

Komposisi Sampah Dan Kualitas Air Lindi Tempat Pemrosesan Akhir Winongo

Pratama Restu Aji^{1*}, Raden Kokoh H²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Korespondensi email : radenkokoh.tl@upnjatim.ac.id

Diterima : 9 Juni 2024

Disetujui: 22 Juni 2024

Abstract

Waste generation and management is an important aspect of human life, with various types of waste being generated on a daily basis. In Madiun City, waste is managed from source to disposal at the Winongo landfill. However, the landfill faces challenges due to the high daily waste production of over 100 tonnes of both organic and inorganic waste. This high waste production causes problems such as leachate pollution, where the quality of the waste greatly affects the quality of the leachate. This study focuses on the effect of waste composition on the quality of leachate at the Winongo Landfill in Madiun City, using primary data from the East Java Environmental Agency in 2023. Laboratory results show that leachate parameters such as COD, BOD, TSS, pH and total N exceed regulatory standards due to the dominance of organic waste in the landfill. Therefore, treatment methods using pond systems are recommended in order to meet acceptable discharge standards and protect the environment. This research highlights the importance of understanding the relationship between waste composition and leachate quality for effective waste management and environmental protection.

Keywords: *waste composition, leachate, waste, landfill, pollution*

Abstrak

Pembentukan dan pengelolaan sampah merupakan aspek penting dalam kehidupan manusia, dengan berbagai jenis sampah yang dihasilkan setiap hari. Di Kota Madiun, pengelolaan sampah dilakukan mulai dari sumber hingga tempat pembuangan sampah di TPA Winongo. Namun, TPA menghadapi tantangan karena tingginya produksi sampah harian yang melebihi 100 ton, baik sampah organik maupun anorganik. Produksi limbah yang tinggi ini menimbulkan permasalahan seperti pencemaran lindi, dimana komposisi limbah sangat mempengaruhi kualitas lindi. Kajian ini fokus pada dampak komposisi sampah terhadap kualitas lindi di TPA Winongo Kota Madiun dengan menggunakan data primer Badan Lingkungan Hidup Jawa Timur tahun 2023. Hasil laboratorium menunjukkan parameter lindi seperti COD, BOD, TSS, pH, dan N total melebihi standar peraturan karena dominasi sampah organik di TPA. Oleh karena itu, prosedur pengolahan menggunakan sistem kolam direkomendasikan untuk memenuhi standar pembuangan yang diperbolehkan dan melindungi lingkungan. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya memahami hubungan antara komposisi sampah dan kualitas air lindi untuk pengelolaan sampah yang efektif dan perlindungan lingkungan.

Kata kunci: *komposisi sampah, air lindi, sampah, tpa, pencemaran*

1. Pendahuluan

Sampah adalah sesuatu yang sangat erat dengan kehidupan manusia. Setiap aktivitas yang kita lakukan, baik itu makan, minum, berbelanja, atau sekadar melakukan aktivitas sehari-hari, pasti menghasilkan sampah. Sampah sendiri terdiri dari organik seperti sisa makanan dan anorganik seperti plastik, baterai dan komponen elektronik. Semua sampah tersebut harus dibuang dan dikelola di Tempat Pemrosesan Akhir atau TPA.

Di Kota Madiun sendiri sampah dikelola sejak mulai muncul di sumber, lalu dilakukan pengumpulan serta pengangkutan, dan dilakukan pengolahan serta pembuangan di TPA Winongo. TPA Winongo yang terletak di Kecamatan Manguharjo ini menggunakan sistem *controlled landfill* untuk mengelola sampah yang masuk. TPA ini menghadapi tantangan dalam pengelolaan sampah dikarenakan Kota Madiun menghasilkan sampah lebih dari 100 ton perhari yang terdiri dari sampah organik ataupun anorganik.

Tingginya produksi sampah tentunya akan menimbulkan permasalahan yang lain seperti pencemaran air lindi. Jumlah air lindi yang dihasilkan di TPA akan meningkat seiring dengan bertambahnya tumpukan sampah. Air lindi adalah hasil cairan dari proses perkolasi air hujan yang meresap ke dalam tumpukan sampah, hasil proses dekomposisi sampah, dan air yang sudah ada di dalam sampah itu [1].

Komposisi sampah yang ada di TPA sangat mempengaruhi kualitas yang ada dalam air lindi. Selain itu komposisi sampah memiliki peran penting dalam menentukan karakteristik air lindi. Apabila komposisi

sampah didominasi sampah organik dapat mempengaruhi konsentrasi BOD, COD, dan TSS [2]. Tingginya kandungan bahan organik dalam sampah air lindi bisa mengurangi jumlah oksigen yang larut dalam air, yang bisa menyebabkan pencemaran air tanah dan air permukaan, serta kematian organisme air dan eutrofikasi di perairan. Selain itu sampah anorganik juga dapat mempengaruhi kualitas air lindi karena mengandung logam berat [3]. Hal ini tentunya bisa menimbulkan masalah kesehatan manusia dan mengurangi kesuburan tanah.

Air lindi yang tidak dikendalikan dengan baik dapat mencemari lingkungan sekitar, terutama air permukaan serta air bawah tanah [4]. Oleh karena itu, diperlukan pemahaman tentang pengaruh komposisi sampah terhadap kualitas air lindi. Hal ini sangat penting demi mewujudkan upaya pengelolaan sampah dan perlindungan lingkungan.

2. Metode Penelitian

2.1. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

TPA Winongo berlokasi pada Jl Ring road, Winongo, Kec. Manguharjo, Kota Madiun, Jawa Timur dengan jenis Controlled Landfill. TPA ini memiliki luas area zona aktif 7920,97 m², luas area zona tidak aktif adalah 30744,55 m², luas dari kolam lindi 549,36 m², luas area pengelolaan sampah 798,81 m², luas area kantor administrasi 73,03 m² serta luas lainnya 9875,14 m². Penelitian ini difokuskan di area sepanjang saluran lindi dan IPAL TPA Winongo yang terdiri dari kolam penampung, kolam anaerobik dan kolam aerobik, serta kolam stabilisasi.

2.2. Analisa Timbulan dan Komposisi Sampah di TPA Winongo

Informasi mengenai jumlah sampah yang masuk Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) diperoleh melalui analisis berat volume, mengingat adanya jembatan timbang di TPA Winongo. Oleh karena itu, data sampah yang dimuat oleh truk dapat langsung diperoleh dari data tempat penimbangan tersebut.

Selanjutnya informasi mengenai komposisi sampah yang dikelola Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Winongo ditentukan dengan melakukan pengukuran berdasarkan metode SNI 19-3964-1994. Aturan ini menetapkan bahwa sampel sampah yang masuk ke TPA diambil untuk menentukan komposisi sampah dengan kurun waktu delapan hari di zona penyangga TPA Winongo. Sampel sampah dari zona tersebut akan ditimbang, yang kemudian dibagi menjadi beberapa kategori yaitu sisa makanan dan daun, kayu, plastik, logam, kertas, kaca, kain tekstil, dan lainnya.

2.3. Analisa Kualitas Air Lindi TPA Winongo

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder dari DLH Jawa Timur tahun 2023. Data yang digunakan adalah nilai parameter COD, BOD, Kadmium Total (Cd), Zat Tersuspensi (TSS), pH, Raksa (Hg) Total, serta Total N. Parameter tersebut sesuai dengan standard baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum. 1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi [5]. Analisa kualitas air lindi dilakukan berdasarkan hubungan dari jenis komposisi sampah yang masuk ke TPA dengan pengaruhnya terhadap kualitas air lindi yang dihasilkan.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Timbulan dan Komposisi Sampah di TPA Winongo

Sampah yang dikelola Tempat Pemrosesan Akhir Winongo selalu meningkat seiring bertambahnya penduduk di Kota Madiun. Setiap tahun, TPA Winongo melakukan pengukuran terhadap komposisi sampahnya. Pada tahun 2020, jumlah sampah sisa makanan mencapai 81%, sedangkan persentase untuk sampah kertas, plastik, dan logam berturut-turut adalah 8%, 4%, dan 3%. Sementara itu, sisanya terdiri dari berbagai jenis sampah seperti kayu, kain, karet, kaca, dan lainnya. Pada tahun 2021, komposisi sampah masih didominasi oleh sampah sisa makanan, tetap mencapai 81%. Hal ini terlihat pada **Tabel 1** berikut mengenai data sampah yang masuk di TPA Madiun setiap tahun dari 2021 hingga 2023.

Tabel 1. Timbulan Sampah Tahunan Kota Madiun

Tahun	Timbulan Sampah (ton/tahun)
2021	43.130,151
2022	43.572,601
2023	43.572,495

Sumber : DLH Kota Madiun

Selanjutnya dilakukan perhitungan sampah harian yang masuk selama delapan hari untuk dilakukan perhitungan komposisi sampah yang masuk ke TPA Winongo. Berikut **Tabel 2** mengenai informasi sampah masuk di TPA selama delapan hari.

Tabel 2. Timbulan Sampah Masuk TPA Selama Delapan Hari

Data Sampah Masuk Selama 8 Hari		
No	Tanggal Sampling	Sampah Masuk (ton/hari)
1	3/13/2024	133,90
2	3/14/2024	143,94
3	3/15/2024	130,95
4	3/16/2024	112,23
5	3/18/2024	103,80
6	3/19/2024	145,45
7	3/20/2024	87,29
8	3/21/2024	98,20
Rata-rata		119,47

Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Melalui data sampah yang masuk selama delapan hari, dapat dilakukan perhitungan komposisi sampah yang masuk di TPA Winongo berdasarkan metode SNI 19-3964-1994 sebagai berikut

Tabel 3. Komposisi Sampah TPA Winongo

Hasil Sampling Komposisi Sampah (%)									Rata rata
Jenis	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	Hari ke-6	Hari ke-7	Hari ke-8	
Sisa Makanan dan Daun	52%	50%	55%	55%	50%	56%	44%	50%	51%
Kayu	11%	11%	6%	3%	2%	4%	11%	6%	7%
Kertas	15%	16%	15%	16%	18%	15%	16%	14%	16%
Plastik	15%	14%	13%	17%	19%	18%	17%	18%	17%
Logam	2%	5%	7%	6%	5%	4%	4%	3%	4%
Kain Tekstil	5%	1%	2%	3%	3%	4%	7%	6%	4%
Kaca	1%	3%	3%	0%	1%	0%	1%	2%	1%
Lainnya	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Sumber : Hasil Perhitungan (2024)

Dilihat dari data diatas komposisi sampah di Kota Madiun didominasi dengan sampah organik berupa sampah sisa makanan dan daun yang mencapai angka 51 % karena Kota Madiun sendiri memiliki banyak *food court* dan pasar serta dedaunan yang berasal dari area jalan Kota Madiun. Aktivitas ini menghasilkan banyak sisa makanan, termasuk sayuran, daging, dan bahan makanan lainnya. Selanjutnya sampah organik juga berasal dari sampah kertas yang mencapai angka 16% dan sampah kayu sebesar 7 %. Komposisi sampah Kota Madiun juga terdapat sampah anorganik yang terdiri dari plastik, logam, kain tekstil, dan kaca sebesar 26 %

3.2. Analisa Kualitas Air Lindi TPA Winongo

Air lindi merupakan cairan yang mengalir melalui sampah yang menumpuk dengan zat terlarut dan tersuspensi yang sangat halus sebagai hasil dekomposisi sampah oleh mikroorganisme [6]. Air lindi yang merupakan produk sampingan dari akumulasi dan dekomposisi sampah dari TPA mengandung berbagai zat terlarut yang dapat berdampak signifikan terhadap lingkungan. Pengolahan air lindi di TPA Winongo dengan cara sistem kolam, yaitu menggunakan kolam penampung, kolam anaerobik dan kolam aerobik, serta kolam stabilisasi Berikut analisa kualitas air lindi TPA Winongo berdasarkan baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum. 1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi pada inlet IPAL TPA Winongo.

Tabel 3. Parameter Air Lindi TPA Winongo

Sampel 10/05/2023					
No	Parameter	Satuan	Hasil	Standar Baku Mutu	Metode Analisa
1	COD	mg/L	1825	300	SNI 6989.2:2019 (spektofotometri)
2	BOD	mg/L	472	150	IKM/7.2.4.71/IMBS (Respirometri)
3	Kadmium Total (Cd)	mg/L	0.012	0.1	SNI 6989.82:2018
4	TSS	mg/L	251.5	100	SM 23rd Ed, 2540 D,2017
5	Raksa (Hg) Total	mg/L	0.0022	0.005	IKM/7.2.4.113/MBS (AAS-MVU)
6	pH	-	9.23	6,0 - 9,0	SNI 6989.11:2019
7	Total N	mg/L	168	60	IKM/7.2.4.65/MBS (Spektofotometri)

Sumber : Dinas Lingkungan Hidup Kota Madiun (2023)

Berdasarkan hasil dari analisa laboratorium terhadap sampel air lindi dari TPA Winongo didapatkan nilai COD, BOD, TSS, pH, dan total N yang melebihi standar baku mutu yang ada. Hal ini dikarenakan komposisi sampah yang masuk ke TPA Winongo banyak terdiri dari sampah organik [7]. Komposisi sampah memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas air lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Winongo. Jenis sampah yang terurai di TPA ini menghasilkan berbagai senyawa kimia dan zat organik yang larut dalam air, termasuk logam berat dan bahan kimia berbahaya. Sampah organik, yang mencakup sisa makanan, kertas, dan bahan lain yang dapat terurai, menghasilkan air lindi saat membusuk. Hal ini akan menghasilkan senyawa seperti amonia dan hidrogen sulfida yang mencemari air lindi [8].

Selain itu, bahan plastik yang sulit terurai menyebabkan penumpukan limbah yang mengganggu proses pengolahan air lindi. Komposisi sampah juga memengaruhi tingkat pencemaran dan keasaman air lindi di TPA Winongo. Sampah yang mengandung bahan kimia berbahaya, seperti baterai bekas atau elektronik, meningkatkan kadar logam berat dalam air lindi [9]. Sementara itu, sampah organik yang terdekomposisi meningkatkan tingkat keasaman air lindi. Oleh karena itu, pemantauan dan analisis komposisi sampah yang masuk ke TPA Winongo sangat penting untuk mengelola dampaknya terhadap kualitas air lindi secara efektif. Berikut pembahasan mengenai parameter yang tidak memenuhi syarat standar baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum. 1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi.

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang diperlukan dalam proses dekomposisi zat organik dan oksidasi zat kimia anorganik berupa nitrit dan amonia. COD mengindikasikan jumlah oksigen untuk mengoksidasi senyawa terlarut dan partikel organik dalam air [10]. Berdasarkan hasil pengukuran COD, dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 300 mg/l. Nilai COD air lindi TPA Winongo yang sebesar 1825 mg/l. Berdasarkan hal tersebut dapat diketahui bahwa ada senyawa dalam air lindi yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme. Dalam menguraikan zat organik yang tidak dapat terdegradasi melalui biokimiawi, dibutuhkan kadar oksigen yang tinggi. Sehingga tingginya kadar COD yang berakibat berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Apabila tidak dilakukan penanganan, air lindi ini akan menyebabkan organisme air mati karena kebutuhan oksigen yang ada tidak mencukupi jika air lindi ini mencemari lingkungan sekitar.

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) adalah banyaknya oksigen yang diperlukan bakteri dalam proses penguraian hampir dari semua zat organik yang terlarut dan beberapa zat organik yang tersuspensi pada air [11]. Berdasarkan hasil pengukuran BOD, dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 150 mg/l. Nilai BOD pada air lindi TPA Winongo yang sebesar 472 mg/l mengindikasikan bahwa kandungan organik yang ada didalam air lindi sangat tinggi. Komposisi sampah di TPA Winongo yang didominasi oleh sampah organik ini menyebabkan nilai BOD menjadi tinggi karena bakteri memerlukan oksigen dalam proses penguraian zat organik. Semakin banyak sampah organik yang masuk ke TPA, semakin tinggi nilai BOD. Hal ini tentunya menyebabkan semakin banyak oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan senyawa organik yang terkandung di dalamnya. Tingginya kadar BOD ini dapat mengurangi ketersediaan oksigen yang terlarut pada air, yang berakibat negatif pada lingkungan sekitar.

Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah zat padat yang tersuspensi pada air. TSS terdiri dari beberapa zat, seperti lumpur, tanaman membusuk, jasad hewan, dan limbah dari industri. Berdasarkan hasil pengukuran TSS, dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 100 mg/l. Nilai TSS air lindi TPA Winongo yang sebesar 251.5 mg/l. TSS pada umumnya berasal dari padatan seperti lumpur serta jasad renik yang terbawa oleh aliran air lindi. Selain itu, Ketika bahan organik ini terdegradasi oleh mikroorganisme, mereka juga menghasilkan partikel-partikel padat yang kemudian menyebabkan kadar TSS tinggi. TSS ini akan menghambat masuknya cahaya matahari dalam membantu proses fotosintesis yang diakibatkan oleh kekeruhan. Jika proses fotosintesis terhambat, maka dekomposisi hanya berlangsung saat anaerobik [12]. Selanjutnya, aktivitas mikroba di lingkungan air fase anaerob menghasilkan senyawa seperti CO₂, NH₃, H₂S, dan CH₄ yang menimbulkan bau yang busuk.

pH

pH air merupakan salah satu parameter yang harus dipantau dan diatur selama proses pengolahan air. Ini karena pH yang tepat memengaruhi efektivitas proses pengolahan dan stabilitas kimia air. Berdasarkan hasil pengukuran pH, dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 6,0-9,0. Kadar pH pada air lindi Tempat Pemrosesan Akhir Winongo tergolong basa yang sebesar 9,23. Kadar pada pH air lindi dipengaruhi oleh usia dari sampah [13]. Saat tumpukan sampah menua, berlangsung proses metana yang terfermentasi akibat dekomposisi biologis anaerobik yang hampir sempurna, dengan kadar pH berkisar dari 7,5 hingga 9.

Total N

Total N adalah jumlah dari semua nitrogen pada air limbah. Amonia (NH₃), nitrit (NO₂⁻), dan nitrat (NO₃⁻) adalah senyawa yang memiliki kandungan unsur nitrogen (N) [14]. Unsur nitrogen merupakan salah satu unsur makro yang berguna untuk pertumbuhan organisme. Berdasarkan hasil pengukuran Total N, dapat dilihat bahwa nilai yang dihasilkan melebihi batas yang telah ditentukan yaitu 60 mg/l. Nilai Total N air lindi TPA Winongo yang sebesar 168 mg/l. Proses degradasi bahan organik dalam sampah meningkatkan kadar total nitrogen yang mencakup beberapa bentuk nitrogen yang terlarut dalam air lindi, termasuk Amonia (NH₃), nitrit (NO₂⁻), dan nitrat (NO₃⁻). Selain itu, hal ini bisa disebabkan oleh limbah organik yang mengandung nitrogen seperti makanan, kertas, dan limbah tanaman.

4. Kesimpulan

Sampah yang diproduksi di Kota Madiun mencapai lebih dari 100 ton per hari yang terdiri dari sampah organik ataupun anorganik. Tingginya produksi sampah ini menimbulkan permasalahan pencemaran air lindi. Dengan lebih dari 50% sampah di TPA Winongo adalah sampah organik berdampak pada peningkatan nilai COD, BOD, TSS, pH, dan total N pada air lindi yang dihasilkan.

Hasil penelitian didapatkan beberapa parameter melebihi standar baku mutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum. 1/7/2016 Tentang Baku Mutu Lindi. Parameter yang melebihi baku mutu tersebut yaitu BOD 472 mg/l, COD 1825 mg/l, TSS 251.5 mg/l, pH 9.23, dan total N 168 mg/l. Oleh karena itu, perlu dilakukan prosedur pengolahan air lindi salah satunya menggunakan teknologi biofilter. Berdasarkan penelitian [15] proses biofilter anaerob telah terbukti lebih efisien dalam memproses air lindi karena sifat dasar air lindi yang tidak mengandung oksigen terlarut. Diharapkan hasil pengolahan lindi memenuhi standar kualitas yang diperbolehkan untuk pembuangan ke lingkungan.

5. Referensi

- [1] Thineza Ardea Pramesti and Mohamad Mirwan, "Penurunan TSS, COD, dan Total-Nitrogen pada Air Lindi dengan Metode Constructed Wetland Tanaman Typha Angustifolia," *INSOLOGI J. Sains dan Teknol.*, vol. 2, no. 4, pp. 745–753, 2023, doi: 10.55123/insologi.v2i4.2309.
- [2] R. N. Sari and A. Afdal, "Karakteristik air lindi (leachate) di tempat pembuangan akhir sampah air dingin Kota Padang," *J. Fis. Unand*, vol. 6, no. 1, pp. 93–99, 2017.
- [3] H. Karamina, A. T. Murti, and T. Mujoko, "Kandungan Logam Berat Fe, Cu, Zn, Pb, Co, Br Pada Air Lindi di Tiga Lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Dadaprejo, Kota Batu, Dau Dan Supit Urang, Kabupaten Malang," *J. Ilm. Hijau Cendekia*, vol. 6, no. 2, pp. 51–57, 2021.
- [4] R. A. Thomas and D. H. Santoso, "Potensi Pencemaran Air Lindi Terhadap Airtanah Dan Teknik Pengolahan Air Lindi di TPA Banyuroto Kabupaten Kulon Progo," *Sci. Tech J. Ilmu Pengetah. Dan Teknol.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–12, 2019, doi: <https://doi.org/10.30738/jst.v5i2.5354>.
- [5] (KLHK) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup*

- dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.59/Menlhk/Setjen/Kum. 1/7/2016. 2016.
- [6] F. Laili, “Analisa Kualitas Air Lindi Dan Potensi Penyebarannya Ke Lingkungan Sekitar Tpa Gunung Tugel Kabupaten Banyumas,” 2021.
- [7] B. Bhalla, “Effect of age and seasonal variations on leachate characteristics of municipal solid waste landfill,” *Int. J. Res. Eng. Technol.*, vol. 02, pp. 223–232, Aug. 2013, doi: 10.15623/ijret.2013.0208037.
- [8] L. Lindamulla, N. Nanayakkara, O. Maazuza, K. B. S. N. Jinadasa, G. Herath, and V. Jegatheesan, “Municipal Solid Waste Landfill Leachate Characteristics and Their Treatment Options in Tropical Countries,” *Curr. Pollut. Reports*, vol. 8, Jun. 2022, doi: 10.1007/s40726-022-00222-x.
- [9] A. V. Kusumaningrum, “Analisis Risiko Logam Berat Pada Air Tanah dan Kualitas Air Lindi di Sekitar TPA Banyuroto Kabupaten Kulonprogo.” Universitas Islam Indonesia, 2023.
- [10] B. Andika, P. Wahyuningsih, and R. Fajri, “Penentuan nilai BOD dan COD sebagai parameter pencemaran air dan baku mutu air limbah di pusat penelitian kelapa sawit (PPKS) Medan,” *Quim. J. Kim. Sains Dan Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 14–22, 2020.
- [11] T. Cahyanto, T. Sudjarwo, S. P. Larasati, and A. Fadillah, “Fitoremediasi Air Limbah Pencelupan Batik Parakannyasag, Tasikmalaya Menggunakan Ki Apu (*Pistia stratiotes* L.),” *Scr. Biol.*, vol. 5, no. 2, pp. 83–89, 2018.
- [12] I. L. Tarigan, *Dasar-Dasar Kimia Air, Makanan dan Minuman*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2021.
- [13] N. Angrianto, J. Manusawai, and A. Sinery, “Analisis Kualitas Air Lindi dan Permukaan pada areal TPA Sowi Gunung dan Sekitarnya di Kabupaten Manokwari Papua Barat,” 2021.
- [14] S. Bahri, “Identifikasi sumber pencemar nitrogen (N) dan fosfor (P) pada pertumbuhan melimpah tumbuhan air di Danau Tempe, Sulawesi Selatan,” *J. Sumber Daya Air*, vol. 12, no. 2, pp. 159–174, 2016.
- [15] M. Hadiwidodo and W. Oktiawan, “Pengolahan Air Lindi Dengan Proses Kombinasi Biofilter Anaerob-Aerob Dan Wetland,” *J. Presipitasi Media Komun. dan Pengemb. Tek. Lingkungan; Vol 9, No 2 Vol 9, No 2 (2012)DO - 10.14710/jil.%v.%i.29-36*, Sep. 2012, [Online]. Available: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/presipitasi/article/view/4931>.