



Identifikasi Jenis Plankton Sebagai Bioindikator Perairan di Danau Seran Kecamatan Landasan Ulin, Kalimantan Selatan

Rizqi Fithratullah^{1*}, Elda Juwiyatri¹, Anjar Pribadi¹

¹Ilmu Forensik, Sekolah Pascasarjana, Universitas Airlangga

*Korespondensi: rizqi.fithratullah-2021@pasca.unair.ac.id

Info Artikel

Diterima 07
Oktober 2023

Disetujui 06
November 2023

Dipublikasikan 13
November 2023

Keywords:
Plankton,
Bioindikator
Perairan, Tambang
Intan, Danau Seran

© 2023 The
Author(s): This is
an open-access
article distributed
under the terms of
the Creative
Commons
Attribution
ShareAlike (CC BY-
SA 4.0)



Abstrak

Plankton adalah organisme yang terapung atau melayang-layang didalam suatu perairan yang gerakannya relatif pasif. Plankton merupakan organisme akuatik yang memegang peranan penting dalam mempengaruhi produktivitas primer dalam perairan. Keberadaan plankton dapat dijadikan sebagai bioindikator kondisi perairan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis plankton sebagai bioindikator perairan di danau seran kecamatan landasan ulin, kalimantan selatan. Sampel diambil pada kedalaman 0 meter, 3 meter, dan 6 meter sebanyak 4 kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan di danau Seran terdiri dari 4 filum Fitoplankton yaitu Baccilarophyta (3 spesies), Charophyta (1 spesies), Chlorophyta (4 spesies), dan Cyanobacteria (3 Spesies). Parameter fisika-kimia yang diukur meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, kecerahan, nitrat, fosfat, dan timbal (Pb). Suhu berkisar 28-29 °C, Nilai pH yang didapat yaitu 3,55, Nilai kadar oksigen terlarut dalam air berkisar antara 7,02-7,15 mg/L, kandungan nitrat yang didapat yaitu 0,001±0,000 mg/L yang termasuk kedalam tingkat oligotrofik (kesuburan rendah), kadar fosfat yang didapat yaitu 0,002±0,001 mg/, dan kadar pb yang didapat yaitu 0,092±0,013 mg/L.

Abstract

Plankton are organisms that float or drift in a body of water that moves relatively passively. Plankton are aquatic organisms that play an important role in influencing primary productivity in waters. The presence of plankton can be used as a bioindicator of water conditions. This study aims to identify plankton species as aquatic bioindicators in Seran Lake, Tanah Ulin sub-district, South Kalimantan. Sampling was taken from Seran lake with different depths of 0 meters, 3 meters, and 6 meters with 4 replicates. Result showed in Ceramin lake consist of 4 phyla of phytoplankton, Baccilarophyta (3 species), Charophyta (1 species), Chlorophyta (4 species), and Cyanobacteria (3 species). Physico-chemical parameters measured included temperature, pH, dissolved oxygen, brightness, nitrate, phosphate, and lead (Pb). The temperature ranged from 28-29 °C, the pH value obtained was 3.55, the value of dissolved oxygen content in water ranged from 7.02-7.15 mg/L, the nitrate content obtained was 0.001 ± 0.000 mg/L which was included in the oligotrophic level (low fertility), the phosphate content obtained was 0.002 ± 0.001 mg/, and the Pb content obtained was 0.092 ± 0.013 mg/L.

1. Pendahuluan

Danau adalah salah satu perairan darat yang terbentuk secara alami ataupun buatan. Proses terbentuknya danau secara alami disebabkan oleh bencana alam, aktivitas vulkanik, dan tektonik. Sedangkan danau buatan terbentuk akibat adanya aktivitas manusia, seperti bekas pertambangan ataupun pembuatan daerah resapan air dalam bentuk situ dan waduk (Harlina, 2021). Perairan ini memiliki berbagai jenis biota yang saling berinteraksi dan berasosiasi di dalamnya sehingga membentuk sebuah ekosistem perairan danau. Biota-biota tersebut akan mengalami perubahan populasi tergantung kondisi atau kualitas perairannya. Selain itu danau merupakan kawasan perairan yang memiliki potensi untuk dikembangkan.

Danau Seran adalah kawasan penambangan intan milik PT. Galuh Cempaka yang berlokasi di Kecamatan Landasan Ulin, Kota Banjarbaru, Kalimantan Selatan. Aktivitas penambangan di sini sudah tidak dilakukan lagi, namun lahan ini masih berstatus milik perusahaan penambangan hingga tahun 2034 mendatang. Bekas-bekas galian tambang yang terbengkalai menjadikan tempat ini digenangi air dan menjadi tempat wisata danau yang sekarang dikunjungi banyak orang. Adanya aktivitas pariwisata, dapat menyumbang masukan limbah (cair atau padat) baik secara langsung maupun tidak langsung dapat meningkatkan zat hara di suatu perairan. Pada umumnya danau-danau bekas tambang mengandung unsur C yang tinggi, pH rendah serta tingginya senyawa logam seperti besi, aluminium dan mangan. Selain itu, kualitas air danau bekas tambang juga dipengaruhi oleh pembusukan material organik yang ada di dasar danau (Saputra *et al.*, 2022).

Kalimantan Selatan merupakan salah satu wilayah yang berpotensi untuk pengembangan pariwisata. Pengelolaan dan pengembangan pariwisata perlu memperhatikan aspek seperti daya tarik wisata, aksesibilitas, sarana dan prasarana serta masyarakat berdasarkan Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2009 (Siregar *et al.*, 2018). Selain itu, terdapat aspek penunjang lain dalam pengelolaan dan pengembangan pariwisata yaitu kebersihan dan keamanan. Salah satu bentuk dari aspek kebersihan dan keamanan adalah dengan memperhatikan kualitas perairan.

Kualitas perairan yang baik sangat penting untuk mendukung kehidupan biota air. Kondisi kualitas perairan menentukan ketersediaan pakan alami bagi ikan seperti plankton, bentos dan tumbuhan air. Pengukuran kualitas perairan dapat dilakukan dengan melihat parameter fisika, kimia dan biologi. Parameter biologi dapat dilihat dengan melihat keberadaan kelompok mikroorganisme petunjuk (indikator) air yang keberadaannya berhubungan dengan kondisi lingkungan dan apabila terjadi perubahan kualitas air akan mempengaruhi keberadaan mikroorganisme. Hal ini dikarenakan mikroorganisme memiliki kapasitas merespon suatu perubahan lingkungan dengan cepat (Lau & Lennon, 2012). Salah satu mikroorganisme yang dapat dijadikan bioindikator kehidupan di perairan adalah plankton. Plankton menjadi makanan bagi sejumlah konsumen dalam rantai makanan dan jaring makanan (Faza, 2012).

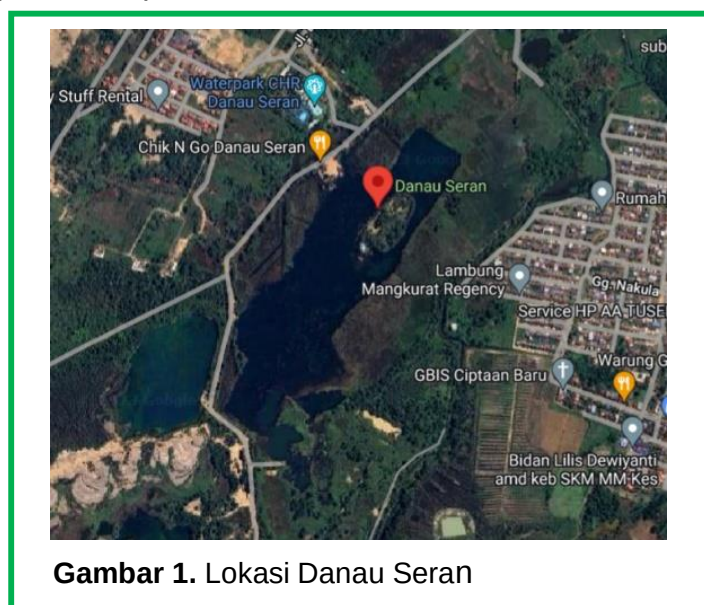
Secara umum plankton terbagi menjadi dua yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton adalah plankton nabati yang memiliki kemampuan berfotosintesis dan berperan sebagai produsen primer (*primary productivity*) zat-zat organik sehingga dapat di konsumsi oleh zooplankton dan beberapa organisme lainnya seperti larva pada ikan yang masih muda. Fitoplankton dapat ditemukan di seluruh massa air mulai dari permukaan air sampai pada kedalaman dengan intensitas cahaya yang

masih memungkinkan terjadinya fotosintesis. Fitoplankton juga berperan sebagai pemasok oksigen melalui proses fotosintesis (Fajri & Kasry, 2014). Sedangkan zooplankton adalah plankton hewani yang berperan sebagai konsumen pertama di suatu perairan. Zooplankton hanya dapat hidup dan berkembang dengan baik pada kondisi perairan yang sesuai. Perubahan yang terjadi pada suatu perairan akan mempengaruhi struktur komunitas zooplankton yang ada (Lukman *et al.*, 2013).

Pengukuran kualitas perairan, selain melihat parameter biologi, parameter fisika-kimia perairan juga perlu diperhatikan seperti rendahnya pH, konsentrasi logam dan kandungan padatan tersuspensi dan padatan terlarut yang tinggi (Blodau, 2006; España *et al.*, 2008). Karakteristik dari parameter fisik-kimia sangat berperan penting terhadap fungsinya bagi organisme dan sangat berpengaruh dalam menjaga keseimbangan sebuah perairan. Danau bekas tambang adalah ekosistem yang minim akan bahan organik. Rendahnya nilai pH dan tingginya kandungan logam berat menyebabkan sedikitnya organisme yang mampu hidup dan berkembang di lokasi tersebut. Minimnya bahan organik pada danau bekas tambang disebabkan tidak adanya aliran air masuk maupun keluar dari danau bekas tambang. Sumbangan bahan organik hanya berasal dari vegetasi sekitaran danau. Hal ini menarik untuk dikaji untuk mengetahui apa saja jenis-jenis plankton yang mampu hidup pada danau bekas tambang tersebut.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan terhadap air danau bekas tambang intan di danau Seran, Kecamatan Landasan Ulin. Metode pengambilan sampel dilakukan secara *stratified random sampling*. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 kedalaman dengan 4 kali ulangan yaitu pada kedalaman 0 meter, 3 meter, dan 6 meter. Lokasi danau Seran dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Danau Seran

Sampel air untuk parameter kimia-fisika akan diuji di Laboratorium Lingkungan Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru. Pengambilan sampel air menggunakan botol plastik ukuran 1,5 L yang bersih dan dibilas dengan air danau pada masing-masing lokasi. Air dimasukkan ke dalam *ice box*, selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium lingkungan Balai Riset dan Standardisasi Industri Banjarbaru untuk dilakukan analisis.

Pengambilan sampel plankton dilakukan pagi hari. Pengambilan sampel plankton dilakukan dengan mengambil sampel air menggunakan *water sampler* berkapasitas 3 liter sebanyak 10 kali sampai volume air mencapai 30 liter. Air tersebut kemudian dimasukkan ke dalam plankton net berukuran 25 μm . Sampel plankton yang terjaring akan terkumpul dalam *bucket* dan selanjutnya dituang ke dalam botol sampel berukuran 125 mL. Kemudian sampel difiksasi dengan larutan lugol 10% sebanyak 2-3 tetes. Sampel yang telah difiksasi dimasukkan ke dalam *ice box* agar sampel tidak rusak setelah sampai di laboratorium.

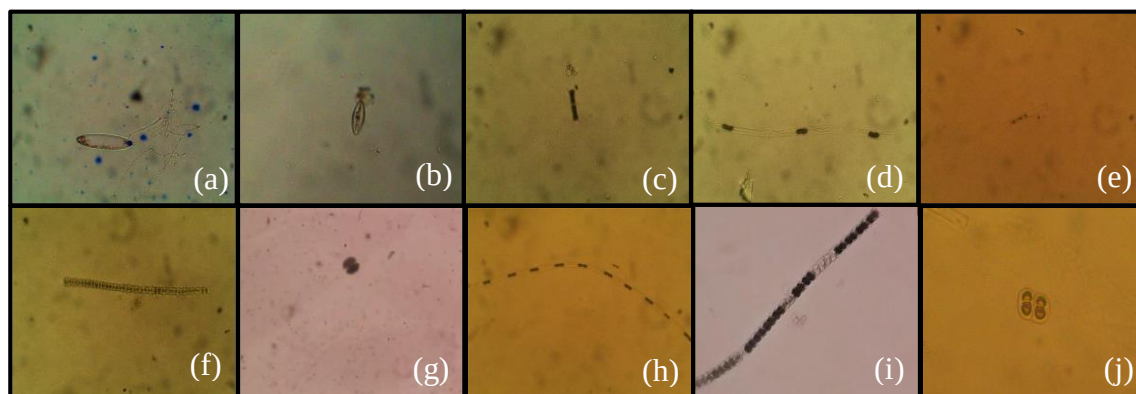
Kemudian kegiatan analisis di laboratorium meliputi pengamatan sampel plankton di bawah mikroskop dan diidentifikasi. Sebelum dianalisis, botol sampel dikocok terlebih dahulu agar homogen, kemudian dengan menggunakan pipet sampel diambil sebanyak 1 mL dan diletakkan di atas *Sedgwick rafter counting cell* dan ditutup dengan *cover glass* lalu diamati dibawah mikroskop dengan pola zig-zag. Plankton yang terlihat di bawah mikroskop diidentifikasi dengan mengacu pada buku pedoman identifikasi Cooper & Dolan (2006) *A Guide to Common Gulf of Marine Phytoplankton*, Carr (1966) *Fresh Water Phytoplankton And Phytonekton From Lake Rotoiti*, Vuuren et al., (2006) *Easy Identification of most Common Freshwater Algae*, dan Phan et al., (2015) *Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and its Tributaries*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Identifikasi Plankton

Plankton dibedakan atas dua kelompok yaitu zooplankton dan fitoplankton. Berdasarkan hasil penelitian struktur komunitas plankton di danau Seran, plankton yang ditemukan di danau Seran hanya fitoplankton yang terdiri dari 4 filum yaitu Baccilarophyta (*Neidium* sp., *Navicula* sp.1, *Navicula* sp.2), Charophyta (*Staurostrum* sp.), Chlorophyta (*Spirogyra* sp., *Strichoccus bacillaris*, *Scendesmus* sp., *Cosmarium* sp.), dan Cyanobacteria (*Gleotrichia* sp., *Anabaena* sp., *Chroococcus* sp.)



Gambar 2. Fitoplankton yang ditemukan di danau Seran, yaitu (a) *Neidium* sp., (b) *Navicula* sp., (c) *Staurostrum* sp., (d) *Spirogyra* sp., (e) *Strichoccus bacillaris*, (f) *Scendesmus* sp., (g) *Cosmarium* sp., (h) *Gleotrichia* sp., (i) *Anabaena* sp., dan (j) *Chroococcus* sp. yang diamati dengan mikroskop pada perbesaran 200x.

Berikut ini kelimpahan fitoplankton yang didapat di danau Seran.

Tabel 1. Kelimpahan Fitoplankton di danau Seran.

Jenis Fitoplankton	Kedalaman		
	0 m	3 m	6 m
Bacilarophyta			
<i>Neidium</i> sp.	-	-	1
<i>Navicula</i> sp.1	1	-	6
<i>Navicula</i> sp.2	-	-	1
Charophyta			
<i>Staurostrum</i> sp.	5	14	34
Chlorophyta			
<i>Spirogyra</i> sp.	1804	1307	854
<i>Strichoccus bacillaris</i>	250	221	254
<i>Scendesmus</i> sp.	75	84	21
<i>Cosmarium</i> sp.	-	-	1
Cyanobacteria			
<i>Gleotrichia</i> sp.	144	132	295
<i>Anabaena</i> sp.	367	314	303
<i>Chroococcus</i> sp.	-	-	1
N (sel/L)	11025	8633,33	7383,33

Kelimpahan fitoplankton di danau Seran pada kedalaman 0 meter 11025 sel/L, kedalaman 3 meter 8633,33 sel/L, dan kedalaman 6 meter 7383,33 sel/L (Tabel 1).

Parameter Fisika-kimia perairan

Hasil pengukuran parameter fisika-kimia danau Seran dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Parameter Fisika-Kimia Danau Seran

Parameter	Kedalaman		
	0 m	3 m	6 m
Suhu (°C)	29±0	28,75±0,50	28±0,87
pH	3,55	3,55	3,55
DO (mg/L)	7,1	7,02	7,15
Nitrat (mg/L)	<0,001		
Fosfat (mg/L)	0,002±0,001		
Pb (mg/L)	0,092±0,013		

Suhu berfungsi dalam pengaruh fotosintesis organisme perairan baik secara tidak langsung maupun langsung. Pengaruh langsung adalah reaksi kimia yang berperan dalam proses fotosintesis. Sedangkan pengaruh tidak langsung adalah perubahan struktur perairan yang dapat mempengaruhi keberadaan fitoplankton. Menurut Kurniawan *et al.*, (2023), suhu optimum bagi perkembangan plankton berada pada 28-35°C. Berdasarkan hasil diatas danau Seran memiliki suhu yang optimum bagi pertumbuhan fitoplankton dan zooplankton yaitu 28-29°C.

Nilai pH yang didapat pada penelitian yaitu 3,55 untuk semua kedalaman (0m, 3m, dan 6m) serta tergolong kedalam pH yang bersifat asam. Nilai pH yang asam disebabkan karena kondisi tambang intan yang menghasilkan AAT (air asam tambang) dimana pH yang rendah mampu meningkatkan toksisitas logam di

perairan, dan plankton yang habitatnya di perairan asam dapat toleran untuk pertumbuhan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Henny (2011) bahwa tambang timah memiliki pH yang asam. Kenaikan suhu dapat meningkatkan pH di perairan. pH yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme fitoplankton akibat menurunnya laju fotosintesis

3.2 Pembahasan

Identifikasi Plankton

Perbedaan kelimpahan plankton pada setiap kedalaman air disebabkan karena faktor lingkungan seperti suhu, nutrisi, salinitas, dan intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosada *et al.*, (2017) yang mengemukakan bahwa sebaran fitoplankton dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang berada pada kisaran optimal bagi pertumbuhan fitoplankton, serta intensitas cahaya yang cukup untuk menembus perairan sehingga tidak terlalu terpengaruh oleh sinar ultraviolet yang berlebihan. Cahaya merupakan faktor pendukung selain nutrisi yang mempengaruhi kehidupan dan perkembangan fitoplankton. Intensitas cahaya yang sesuai akan menghasilkan fitoplankton yang melimpah dan sebaliknya. Intensitas cahaya yang kurang pada perairan dapat menurunkan kelimpahan fitoplankton. Fitoplankton dapat ditemukan di berbagai kondisi perairan, mulai dari permukaan hingga dasar, dimana sinar matahari masih memungkinkan terjadinya fotosintesis (Riyantini *et al.*, 2020).

Danau Seran tidak ditemukan spesies zooplankton. Hal tersebut dikarenakan perubahan lingkungan, kualitas air yang buruk, gangguan ekosistem seperti ledakan populasi alga yang dapat mengganggu rantai makanan zooplankton. Selain itu menurut Odum (1971) menyatakan dalam Mardani *et al.*, (2016) bahwa terdapat perbedaan laju pertumbuhan antara fitoplankton dan zooplankton, zooplankton membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mencapai jumlah yang melimpah karena siklus reproduksi zooplankton lebih panjang dibandingkan fitoplankton.

Parameter Fisika-kimia perairan

Parameter fisika kimia digunakan untuk mendukung kualitas ekosistem perairan. Parameter fisika-kimia yang diukur meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, kecerahan, nitrat, fosfat, dan timbal (Pb). Suhu berfungsi dalam pengaruh fotosintesis organisme perairan baik secara tidak langsung maupun langsung. Pengaruh langsung adalah reaksi kimia yang berperan dalam proses fotosintesis. Sedangkan pengaruh tidak langsung adalah perubahan struktur perairan yang dapat mempengaruhi keberadaan fitoplankton. Berdasarkan hasil di atas semua stasiun memiliki suhu yang optimum bagi pertumbuhan fitoplankton dan zooplankton. Menurut Kurniawan *et al.*, (2023), suhu optimum bagi perkembangan plankton berada pada 28-35 °C.

Nilai pH yang didapat pada penelitian yaitu 3,55 untuk semua kedalaman (0m, 3m, dan 6m) serta tergolong kedalam pH yang bersifat asam. Nilai pH yang asam disebabkan karena kondisi tambang intan yang menghasilkan AAT (air asam tambang) dimana pH yang rendah mampu meningkatkan toksisitas logam di perairan, dan plankton yang habitatnya di perairan asam dapat toleran untuk pertumbuhan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Henny (2011) bahwa tambang timah memiliki pH yang asam. Kenaikan suhu dapat meningkatkan pH di

perairan. pH yang tinggi dapat mengakibatkan terganggunya metabolisme fitoplankton akibat menurunnya laju fotosintesis.

Sumber oksigen terlarut dalam air berasal dari proses fotosintesis yang dilakukan fitoplankton dan tumbuhan akuatik. Oksigen diperlukan organisme akuatik untuk proses respirasi. Nilai kadar oksigen terlarut dalam air di danau Seran berkisar antara 7,02-7,15 mg/L. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan suhu yang dapat mempengaruhi kadar oksigen dalam air. Menurut Patty (2018), kadar oksigen terlarut di perairan berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman.

Kelimpahan fitoplankton dan komposisi dalam komunitas di perairan dapat menggambarkan hubungan yang saling berkaitan antara biotik dan abiotik. Ketersediaan makronutrien seperti nitrat dan fosfat dibutuhkan fitoplankton untuk pertumbuhan. Sumber nitrat dan fosfat berasal dari proses dekomposisi tumbuhan dan organisme yang mati disekitar perairan tersebut. Adanya nitrat dan fosfat dapat menggambarkan tinggi atau rendahnya kelimpahan fitoplankton di perairan. Isnaeni *et al.*, (2015) mengatakan bahwa perairan yang memiliki kandungan nitrat 0,1-0,25 mg/L termasuk oligotrofik (kesuburan rendah). Nitrat yang memiliki kandungan 0,26-0,50 mg/L di perairan termasuk tingkat kesuburan nya sedang (mesotrofik), sedangkan eutrofik (kesuburan tinggi) memiliki kandungan nitrat lebih dari 0,51-0,75 mg/L. Berdasarkan hasil penelitian, kandungan nitrat yang didapat yaitu $0,001 \pm 0,000$ mg/L yang termasuk kedalam tingkat oligotrofik (kesuburan rendah). Hal tersebut dikarenakan pada danau Seran terdapat tumbuhan purun (*Eleocharis sp.*) yang menjadi sumber nutrient di perairan. Kelimpahan fitoplankton yang tinggi dapat menurunkan kandungan nutrient di perairan.

Berdasarkan hasil pengujian fosfat, kadar fosfat yang didapat yaitu $0,002 \pm 0,001$ mg/L. Fatma *et al.*, (2022) menyatakan bahwa tingginya konsentrasi fosfat disebabkan oleh resuspensi yang mengakibatkan sedimen yang berasal dari bagian dasar air naik ke bagian permukaan sehingga menyebabkan zat hara seperti nitrat termasuk fosfat naik ke permukaan air. Resuspensi memiliki potensi dalam supply zat hara yang berasal dari sedimen ke kolom air.

Logam berat yang berada di perairan terbentuk secara alami atau akibat dari aktivitas manusia. Semakin tinggi kandungan di perairan maka semakin tinggi pula kandungan logam dalam tubuh plankton, ini menandakan bahwa kandungan logam berat yang tinggi dalam tubuh plankton akan mengikuti konsentrasi logam berat di perairan. Pb memiliki efek negatif bagi organisme, konsentrasi Pb yang rendah juga berpengaruh bagi kelangsungan hidup organisme Pb dapat terakumulasi melalui rantai makanan (Prasetio *et al.*, 2016). Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air bahwa Pb berdasarkan kriteria mutu air kelas II nilai baku mutu 0,03 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian pb, kadar pb yang didapat di danau Seran yaitu $0,092 \pm 0,013$ mg/L. Kandungan Pb yang tinggi disebabkan karena adanya aktivitas manusia di perairan tersebut mengingat danau Seran dijadikan jalur transportasi perahu mesin yang menyebabkan bahan bakar tumpah ke perairan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa jenis plankton yang didapat di Danau Seran hanya terdapat pada kelompok Fitoplankton yang terdiri dari 4 filum yaitu Bacillariophyta (*Neidium sp.*, *Navicula sp.*1, *Navicula sp.*2), Charophyta (*Staurostrum sp.*), Chlorophyta (*Spirogyra sp.*,

Strichoccus bacillaris, *Scendesmus* sp., *Cosmarium* sp.), dan Cyanobacteria (*Gleotrichia* sp., *Anabaena* sp., *Chroococcus* sp.). Parameter fisika-kimia yang diukur meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, kecerahan, nitrat, fosfat, dan timbal (Pb). Suhu berkisar 28-29 °C, Nilai pH yang didapat yaitu 3,55, Nilai kadar oksigen terlarut dalam air berkisar antara 7,02-7,15 mg/L, kandungan nitrat yang didapat yaitu $0,001 \pm 0,000$ mg/L yang termasuk kedalam tingkat oligotrofik (kesuburan rendah), kadar fosfat yang didapat yaitu $0,002 \pm 0,001$ mg/l, dan kadar pb yang didapat yaitu $0,092 \pm 0,013$ mg/L.

Daftar Pustaka

- Blodau, C. (2006). A review of acidity generation and consumption in acidic coal mine lakes and their watersheds. *Science of the Total Environment*, 369, 307–332. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.05.004>
- Carr, J. L. (1966). Fresh Water Phytoplankton and Phytonekton From Lake Rotoiti. *Tane*, 12, 13–36.
- Cooper, S., & Dolan, C. (2006). *A Guide to Common Gulf of Maine Phytoplankton*. Great Bay Coast Watch.
- España, J. S., Pamo, E. L., Pastor, E. S., & Ercilla, M. D. (2008). The acidic mine pit lakes of the Iberian Pyrite Belt: An approach to their physical limnology and hydrogeochemistry. *Applied Geochemistry*, 23(5), 1260–1287. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2007.12.036>
- Fatma, N. T., Nedi, S., & Nurrachmi, I. (2022). Relationship of Nitrate and Phosphate Content with Phytoplankton Abundance at the West Kambang River Estuary, Lengayang District, Pesisir Selatan, West Sumatra. *Journal of Coastal and Ocean Sciences*, 3(1), 37–43. <https://doi.org/10.31258/jocos.3.1.37-43>
- Faza, M. F. (2012). Struktur Komunitas Plankton di Sungai Prasanggahan dari Bagian Hulu (Bogor, Jawa Barat) hingga Bagian Hilir (Kembangan DKI Jakarta). Jakarta: In *Fmipa Ui*. Universitas Indonesia.
- Harlina. (2021). *Limnologi:Kajian Menyeluruh Mengenai Perairan Darat* (C. Gunawan & Andi Hamdillah (eds.)). Samarinda: Gunawana Lestari.
- Henny, C. (2011). Bioakumulasi Beberapa Logam Pada Ikan Kolong Bekas Tambang Timah di Pulau Bangka. *Limnotek*, 18(1), 83–95.
- Isnaeni, N., Suryanti, & Purnomo, P. W. (2015). Kesuburan Perairan Berdasarkan Nitrat, Fosfat, Dan Klorofil-a Di Perairan Ekosistem Terumbu Karang Pulau Karimunjawa. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4(2), 75–81. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/maquares>
- Kurniawan, A., Syaputra, D., & Prasetyono, E. (2023). Eksistensi fitoplankton di kolong pascatambang timah dengan umur berbeda. *Teknosains: Media Informasi Dan Teknologi*, 17(2), 148–157.
- Lau, J. A., & Lennon, J. T. (2012). Rapid responses of soil microorganisms improve plant fitness in novel environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(35), 14058–14062. <https://doi.org/10.1073/pnas.1202319109>
- Mardani, R., Sudarsono, & Suhartini. (2016). Struktur Komunitas Plankton Di Waduk Pandandure, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Biologi*, 5(5), 20–29.

<https://doi.org/10.21831/kingdom.v5i5.5873>

- Odum, E.P. 1971. *Dasar-Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi ketiga. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Patty, S. I. (2018). Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 6(1), 54–60. <http://lipi.go.id/publikasi/21573>
- Phan, D. D., Van Khoi, N., Thi Nguyet Nga, L., Ngoc Thanh, D., & Thanh Hai, H. (2015). *Identification Handbook of Freshwater Zooplankton of the Mekong River and its Tributaries* (Issue 45). Mekong River Commission. www.mrcmekong.org
- Prasetio, H., Purwiyanto, A. I. S., & Agussalim, A. (2016). Analisis Logam Berat Timbal (Pb) Dan Tembaga (Cu) Dalam Plankton di Muara Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 8(2), 73–82.
- Riyantini, I., Ismail, M. R., Mulyani, Y., & Gustiani. (2020). Zooplankton Sebagai Bioindikator Kesuburan Perairan Di Hutan Mangrove Teluk Ciletuh , Kabupaten Sukabumi Diversity and Abundance of Zooplankton in Various Mangrove Compositions of Ciletuh Bay , Sukabumi. *Jurnal Akuatika Indonesia*, 5(2), 86–93.
- Rosada, K. K., Sunardi, Pribadi, T. D. K., & Putri, S. A. (2017). Struktur Komunitas Fitoplankton pada Berbagai Kedalaman di Pantai Timur Pananjung Pangandaran. *Jurnal Biodjati*, 2(1), 30–37. <https://doi.org/10.15575/biodjati.v2i1.1290>
- Vuuren, S. J. Van, Taylor, J., Carin, G. Van, & Gerber, A. (2006). *Easy identification of the most common Freshwater Algae. A Guide For The Identification of Microscopic Algae In South African Freshwaters*. Xianyang: North-West University and Department of Water Affairs and Forestry.