



Analisis Cemaran Logam Berat Merkuri (Hg), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada Sungai Provinsi Gorontalo

Ariani H. Hutuba^{1*}, Mohamad Aditya Maku², Muhammad Taupik³, Mohamad Adam Mustapa⁴, A. Mu'thi Andy Suryadi⁵

¹ Jurusan Farmasi, Fakultas Olahraga Dan Kesehatan., Universitas Negeri Gorontalo,
Jl. Jenderal Sudirman No. 06 Kota Gorontalo 96128, Indonesia

* Penulis Korespondensi. Email: muhtaupik@ung.ac.id

ABSTRAK

Logam berat adalah kelompok unsur dengan densitas tinggi ($>5 \text{ g/cm}^3$) yang dapat bersifat toksik dan berbahaya bagi lingkungan serta kesehatan manusia. Pencemaran logam berat di perairan sungai umumnya disebabkan oleh merkuri (Hg), timbal (Pb), dan tembaga (Cu). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan ketiga logam tersebut di beberapa sungai di Provinsi Gorontalo menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Sampel diambil dari empat titik sungai dengan kedalaman 0,5 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan Hg di Sungai Bulango melebihi baku mutu yang ditetapkan, sedangkan Pb dan Cu di Sungai Bone masih dalam batas aman. Sungai Limboto dan Sungai Hulawa juga memenuhi baku mutu yang ditetapkan.

Kata Kunci: Pencemaran Sungai; Logam Berat Merkuri; Timbal; Tembaga; Spektrofotometri Serapan Atom

Diterima:
19-12-2024

Disetujui:
29-01-2025

Online:
31-01-2025

ABSTRACT

Heavy metals are a group of elements with high density ($>5 \text{ g/cm}^3$) and unique chemical properties. They can be toxic and hazardous to the environment and human health. Heavy metal contamination in river waters is commonly caused by mercury (Hg), lead (Pb), and copper (Cu). This study aims to analyze the concentration of these metals in several rivers in Gorontalo Province using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). Water samples were collected from four different rivers at a depth of 0.5 meters. The results showed that Hg concentration in the Bulango River exceeded the established quality standards, while Pb and Cu levels in the Bone River were within safe limits. The Limboto and Hulawa Rivers also met the quality standards.

Copyright © 2025 Jsscr. All rights reserved.

Keywords: Rivers Pollution; Heavy Contamination; Mercury; Lead; Copper; Atomic Absorption Spectrophotometry

Received:
2024 -12-19

Accepted:
2025 -01-29

Online:
2025 -01-31

1. Pendahuluan

Sungai sebagai sumber daya alam yang penting, berfungsi sebagai habitat hewan perairan dan sumber air minum. Sungai Bone, terbesar di Provinsi Gorontalo, memiliki peran penting dalam perekonomian masyarakat setempat, termasuk transportasi, irigasi, dan pariwisata. Aliran sungai dibagi menjadi hulu, tengah, dan hilir, dan mengalami perubahan kualitas akibat berbagai faktor, termasuk pencemaran

Salah satu sumber pencemaran utama adalah kegiatan Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI), di mana penggunaan merkuri dan mesin sedot mengakibatkan pencemaran logam berat, terutama di bagian hulu sungai. Tumpahan solar dari alat berat juga menambah pencemaran, berisiko mengendap di sedimen dan mencemari biota perairan [1]

Logam berat, seperti merkuri (Hg) dan timbal (Pb), bersifat toksik dan dapat terakumulasi dalam rantai makanan, berbahaya bagi kesehatan manusia. Paparan timbal dapat menyebabkan kematian dan berbagai masalah kesehatan, termasuk penurunan IQ dan gangguan syaraf. Merkuri, yang dihasilkan dari aktivitas manusia, juga memiliki dampak serius, dengan potensi pencemaran hingga 10.000 ton per tahun dari penambangan. Tembaga (Cu) juga berpotensi beracun jika terkumpul dalam konsentrasi tinggi, mengakibatkan masalah kesehatan. Metode analisis yang digunakan untuk mendeteksi logam berat ini adalah Spektrofotometri Serapan Atom (SSA), yang sangat sensitif [2]

Penelitian ini diperlukan untuk menganalisis kandungan logam berat pada air sungai di Gorontalo menggunakan metode SSA, mengingat belum ada studi terkait di provinsi Gorontalo. Maka dari itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah cemaran logam berat merkuri (Hg), timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) di beberapa sungai yang berada di provinsi Gorontalo melebihi baku mutu yang ditetapkan atau tidak. Selain itu, Untuk mengetahui kadar logam berat merkuri (Hg), timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada air sungai di beberapa sungai yang berada di provinsi Gorontalo.

2. Metode

Material

Adapun material yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Sampel air sungai hulawa, bone, limboto, bulango, H₂SO₄ pekat, HNO₃ pekat, KMnO₄, K₂S₂O₈, hidrosilamin NaCl, SnCl₂, larutan standar Hg, larutan standar Pb, larutan standar Cu, aquadest.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alat Spektrofotometer AAS (Serapan Atom), pH Meter, Termometer, turbidimetri, Erlenmeyer, pipet tetes, penangas air, kertas label, botol sampel, kertas saring whatman No. 42, neraca analitik, tabung reaksi, labu ukur, batang pengaduk, gelas ukur, corong, kertas label, spidol permanen, cawan porselin, botol semprot.

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel diambil pada diambil pada satu titik ditengah sungai pada kedalaman 0,5 kali kedalaman dari permukaan atau diambil dengan alat *integrated sampler* sehingga diperoleh contoh air dari permukaan sampai ke dasar secara merata (SNI-6989.57-2008). Sampel yang diambil dari masing-masing sungai kemudian diletakkan kedalam botol berukuran 1L kemudian dibawa ke laboratorium

Preparasi Sampel

Sampel air yang telah diambil kemudian diawetkan dengan penambahan HNO₃ pekat sampai pH ≤ 2 . Sampel Pb tahan selama 6 bulan. Sampel Hg bisa bertahan selama 38 hari jika menggunakan botol Vial. Sampel yang telah diambil dan dimasukkan kedalam Vial disaring dengan kertas saring Whatman No.42 pada corong penyaring untuk menjernihkan sampel dari kotoran semisal lumpur dan pasir. Sampel siap untuk dianalisis.

Analisis In-Situ

Analisis in-situ meliputi pengukuran temperatur, pH dan kekeruhan. Analisis suhu menggunakan termometer berdasarkan (SNI 06- 6989.11.2004) [3] pH menggunakan pH meter berdasarkan (SNI 06-6989.11.2004) [3] dan kekeruhan menggunakan turbidimetri berdasarkan (SNI 06-6989.25-2005) [4]

Analisis Ex-Situ

Analisis ex situ meliputi penentuan kandungan logam Hg, Pb, dan Cu pada sampel air sungai. Air sungai yang telah dilakukan proses pengawetan dan preparasi sampel kemudian di analisis dengan Spektrofotometer AAS

Analisis TDS (*Total Dissolved Solids*)

TDS adalah jumlah zat padat terlarut baik berupa ion-ion organik, senyawa, maupun koloid didalam air. Analisis TDS dilakukan untuk mengukur jumlah padatan atau partikel terlarut dalam air. Filtrat yang lolos melalui media penyaring diuapkan sampai kisas lalu dikeringkan pada suhu 180 °C sampai mencapai berat tetap.

3. Hasil dan Pembahasan

Parameter Fisika

Hasil pemeriksaan menggunakan parameter TDS (*Total Dissolves Solids*), kekeruhan, dan suhu yang diperoleh dari sampel di beberapa air sungai yang ada di provinsi Gorontalo, disajikan pada tabel 1. Hasil analisis parameter fisika pada air sungai menunjukkan bahwa kekeruhan di Sungai Bulango (127,9 NTU) dan Sungai Limboto (50,52 NTU) tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No. 22 Tahun 2021, yaitu 25 NTU. Sebaliknya, Sungai Hulawa (1,02 NTU) dan Sungai Bone (6,4 NTU) telah memenuhi syarat kekeruhan. Sementara itu, parameter Total Dissolved Solids (TDS), suhu (28°C), dan pH (6-9) dari semua sampel air sungai juga telah memenuhi standar baku mutu yang berlaku [5].

Tingginya tingkat kekeruhan di Sungai Bulango dan Sungai Limboto kemungkinan disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti erosi tanah, pertanian, dan pembuangan limbah domestik. Menurut Rahmawati et al. (2020), sedimentasi akibat aliran permukaan yang membawa partikel tersuspensi dapat meningkatkan kekeruhan air sungai, terutama di daerah dengan aktivitas manusia yang tinggi [6]. Sebaliknya, rendahnya kekeruhan di Sungai Hulawa dan Sungai Bone menunjukkan kondisi ekosistem yang lebih stabil dengan minim gangguan eksternal. Meskipun parameter TDS dan suhu telah memenuhi baku mutu, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mencegah penurunan kualitas air akibat perubahan lingkungan dan peningkatan aktivitas manusia di sekitar daerah aliran Sungai [7].

Tabel 1. Hasil analisis parameter fisika

Sungai	Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu (PP RI, 2021)	Keterangan
Sungai Bulango	TDS	0 mg/L	1000 mg/L	Memenuhi Syarat
	Kekeruhan	127,9 ^{NTU}	25 ^{NTU}	Tidak memenuhi syarat
	Suhu	24,5°C	28°C ± 3	Memenuhi Syarat
	pH	6-7	6-9	Memenuhi Syarat
Sungai Limboto	TDS	0,0001 mg/L	1000 mg/L	Memenuhi Syarat
	Kekeruhan	50,52 ^{NTU}	25 ^{NTU}	Tidak memenuhi syarat
	Suhu	24°C	28°C ± 3	Memenuhi Syarat
	pH	6-7	6-9	Memenuhi Syarat
Sungai Hulawa	TDS	0,0003 mg/L	1000 mg/L	Memenuhi Syarat
	Kekeruhan	1,02 ^{NTU}	25 ^{NTU}	Memenuhi syarat
	Suhu	24°C	28°C ± 3	Memenuhi Syarat
	pH	6-7	6-9	Memenuhi Syarat
Sungai Bone	TDS	0,0001 mg/L	1000 mg/L	Memenuhi Syarat
	Kekeruhan	6,4 ^{NTU}	25 ^{NTU}	Memenuhi syarat
	Suhu	24,1°C	28°C ± 3	Memenuhi Syarat
	pH	6-7	6-9	Memenuhi Syarat

Parameter Kimia

Berdasarkan hasil pemeriksaan parameter kimia meliputi merkuri (Hg), timbal (Pb) dan tembaga (Cu) pada sampel di beberapa air sungai yang ada di provinsi Gorontalo, di dapatkan hasil pada tabel 3. Kandungan logam merkuri (Hg) di Sungai Bulango (0,0026 mg/L) tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh PP RI No. 22 Tahun 2014, yaitu 0,002 mg/L. Sementara itu, Sungai Limboto dan Hulawa memiliki kandungan merkuri 0 mg/L, dan Sungai Bone 0,0006 mg/L. Untuk logam timbal (Pb) dan tembaga (Cu), semua sampel dari Sungai Bulango, Limboto, Hulawa, dan Bone telah memenuhi syarat baku mutu, yaitu 0,03 mg/L untuk Pb dan 0,02 mg/L untuk Cu.

Tabel 3. Tabel analisis parameter kimia

Sungai	Parameter	Hasil Analisis	Baku Mutu (PP RI, 2021)	Keterangan
Sungai Bulango	Merkuri (Hg)	0,0026 mg/L	0,002 mg/L	Tidak memenuhi syarat
	Timbal (Pb)	0,0006 mg/L	0,03 mg/L	Memenuhi syarat
	Tembaga (Cu)	0,0056 mg/L	0,02 mg/L	Memenuhi Syarat
Sungai Limboto	Merkuri (Hg)	0 mg/L	0,002 mg/L	Memenuhi syarat
	Timbal (Pb)	0,0001 mg/L	0,03 mg/L	Memenuhi syarat
	Tembaga (Cu)	0 mg/L	0,02 mg/L	Memenuhi Syarat

Sungai Hulawa	Merkuri (Hg)	0 mg/L	0,002 mg/L	Memenuhi syarat
	Timbal (Pb)	0 mg/L	0,03 mg/L	Memenuhi syarat
	Tembaga (Cu)	0 mg/L	0,02 mg/L	Memenuhi Syarat
Sungai Bone	Merkuri (Hg)	0,0006 mg/L	0,002 mg/L	Memenuhi syarat
	Timbal (Pb)	0 mg/L	0,03 mg/L	Memenuhi syarat
	Tembaga (Cu)	0,0006 mg/L	0,02 mg/L	Memenuhi Syarat

Sampel yang digunakan untuk penelitian ini adalah air sungai di empat lokasi sungai yang ada di provinsi Gorontalo yaitu di sungai bulango, sungai limboto, sungai hulawa, dan sungai bone. Sungai bulango (gambar 1) merupakan sungai yang terletak di kecamatan bulango, sungai bulango adalah salah satu sungai yang memiliki pertambangan pasir, dengan adanya kegiatan penambangan pasir di sungai bulango akan menyebabkan tersingkapnya lapisan lumpur. Lapisan lumpur yang tersingkap akan menyebabkan meningkatnya turbiditas air di sekitar daerah penambangan. Pertambangan pasir di sungai bulango sudah ada sejak tahun 2017-2018.



(a)



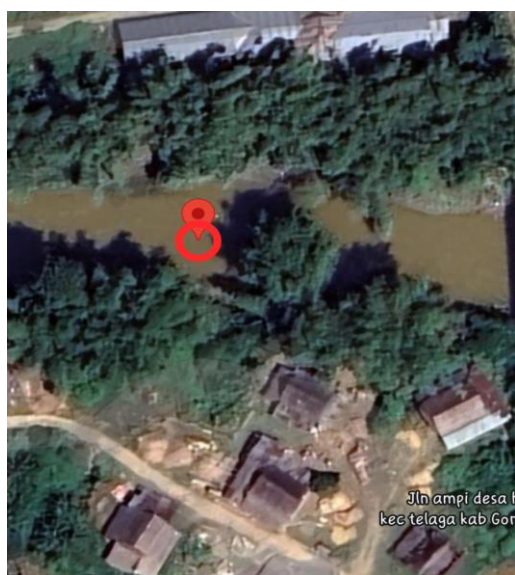
(b)

Gambar 1. Titik pengambilan sampel sungai bulango (a) dan Sungai biyonga (b)

Sungai Biyonga (gambar 1), yang terletak di Desa Biyonga, merupakan salah satu dari empat sungai besar dalam daerah aliran sungai (DAS) Limboto yang bermuara ke Danau Limboto. Dengan panjang 32,16 km dan luas Sub-DAS 68,002 km², wilayah Sub-DAS Biyonga terbagi menjadi tiga bagian: hulu, tengah, dan hilir, masing-masing dengan karakteristik yang berbeda. Wilayah hulu dan tengah didominasi oleh perkebunan dan pertanian, sedangkan hilir merupakan area pemukiman padat yang terletak di ibukota Kabupaten. Masyarakat sekitar memanfaatkan air sungai untuk berbagai kebutuhan sehari-hari, seperti mencuci, mandi, dan memandikan hewan

ternak. Namun, tingginya aktivitas ini berpotensi menyebabkan kerusakan lingkungan, dengan area pertanian mencapai 3.376 ha (45,68%) dan permukiman seluas 254 ha (3,44%), sebagaimana diungkapkan oleh [8].

Sungai Hulawa, yang terletak di Desa Hulawa, Kecamatan Telaga, merupakan bagian dari aliran Sungai Bone (gambar 2). Menurut data dari Balihrsti (2008) [9], Sungai Bone Bolango telah mengalami pencemaran akibat limbah pertambangan, pencemaran domestik, dan industri pertambangan emas, yang berdampak negatif pada ekosistem perairan serta sumber pangan dan konsumsi masyarakat. Selain itu, di sekitar Sungai Hulawa juga terdapat tempat pembuatan batu bata [10]



(a)



(b)

Gambar 2. Titik pengambilan sampel sungai hulawa (a) dan Sungai bone (b)

Pengambilan sampel di Sungai Bone dilakukan di Desa Alale-Suwawa Tengah, di mana sungai ini merupakan sumber air bagi Masyarakat (gambar 2). Namun, aktivitas pertambangan dan pertanian di daerah aliran sungai (DAS) Bone menyebabkan kontaminasi logam berat dalam air. Menurut BP-DAS Provinsi Gorontalo (2016) [11], DAS Bone adalah yang terluas di Kabupaten Bone Bolango, dengan luas 132.587 ha dan panjang 2.655.440 m, serta memiliki lahan sawah seluas 5.176 ha dan perkebunan 1.591 ha. Sampel diambil berdasarkan SNI-6989.57-2008 dari satu titik di sungai untuk mengukur kadar logam berat, kekeruhan, suhu, pH, dan TDS, yang kemudian diuji di Laboratorium Kesehatan Daerah Provinsi Gorontalo (LABKESDA).

Analisis In-Situ

Analisis in-situ dilakukan untuk mengukur suhu, pH, dan kekeruhan air menggunakan metode yang sesuai dengan standar SNI. Tujuannya adalah untuk memastikan kualitas air aman dan memenuhi regulasi yang berlaku, karena air yang tidak memenuhi standar dapat menimbulkan risiko kesehatan [12]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa suhu dan pH di Sungai Bulango dan Limboto memenuhi baku mutu, tetapi kekeruhan melebihi batas maksimum. Sementara itu, suhu, pH, dan

kekeruhan di Sungai Hulawa dan Bone sudah sesuai standar yang disyaratkan. Kekeruhan yang tinggi disebabkan oleh partikel padat tersuspensi seperti pasir dan lumpur, yang dapat mempengaruhi ekosistem perairan [13].

Analisis TDS (*Total Dissolve Solid*)

Total Padatan Terlarut (TDS) adalah jumlah zat padat terlarut dalam air, termasuk ion, senyawa, dan koloid. TDS merupakan faktor penting dalam menilai kelayakan air untuk konsumsi manusia, dengan kandungan yang terdiri dari senyawa organik, anorganik, mineral, dan garam [10]; [14]Tingginya kadar TDS dapat menyebabkan noda dan rasa tidak enak pada air, serta berdampak negatif pada parameter air lainnya. Hasil penelitian menunjukkan nilai TDS di beberapa sungai sangat rendah, jauh di bawah batas maksimum 1000 mg/L yang ditetapkan. Air dengan TDS rendah aman untuk dikonsumsi, sementara air dengan TDS di bawah 100 mg/L dikategorikan sebagai air tawar, dan yang berada di antara 100-500 mg/L sebagai air bersih. Air dengan TDS di atas 500 mg/L dianggap tidak layak untuk dikonsumsi [15].

Analisis Ex-Situ (Uji Kandungan Logam)

Analisis ex-situ dilakukan untuk menguji kandungan logam berat seperti merkuri (Hg), timbal (Pb), dan tembaga (Cu) di laboratorium menggunakan spektrofotometri serapan atom. Air, sebagai sumber daya alam yang vital, kini terancam pencemaran akibat limbah industri dan sampah, terutama pada sumber air permukaan seperti sungai. Logam berat yang terdeteksi di dalam air sangat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan [14]Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan merkuri di Sungai Bulango melebihi batas maksimum yang ditetapkan, sementara timbal dan tembaga masih dalam batas aman. Merkuri, yang dapat terakumulasi dalam tubuh, memiliki efek toksik yang serius, termasuk kerusakan pada sistem saraf dan ginjal [16], Penyebab tingginya kadar merkuri di Sungai Bulango diindikasikan oleh aktivitas pertambangan tanpa izin. Sementara itu, kandungan logam berat di Sungai Limboto, Hulawa, dan Bone memenuhi standar baku mutu yang berlaku [17].

4. Kesimpulan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kandungan logam berat merkuri (Hg) di Sungai Bulango telah melebihi baku mutu yang ditetapkan dalam PP RI No. 22 Tahun 2021, sementara kadar timbal (Pb) dan tembaga (Cu) di semua sungai yang diuji masih berada dalam batas aman. Tingginya kadar merkuri ini mengindikasikan adanya potensi pencemaran yang dapat berdampak pada ekosistem perairan dan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, diperlukan tindakan mitigasi yang komprehensif, seperti identifikasi sumber pencemaran, peningkatan pengawasan terhadap aktivitas yang berpotensi mencemari sungai, serta penerapan metode remediasi lingkungan melalui fitoremediasi atau bioremediasi untuk menurunkan kadar merkuri dalam air. Selain itu, edukasi masyarakat mengenai bahaya pencemaran merkuri dan pengembangan teknologi pengolahan air berbasis filtrasi atau adsorpsi juga perlu dilakukan guna memastikan kualitas air tetap terjaga. Dengan langkah-langkah ini, diharapkan pencemaran merkuri di Sungai Bulango dapat dikendalikan, sehingga ekosistem perairan tetap lestari dan aman bagi kehidupan masyarakat sekitar.

Referensi

- [1] R. Agustira, K. S. Lubis, and Jamilah, "Kajian Karakteristik Kimia Air, Fisika Air Dan Debit Sungai Pada Kawasan Das Padang Akibat Pembuangan Limbah Tapioka," *Tjyybjb.Ac.Cn*, vol. 3, no. 2, pp. 58–66, 2019. [Online]. Available: <http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=1100>.
- [2] H. Palar, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Jakarta, Indonesia: Penerbit Rineka Cipta, 2004.
- [3] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Menguji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH Meter," SNI 06-6989.11-2004, 2004. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/doc/273346618/SNI-06-6989-11-2004-Cara-Uji-pH>.
- [4] Badan Standardisasi Nasional, "Cara Uji Kekeruhan dengan Nefelometer," SNI 06-6989.25-2005, 2005. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/doc/273346619/SNI-06-6989-25-2005-Cara-Uji-Kekeruhan>.
- [5] Pemerintah Republik Indonesia, "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 101 Tahun 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun," 2014. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5526/pp-no-101-tahun-2014/>.
- [6] N. Lusiana, B. R. Widiatmono, and H. Luthfiyana, "Beban pencemaran BOD dan karakteristik oksigen terlarut di Sungai Brantas Kota Malang," *Jurnal Ilmu Lingkungan*, vol. 18, no. 2, pp. 354–366, 2020. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366>.
- [7] A. H. Triwulandari and O. H. Cahyonugroho, "Analisis Kualitas Air Permukaan Sungai Gandong Bojonegoro," *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, vol. 2, no. 6, pp. 1080–1087, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.36040/insologi.v2i6.5736>.
- [8] M. Soprima, H. Kusnoputranto, and I. Inswiasri, "Kajian Risiko Kesehatan Masyarakat Akibat Paparan Merkuri Pada Pertambangan Emas Rakyat Di Kabupaten Lebak, Banten," *Jurnal Ekologi Kesehatan*, vol. 14, no. 4, pp. 296–308, 2016. [Online]. Available: <https://doi.org/10.22435/jek.v14i4.4708.296-308>.
- [9] Badan Pusat Statistik, *Booklet Indeks Pembangunan Manusia Metode Baru*, Jakarta, Indonesia: BPS, 2016. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2016/06/27/8b7f72ca0f91f8c07c8b259d/booklet-indeks-pembangunan-manusia-metode-baru.html>.
- [10] K. Anam, F. Idris, and A. D. Syakti, "Analisis Kandungan Logam Berat Pb dan Cd pada Siput Gonggong (*Strombus sp*) di Perairan Kecamatan Bukit Bestari," *Buana Sains*, vol. 19, no. 1, p. 37, 2019. [Online]. Available: <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.1525>.
- [11] Badan Lingkungan Hidup, *Profil Sungai Gorontalo*, Gorontalo, Indonesia: Riset dan Teknologi Informasi (Balihristi) Provinsi Gorontalo, 2008.
- [12] D. Gujarati and D. Porter, "Pengaruh Penggenangan dan Konsentrasi Timbal (Pb) terhadap Pertumbuhan dan Serapan Pb *Azolla microphylla* pada Tanah Berkarater Kimia Berbeda," 2010.
- [13] T. T. Putranto, "Pencemaran Logam Berat Merkuri (Hg) pada Airtanah," *Teknik*, vol. 32, no. 1, pp. 62–71, 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14710/teknik.v32i1.5280>.
- [14] H. P. Buwono, A. Satworo, Faizin, and I. Mashudi, *Kimia Teknik untuk Teknisi Pesawat Udara*, Yogyakarta, Indonesia: CV Budi Utama, 2020. [Online]. Available:

- <https://www.budiutama.com/produk-2020-11-30-kimia-teknik-untuk-teknisi-pesawat-udara.html>.
- [15] I. N. Aida, "Hubungan Karakteristik Santri dan Tingkat Kepuasan Makan Santri di Pondok Pesantren Putri Ibnul Qoyyim Yogyakarta," *Jurnal Gizi dan Dietetik Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 84-91, 2021. [Online]. Available: [https://doi.org/10.21927/ijnd.2021.6\(1\).84-91](https://doi.org/10.21927/ijnd.2021.6(1).84-91).
- [16] T. Yulianto and A. Muchsin, "Komparasi Hasil Analisis Komposisi Kimia di Dalam Paduan U-Zr-Nb dengan Menggunakan Teknik Spektrometri," *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, vol. 7, no. 2, pp. 75-82, 2011. [Online]. Available: <https://doi.org/10.17146/jstni.2011.7.2.75-82>.
- [17] M. Pantouw and W. A. Areros, "Lingkungan Kerja dan Stres Kerja terhadap Kinerja Karyawan PT. Sinar Galesong Prima," *Productivity*, vol. 1, no. 5, pp. 453-458, 2020. [Online]. Available: <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/productivity/article/download/30888/29657>.