

Aplikasi perhitungan tingkat kesuburan perairan dengan Metode Carlson pada perairan urban Danau Polder Air Hitam di Kota Samarinda

(Application of Carlson trophic state index on trophic state determination of urban Polder Air Hitam Lake in Samarinda City)

Hamdhani Hamdhani | Musyir Sharaha | Febby Nur Fadhillah | Gregorius Viky Harijono

Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman
Jl. Gunung Tabur No. 1. Kampus Gn. Kelua Samarinda 76123
E-mail: hamdhani@fpik.unmul.ac.id

ARTICLE INFO

Research Article

Article history:

Received December 10, 2022

Received in revised form January 15, 2023

Accepted February 1, 2022

DOI: <https://doi.org/10.30872/jipt.v2i1.494>

Keywords: lake, urban, chlorophyll-a, polder



ABSTRACT

In general, various human activities cause eutrophication in water bodies. Lentic system is vulnerable to discharge of pollutants from surrounding areas. Similar scenarios most likely occur in Polder Air Hitam Lake in Samarinda City. The goal of this study was to investigate the trophic status of this urban lake using modified Carlson index with the indicator of chlorophyll-a and total phosphate/ Spatially the variation of chlorophyll-a was 32.6 – 97.3 µg/L, and total phosphate was 0,141 – 0,225 mg/L. The calculation of Carlson trophic state index resulted 73.78, which indicated hypereutrophic status. This condition was not ideal for a healthy lentic system. In the future a related treatment is required to optimize multiple functions of this urban lake.

PENDAHULUAN

Keberadaan badan air di tengah-tengah perkotaan menjadikan badan air memiliki karakteristik khusus yang sering disebut sebagai badan air urban (baik sistem lentik maupun lotik). Danau alami ataupun danau buatan yang berada di tengah-tengah perkotaan seringkali difungsikan untuk berbagai kepentingan seperti untuk wisata dan edukasi, pengendali banjir, pengendapan (*settling pond*) dan lain-lain. Pada banyak kasus danau dapat menjalankan beberapa fungsi secara bersamaan. Pada sistem lotik (sungai-sungai) dampak dari kegiatan antropogenik perkotaan telah menyebabkan dampak negatif secara fisik, kimia dan biologi. Walsh et al., (2005) menyebutkan fenomena ini sebagai “*urban stream syndrome*” atau “*sindrom sungai-sungai perkotaan*”, dimana terjadi perubahan yang mendasar pada fisik-kimia serta ekologi sungai. Meskipun gejala sindrom sungai-sungai perkotaan ini telah banyak diteliti di berbagai tempat yang beriklim sedang (temperate) namun tentunya juga terjadi dan relevan untuk tempat-tempat di daerah tropis (Lee et al., 2019). Pengetahuan tentang dampak negatif ini pada danau-danau di daerah tropis sangatlah terbatas, namun dapat dipastikan masuknya bahan-bahan antropogenik kegiatan perkotaan menyebabkan penurunan kualitas danau, seperti meningkatnya suhu, sedimentasi, logam berat, kesuburan perairan (kadar hara) dan berkurangnya keanekaragaman hayati.

Kota Samarinda yang merupakan Ibu Kota Provinsi Kalimantan Timur merupakan kota yang terus berkembang pesat. Jumlah penduduk kota ini pada bulan September 2020 telah mencapai sebanyak 827.994 jiwa, dengan laju pertumbuhan penduduk periode 2010-2020 sebesar 1,26 persen per tahun dan kepadatan penduduk mencapai 1.147 jiwa per km² (BPS Kota Samarinda 2020). Dikarenakan

kompleksitas pembangunan kota yang kurang tertata dan dibarengi bentang alam yang tidak rata, serta kombinasi dengan berbagai faktor lainnya, maka kota ini menghadapi masalah banjir di banyak tempat (Suryadi, 2020). Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah Kota Samarinda untuk mengatasi masalah banjir ini adalah dengan pembangunan danau buatan yang disebut sebagai polder, yang difungsikan sebagai penampungan air limpasan kota (Marzuki, 2017).

Pada kenyataannya, selain sebagai danau buatan pengendali banjir, Danau Polder Air Hitam juga menjalankan fungsi lain sebagaimana badan air lentik lainnya, diantaranya fungsi ekologis sebagai habitat biota perairan dan sebagai sarana rekreasi dan pendidikan bagi warga sekitar. Kualitas manfaat yang diberikan tersebut, diantaranya sangat tergantung pada kondisi kualitas airnya. Kesuburan perairan menjadi salah satu indikator masuknya unsur hara yang berasal dari aktifitas masyarakat yang ada di daerah tangkapan air. Tingkat kesuburan perairan dapat ditentukan dari konsentrasi klorofil-a yang merupakan penunjuk konsentrasi mikro alga di perairan tersebut dan konsentrasi unsur hara fosfat yang memicu kesuburan alga.

Kelangkaan informasi tentang studi kualitas air pada danau buatan di daerah tropis secara global (Lee et al., 2019), dan ketiadaan informasi status kesuburan Danau Polder Air Hitam secara lokal melatarbelakangi perlunya dilakukannya penelitian ini. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat trofik/kesuburan pada Danau Polder Air Hitam. Dengan pengetahuan status kesuburan danau dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi acuan bagi pengelola danau untuk mengambil langkah-langkah dalam pengelolaan kualitas air, sehingga berbagai fungsi keberadaan danau ini dapat dioptimalkan.

METODE PENELITIAN

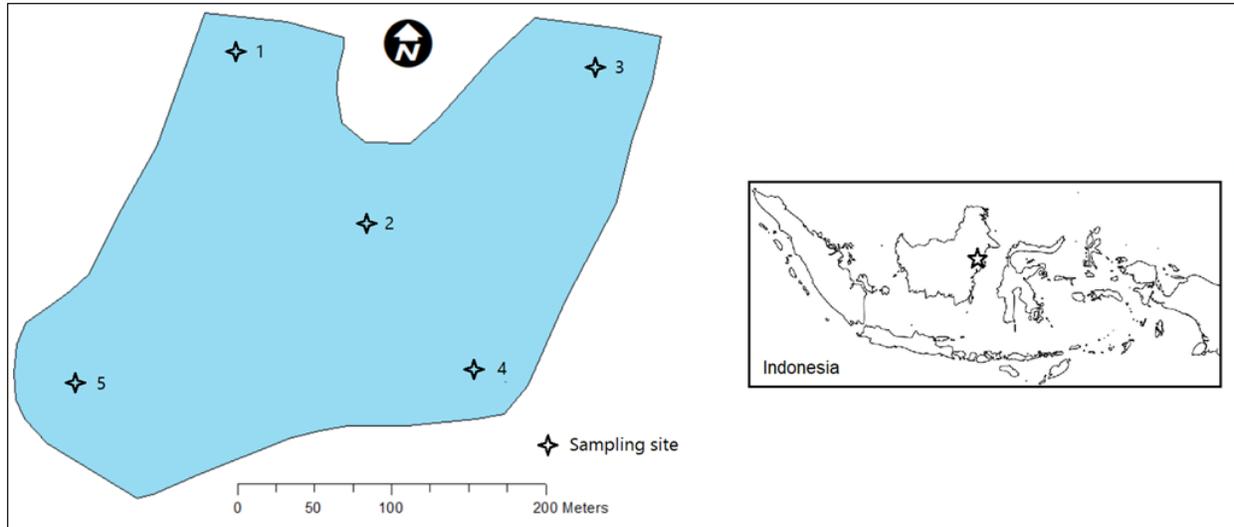
Deskripsi Lokasi Penelitian

Danau Air Polder Hitam yang berlokasi di tengah pemukiman padat penduduk di Kota Samarinda merupakan danau buatan yang dikonstruksi mulai tahun 2004. Adapun peruntukan utama danau ini adalah sebagai danau pengendali banjir. Luas danau mencapai sekitar 60.500 m², dengan keliling mencapai sekitar 1.203 m. Sebagai danau pengendali banjir maka pemerintah kota melakukan pemeliharaan secara berkala, utamanya dengan melakukan pengerukan. Hal ini berimplikasi pada kedalaman yang senantiasa bervariasi, tergantung dari lokasi pengerukan dan waktu pengerukan terakhir. Danau Air Polder Hitam memiliki beberapa titik inlet masuknya air yang berasal dari drainase perkotaan, namun demikian danau ini tidak memiliki outlet. Air yang masuk ke danau ini adalah air limbah mentah (*raw wastewater*) yang tidak mengalami proses pengolahan sama sekali.

Pengambilan Data

Dalam penelitian ini konsentrasi klorofil-a diukur dengan menggunakan metode pengukuran in *vivo* *chlorophyll* secara in situ dengan menggunakan fluorometer. Metode ini telah diujicoba dan dibandingkan keakuratannya dengan metode destruksi konvensional untuk penentuan klorofil-a, dan disimpulkan dapat digunakan sebagai metode baru yang dengan cepat (*rapid*) di perairan (Hamdhani et al., 2021). Konsentrasi total fosfat didapat dari pengambilan sampel sebanyak 750 mL, untuk dianalisis di Laboratorium Kualitas Air, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Mulawarman. Pengukuran beberapa parameter kualitas air standar juga dilakukan secara in situ, yang meliputi parameter pH, oksigen terlarut (*dissolved oxygen*) (DO), suhu dan daya hantar listrik (*electric conductivity*) (EC).

Pengukuran dilakukan pada 5 titik pengambilan sampel di Danau Polder Air Hitam, seperti tergambar pada peta layout lokasi penelitian (Gambar 1).



Gambar 1. Peta stasiun penelitian pengukuran klorofil-a, fosfat dan berbagai parameter kualitas air di Danau Polder Air Hitam (angka menunjukkan titik-titik stasiun penelitian).

Pengukuran klorofil-a dan berbagai parameter kualitas air dilakukan pada pertengahan Bulan Oktober 2022. Secara umum pulau Kalimantan tidak mengalami pola musim hujan dan kemarau yang sangat jelas seperti tempat-tempat lain di Indonesia. Data time series dari tahun 1980 sampai dengan tahun 2020 menunjukkan bahwa di sepanjang tahun, curah hujan terendah di Kota Samarinda terjadi di bulan Agustus dengan rata-rata 96,5mm dan tertinggi di bulan Desember dengan rata-rata 185,42 mm (BMKG Kota Samarinda, 2022). Sehingga pengambilan sampel di bulan Oktober dianggap dapat mewakili rata-rata curah hujan yang terjadi di Kota Samarinda.

Analisis Data

Data kualitas air akan dibahas secara spasial, dan dibandingkan dengan baku mutu yang tersedia. Adapun status trofik diukur dengan Metode Carlson (1977) yang disederhanakan. Metode Carlson seyogyanya menggunakan parameter klorofil-a, fosfat dan kecerahan yang diukur dengan secchi disk, namun dalam penelitian ini hanya parameter klorofil-a dan fosfat saja yang digunakan. Hal ini mengingat sulitnya mencari lokasi yang dapat digunakan untuk pengukuran kecerahan di Danau Polder Air Hitam, serta tidak adanya fasilitas perahu yang dapat digunakan dalam pengukuran kecerahan dengan secchi disk.

Perhitungan *Trofik Status Indeks (TSI)* dengan Metode Carlson (1977) yang dimodifikasi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$TSI_{(Klo a)} = 10 \left[6 - \frac{2,04 - 0,68 \ln_{Klo a}}{\ln 2} \right]$$

$$TSI_{(TP)} = 10 \left[6 - \frac{\ln \frac{48}{TP}}{\ln 2} \right]$$

$$TSI_{Carlson} = \frac{TSI_{(Klo a)} + TSI_{(TP)}}{2}$$

Keterangan:

- TSI* : *Trofik Status Indeks*
TSI _(Klo a) : *Trofik Status Indeks klorofil-a*
TSI _(TP) : *Trofik Status Indeks Total Phosphat (Fosfat)*

Adapun standar acuan penentuan status trofiknya adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Standar acuan status trofik perairan

Status trofik	<i>TSI</i> Carlson
Oligotrofik	$TSI \leq 40$
Mesotrofik	40 - 50
Eutrofik	50 - 60
Hipereutrofik	$TSI \geq 60$

Carlson, 1977

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari kelima stasiun pengambilan sampel di Danau Air Hitam nilai pH relatif tinggi di semua titik. Tingginya nilai pH mengindikasikan air tercemar bahan-bahan yang dapat meningkatkan pH (bersifat basa), hal yang patut diduga dalam hal ini adalah masuknya bahan deterjen dari kegiatan rumah tangga yang dibuang bersama air limbah keluarga tanpa pengolahan terlebih dahulu. Masuknya deterjen bersama air limbah lain di banyak tempat terbukti dapat meningkatkan pH air baik di sungai maupun danau (Mousavi dan Khodadoost, 2019).

Konsentrasi oksigen terlarut secara umum tergolong tinggi. Hal ini diduga disebabkan karena tingginya aktivitas mikro alga yang ada di Danau Air Hitam. Secara visual warna perairan Danau Air Hitam adalah agak kehijauan. Waktu pengambilan sampel di sore hari selepas jam 4 sore juga menjadi faktor penyebab tingginya konsentrasi oksigen terlarut, dimana waktu tersebut adalah waktu setelah puncak kadar oksigen terlarut harian.

Adapun suhu perairan danau pada setiap stasiun, relatif bervariasi secara spasial. Namun demikian stasiun 3 memiliki suhu air yang lebih tinggi, hal ini diduga disebabkan karena pada stasiun 3 ini merupakan lokasi yang berdekatan dengan inlet utama masuknya air dari sistem drainase kota yang padat penduduk yang berlokasi di jalan protokol A.W Syahrani. Beberapa inlet lain yang menyalurkan air ke danau ini relatif jauh lebih kecil, karena tidak secara konsisten menyalurkan air, melainkan hanya mengalir setelah terjadi hujan.

Adapun parameter daya hantar listrik (*electric conductivity*) dari kelima stasiun menunjukkan nilai yang relatif stabil di kisaran 329-340 $\mu\text{S/cm}$. Nilai ini merupakan nilai yang berada dalam kisaran nilai normal daya hantar listrik di sistem air tawar yang berkisar 50-1500 $\mu\text{S/cm}$ (US EPA, 2012).

Tabel 2. Hasil pengukuran kualitas air

Tanggal	Pengukuran 2, Senin, 10 Oktober 2022					Rata-rata
Jam	16:29	16:45	17:00	17:15	17:20	
	Stasiun					
Parameter	1	2	3	4	5	
pH	9,41	9,37	8,57	8,95	8,68	9,0
DO (mg/L)	9,71	9,88	7,84	8,44	7,53	8,7
Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	30,0	29,9	30,6	29,70	28,5	29,7
EC ($\mu\text{S/cm}$)	340	338	329	333	337	335,4

Dari hasil pengukuran (Tabel 3), adapun nilai konsentrasi klorofil-a bervariasi antara 32,6-97,3 $\mu\text{g/L}$. Nilai pengukuran konsentrasi klorofil-a di stasiun 3 juga menunjukkan nilai yang tertinggi dari semua stasiun lainnya. Hal ini sangat dimungkinkan oleh kondisi lapangan dimana lokasi stasiun 3

adalah lokasi yang berdekatan dengan inlet utama Danau Air Hitam. Pada perairan di sekitar inlet ini konsentrasi unsur hara diperkirakan lebih tinggi dari daerah sekitarnya sehingga menyuburkan mikro alga yang ada. Adapun total fosfat bervariasi antara 0,141 – 0,225 mg/L.

Tabel 3. Trofik status indeks Danau Polder Air Hitam

Parameter	Station					TSI
	1	2	3	4	5	
Klorofil-a ($\mu\text{g/L}$)	45,0	35,3	97,3	39,3	32,6	68,96
Fosfat (mg/L)	0,175	0,141	0,149	0,225	0,183	78,61
<i>TSI Carlson</i>						73,78

Penentuan kategori kesuburan perairan berdasarkan konsentrasi klorofil-a dan total fosfat mengikuti kriteria kategori penentuan kesuburan perairan oleh Carlson (1977). Berdasarkan kriteria ini maka konsentrasi klorofil-a dan total fosfat pada perairan Danau Air Hitam termasuk dalam kategori hipereutrofik. Dengan kata lain kepadatan mikroalga yang terdeteksi dari konsentrasi klorofil-a dan fosfat di perairan ini mengindikasikan bahwa perairan Danau Air Hitam memiliki kesuburan yang amat sangat tinggi (hipereutrofik). Secara global masalah kesuburan perairan yang tinggi terjadi di banyak danau perkotaan dan menimbulkan berbagai dampak ekologis (Jin dan Huang, 2005; Shimada Borges et al., 2013).

Dengan kondisi ini maka perlu ada upaya pengelolaan lebih lanjut. Ada berbagai opsi dasar dalam upaya remediasi danau dengan kesuburan yang sangat tinggi. Opsi yang pertama adalah pengendalian bahan-bahan pencemar yang telah ada di dalam danau (*endogenous pollution control*) yang meliputi: penguncian unsur hara dan pengerukan sedimen, opsi kedua adalah pengendalian bahan pencemar dari luar yang masuk ke danau (*external pollution control*) yang meliputi pengendalian unsur hara utamanya emisi N dan P, dan opsi yang ketiga adalah pengendalian secara ekologis (*ecological control*), yang meliputi berbagai teknik bioremediasi dan biomanipulasi (Zhang et al., 2020).

KESIMPULAN

Secara spasial dan temporal konsentrasi klorofil-a di Danau Air Hitam bervariasi antara 32,6-97,3 $\mu\text{g/L}$. Adapun total fosfat bervariasi antara 0,141 – 0,225 mg/L. Berdasarkan kriteria ini maka trofik status indeks pada perairan Danau Air Hitam termasuk dalam kategori hipereutrofik. Hal ini mengindikasikan bahwa unsur hara yang ada di perairan Danau Polder Air Hitam ini telah membuat kepadatan mikroalga di perairan tersebut pada level yang amat sangat tinggi.

Perlu ada pendekatan khusus untuk mengendalikan unsur hara yang menyebabkan kesuburan perairan yang amat sangat tinggi ini. Pengelola kawasan perlu berkerjasama dengan berbagai pihak untuk menentukan langkah-langkah yang tepat. Riset lanjutan sangat diperlukan agar langkah yang diambil realistis secara ekonomis dan dipastikan dapat berdampak nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- BMKG Kota Samarinda,. (2022). BMKG Temindung | Stamet Kelas III Temindung - Samarinda. Retrieved November 28, 2022, from <https://www.bmkgamarinda.com/>
- BPS Kota Samarinda. (2020). Hasil Sensus Penduduk 2020. Retrieved November 28, 2022, from <https://samarindakota.bps.go.id/pressrelease/2021/01/26/101/hasil-sensus-penduduk-2020.html>
- Carlson, R. E. (1977). A trophic state index for lakes 1. *Limnology and oceanography*, 22(2), 361-369.
- Hamdhani, H., Eppheimer, D. E., Walker, D., & Bogan, M. T. (2021). Performance of a handheld chlorophyll-a fluorometer: Potential use for rapid algae monitoring. *Water*, 13(10), 1409.

- Jin, X., Xu, Q., & Huang, C. (2005). Current status and future tendency of lake eutrophication in China. *Science in China Series C: Life Sciences*, 48(2), 948-954.
- Lee, J. M., Gan, J. Y., & Yule, C. M. (2019). The ecology of littoral zone Chironomidae in four artificial, urban, tropical Malaysian lakes. *Urban Ecosystems*, 22(1), 149-159.
- Marzuki, R. (2017). Analisa Dimensi Saluran Terbuka Guna Menanggulangi Banjir Tahunan (Studi Kasus Di Jl. Jend A. Yani–Jl. Mayjend Sutoyo). *Kurva S: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik Sipil*, 4(2), 137-145.
- Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019). Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 26439-26448.
- Shimada Borges, J. C., Salimbeni Vivai, A. B. B., Branco, P. C., Silva Oliveira, M., & Machado Cunha da Silva, J. R. (2013). Effects of trophic levels (chlorophyll and phosphorous content) in three different water bodies (urban lake, reservoir and aquaculture facility) on gill morphology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Applied Ichthyology*, 29(3), 573-578.
- Suryadi, N. (2020). Peran Pemerintah Dalam Menanggulangi Banjir Di Kota Samarinda. *EJournal Ilmu Pemerintahan*, 2, 425-436.
- US EPA. (2012). Monitoring and Assessing Water Quality | US EPA - EPA Archives. Retrieved November 28, 2022, from <https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/index-18.html>
- Walsh, C. J., Roy, A. H., Feminella, J. W., Cottingham, P. D., Groffman, P. M., & Morgan, R. P. (2005). The urban stream syndrome: current knowledge and the search for a cure. *Journal of the North American Benthological Society*, 24(3), 706-723.
- Zhang, Y., Luo, P., Zhao, S., Kang, S., Wang, P., Zhou, M., & Lyu, J. (2020). Control and remediation methods for eutrophic lakes in the past 30 years. *Water Science and Technology*, 81(6), 1099-1113.