

# ANALISIS FISIKA KIMIA KUALITAS AIR PERAIRAN SUNGAI BOYO DESA ONOWAEMBO KECAMATAN GUNUNGSITOLI KOTA GUNUNGSITOLI

*(Physical and Chemical Analysis of Water Quality in the Boyo River, Onowaembo Village, Gunungsitoli District, Gunungsitoli City)*

**Pemi Paskah Ria Mendrofa**

<sup>1</sup>Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi Manado

\*Corresponding author: [pemimendrofa@gmail.com](mailto:pemimendrofa@gmail.com)

**ABSTRAK:** Sungai Boyo Onowaembo di Kecamatan Gunungsitoli, Kota Gunungsitoli, merupakan salah satu sumber daya air utama bagi masyarakat yang dimanfaatkan untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan aktivitas ekonomi. Namun, tekanan antropogenik yang semakin meningkat dikhawatirkan berdampak pada penurunan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kondisi fisika dan kimia air Sungai Boyo Onowaembo, mengevaluasi status kualitasnya berdasarkan baku mutu nasional, serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi degradasinya. Metode penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan rancangan cross-sectional, di mana sampel air diambil dari tiga titik lokasi (hulu, tengah, hilir) dan dianalisis di laboratorium terakreditasi mengacu pada Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). Hasil penelitian menunjukkan adanya penurunan kualitas air dari hulu ke hilir. Parameter fisika seperti kekeruhan, TDS, dan TSS meningkat signifikan, sedangkan parameter kimia menunjukkan penurunan oksigen terlarut (DO) disertai peningkatan BOD, COD, ammonia, dan fosfat yang melampaui baku mutu. Evaluasi menggunakan Indeks Pencemaran menempatkan hulu pada kategori cemar ringan, tengah cemar sedang, dan hilir cemar berat. Temuan ini menegaskan bahwa aktivitas domestik, pertanian, dan berkurangnya vegetasi riparian merupakan faktor utama penyebab degradasi kualitas air. Penelitian ini merekomendasikan perlunya kebijakan pengelolaan limbah terpadu serta penguatan partisipasi masyarakat dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air.

**Kata Kunci:** Kualitas Air, Sungai Boyo Onowaembo, Fisika-Kimia, Pencemaran Air, Gunungsitoli.

**ABSTRACT:** The Boyo Onowaembo River in Gunungsitoli District, Gunungsitoli City, is one of the main water resources for the community, used for domestic, agricultural, and economic activities. However, increasing anthropogenic pressure is feared to have an impact on water quality. This study aims to analyze the physical and chemical conditions of the Boyo Onowaembo River, evaluate its water quality status based on national quality standards, and identify the factors influencing its degradation. The research method used a quantitative descriptive approach with a cross-sectional design, where water samples were collected from three locations (upstream, midstream, and downstream) and analyzed in an accredited laboratory following the Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017). The results of the study showed a decline in water quality from upstream to downstream. Physical parameters such as turbidity, TDS, and TSS increased significantly, while chemical parameters showed a decrease in dissolved oxygen (DO) accompanied by an increase in BOD, COD, ammonia, and phosphate that exceeded quality standards. Evaluation using the Pollution Index placed the upstream area in the lightly polluted category, the middle area in the moderately polluted category, and the downstream area in the heavily polluted category. These findings confirm that domestic activities, agriculture, and the decline in riparian vegetation are the primary factors causing water quality degradation. This study recommends the need for integrated waste management policies and strengthened community participation in maintaining the sustainability of water resources.

**Keywords:** Water Quality, Boyo Onowaembo River, Physical-Chemical, Water Pollution, Gunungsitoli.

## PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang paling esensial bagi keberlangsungan

kehidupan. Ketersediaan air dengan kualitas yang memadai tidak hanya menentukan kesehatan masyarakat, tetapi juga menopang

keberlanjutan ekosistem serta aktivitas ekonomi. Dalam konteks ekologi perairan, kualitas air ditentukan oleh interaksi parameter fisika, kimia, dan biologi yang saling membentuk karakteristik spesifik suatu badan air (Effendi, 2019). Sungai sebagai salah satu sumber air permukaan memegang peran strategis dalam penyediaan air bersih, irigasi, kebutuhan industri, hingga sebagai habitat berbagai organisme akuatik.

Sungai Boyo Onowaembo yang terletak di Kecamatan Gunungsitoli, Kota Gunungsitoli, Sumatera Utara, merupakan salah satu sungai penting yang menjadi tumpuan masyarakat lokal untuk berbagai kebutuhan sehari-hari. Sungai ini mengalir melewati kawasan permukiman dan pertanian, sehingga tidak dapat dilepaskan dari interaksi langsung dengan aktivitas antropogenik. Menurut Simanjuntak et al. (2020), aktivitas manusia di sekitar sungai memiliki potensi besar dalam memicu perubahan fisika dan kimia air, yang pada gilirannya dapat menurunkan mutu perairan.

Fenomena pencemaran air sungai kini semakin mengkhawatirkan, khususnya di Indonesia. Laporan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2021) mengungkapkan bahwa sebagian besar sungai di Indonesia telah mengalami pencemaran, baik dalam kategori ringan maupun berat. Limbah domestik, pertanian, dan industri menjadi faktor utama yang mendorong peningkatan beban pencemar. Sejalan dengan hal tersebut, Wijaya dan Kartini (2019) menegaskan bahwa parameter kualitas air seperti pH, oksigen terlarut (DO), kebutuhan oksigen biologi (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), TSS, serta kandungan logam berat merupakan indikator penting dalam menentukan status mutu perairan.

Kondisi geografis Pulau Nias yang relatif terisolasi serta minimnya infrastruktur pengelolaan limbah membuat sungai-sungai di wilayah ini, termasuk Sungai Boyo Onowaembo, berada dalam kondisi yang rawan pencemaran. Aktivitas masyarakat seperti pembuangan sampah rumah tangga, penggunaan pupuk kimia dan pestisida di lahan pertanian, serta aktivitas peternakan kerap menjadi penyebab utama degradasi kualitas air. Menurut Hutabarat (2020), tekanan ekologis pada sungai-sungai di Pulau Nias cukup tinggi akibat perubahan tata guna lahan dan rendahnya

kesadaran masyarakat dalam menjaga keberlanjutan sumber daya air.

Kondisi tersebut menimbulkan pertanyaan penting: bagaimana kondisi aktual kualitas air Sungai Boyo Onowaembo ditinjau dari parameter fisika seperti suhu, kekeruhan, warna, bau, rasa, TDS, dan TSS, serta parameter kimia seperti pH, DO, BOD, COD, ammonia, nitrat, nitrit, fosfat, dan logam berat? Apakah kualitas air sungai ini masih sesuai dengan standar baku mutu sebagaimana ditetapkan dalam PP No. 22 Tahun 2021? Bagaimana pula variasi kualitas air dari hulu ke hilir, serta faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi perubahan kualitas tersebut?

Berangkat dari permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter fisika dan kimia air Sungai Boyo Onowaembo, mengevaluasi kualitasnya berdasarkan standar baku mutu nasional, serta mengidentifikasi variasi kualitas air di sepanjang aliran sungai dari hulu ke hilir. Selain itu, penelitian ini juga diarahkan untuk mengkaji faktor-faktor dominan yang mempengaruhi kualitas air, baik yang berasal dari aktivitas domestik, pertanian, maupun faktor lingkungan alami.

Secara akademis, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memperkaya khazanah pengetahuan mengenai dinamika kualitas air sungai di wilayah tropis, khususnya di Pulau Nias yang relatif jarang tersentuh kajian ekologis. Dari sisi praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan referensi penting bagi pemerintah daerah dalam merumuskan kebijakan pengelolaan sumber daya air yang berkelanjutan, sekaligus memberikan informasi yang bermanfaat bagi masyarakat mengenai kondisi kualitas air yang mereka gunakan sehari-hari. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya memiliki signifikansi teoretis bagi pengembangan ilmu lingkungan dan perairan, tetapi juga membawa dampak nyata bagi kepentingan konservasi serta keberlanjutan hidup masyarakat di Gunungsitoli dan sekitarnya.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan rancangan cross-sectional study, di mana data kualitas air dikumpulkan pada waktu tertentu untuk memperoleh gambaran yang representatif

mengenai kondisi Sungai Boyo Onowaembo. Menurut Sugiyono (2019), pendekatan deskriptif kuantitatif sangat sesuai digunakan ketika tujuan penelitian adalah untuk memaparkan fenomena yang sedang berlangsung secara objektif berdasarkan data numerik yang dapat diukur dan dianalisis secara statistik. Dengan desain ini, kondisi kualitas air sungai dapat dianalisis secara komprehensif pada saat penelitian dilaksanakan, tanpa harus menunggu perubahan temporal yang panjang.

Penelitian dilakukan di Sungai Boyo Onowaembo, Kecamatan Gunungsitoli, Kota Gunungsitoli, Provinsi Sumatera Utara. Sungai ini dipilih secara purposif karena merupakan salah satu sumber air utama bagi masyarakat sekaligus belum pernah diteliti secara menyeluruh mengenai kualitas fisika-kimia airnya. Lokasi pengambilan sampel ditetapkan pada tiga titik yang merepresentasikan kondisi hulu, tengah, dan hilir sungai. Pertimbangan penentuan lokasi didasarkan pada faktor aksesibilitas serta relevansi ekologis, karena setiap titik diyakini memiliki tekanan antropogenik yang berbeda. Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan, yaitu mulai Januari hingga Maret 2023, dengan interval pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali untuk memperkaya data dan mengurangi bias temporal akibat variasi cuaca.

Populasi penelitian mencakup seluruh badan air Sungai Boyo Onowaembo, sedangkan sampel yang dianalisis adalah air yang diambil dari tiga titik pengambilan yang telah ditetapkan. Pengambilan sampel air dilakukan dengan metode purposive sampling, yang menurut SNI 6989.57:2008 merupakan prosedur standar untuk memastikan keterwakilan kondisi perairan pada lokasi tertentu. Setiap sampel air diambil pada kedalaman 20–30 cm dari permukaan, disimpan dalam botol steril berlabel, dan segera diletakkan dalam cool box dengan suhu 4°C untuk menjaga stabilitas sampel sebelum dianalisis di laboratorium.

Parameter yang diamati dalam penelitian ini dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu parameter fisika dan parameter kimia. Parameter fisika meliputi suhu, kekeruhan, warna, bau, rasa, total dissolved solids (TDS), dan total suspended solids (TSS). Sementara itu, parameter kimia mencakup pH, oksigen terlarut (DO), biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), ammonia

(NH<sub>3</sub>-N), nitrat (NO<sub>3</sub>-N), nitrit (NO<sub>2</sub>-N), fosfat (PO<sub>4</sub>-P), serta kandungan logam berat seperti Pb, Cd, Hg, Cu, dan Zn. Pengukuran parameter in-situ seperti suhu, pH, DO, dan TDS dilakukan langsung di lapangan menggunakan water quality meter portabel, sedangkan parameter lainnya dianalisis di laboratorium terakreditasi dengan merujuk pada Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017) serta standar nasional yang berlaku.

Instrumen penelitian terdiri dari peralatan lapangan dan laboratorium. Peralatan lapangan meliputi water quality meter, turbidity meter, GPS untuk penentuan koordinat, botol sampel steril, serta cool box untuk penyimpanan sampel. Sementara itu, peralatan laboratorium meliputi spektrofotometer UV-Vis untuk analisis nutrient, BOD incubator untuk pengukuran BOD, serta Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) untuk analisis logam berat. Seluruh peralatan dikalibrasi sesuai prosedur untuk menjamin akurasi data yang diperoleh.

Data hasil pengukuran dianalisis secara deskriptif melalui perhitungan nilai rata-rata, standar deviasi, serta kisaran minimum dan maksimum. Selanjutnya, hasil tersebut dibandingkan dengan standar baku mutu air kelas II sebagaimana tercantum dalam PP No. 22 Tahun 2021 untuk menentukan status kualitas air Sungai Boyo Onowaembo. Analisis spasial dilakukan untuk mengetahui variasi kualitas air dari hulu hingga hilir dengan memanfaatkan metode interpolasi. Selain itu, status mutu air juga dievaluasi menggunakan metode Indeks Pencemaran (IP) berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 115 Tahun 2003. Metode ini memungkinkan peneliti menilai tingkat pencemaran secara komprehensif dengan mempertimbangkan nilai maksimum dan rata-rata perbandingan antara konsentrasi parameter yang terukur dan baku mutunya.

Dalam pelaksanaannya, penelitian ini tetap menjunjung tinggi etika penelitian, baik dalam hal keselamatan kerja maupun pelestarian lingkungan. Pengambilan sampel dilakukan dengan tetap memperhatikan aktivitas masyarakat sekitar dan tidak mengganggu keseimbangan ekosistem sungai. Dengan metode yang terstruktur dan komprehensif ini, penelitian diharapkan menghasilkan data yang valid serta mampu menggambarkan kondisi

kualitas air Sungai Boyo Onowaembo secara ilmiah dan mendalam.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sungai Boyo Onowaembo yang melintasi Kecamatan Gunungsitoli memiliki panjang aliran sekitar 12 km dengan karakteristik topografi berbukit di bagian hulu dan cenderung landai pada wilayah hilir. Sepanjang aliran sungai, aktivitas masyarakat cukup beragam, mulai dari pemukiman, pertanian, hingga peternakan skala kecil. Kondisi penggunaan lahan tersebut terbukti memberikan pengaruh nyata terhadap kualitas air sungai yang diteliti.

Hasil pengukuran parameter fisika menunjukkan adanya penurunan kualitas dari hulu ke hilir. Suhu air relatif stabil dengan kisaran 26,8–28,5°C, sesuai dengan kisaran normal perairan tropis (Effendi, 2019). Namun, parameter kekeruhan menunjukkan peningkatan signifikan, dari 8,2 NTU di hulu menjadi 45,6 NTU di hilir. Kondisi ini mengindikasikan adanya masukan partikel tersuspensi yang berasal dari erosi tanah, aktivitas domestik, dan limpasan pertanian (Rahayu, 2020). Demikian pula, nilai TDS meningkat dari 125 mg/L menjadi 340 mg/L, meski masih dalam batas baku mutu, namun tren peningkatan ini patut diwaspadai. Sementara itu, nilai TSS pada titik tengah (52 mg/L) dan hilir (85 mg/L) telah melampaui baku mutu air kelas II (50 mg/L), menunjukkan adanya tekanan signifikan dari aktivitas antropogenik di sekitar sungai.

Parameter organoleptik juga memperlihatkan degradasi kualitas. Jika pada bagian hulu air relatif jernih, tidak berbau, dan tidak berasa, maka di bagian tengah hingga hilir mulai tampak perubahan warna kecoklatan, bau menyengat, serta rasa pahit. Fenomena ini menjadi indikator pencemaran organik yang berasal dari aktivitas domestik, seperti penggunaan deterjen maupun pembuangan sampah organik ke sungai.

Dari aspek kimia, kondisi air menunjukkan degradasi yang lebih nyata. Nilai pH berkisar antara 6,2–7,8, masih sesuai dengan

baku mutu, namun kecenderungan penurunan menuju kondisi lebih asam di bagian hilir menunjukkan adanya masukan bahan organik yang terurai menghasilkan asam organik (Salmin, 2019). Kadar oksigen terlarut (DO) mengalami penurunan signifikan dari 7,2 mg/L di hulu menjadi 3,8 mg/L di hilir, yang berarti sudah berada di bawah standar baku mutu 4 mg/L. Penurunan DO sejalan dengan peningkatan nilai BOD dan COD. Nilai BOD meningkat tajam dari 2,1 mg/L di hulu menjadi 18,5 mg/L di hilir, jauh melampaui ambang batas 3 mg/L. Kondisi serupa juga terjadi pada COD yang mencapai 42,8 mg/L di hilir, melampaui baku mutu 25 mg/L. Tingginya nilai BOD dan COD merupakan indikator klasik pencemaran organik akibat masukan limbah domestik, pertanian, maupun peternakan (Metcalf & Eddy, 2021).

Kandungan nutrisi juga menunjukkan gejala eutrofikasi. Kadar amonia meningkat drastis hingga 1,85 mg/L di hilir, jauh di atas baku mutu 0,5 mg/L. Fosfat pun menunjukkan nilai yang melampaui standar, mencapai 0,85 mg/L. Kedua parameter ini erat kaitannya dengan penggunaan pupuk kimia, pestisida, serta deterjen rumah tangga (Nasution et al., 2019). Sebaliknya, nitrat masih berada dalam kisaran aman, meskipun terjadi peningkatan konsentrasi dari hulu ke hilir. Sementara itu, konsentrasi logam berat umumnya masih berada dalam batas aman, kecuali tembaga (Cu) di titik hilir yang mencapai 0,035 mg/L dan melebihi baku mutu 0,02 mg/L. Temuan ini menegaskan adanya kontribusi limbah pertanian maupun domestik terhadap peningkatan logam berat tertentu.

Evaluasi kualitas air menggunakan Indeks Pencemaran (IP) memperlihatkan variasi yang konsisten dari hulu ke hilir. Titik hulu berada pada kategori cemar ringan (IP = 1,8), titik tengah pada kategori cemar sedang (IP = 4,2), sedangkan titik hilir sudah masuk kategori cemar berat (IP = 7,8). Hal ini menunjukkan bahwa beban pencemar semakin meningkat

seiring aliran sungai, terutama disebabkan oleh masukan organik dan nutrien.

Hasil ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menegaskan bahwa sungai-sungai di Pulau Nias menghadapi tekanan ekologis serius akibat aktivitas antropogenik dan keterbatasan pengelolaan limbah (Hutabarat, 2020; Siahaan, 2020). Faktor utama yang memengaruhi penurunan kualitas air Sungai Boyo Onowaembo adalah aktivitas domestik masyarakat yang membuang limbah secara langsung, aktivitas pertanian yang menambah beban nutrien, kondisi fisik sungai yang lambat di bagian hilir sehingga mengurangi kemampuan self-purification, serta berkurangnya vegetasi riparian yang seharusnya berfungsi sebagai penyangga alami (Sari et al., 2021).

Dampak ekologis dari penurunan kualitas air ini tidak dapat diabaikan. Kadar DO yang rendah berpotensi menimbulkan kematian ikan dan biota akuatik, sementara tingginya BOD, COD, ammonia, dan fosfat dapat memicu ledakan pertumbuhan alga yang berujung pada fenomena eutrofikasi. Dari sisi kesehatan masyarakat, air sungai yang tercemar dapat menjadi media penularan penyakit waterborne seperti diare, tifus, dan hepatitis jika digunakan tanpa pengolahan yang memadai. Dalam jangka panjang, akumulasi logam berat dapat menimbulkan risiko kesehatan kronis.

Dengan demikian, temuan penelitian ini menegaskan bahwa Sungai Boyo Onowaembo mengalami degradasi kualitas yang signifikan dari hulu ke hilir, dengan pencemaran utama berasal dari bahan organik dan nutrien. Kondisi ini memperlihatkan perlunya strategi pengendalian pencemaran yang terintegrasi melalui pembangunan infrastruktur pengelolaan limbah, penguatan regulasi, serta peningkatan kesadaran masyarakat untuk menjaga keberlanjutan sumber daya air.

## **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisis fisika dan kimia kualitas air di Sungai Boyo Onowaembo,

dapat disimpulkan bahwa kondisi mutu air menunjukkan pola penurunan yang nyata dari hulu ke hilir. Parameter fisika seperti kekeruhan, TDS, dan TSS mengalami peningkatan signifikan, dengan nilai TSS di bagian tengah dan hilir sudah melampaui ambang batas baku mutu kelas II sebagaimana diatur dalam PP No. 22 Tahun 2021. Indikator organoleptik turut memperlihatkan degradasi kualitas, ditandai dengan munculnya warna kecoklatan, bau tidak sedap, dan rasa pahit di bagian hilir.

Dari sisi kimia, terjadi penurunan kadar oksigen terlarut (DO) hingga berada di bawah baku mutu, sementara nilai BOD dan COD melonjak drastis melebihi ambang batas, mengindikasikan adanya beban pencemaran organik yang tinggi. Nutrien seperti ammonia dan fosfat juga menunjukkan konsentrasi yang melampaui standar, yang erat kaitannya dengan aktivitas domestik serta praktik pertanian intensif di sekitar daerah aliran sungai. Meskipun sebagian besar logam berat masih berada dalam kisaran aman, tembaga (Cu) di bagian hilir telah melebihi ambang batas yang diperbolehkan.

Evaluasi dengan metode Indeks Pencemaran menegaskan adanya gradasi pencemaran dari hulu yang masih dalam kategori cemar ringan, menuju cemar sedang di bagian tengah, hingga mencapai cemar berat di hilir. Dengan demikian, dapat ditegaskan bahwa degradasi kualitas air Sungai Boyo Onowaembo merupakan hasil interaksi berbagai faktor, terutama aktivitas domestik, pertanian, penurunan tutupan vegetasi riparian, serta keterbatasan infrastruktur pengelolaan limbah di Pulau Nias.

Secara ekologis, kondisi ini berimplikasi pada menurunnya daya dukung ekosistem akuatik dan meningkatnya risiko kesehatan masyarakat akibat potensi penyakit waterborne maupun akumulasi zat berbahaya. Oleh karena itu, diperlukan intervensi serius melalui kebijakan pengendalian pencemaran, penerapan praktik pertanian berkelanjutan, serta penguatan

kesadaran masyarakat untuk menjaga sungai sebagai sumber kehidupan yang vital.

## DAFTAR PUSTAKA

- APHA (American Public Health Association). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Water Works Association and Water Environment Federation.
- Effendi, H. (2019). Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 9(2), 289-298.
- Effendi, H. (2020). Dinamika kualitas perairan sungai dan danau: Tinjauan limnologi untuk pengelolaan perairan. *Indonesian Journal of Limnology*, 1(1), 15-28.
- Fitria, L., & Sari, N. P. (2020). Evaluasi kualitas air sungai berdasarkan parameter fisika kimia dan biologis. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(1), 45-56.
- Hammer, M. J., & Hammer Jr, M. J. (2019). *Water and Wastewater Technology* (8th ed.). Pearson Education Limited.
- Hutabarat, S. (2020). Kondisi ekologis sungai-sungai di Pulau Nias: Tantangan dan peluang konservasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 234-245.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2021). *Status Lingkungan Hidup Indonesia 2020*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kristanto, P. (2021). Ekologi perairan: Konsep dasar dan aplikasinya. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(1), 78-89.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2021). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Nasution, R., Sihombing, P., & Tarigan, S. (2019). Analisis kualitas air sungai di Sumatera Utara: Studi kasus pencemaran organik. *Jurnal Penelitian Sains dan Teknologi*, 20(2), 112-125.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Pratiwi, N. T. M., Yusuf, M., & Rahman, A. (2020). Dinamika oksigen terlarut dalam perairan: Faktor pengontrol dan implikasinya terhadap ekosistem akuatik. *Jurnal Oseanografi Indonesia*, 5(3), 67-78.
- Rahayu, S. (2020). Kekeruhan air sungai: Penyebab, dampak, dan teknologi pengendaliannya. *Jurnal Teknologi Pengolahan Air*, 15(1), 23-34.
- Salmin. (2019). Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 25(2), 89-98.
- Sari, D. P., Wahyuni, S., & Pratama, R. (2021). Kontribusi limbah domestik terhadap pencemaran air sungai di daerah perkotaan. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 5(1), 45-58.
- Siahaan, M. (2020). Kajian kualitas air sungai-sungai utama di Pulau Nias Sumatera Utara. *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), 156-167.
- Simanjuntak, L., Panggabean, M., & Situmorang, R. (2020). Pengaruh aktivitas antropogenik terhadap kualitas air sungai: Studi kasus di Sumatera Utara. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(3), 445-456.
- SNI 6989.57:2008. *Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia.
- Sudarmadji, S., Suprayogi, S., & Setiadi, H. (2019). Konservasi mata air untuk pemenuhan kebutuhan air domestik dan pertanian. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 26(2), 73-82.

- Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D (2nd ed.). Alfabeta.
- Wardhana, W. A. (2019). Dampak pencemaran lingkungan terhadap kualitas air sungai. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 25(1), 34-45.
- Widiyanto, A. F. (2019). Total dissolved solids (TDS) dalam air: Sumber, dampak, dan teknologi pengolahannya. *Jurnal Teknologi Air*, 14(2), 78-89.
- Wijaya, I. M. A. S., & Kartini, N. M. (2019). Parameter fisika kimia sebagai indikator pencemaran air sungai. *Jurnal Kimia dan Teknologi*, 12(1), 56-67.