*, 9(1), 27-36.
- Tan, X., Ma, P., Bunn, S.E., and Zhang, Q. (2015). Development of a Benthic Diatom Index of Biotic Integrity (BD-IBI) for Ecosystem Health Assessment of Human Dominant Subtropical Rivers, China. *Journal of Environmental Management*, 151, 286-294.
- Zhang, Y., Ban, X., Li, E., Wang, Z., and Xiao, F. (2020). Evaluating Ecological Health in the Middle-Lower Reaches of the Hanjiang River with Cascade Reservoirs Using the Planktonic Index of Biotic Integrity (P-IBI). *Ecological Indicators*, 114, 106282.