

ANALISIS PENURUNAN STATUS MUTU AIR DANAU TOBA DI DESA PAROPO

Analysis of Lake Toba Water Quality Deterioration in Paropo Village

Vania Gita Ramadhan¹, Sri Malem Indirawati^{2*}

¹Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, vgita073@gmail.com

²Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, srimalem@usu.ac.id

*Alamat Korespondensi: Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, 081397095501

Kata Kunci: Danau toba; kualitas air; status mutu; indeks pencemaran; keramba jaring apung; Keywords: <i>Lake toba;</i> <i>water quality;</i> <i>quality status;</i> <i>pollution index;</i> <i>floating net cage aquaculture;</i>	ABSTRAK Latar Belakang: Air Danau Toba dimanfaatkan oleh masyarakat Desa Paropo untuk berbagai aktivitas, seperti Keramba Jaring Apung (KJA), wisata air serta kebutuhan air bersih. Tujuan: Menganalisis status pencemaran air Danau Toba di Desa Paropo, Kecamatan Silahisabungan. Metode: Penelitian deskriptif. Lokasi pengambilan sampel berjumlah 5 titik yang ditentukan berdasarkan metode <i>purposive sampling</i> yaitu wilayah KJA, permukiman masyarakat, pelabuhan, perkemahan, serta pantai dengan 9 parameter pengukuran. Hasil: Hasil penelitian menemukan DO pada 5 titik berkisar antara 4.03-7.74 mg/L, hanya dua titik yang memenuhi standar yang ditetapkan PP No. 22 tahun 2021. BOD memiliki kisaran nilai antara 0.11-3.4 mg/L, hanya dua titik yang memenuhi standar kualitas. COD berkisar antara 6.9-17.8 mg/L, hanya tiga titik yang memenuhi standar kualitas. Kandungan <i>Total coliform</i> berkisar antara 1500-16000 MPN/100mL, tidak ada titik yang memenuhi standar kualitas. Suhu (27-28.8°C), TDS (32-33 mg/L), pH (8.07-8.53), klorida (5.998-7.498 mg/L) dan timbal (0.000005-0.000082 mg/L) masih memenuhi standar kualitas air. Skor Indeks Pencemaran pada 5 titik lokasi berkisar antara 1.39-5.05. Kesimpulan: Hasil studi mengindikasikan bahwa status mutu air Danau Toba di Desa Paropo adalah cemar ringan, dipengaruhi oleh penurunan kualitas air akibat aktivitas sekitarnya. Saran bagi pemerintah setempat untuk bekerja sama dan memberi himbauan kepada masyarakat, pemilik KJA, serta pengelola tempat wisata dalam mengelola limbah padat maupun cair yang dihasilkan agar tidak mencemari perairan.
--	---

	ABSTRACT Background: The water of Lake Toba is used by the people of Paropo Village in many activities, such as floating net cage aquaculture, water tourism, and clean water needs. Waste entering Lake Toba's water due to community activities is feared to affect water unusable for its intended purposes and may impact public health. Purpose: Analysing pollution status of Lake Toba in Paropo Village, Silahisabungan District. Methods: Descriptive study. There were five sampling locations determined based on purposive sampling, included KJA area, residential area, port, campsite, and beach, with nine measurement parameters. Results: The study found that DO levels at 5 points ranged from 4.03-7.74 mg/L, with only 2 points meeting the quality standard according to Government Regulation No. 22/2021. BOD ranged from 0.11-3.4 mg/L, with only 2 points meeting the quality standard. COD ranged from 6.9-17.8 mg/L, with only 3 points meeting the quality standard. Total coliform ranged from 1500 to 16000 MPN/100mL, with no points meeting the quality standard. Temperature (27-28.8°C), TDS (32-33 mg/L), pH (8.07-8.53), chloride (5.998-7.498 mg/L) and lead (0.000005-0.000082 mg/L) still meeting the quality standards. Pollution Index scores at five locations ranged from 1.39 to 5.05. Conclusion: This study shows that the water quality of Lake Toba in Paropo Village is slightly polluted, influenced by a decline in water quality due to surrounding activities. Recommendations for local governments to cooperate and issue appeals to the community, KJA owners, and tourist site managers to manage solid and liquid waste so that it does not pollute the waterways. ©2025 by author. Published by Faculty of Public Health, Hasanuddin University. This is an open access article under CC-BY-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
--	--

PENDAHULUAN

Air merupakan elemen esensial yang tak terpisahkan dari kehidupan semua makhluk hidup, Dalam kehidupan manusia, air tidak hanya sebagai kebutuhan dasar tetapi juga berperan krusial dalam menjaga kesehatan dan kesejahteraan seseorang. Data dunia menunjukkan bahwa pada tahun 2022, sekitar 2,2 miliar orang di dunia tidak memiliki akses untuk air minum yang dikelola dengan aman. Kondisi terkait sanitasi yang layak juga masih memprihatinkan, sebanyak 3,5 miliar orang tidak dapat mengakses ke layanan sanitasi yang memadai.¹

Indonesia sebagai negara berkembang dengan populasi yang besar menjadikan air dan sanitasi sebagai isu kompleks yang memerlukan perhatian serius. Tahun 2022, masih banyak masyarakat Indonesia belum terakses pada air minum yang aman dan layak yaitu sebanyak 23 ribu orang, di sisi lain 24 ribu orang tidak memiliki akses sanitasi yang layak.² Hal tersebut berhubungan dengan sumber daya air yang telah mengalami penurunan kualitas sehingga tidak memenuhi standar kesehatan. Direktorat Pengendalian Pencemaran Air mencatat Indeks Kualitas Air (IKA) untuk air permukaan pada tahun

2023 adalah sebesar 54,59. Angka tersebut menunjukkan bahwa IKA tahun 2023 belum mencapai target yang telah ditetapkan (55,40). Capaian IKA Provinsi Sumatera Utara tahun 2023 tercatat sebesar 60,27, menunjukkan penurunan dibandingkan dengan nilai 61,20 yang diperoleh pada tahun sebelumnya. Dapat disimpulkan bahwa sumber air permukaan yang seharusnya dimanfaatkan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan air sehari-hari telah mengalami pencemaran.³

Danau Toba merupakan danau terbesar di Indonesia dengan luas 1.124 km², volume 256,2 km³ serta kedalaman hingga 508 m. Danau tersebut berada di Provinsi Sumatera Utara serta dilingkupi oleh 7 kabupaten, yaitu kabupaten Samosir, Toba Samosir, Karo, Simalungun, Tapanuli, Humbang Hasundutan, dan Dairi. Sejak tahun 2011. Danau Toba telah banyak memberikan manfaat bagi kegiatan masyarakat yang diantaranya adalah budidaya ikan, pertanian, industri serta sebagai pembangkit listrik dan sumber air bersih. Namun aktivitas-aktivitas tersebut dapat berdampak pada terjadinya pencemaran badan air serta penurunan kualitas air Danau Toba. Penurunan kualitas Danau Toba diakibatkan oleh pembuangan limbah domestik dan limbah industri ke dalam air, aktivitas perikanan dengan Keramba Jaring Apung (KJA), serta masuknya pupuk atau bahan kimia pertanian.⁴ Peraturan menetapkan bahwa kualitas air Danau Toba harus memenuhi persyaratan air kelas satu.⁵

Hasil analisis air Danau Toba di Kabupaten Toba Samosir ditemukan bahwa konsentrasi beberapa parameter seperti BOD, COD, Besi (Fe), dan klorida tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan sehingga air tersebut dinyatakan tidak layak untuk digunakan sebagai air baku air minum maupun wisata air.⁶ Penelitian Silaban dan Silalahi menyatakan bahwa status mutu perairan Danau Toba di Kecamatan Pangururan berdasarkan hasil perhitungan dengan metode STORET berada pada kategori kelas B yang artinya tercemar ringan.⁷

Paropo adalah salah satu desa yang terletak di Kecamatan Silahisabungan, Kabupaten Dairi, Provinsi Sumatera Utara, dan berlokasi di tepi Danau Toba. Masyarakat Desa Paropo memanfaatkan Danau Toba untuk berbagai kegiatan perekonomian seperti sebagai objek wisata, tempat penangkapan ikan, budidaya ikan menggunakan KJA dan pelabuhan transportasi air. Masih banyak masyarakat Desa Paropo yang menjadikan budidaya ikan dengan KJA sebagai mata pencaharian. Sisa pakan ikan yang masuk dan mengendap di dasar perairan akibat aktivitas KJA berpotensi menyebabkan pencemaran air Danau Toba. Aktivitas pelabuhan dan wisata air turut berperan dalam pencemaran air. Hal tersebut didukung juga dengan limbah dari kegiatan domestik masyarakat dan dibawa ke perairan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis status mutu air Danau Toba di Desa Paropo, Kecamatan Silahisabungan, Kabupaten Dairi yang diukur berdasarkan parameter fisik, kimia, serta biologi. Status mutu air ditentukan untuk mengetahui kondisi cemar atau tingkat pencemaran perairan Danau Toba

METODE

Penelitian ini adalah sebuah penelitian deskriptif *cross sectional* untuk menggambarkan kondisi kualitas air serta status mutu air Danau Toba di Desa Paropo. Penelitian dilakukan di Desa Paropo,

Kecamatan Silahisabungan, Kabupaten Dairi, dengan periode waktu dari bulan April hingga Mei 2025. Populasi dari penelitian ini adalah perairan Danau Toba di Desa Paropo dengan sampel air danau yang diambil dari 5 titik lokasi berdasarkan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan sumber kegiatan masyarakat yang menjadi penyumbang pencemaran yaitu wilayah Keramba Jaring Apung (KJA), permukiman masyarakat, pelabuhan, perkemahan, dan pantai. Pengukuran dilakukan terhadap 9 parameter yaitu fisik (suhu dan TDS), kimia (pH, DO, BOD, COD, klorida, dan timbal), serta biologi (*Total coliform*).

Sampel air yang telah diambil selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan. Hasil pemeriksaan laboratorium akan dibandingkan dengan baku mutu menurut Peraturan Pemerintah No. 22 tahun 2021.⁸ Status mutu perairan dievaluasi dan ditentukan dengan metode Indeks Pencemaran. Hasil Perhitungan dan penentuan status mutu air akan dideskripsikan dengan menggunakan referensi yang relevan. Skor Indeks Pencemaran (IP) dihitung dengan menggunakan rumus:⁹

$$IP_j = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij} \text{ maks})^2 + (C_i/L_{ij} \text{ rata-rata})^2}{2}}$$

Keterangan:

IP_j = Indeks Pencemaran (j)

L_{ij} = Konsentrasi baku mutu (i)

C_i = Konsentrasi (i) yang terukur

HASIL

Berdasarkan hasil pemeriksaan air Danau Toba pada lima titik lokasi di Desa Paropo, tercatat suhu air danau berkisar antara 27-28,8°C. Konsentrasi TDS berkisar antara 32-33 mg/L. pH air Danau Toba memiliki kisaran nilai antara 8,07-8,53. Konsentrasi DO air Danau Toba berkisar antara 4,03-7,74 mg/L. BOD air Danau berkisar antara 0,11-3,4 mg/L. Parameter COD memiliki nilai konsentrasi dengan rentang 6,9-17,8 mg/L. Klorida berkisar antara 5,998-7,498 mg/L. Konsentrasi timbal memiliki kisaran antara 0,000005-0,000082 mg/L. Total coliform pada air Danau Toba di Desa Paropo berkisar antara 1.500-16.000 MPN/100 mL (Tabel 1).

Tabel 2 menunjukkan evaluasi skor Indeks Pencemaran air Danau Toba di Desa Paropo yaitu titik 1 adalah cemar ringan (3,35), titik 2 cemar sedang (5,05), titik 3 cemar ringan (1,39), titik 4 cemar ringan (1,68) dan titik 5 cemar ringan (1,47). Skor IP maksimum yaitu pada titik 2 sebesar 5,05 dan minimum pada titik 3 yaitu 1,39. Rata-rata nilai indeks pencemaran dari lima titik lokasi adalah sebesar 2,6. Dapat disimpulkan bahwa Danau Toba di Desa Paropo berada pada kondisi cemar ringan ($1,0 < IP \leq 5,0$).

Tabel 1
Hasil Pengukuran Kualitas Air Danau Toba di Desa Paropo

Parameter	Unit	Baku Mutu	Titik					Rata-rata
			1	2	3	4	5	
Fisik								
Suhu	°C	23-29	27	27	27	28,2	28,8	27,6
TDS	mg/L	1000	33	32	32	33	33	32,6
Kimia								
pH	-	6-9	8,53	8,07	8,20	8,43	8,33	8,3
DO	mg/L	> 6	5,92	4,03	4,18	7,63	7,74	5,9
BOD	mg/L	2	2,1	3,4	2,3	0,11	0,27	1,6
COD	mg/L	10	6,9	11,1	7,7	17,8	7,5	10,2
Cl ⁻	mg/L	300	7,498	6,498	5,998	6,998	5,998	6,6
Pb	mg/L	0,03	0,000026	0,000014	0,000082	0,000005	0,000005	0,00003
Biologi								
Total coliform	MPN/100 mL	1000	5400	16000	1500	1800	1600	5260

Sumber: Data Primer, 2025

Hasil perhitungan skor Indeks Pencemaran (IP) serta evaluasi status mutu air Danau Toba di lima titik lokasi penelitian adalah sebagai berikut:

Tabel 2
Hasil Evaluasi Skor Indeks Pencemaran Air Danau Toba di Desa Paropo

Titik	Lokasi Pengambilan Sampel	Skor Indeks Pencemaran	Hasil Evaluasi
Titik 1	Sekitar Keramba Jaring Apung	3,35	Kondisi cemar ringan
Titik 2	Wilayah Permukiman Masyarakat	5,05	Kondisi cemar sedang
Titik 3	Pelabuhan Silalahi	1,39	Kondisi cemar ringan
Titik 4	Pesisir Perkemahan	1,68	Kondisi cemar ringan
Titik 5	Pesisir Pantai	1,47	Kondisi cemar ringan

Sumber: Data Primer, 2025

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pemeriksaan air Danau Toba di Desa Paropo diketahui terdapat 5 parameter memenuhi baku mutu seperti suhu, TDS, pH, Klorida dan Timbal serta 4 parameter yang tidak memenuhi baku mutu menurut Peraturan Pemerintah Nomor 22 tahun 2021 yaitu parameter DO, BOD, COD, dan *Total coliform*.

Dissolved Oxygen (DO) air Danau Toba di Desa Paropo memiliki kisaran nilai antara 4,03-7,74 mg/L. Tinggi rendahnya konsentrasi DO tergantung pada aspek sirkulasi dan difusi air, fotosintesis tumbuhan air, respirasi biota air serta limbah yang masuk ke badan air.¹⁰ Titik 2 memiliki konsentrasi DO terendah dan tidak memenuhi baku mutu menurut PP No. 22 tahun 2021, hal ini berkaitan dengan wilayah permukiman masyarakat menjadi potensi penurunan konsentrasi DO akibat limbah buangan hasil kegiatan rumah tangga yang dibuang langsung ke badan air. Lahan yang ada di wilayah permukiman di Desa Paropo juga dimanfaatkan masyarakat dalam bidang pertanian, penggunaan pupuk

dan pestisida juga dapat mempengaruhi konsentrasi DO. Adanya usaha tenun masyarakat berskala rumah tangga yang menghasilkan limbah industri juga dapat mencemari air Danau Toba yang berdampak pada rendahnya konsentrasi DO. Penelitian kualitas air di Danau Sunter menunjukkan nilai DO memiliki kisaran angka antara 4,7-5,1 mg/L, hal tersebut merupakan pengaruh dari hasil akumulasi pembuangan limbah domestik di sekitar danau.¹¹ Oksigen terlarut menjadi komponen yang dibutuhkan dalam proses oksidasi dan reduksi zat-zat pencemar yang masuk ke badan air. Penurunan konsentrasi DO berdampak pada berkurangnya kesuburan perairan, kematian ikan, serta meningkatnya zat pencemar air yang dapat mempengaruhi kesehatan penggunanya.

Biochemical Oxygen Demand (BOD) air Danau Toba pada titik 1 (2,1 mg/L), titik 2 (3,4 mg/L) dan titik 3 (2,3 mg/L) sudah melampaui standar yang ditetapkan yaitu 2 mg/L. Banyaknya kandungan bahan organik di air menyebabkan oksigen yang diperlukan untuk proses penguraian semakin banyak pula.¹² Konsentrasi BOD tertinggi pada titik 2 merupakan akibat dari sampah yang ada di pinggiran danau dan terbawa oleh aliran air serta cairan limbah yang diproduksi rumah tangga, industri tenun serta aktivitas pertanian. Penelitian Mellyanawaty et al (2024) menunjukkan nilai BOD pada Sungai Citarum telah melebihi standar kualitas dengan kisaran antara 5-13 mg/L akibat banyaknya kandungan bahan pencemar organik dalam sungai bersumber dari limbah domestik, limbah industri, aktivitas pertanian serta budidaya perikanan.¹³ Tingginya konsentrasi BOD menunjukkan banyaknya bahan pencemar organik di perairan, seperti nutrisi (nitrogen dan fosfor) yang jika terlalu banyak dapat berakibat pada terjadinya eutrofikasi dan menyebabkan kematian biota air serta risiko kesehatan manusia akibat alga beracun. Bahan organik lainnya adalah kotoran hewan atau manusia yang mengandung bakteri *coliform*, dapat berdampak pada masalah pencernaan seperti diare.

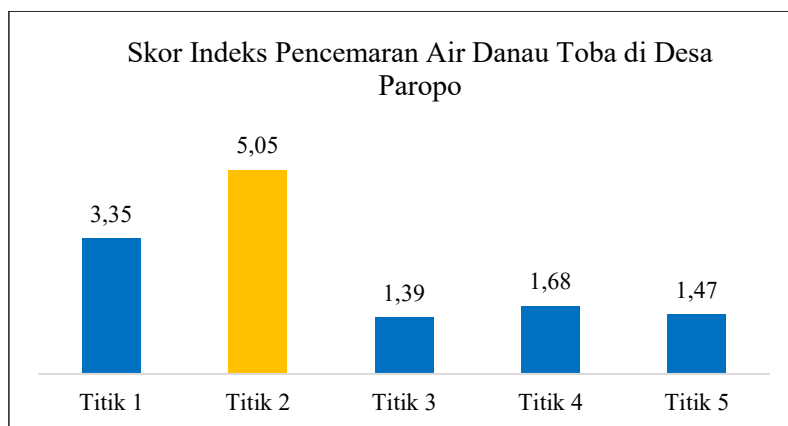
Chemical Oxygen Demand (COD) air Danau Toba pada titik 2 (11,1 mg/L) dan titik 4 (17,8 mg/L) sudah melampaui standar yaitu 10 mg/L. Tingginya konsentrasi COD dipengaruhi oleh banyaknya pencemar organik dan anorganik akibat aktivitas masyarakat.¹⁴ Titik 2 merupakan daerah permukiman, industri tenun berskala rumah tangga serta pertanian. Aktivitas rumah tangga seperti mencuci pakaian dengan menggunakan detergen menyebabkan peningkatan kandungan fosfat yang berkorelasi dengan peningkatan konsentrasi COD. Hal tersebut didukung dengan limbah hasil kegiatan rumah tangga dan industri tenun yang dibuang ke perairan. Penggunaan pestisida pada aktivitas pertanian berakibat pada peningkatan konsentrasi nitrat dalam perairan yang berdampak pada peningkatan COD. Konsentrasi COD pada titik 4 dapat dipengaruhi oleh aktivitas pariwisata dan rekreasi air serta adanya fasilitas rumah makan yang terdapat kegiatan memasak hingga menghasilkan limbah hasil mencuci peralatan masak. Tingginya nilai COD dipengaruhi oleh limbah yang mengandung unsur nutrisi seperti fosfat dan nitrat.¹⁵ Fosfat dan nitrat yang berlebih dapat mengganggu ekosistem perairan, menyebabkan pertumbuhan alga hingga gangguan kesehatan seperti sindrom bayi biru.

Total coliform air Danau Toba di Desa Paropo menunjukkan bahwa kelima titik lokasi telah tercemar oleh bakteri *coliform* karena jumlah *Total coliform* yang sudah melebihi baku mutu (1.000 MPN/100 mL). Tingginya jumlah *Total coliform* disebabkan oleh limbah dengan kandungan bahan

organik yang tinggi serta kemungkinan kontaminasi feses baik yang berasal dari manusia, hewan peliharaan maupun budidaya ikan.¹⁶ Kandungan *Total coliform* tertinggi terdapat pada titik 2 yang berasal dari limbah rumah tangga masyarakat dan hasil buangan makhluk hidup yang langsung dibuang ke badan air. Bakteri *coliform* seperti *Eschericia coli* berasal dari kotoran manusia dan hewan, bersifat patogen serta menyebabkan keluhan kesehatan berupa diare.

Berdasarkan gambar 1 perhitungan skor Indeks Pencemaran (IP) setiap titik lokasi penelitian diketahui titik 2 memiliki skor Indeks Pencemaran tertinggi diantara kelima titik lokasi penelitian. Titik ini berada pada status cemar sedang, dampak dari keberadaan zat pencemar akibat berbagai aktivitas permukiman masyarakat setempat seperti sampah dan limbah cair ke dalam perairan Danau Toba yang berasal dari aktivitas domestik, industri tenun serta kegiatan pertanian. Keberadaan bahan pencemar mempengaruhi konsentrasi BOD, COD dan *Total coliform*.

Rata-rata skor IP dari kelima titik lokasi menunjukkan bahwa status mutu air Danau Toba di Desa Paropo adalah cemar ringan. Status tersebut dipengaruhi oleh berbagai aktivitas masyarakat di sekitar Danau Toba seperti aktivitas domestik, industri, pertanian, pelabuhan, pariwisata dan keramba jaring apung yang menghasilkan limbah dan mencemari perairan. Penelitian lanjutan dapat dilakukan untuk menganalisis kualitas pencemaran air dengan sampel sedimen dan biota air danau.



Sumber: Data Primer, 2025

Gambar 1
Skor Indeks Pencemaran Air Danau Toba di Desa Paropo

KESIMPULAN & SARAN

Penelitian menunjukkan bahwa parameter DO, BOD, COD, dan Total coliform tidak memenuhi baku mutu, sedangkan parameter suhu, TDS, pH, klorida dan timbal masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan PP No. 22 tahun 2021. Rendahnya konsentarsi DO dan tingginya BOD, COD, serta Total coliform mempengaruhi kualitas air Danau Toba. Nilai indeks pencemaran tertinggi berada pada titik 2 yaitu sebesar 5,05 dengan status cemar sedang. Rata-rata nilai indeks pencemaran dari lima titik lokasi adalah sebesar 2,6, disimpulkan bahwa status mutu perairan Danau Toba di Desa Paropo berada dalam kondisi cemar ringan. Saran bagi pemerintah setempat untuk bekerja sama dan memberi himbauan kepada masyarakat, pemilik KJA, serta pengelola tempat wisata dalam mengelola limbah padat maupun cair yang dihasilkan agar tidak mencemari perairan.

REFERENSI

1. UNESCO. World Water Assessment Programme. Water for Prosperity and Peace; 2024. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388948_eng
2. United Nations. The Sustainable Development Goals Report; 2024. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>
3. Direktorat Pengendalian Pencemaran Air. Laporan Kinerja Direktorat Pengendalian Pencemaran dan Kerusakan Lingkungan. Jakarta; 2023. <https://ppkl.menlhk.go.id/website/filebox/1194/240118150657LKj%20Direktorat%20PPA%202023.pdf>
4. Marikena N, Susilawati, Yuli S. Focus Group Discussion Kualitas Air Danau Toba dalam Penentuan Status Trofik Danau Toba. *J Pengabd Masy Bid Sains dan Teknol*. 2022;1(3):363–370. <https://doi.org/10.55123/abdikan.v1i3.814>
5. Peraturan Gubernur Sumatera Utara Nomor 1 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Danau Toba di Provinsi Sumatera Utara. <https://jdih.sumutprov.go.id/detail-produk-hukum/1674#!>
6. Garno YS, Nugroho R, Hanif M. Kualitas Air Danau Toba di Wilayah Kabupaten Toba Samosir dan Kelayakan Peruntukannya. *J Teknol Lingkung*. 2020;21(1):118–24. <https://doi.org/10.29122/jtl.v21i1.3277>
7. Silaban W, Silalahi MV. Analisis kualitas air di perairan Danau Toba Kecamatan Pangururan Kabupaten Samosir. *JST (Jurnal Sains dan Teknol)*. 2021;10(2):299–307. <https://doi.org/10.23887/jst.undiksha.v10i2.39500>
8. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161852/pp-no-22-tahun-2021>
9. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. <https://www.regulasip.id/book/10016/read>
10. Barus TA. *Limnologi*. Makassar: Nas Media Pustaka; 2020.
11. Saputro AA, Sunaryo S, Fahdiran R. Kualitas Air Danau Sunter Berdasarkan Parameter Fisika dan Kimia Menggunakan Metode Indeks Pencemaran. *Pros Semin Nas Fis*. 2020;9:125–140. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2020.01.FA.21>
12. Zaman N, Nasution N, Susilawaty I, Sitorus E, Mohamad E, Syam Z, et al. *Manajemen kualitas air*. Makassar: Yayasan Kita Menulis; 2023.
13. Mellyanawaty M, Nurhalimah S, Nofiyanti E. Penentuan Mutu Air Waduk Jatiluhur Jawa Barat dengan Metode IP, STORET, CCME WQI sebagai Dampak Keramba Jaring Apung. *J Teknol Lingkung Lahan Basah*. 2024;12(2):448–457. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v12i2.76658>
14. Sumantri A. *Kesehatan lingkungan*. 4th ed. Jakarta: Kencana; 2010.
15. Agustina A, Muliadisa IK. Dampak Pariwisata Terhadap Kualitas Air Danau Beratan Berdasarkan Parameter BOD dan COD. *J MANNER*. 2023;2(1):1–8. <https://doi.org/10.59193/jmn.v2i1.111>
16. Wulandari T, Sherra ES. Analisis Kualitas Air berdasarkan Tingkat Pencemaran Bakteri *Coliform* pada Air Sungai Batang Agam Kota Payakumbuh. *Pros Semin Nas Biol*. <https://semnas.biologi.fmipa.unp.ac.id/index.php/prosiding/article/view/940/865>