

UJI KUALITAS AIR SUNGAI GEMPOLSARI DI SEKITAR LUMPUR LAPINDO DENGAN PARAMETER FISIKA-KIMIA UNTUK MENENTUKAN STATUS MUTU LINGKUNGAN

DETERMINING THE ENVIRONMENTAL QUALITY STATUS OF THE GEMPOLSARI RIVER IN THE VICINITY OF THE LAPINDO MUD FLOW BY MEASURING ITS PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS

**Izzy Eka Nur Rochmad¹⁾, Naja Suad Suzainti²⁾, Abellya Syafira³⁾, Rizky Alicia Miranti⁴⁾, dan
Rusmini***

*Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Surabaya (60231), Telp. 031-8298761*

* Corresponding author, email: rusmini@unesa.ac.id

Abstrak. Air merupakan sumber daya yang rentan mengalami penurunan kualitas akibat aktivitas antropogenik maupun bencana lingkungan. Lumpur Lapindo yang terjadi sejak tahun 2006 di Sidoarjo berpotensi mempengaruhi kondisi perairan di sekitar, termasuk Sungai Gempolsari yang berdekatan dengan area terdampak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air Sungai Gempolsari menggunakan parameter fisika-kimia sebagai dasar penentuan status mutu lingkungan. Metode yang dilakukan meliputi pengambilan sampel air dan analisis parameter terpilih, yaitu pH, DO, TDS, nitrat (NO_3^-), amonia (NH_3), serta logam berat. Analisis dilakukan dengan alat uji lapangan sederhana dan dibandingkan dengan baku mutu air sungai berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021. Hasil penelitian menunjukkan kadar nitrat sebesar 50 ppm yang melebihi ambang batas, sehingga mengindikasikan pencemaran nutrien. Parameter lain seperti amonia (0 ppm) sebagian besar logam berat (0 ppm), pH (7,5), TDS (0,308 ppm), dan DO (10 ppm) masih dalam kisaran baku mutu. Namun, konsentrasi magnesium (425 ppm) dan kalsium (425 ppm) terdeteksi melebihi standar. Temuan ini menandakan bahwa kualitas air sungai Gempolsari relatif baik pada sebagian besar parameter, namun tercemar ringan hingga sedang akibat beban nutrien khususnya nitrat serta kandungan mineral tertentu. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan pentingnya pemantauan berkelanjutan terhadap kualitas air di kawasan terdampak Lumpur Lapindo. Hasilnya dapat menjadi dasar rekomendasi pengelolaan lingkungan dan upaya mitigasi pencemaran demi keberlanjutan ekosistem perairan serta perlindungan kesehatan masyarakat.

Kata kunci : kualitas air, gempolsari, lapindo, pencemaran

Abstract. Water is a resource that is vulnerable to quality degradation due to anthropogenic activities and environmental disasters. The Lapindo mudflow that has been occurring since 2006 in Sidoarjo has the potential to affect the condition of surrounding waters, including the Gempolsari River, which is located near the affected area. This study aims to analyze the water quality of the Gempolsari River using physical-chemical parameters as a basis for determining environmental quality status. The methods used included water sampling and analysis of selected parameters, namely pH, DO, TDS, nitrate (NO_3^-), ammonia (NH_3), and heavy metals. The analysis was carried out using simple field test equipment and compared with river water quality standards based on Government Regulation No. 22 of 2021. The results showed that the nitrate level was 50 ppm, which exceeded the threshold, indicating nutrient pollution. Other parameters such as ammonia (0 ppm), most heavy metals (0 ppm), pH (7.5), TDS (0.308 ppm), and DO (10 ppm) were still within the quality standards. However, the concentrations of magnesium (425 ppm) and carbon (425 ppm)

were detected to exceed the standards. These findings indicate that the water quality of the Gempolsari River is relatively good for most parameters, but is lightly to moderately polluted due to nutrient loads, particularly nitrates, and certain mineral content. Overall, this study emphasizes the importance of continuous monitoring of water quality in the areas affected by the Lapindo mudflow. The results can be used as a basis for environmental management recommendations and pollution mitigation efforts for the sake of aquatic ecosystem sustainability and public health protection.

Key words: *water quality, gempolsari, lapindo, pollution*

PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu senyawa yang sangat penting bagi semua makhluk hidup, terutama bagi manusia. Hampir seluruh kegiatan yang dilakukan manusia membutuhkan air seperti mandi, memasak, mencuci, minum, dan kegiatan lainnya [1]. Kualitas air merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan karakteristik fisik, kimia, termal, maupun biologis suatu perairan. Air yang cocok bagi satu jenis organisme atau aktivitas tertentu belum layak untuk penggunaan yang berbeda, sehingga kualitas air tidak dapat ditetapkan dalam satu standar tunggal yang berlaku untuk semua kebutuhan. Oleh sebab itu, pemantauan kualitas air menjadi penting untuk memastikan keberlanjutan fungsi lingkungan perairan [2].

Lingkungan perairan seperti sungai merupakan perairan terbuka yang mengalir dan mendapat masukan dari semua buangan berbagai kegiatan manusia di daerah pemukiman, pertanian, dan industri di daerah sekitarnya. Terkait kualitas air, beberapa jenis aktivitas dapat memengaruhi kualitas air. Kualitas air sungai dipengaruhi oleh faktor alami hingga faktor antropogenik, termasuk limbah rumah tangga, limbah industri, dan peristiwa geologi atau bencana lingkungan yang apabila tidak dikendalikan akan mengancam fungsi ekologis serta kesehatan masyarakat. Kondisi inilah yang menuntut pemantauan kualitas air yang terstruktur untuk menentukan status mutu lingkungan [3,4].

Salah satu bencana lingkungan yang terjadi adalah Banjir Lumpur Panas Sidoarjo atau Lumpur Lapindo dimana peristiwa menyeburnya lumpur panas di lokasi pengeboran PT Lapindo Brantas di Desa Renokenongo, Kecamatan Porong, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, sejak tanggal 27 Mei 2006. Lumpur Lapindo di Sidoarjo tersusun atas 70% air dan 30% padatan [5]. Kadar garam (salinitas) lumpur sangat tinggi (38–40%,

sehingga bersifat asin [6]. Hingga saat ini, keberadaan lumpur lapindo tidak hanya menimbulkan masalah sosial dan ekonomi, tetapi juga mempengaruhi kondisi lingkungan di sekitar, termasuk kualitas air sungai yang berdekatan dengan lokasi semburan. Kecamatan Tanggulangin merupakan salah satu kecamatan yang terkena dampak dan Sungai Gempolsari yang berjarak kurang dari 5 km dari lokasi semburan, juga salah satu sungai yang berdekatan dengan lokasi tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni (2013) menunjukkan tingginya nilai COD, BOD, fenol dan H_2S [7]. Penelitian-penelitian lain yang telah dilakukan juga menunjukkan bahwa perairan di wilayah terdampak cenderung mengalami perubahan kualitas fisika dan kimia. Beberapa parameter lain yang sering dijadikan sebagai indikator antara lain pH, suhu, oksigen terlarut (DO), kadar nitrat, amonia, hingga kesadahan [8]. Berbagai studi lain umumnya hanya membandingkan hasil pengujian dengan baku mutu air berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Namun, sebagian besar penelitian hanya berfokus pada pemantauan umum, sementara kajian yang secara spesifik menilai status Sungai Gempolsari di sekitar kawasan Lumpur Lapindo masih terbatas.

Kondisi inilah yang menunjukkan celah penelitian yang perlu dijawab. Analisis kualitas air Sungai Gempolsari dengan parameter fisika-kimia tidak hanya mampu menggambarkan kondisi yang nyata, tetapi juga dapat menentukan status mutu lingkungannya berdasarkan acuan baku mutu nasional. Dengan pendekatan tersebut, hasil

penelitian dapat digunakan sebagai dasar rekomendasi pengelolaan perairan sekaligus memberikan informasi yang relevan untuk masyarakat sekitar.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menguji kualitas air Sungai Gempolsari di sekitar Lumpur Lapindo dengan menggunakan parameter fisika-kimia untuk menentukan status mutu lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu kimia lingkungan, mendukung kebijakan pengelolaan kualitas air, dan meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap ekosistem sungai di wilayah terdampak. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan bisa sebagai pijakan bagi kajian lanjutan mengenai konservasi lingkungan di kawasan Sidoarjo.

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi bahan uji dan bahan kimia. Bahan uji yaitu air sungai Gempolsari yang diambil di sekitar kawasan lumpur lapindo Sidoarjo, Jawa timur. Metode pengambilan sampel mengikuti SNI (Standar Nasional Indonesia) 6989.59:2008 untuk sungai beraliran rendah. Adapun sampel yang diambil sebanyak satu pada pukul 16.25 saat cuaca cerah berawan. Volume sampel yang dikumpulkan yaitu 500 mL. Bahan kimia yang digunakan meliputi reagen Nitrat 1 (sulfanilamida) dan reagen 2 (NED dihidroklorida), larutan amonia (NH_3) reagen 1 dan 2, reagen DO 1, reagen DO 2, Reagen DO 3, dan reagen DOT.

Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas kimia 600 mL, gelas kimia 200 mL, pipet tetes, botol vial, pH meter, TDS meter, dan *heavy metal water test kit*.

Prosedur Penelitian

Penetuan Lokasi Pengambilan Sampel

Penetuan lokasi pengambilan sampel dilakukan berdasarkan sungai yang tercemar rembesan lumpur Lapindo. Sungai tercemar berada di desa Gempol, Kecamatan Tanggulangin,

Kabupaten Sidoarjo pada koordinat $7^{\circ}30'50.2''\text{S}$ $112^{\circ}43'21.5''\text{E}$.

Penentuan Kualitas Perairan

Pengukuran parameter fisik dan kimia seperti TDS, DO, pH dilakukan di laboratorium menggunakan TDS meter, DO meter, dan pH meter.

Penentuan Kadar Nitrat (NO_3^-)

Penentuan kadar Nitrat dilakukan dengan reagen Nitrat 1 (sulfanilamida) dan reagen 2 (NED dihidroklorida) digunakan untuk membentuk zat warna merah muda dan kemudian dibandingkan dengan tabel warna.

Penentuan kadar Amonia (NH_3)

Penentuan kadar Amonia dilakukan dengan penambahan reagen 1 dan reagen 2 yang kemudian dikocok dan didiamkan selama 5 menit dan dibandingkan dengan tabel warna.

Penentuan kadar Logam Berat

Penentuan kadar logam berat (Cu, Fe, Mn, Zn, Pb, Mg, C, Hg, Cr, dan Cd) dilakukan menggunakan *heavy metal water test kit* berupa kertas indikator dengan sensor elektrokimia berbasis kertas yang dapat mengidentifikasi logam berat melalui interaksi substrat kertas dengan logam berat dan kemudian dibandingkan dengan tabel warna.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Kualitas Air

Penelitian Uji Kualitas air sungai dilakukan menggunakan pengukuran dengan beberapa parameter secara *ex situ*. Parameter fisika-kimia yang diamati diantaranya adalah amonia, logam berat, TDS, pH dan DO. Data yang dihasilkan berdasarkan hasil pengukuran parameter fisika-kimia tersebut tersaji pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter air sungai Gempolsari

Parameter Pengujian	Hasil (ppm)	Nilai Ambang Batas (ppm)
Nitrat (NO_3^-)	50 ppm	20 ppm
Amonia (NH_3)	0 ppm	0,5 ppm
TDS	308 ppm	1000 ppm
pH	7,5	6-9
DO	10 ppm	3 ppm

Tabel 2. Hasil pengukuran parameter logam berat air sungai Gempolsari

Parameter Pengujian	Hasil (ppm)	Nilai Ambang Batas (ppm)
Logam Berat		
Cu	0	0,02
Fe	0	0,2
Mn	0	0,5
Zn	0	0,05
Pb	0	0,03
Mg	425	200
Ca	425	200
Hg	0	0,002
Cr	0	0,05
Cd	0	0,01

Hasil pengukuran kualitas air sungai Gempolsari yang terletak di sekitar area terdampak Lumpur Lapindo, diperoleh data parameter fisika-kimia meliputi nitrat, ammonia, logam berat, TDS, pH, dan DO. Jika dibandingkan dengan ambang batas air sungai yang tercantum dalam Lampiran VI Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, terlihat adanya beberapa parameter yang melebihi ambang batas serta beberapa parameter lain yang masih sesuai ketentuan.

Nitrat

Kadar nitrat yang terukur mencapai sekitar 50 ppm, sedangkan ambang batas untuk nitrat pada air sungai ditetapkan sebesar 20 ppm untuk kelas III dan IV. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi nitrat pada Sungai Gempolsari telah melampaui ambang batas, sehingga dapat dikategorikan tercemar. Kadar nitrat tinggi disebabkan oleh aktivitas pertanian di sekitar sungai. Penggunaan pupuk sintetis seperti pupuk nitrogen pada lahan pertanian dapat terbawa aliran aliran permukaan (*runoff*) dan masuk ke sungai [9]. Senyawa nitrogen organik pada sungai akan terdegradasi oleh bakteri menjadi ammonia lalu diubah menjadi nitrit kemudian diubah menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi. Konsentrasi nitrat di atas ambang batas berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan seperti methemoglobinemia, yaitu kondisi di mana lebih dari 10% hemoglobin diubah menjadi methemoglobin [10,11].

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan oleh Laboratorium Sucofindo, kadar nitrat

tertinggi pada lumpur lapindo yakni sebesar 1,32 ppm yang mana masih di bawah ambang batas [12]. Maka, keberadaan nitrat pada air sungai Gempolsari tidak ada pengaruhnya terhadap rembesan lumpur lapindo. Hal ini sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa kadar nitrat yang tinggi biasanya bersumber dari aktivitas domestik, pertanian, atau limpasan material yang mengandung unsur nitrogen [13].

Amonia

Kadar amonia terukur sebesar 0 ppm, masih jauh dibawah ambang batas yang ditetapkan, yaitu 0,5 ppm untuk kelas III dan IV. Dengan demikian, kandungan amonia tidak menjadi masalah dalam konteks kualitas air sungai ini.

Logam Berat

Parameter logam berat seperti Pb, Cd, Cr, Zn, Cu, dan Hg seluruhnya tercatat 0 ppm atau berada di bawah ambang batas. Akan tetapi, logam magnesium dan kalsium pada sampel menunjukkan angka masing-masing 425 ppm dan 425 ppm. Hal tersebut melampaui ambang batas logam berat yang ditetapkan pada PP Nomor 22 Tahun 2021 yakni 200 ppm. Hal ini diduga diakibatkan oleh lumpur lapindo yang berasal dari lapisan dalam bumi yang mengandung berbagai mineral logam termasuk magnesium dan kalsium [14]. Air rembesan dari lumpur lapindo dapat mengalir ke sungai terdekat dan akan terjadi akumulasi apabila tidak segera ditangani. Kandungan magnesium dan kalsium yang tinggi pada air sungai berpotensi mengendap di dasar sungai sehingga menurunkan kualitas sedimen serta dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan dan mikroorganisme di sungai [15,16].

TDS

Parameter lain seperti TDS menunjukkan angka 308 ppm, yang masih berada di bawah ambang batas 1000 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah zat padat terlarut dalam air sungai masih dalam kategori aman, sehingga tidak menimbulkan gangguan terhadap kejernihan maupun kualitas perairan secara umum. Nilai TDS yang rendah juga mengindikasikan tidak adanya akumulasi signifikan dari garam anorganik, mineral, maupun bahan organik terlarut yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem perairan [17,18].

pH

Nilai pH sebesar 7,5 juga masih sesuai ambang batas yang mengatur kisaran 6–9 untuk seluruh kelas. Kondisi pH yang stabil ini penting karena fluktuasi pH yang terlalu asam maupun terlalu basa dapat berdampak negatif terhadap fisiologi organisme perairan. Air dengan pH netral umumnya lebih mendukung keberlangsungan kehidupan biota akuatik, termasuk ikan dan mikroorganisme dekomposer yang berperan dalam menjaga fungsi ekosistem [19, 20].

DO

Sementara itu, oksigen terlarut (DO) terukur sebesar 10 ppm, lebih tinggi dari ambang batas minimum 3 ppm untuk kelas III. Nilai ini menunjukkan bahwa kondisi oksigen terlarut masih sangat baik untuk mendukung kehidupan organisme akuatik [21]. Tingginya DO juga mencerminkan bahwa proses aerasi dan fotosintesis tumbuhan air masih berjalan dengan baik, serta beban organik dalam air belum berlebihan yang biasanya ditandai dengan menurunnya kadar oksigen [22,23].

Secara keseluruhan, hasil pengukuran menunjukkan bahwa kualitas air Sungai Gempolsari masih baik pada aspek pH, DO, TDS, amonia, dan logam berat, tetapi tercemar oleh kandungan nitrat yang sangat tinggi. Dengan demikian, status mutu lingkungan sungai dapat dikategorikan tercemar ringan hingga sedang, khususnya oleh beban nutrien. Kondisi ini menegaskan perlunya pemantauan berkelanjutan serta identifikasi sumber pencemar untuk mencegah penurunan kualitas ekosistem sungai secara lebih lanjut. Upaya preventif ditujukan untuk mencegah bertambahnya beban pencemar ke dalam badan air. Beberapa langkah yang dapat dilakukan antara lain:

1. Pengelolaan limbah domestik dengan membangun sistem sanitasi yang memadai agar air limbah rumah tangga tidak langsung masuk ke sungai.
2. Penerapan praktik pertanian ramah lingkungan dengan mengurangi penggunaan pupuk kimia berlebih serta memanfaatkan pupuk organik untuk menekan limpasan nitrat.
3. Pembangunan zona penyangga (buffer zone) berupa vegetasi riparian di sepanjang tepi sungai guna menyaring nutrien dan sedimen sebelum mencapai badan air.

4. Penyuluhan dan peningkatan kesadaran masyarakat sekitar mengenai pentingnya menjaga kebersihan sungai.

Upaya kuratif juga dapat difokuskan pada penanganan kualitas air yang telah tercemar. Langkah yang dapat dilakukan misalnya:

1. Penerapan teknologi bioremediasi dengan memanfaatkan mikroorganisme atau tumbuhan akuatik tertentu yang mampu menyerap dan menguraikan nutrien berlebih, termasuk nitrat.
2. Pengerukan sedimen pada area yang mengalami akumulasi lumpur atau bahan organik tinggi untuk mengurangi sumber pencemar internal.
3. Pemasangan instalasi pengolahan air limbah sederhana pada kawasan pemukiman atau industri kecil di sekitar sungai.
4. Monitoring kualitas air secara berkala dengan metode laboratorium yang lebih akurat sehingga tren pencemaran dapat dideteksi lebih dini dan ditangani secara cepat.

Dengan penerapan upaya preventif dan kuratif secara simultan, kualitas air Sungai Gempolsari diharapkan dapat pulih secara bertahap. Langkah-langkah tersebut tidak hanya berfungsi untuk mengendalikan pencemaran, tetapi juga untuk memastikan keberlanjutan fungsi ekologis sungai serta perlindungan kesehatan masyarakat yang memanfaatkan air sungai untuk aktivitas sehari-hari.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah kadar amonia dan nilai TDS pada sungai Gempolsari berada di bawah ambang batas berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk kelas III dan IV. Akan tetapi, kadar nitrat serta logam berat Mg dan Ca melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk kelas III dan IV. Parameter DO melebihi ambang batas berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021 untuk kelas III tidak diartikan sebagai indikator pencemaran, melainkan menunjukkan bahwa kondisi oksigen terlarut masih sangat baik untuk mendukung kehidupan organisme akuatik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. V. Sari, Z. Muallifah, and A. Fanani, "Klasifikasi Kualitas Air Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM)," *Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer (JUPITER)*, vol. 15, no. 2, pp. 983-994. 2023, doi: 10.5281/zenodo.10069630.
- [2] J. C. Ritchie, and F. R. Schiebe, "Remote Sensing in Hydrology and Water Management," *Springer Berlin Heidelberg*, 2012, doi: 10.1007/978-3-642-59583-7_13
- [3] H. Effendi, S. Muslimah, and P. A. Permatasari, "Relationship Between Land Use and Water Quality in Pesanggrahan River," *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, vol. 149, no. 1, pp. 1–20, 2018, doi: 10.1088/1755-1315/149/1/012022.
- [4] P. D. Susanti, and N. Wahyuningrum, "Identification of The Main Water Quality Parameters for Monitoring and Evaluating Watershed Health," *Indonesian Journal of Geography*, vol. 52, no. 2, pp. 228-238. 2020, doi: 10.22146/ijg.47280.
- [5] A. Usman, M. Salahuddin, and Ranawijaya, *Pembuangan Lumpur Porong-Sidoarjo ke Laut Surabaya*. Paper Pendukung, Simposium Nasional, 2006.
- [6] P. Arisandi, *Menebar Bencana Lumpur di Kali Porong*. Ecological Observation and Wetlands Conservation, 2006.
- [7] R. Wahyuni, and Sudarmadji, "Analisis Kualitas Airtanah Bebas di Kecamatan Tanggulangin Sebagai Dampak Semburan Lumpur Lapindo Sidoarjo," Skripsi, 2013.
- [8] H. Effendi, "Simulasi Penentuan Indeks Pencemaran dan Indeks Kualitas Air (nsfwqi)," *Puslitbang Kualitas Dan Laboratorium Lingkungan Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*, 2015.
- [9] R. Novian, S. Ariya, Reflis, and S. P. Utama, "Pencemaran Perairan Sungai Bengkulu Akibat Nitrat dan Fosfat dari Aktivitas Pertanian: Studi Literatur," *IPSSJ*, vol. 2, no. 3, pp. 3805–3814, June, 2025.
- Available: <https://ipssj.com/index.php/ojs/article/view/492>
- [10] H. Jusuf, A. Adityaningrum, and C. Arsyad, "Analisis Kandungan Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), dan Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) pada Air di Danau Perintis Kabupaten Bone Bolango," *Jambura Journal of Health Science and Research*, vol. 5, no. 4, pp. 1101–1111, 2023. Available: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jhsr/index>
- [11] L. Fewtrell, "Drinking-water Nitrate, Methemoglobinemia, and Global Burden of Disease: A Discussion," *Environmental Health Perspectives*, vol. 112, no. 14, pp. 1371–1374, 2024, doi: 10.1289/ehp.7216.
- [12] Hendrawati, T. H. Prihadi, and N. N. Rohmah, "Analisis Kadar Phosfat dan N-Nitrogen (Amonia, Nitrat, Nitrit) pada Tambak Air Payau akibat Rembesan Lumpur Lapindo di Sidoarjo, Jawa Timur," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 1, no. 3, pp. 135–143. 2008.
- [13] B. Hamuna, R. H. R. Tanjung, and H. K. Maury, "Concentration of Ammonia, Nitrate and Phosphate in Depapre District Waters, Jayapura Regency," *Enviro Scienteae*, vol. 14, no. 1, pp. 8–15, 2018.
- [14] T. N. Laia, and M. Trisna, "Dampak Kimia Lumpur Lapindo Terhadap Lingkungan Masyarakat di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia," *Jurnal Penelitian Ilmiah Multidisiplin*, vol. 9, no. 5, pp. 252-258, 2025.
- [15] E. Hartini, "Efektivitas Cascade Aerator dan Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar Mangan Air Sumur," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 8, no. 1, pp. 44-52, 2012.
- [16] A. K. Potasznik, and S. Szymczyk, "Magnesium and Calcium Concentrations in the Surface Water and Bottom Deposits of a River-Lake System," *Journal of Elementology*, vol. 20, no. 3, pp. 677–692, 2015.

- [17] A. Y. Putra, Y. Sari, and S. Maisarmah, "Uji Kualitas Air Tanah dari Kadar TDS, Ion SO_4^{2-} dan NO_3^- di Kecamatan Kubu Babussalam, Rokan Hilir," *Journal of Research and Education Chemistry*, vol. 1, no. 2, pp. 23–29, 2019. Available: <http://journal.uir.ac.id/index.php/jrec>
- [18] S. P. Weber, and L. Duffy, "Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A Review of Literature and Recommendation for Salmonid Species," *American Journal of Environmental Sciences*, vol. 3, no. 1, pp. 1-6, 2007.
- [19] E. A. Y. Mendorfa, "Parameter Fisik dan Kimia Perairan Kolam untuk Menunjang Pertumbuhan Ikan Lele Dumbo (*Clarias gariepinus*)," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 2, no. 1, pp. 145–152, 2025.
- [20] Q. Zhou, K. Li, X. Jun, and L. Bo, "Role and Functions of Beneficial Microorganisms in Sustainable Aquaculture," *Bioresource Technology*, vol. 100, no. 6, pp. 3780–3786, 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2008.12.037
- [21] A. P. P. Markus, I. R. Mangangka, and R. R. I. Legrans, "Analisis Kualitas Air Sungai Tondano di Hulu dan Hilir Bendungan Kuwil Kawangkoan," *Tekno*, vol. 22, no. 89, pp. 1690–1707, 2024.
- [22] E. S. Sahabuddin, *Filosofi Cemaran Air*. Kupang: PTK Press. 2015.
- [23] B. Ali, Anushka and Mishra, "Effects of Dissolved Oxygen Concentration on Freshwater Fish: A Review," *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, vol. 10, no. 4, pp. 113–127. 2022, doi: 10.22271/fish.2022.v10.i4b.2693.