

Pengolahan Air Lindi TPA Jabon Griya Mulyo Sidoarjo dengan Metode *Constructed Wetland* untuk Menyisihkan Parameter COD

Muhammad Bagus Scheva Putra Mahendra, Aussie Amalia*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Negeri Veteran Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 22 November 2024

Disetujui: 29 November 2024

Abstract

Rapid population growth in Indonesia has led to a significant increase in the volume of waste, which poses a potential threat to the environment. Leachate is a liquid produced when external water infiltrates waste heaps, dissolving both soluble and organic materials through biological decomposition processes. Without proper management, leachate can contaminate water sources and endanger the ecosystem and nearby communities, particularly around the Jabon Landfill (TPA Jabon). One effective method of treating leachate is the use of constructed wetlands, a simple system that uses aquatic plants and microorganisms to reduce pollution. This study evaluates the effectiveness of two aquatic plants, papyrus (*Cyperus papyrus*) and bulrush (*Typha latifolia*), in reducing the chemical oxygen demand (COD) of leachate through the constructed wetland system.

Keywords: *leachate, constructed wetland, leachate treatment, cod reduction*

Abstrak

Pesatnya pertumbuhan penduduk di Indonesia menyebabkan peningkatan volume sampah yang signifikan, yang berpotensi mencemari lingkungan. Air lindi merupakan cairan yang terbentuk ketika air eksternal meresap ke dalam tumpukan sampah, melarutkan bahan terlarut dan organik akibat proses dekomposisi biologis. Tanpa pengelolaan yang tepat, air lindi dapat mencemari sumber air dan membahayakan ekosistem serta masyarakat di sekitar lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon. Salah satu metode yang efektif untuk mengolah air lindi adalah *constructed wetland* (lahan basah buatan), sebuah sistem sederhana yang memanfaatkan tanaman air dan mikroorganisme untuk mengurangi pencemaran. Penelitian ini mengevaluasi efektivitas dua tanaman air, yaitu Papyrus (*Cyperus Papyrus*) dan Bulrush (*Typha Latifolia*), dalam menurunkan chemical oxygen demand (COD) melalui sistem *constructed wetland*.

Kata Kunci: *air lindi, constructed wetland, pengolahan air lindi, reduksi cod*

1. Pendahuluan

Pertumbuhan penduduk yang pesat di Indonesia telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam jumlah sampah yang dihasilkan. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, potensi pencemaran lingkungan juga semakin besar [1]. Volume sampah yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tingkat kepadatan penduduk di suatu wilayah, yang berhubungan langsung dengan aktivitas dan konsumsi masyarakat. Aktivitas manusia yang beragam, seperti industri, rumah tangga, dan perdagangan, menghasilkan berbagai jenis polutan yang mencemari lingkungan. Salah satu polutan utama yang terbentuk akibat pembuangan sampah adalah air lindi, yaitu cairan yang terbentuk ketika air dari sumber eksternal, seperti hujan atau limpasan, meresap melalui tumpukan sampah dan membawa zat-zat terlarut dari sampah tersebut [2]. Jika air lindi ini tidak dikelola dengan baik, ia dapat mencemari sumber air tanah dan badan air di sekitarnya, membawa dampak buruk terhadap kualitas lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, pengelolaan air lindi yang efektif menjadi sangat penting untuk mencegah kontaminasi lebih lanjut. Salah satu solusi yang terbukti efektif dan efisien untuk mengolah air lindi adalah melalui *constructed wetland* atau lahan basah buatan [3].

Metode ini memanfaatkan teknologi sederhana dengan pendekatan berbasis alam, menggunakan tanaman air dan mikroorganisme sebagai alat untuk mengurangi polusi dalam air lindi. Tanaman air dan mikroorganisme bekerja bersama untuk menyaring dan memecah polutan, mengurangi tingkat kontaminasi yang ada dalam air [4]. Tujuan utama dari penerapan *constructed wetland* adalah untuk meningkatkan kualitas air yang terkontaminasi, mengurangi dampak berbahaya yang ditimbulkan oleh limbah, serta menjaga agar air yang dibuang ke badan air bebas dari polutan yang dapat merusak ekosistem. Dengan menggunakan metode ini, proses pembersihan menjadi lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan,

memberikan alternatif yang baik untuk mengatasi masalah pencemaran air yang disebabkan oleh sampah, terutama di daerah-daerah padat penduduk [5].

Metode constructed wetland adalah teknik pengolahan limbah yang meniru proses alami yang terjadi di ekosistem lahan basah. Dalam ekosistem alami tersebut, tanaman air (*hydrophyta*) memainkan peran kunci dalam menjaga kualitas air, karena tanaman ini dapat menyaring polutan dan menyediakan oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme pengurai untuk proses degradasi bahan organik [6]. Berbeda dengan metode pengolahan limbah lainnya, constructed wetland menawarkan sejumlah keunggulan yang sangat menarik, antara lain biaya operasional yang lebih rendah, kemudahan dalam pengelolaan dan pemeliharaan, serta tingkat efisiensi yang tinggi dalam mengurangi polusi [7]. Keunggulan-keunggulan ini menjadikan metode ini pilihan yang sangat tepat untuk mengelola limbah cair, terutama di daerah-daerah yang membutuhkan solusi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Metode constructed wetland umumnya menggunakan tanaman yang memiliki kemampuan untuk bertahan hidup di lingkungan berair dan dapat membantu memperbaiki kualitas air. Tanaman-tanaman ini memiliki peran penting dalam menyaring zat-zat terlarut dalam air dan menyediakan tempat bagi mikroorganisme untuk berkembang, yang pada gilirannya akan membantu mengurai polutan. Beberapa contoh tanaman yang sering digunakan dalam sistem constructed wetland adalah Papyrus (*Cyperus papyrus*) dan Bulrush (*Typha latifolia*) [8]. Papyrus, yang merupakan spesies tanaman air tawar khas daerah tropis, umumnya tumbuh di perairan yang tenang atau dengan arus lambat, dan sering kali mengapung di permukaan air [9]. Meskipun demikian, papyrus juga dapat tumbuh dengan menempel pada lumpur jika diperlukan. Tanaman ini memiliki akar tambahan yang panjang, halus, dan sangat lebat, yang memungkinkannya untuk bertahan dalam kondisi air yang tergenang [10].

Tanaman Bulrush (*Typha latifolia*) merupakan tanaman liar yang sering ditemukan di area rawa pasang surut. Tanaman ini berfungsi sebagai tempat pembentukan biofilm dan habitat bagi mikroorganisme yang berperan dalam proses penguraian bahan organik. Selain itu, Bulrush juga mampu menyerap berbagai polutan, meningkatkan kadar oksigen dalam air, serta menyediakan habitat bagi biota air. Tanaman ini dapat tumbuh dengan baik di lingkungan berair dan memiliki kemampuan beradaptasi dengan berbagai jenis tanah dan kondisi perairan.

2. Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan Juli tahun 2024 –September tahun 2024. Lokasi pengambilan sampel air lindi berada di TPA Griya Mulyo, Kecamatan Jabon, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.



Gambar 1: Lokasi TPA Griya Mulyo Jabon Sidoarjo
Source: Google Maps

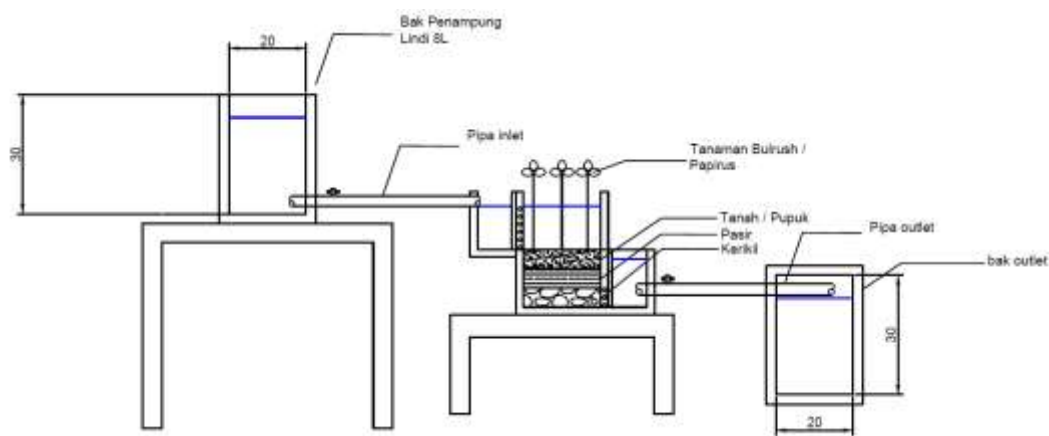
Reaktor Penelitian

Penelitian ini berfokus pada upaya menurunkan kadar beberapa parameter kualitas air lindi, yaitu COD, TSS, dan pH, dengan memanfaatkan dua jenis tanaman, yakni Papyrus (*Cyperus papyrus*) dan Bulrush (*Typha latifolia*), dalam sistem *constructed wetland*. Sebelum memulai proses utama pengolahan air lindi, dilakukan tahapan awal berupa proses aklimatisasi terhadap kedua tanaman tersebut. Tahap ini memungkinkan tanaman untuk beradaptasi secara optimal dengan kondisi air lindi yang akan diolah, sehingga keduanya dapat berfungsi dengan maksimal dalam menyerap polutan yang terkandung di dalamnya. Setelah tanaman berhasil menyesuaikan diri dalam tahap aklimatisasi ini, barulah penelitian dilanjutkan ke tahap pengolahan utama.

Proses pengolahan air lindi dilakukan dengan menggunakan dua variasi jenis tanaman, yaitu Papyrus dan Bulrush. Selain itu, penelitian ini juga melibatkan variasi media tanam, yaitu media tanah murni dan media kombinasi antara tanah dengan pupuk. Dengan pendekatan variasi jenis tanaman dan media tanam ini, penelitian bertujuan untuk mengevaluasi kombinasi yang paling efektif dalam mengurangi kandungan polutan dalam air lindi, sehingga menghasilkan kualitas air yang lebih bersih dan aman secara optimal. Reaktor penelitian yang digunakan sebanyak 4 reaktor dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 20 cm, dan tinggi 30 cm. Pada reaktor 1 dan 2 menggunakan tanaman papyrus dan bulrush dengan media tanam tanah. Sedangkan pada reaktor 3 dan 4 menggunakan tanaman papyrus dan bulrush dengan media tanam tanah dan pupuk.

Pada penelitian ini digunakan 4 reaktor *Constructed Wetland* yang terbuat dari bahan plastik dengan ukuran 20 x 20 x 30 cm

- a) Reaktor 1: kerikil, tanah, tanaman Papyrus dan sampel lindi.
- b) Reaktor 2: kerikil, tanah, tanaman Bulrush dan sampel lindi.
- c) Reaktor 3: kerikil, tanah, pupuk, tanaman *Papyrus* dan sampel lindi.
- d) Reaktor 4: kerikil, tanah, pupuk, tanaman *Bulrush* dan sampel lindi.



Gambar 2: Desain Reaktor Penelitian
 Source: *Data Penelitian*

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Air Lindi

Sebanyak 45 liter sampel air lindi diambil dari lokasi TPA dan dibagi menjadi empat bagian yang sama. Setiap bagian dialirkan ke dalam bak *constructed wetland* yang telah diisi dengan media tanam berupa tanah dan pupuk, serta ditanami tanaman bulrush atau papyrus. Sebelum pengolahan dilakukan, karakteristik awal air lindi seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD) dianalisis secara detail. Analisis awal ini bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai tingkat pencemaran air lindi sebelum dilakukan proses pengolahan tampak dalam **Tabel 1**.

Tabel 1. Uji Awal Parameter Air Lindi

Parameter	Satuan	Hasil Uji
COD	Mg/L	589,6

Sumber: *Data Penelitian*

Aklimatisasi Tanaman

Pada tahap aklimatisasi, proses ini berlangsung selama satu minggu dengan tujuan membantu tanaman beradaptasi secara optimal. Selama periode ini, tanaman ditempatkan di dalam empat bak reaktor untuk menciptakan kondisi yang terkontrol dan mendukung adaptasi yang efektif. Pendekatan ini bertujuan memastikan bahwa tanaman dapat berfungsi secara optimal dalam kondisi penelitian dan menghasilkan data yang diharapkan. Air lindi yang digunakan dalam penelitian ini terlebih dahulu diencerkan dengan konsentrasi bertahap, yaitu 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%, dan digunakan selama periode penelitian selama 15 hari. Proses RFT (*Recirculating Floating Treatment*) dilakukan dengan menggunakan bak plastik berdiameter 15 cm dan tinggi 20 cm. Setiap bak ditanami dua tanaman, dengan media berupa kerikil, pasir,

dan pupuk setebal 3 cm. Air lindi dengan konsentrasi yang telah ditentukan kemudian ditambahkan ke dalam media tersebut. Penelitian ini menggunakan dua jenis tanaman, yaitu Bulrush dengan tinggi awal 18 cm dan Papyrus dengan tinggi 12 cm, yang menjalani proses aklimatisasi selama 15 hari untuk beradaptasi dengan lingkungan barunya. Selama periode tersebut, tanaman Bulrush menunjukkan pertumbuhan tinggi sebesar 5,5 cm pada media tanah dan pupuk, serta 4,6 cm pada media tanah. Sementara itu, Papyrus mengalami peningkatan tinggi sebesar 4,2 cm pada media tanah dan pupuk, serta 3,6 cm pada media tanah. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua tanaman mampu menyesuaikan diri dengan baik di lingkungan penelitian, mencerminkan kemampuan adaptasi yang baik dalam kondisi yang diuji.

Pada awal pengambilan, tanaman Bulrush dan Papyrus memiliki 2–4 helai daun. Selama proses aklimatisasi, jumlah daun kedua tanaman meningkat signifikan, menunjukkan adaptasi yang baik terhadap lingkungan baru. Bulrush tumbuh hingga 6 daun pada media tanah dan 7 daun pada media tanah dengan pupuk. Papyrus, dengan kedua variasi media, bertambah hingga 7 helai daun. Pertumbuhan daun ini menjadi indikator positif kesehatan tanaman dan ketersediaan nutrisi yang mendukung pertumbuhannya [11]. Secara keseluruhan, media tanah dengan pupuk terbukti memberikan kondisi lebih optimal dibandingkan media tanah biasa untuk pertumbuhan daun.

Tanaman Bulrush dan Papyrus menunjukkan perkembangan tunas yang baik selama aklimatisasi, menghasilkan 3 hingga 5 tunas di media pupuk dan tanah, yang menandakan kesehatan tanaman dan kemampuan adaptasi mereka. Namun, ketika ditanam di media tanah saja, kedua tanaman hanya menghasilkan 3 tunas. Proses pertumbuhan tunas baru mulai terlihat pada hari keenam aklimatisasi, menunjukkan bahwa tanaman telah mulai beradaptasi dengan lingkungan baru [12].

Penyisihan Parameter COD

Berdasarkan data pada **Tabel 2**, reaktor 4 yang menggunakan tanaman Bulrush dengan tambahan media pupuk menunjukkan tingkat removal yang lebih tinggi dibandingkan dengan tiga reaktor lainnya, mampu mengurangi COD hingga 211,5 mg/L dengan persen penyisihan sebesar 64,12%. Sedangkan untuk papyrus dapat menyisihkan hingga 247,1 mg/L dengan persen penyisihan sebesar 58,09%. Hasil ini menunjukkan bahwa Bulrush memiliki efektivitas yang lebih baik daripada tanaman papyrus dalam menghilangkan COD dari air lindi. Proses utama yang berkontribusi dalam penurunan COD adalah rhizofiltrasi dan fitodegradasi [13]. Dalam rhizofiltrasi, akar tanaman berperan penting karena terdapat mikroorganisme yang hidup di area rhizosfer. Mikroorganisme ini memanfaatkan bahan organik dari air sebagai sumber nutrisi dan energi, di mana senyawa organik kompleks diuraikan menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui reaksi biokimia yang melibatkan enzim-enzim spesifik.

Tabel 2. Hasil Uji COD air lindi

Jenis Reaktor	Waktu Tinggal (Hari)	Hasil Uji
Reaktor 1	0	589,6
	3	411,84
	6	329,47
	9	278,6
Reaktor 2	0	589,6
	3	329,47
	6	287,10
	9	245,92
Reaktor 3	0	589,6
	3	370,65
	6	288,28
	9	247,10
Reaktor 4	0	589,6
	3	278,28
	6	205,92
	9	211,5

Sumber: Data Penelitian

Akar tumbuhan memiliki peran krusial dalam menyerap berbagai bahan organik dan zat tersuspensi yang ada di lingkungan sekitar. Zat organik yang terlarut dalam air diserap oleh akar bersama dengan air,

lalu melewati lapisan endodermis akar untuk diteruskan ke jaringan pengangkut, yaitu xilem dan floem. Dalam proses ini, kontaminan yang terserap akan mengikuti aliran transpirasi yang mengarah ke bagian atas tumbuhan. Setelah itu, kontaminan tersebut akan didistribusikan ke berbagai organ tumbuhan melalui proses translokasi, yang memungkinkan bahan pencemar bergerak menuju seluruh bagian tumbuhan. Pergerakan kontaminan ini sangat bergantung pada aliran air yang keluar melalui transpirasi, sementara eksudat akar (zat yang dikeluarkan oleh akar) berfungsi sebagai pelarut organik yang mendukung pelarutan kontaminan.

Selain itu, aktivitas mikroba yang ada di zona akar juga memainkan peran penting dalam menguraikan kontaminan yang ada di tanah sekitar akar. Mikroba ini mengandalkan karbon organik dari eksudat akar tumbuhan, seperti glukosa ($C_6H_{12}O_6$), asam amino, dan protein, untuk bertumbuh dan berkembang. Sebagai hasilnya, kontaminan organik yang mudah terurai secara biologis, yang salah satunya dapat diukur dengan parameter COD (Chemical Oxygen Demand), mengalami degradasi mikroba yang mengurangi tingkat kontaminasi di tanah. Proses ini menjadi bagian dari siklus alami yang melibatkan tumbuhan dan mikroba dalam upaya mengurangi jumlah bahan pencemar di lingkungan, melalui kolaborasi antara fisiologi tumbuhan dan aktivitas mikroba. Kedua proses tersebut saling mendukung untuk menjaga kualitas lingkungan dengan mengurangi kandungan kontaminan, yang pada akhirnya berkontribusi pada keberlanjutan ekosistem [14].

Proses degradasi ini juga sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi pengurangan zat organik terlarut dalam air lindi. Air lindi, yang biasanya mengandung bahan organik terlarut dari limbah padat, dapat diproses dengan lebih baik berkat aktivitas mikroorganisme yang menggunakan oksigen untuk memecah kontaminan tersebut. Ini membantu dalam menjaga kualitas lingkungan sekitar tanaman dan meningkatkan kesuburan tanah.[15]. Selain itu, penggunaan pupuk terbukti efektif dalam mendukung pertumbuhan tanaman Bulrush dan Papyrus, dengan meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap nutrisi yang dibutuhkan. Pupuk memberikan unsur hara penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang merangsang pertumbuhan akar dan daun tanaman. Dengan adanya pupuk, tanaman dapat tumbuh lebih cepat dan lebih efisien, memperoleh nutrisi yang diperlukan untuk mencapai perkembangan yang optimal. Peningkatan pertumbuhan akar dan daun ini memungkinkan tanaman untuk lebih baik dalam bertahan hidup dan berfungsi dalam lingkungan yang beragam, sambil berkontribusi pada perbaikan kualitas tanah dan media tanam. [16]. Nutrisi ini merangsang pertumbuhan akar dan daun secara lebih cepat dan efisien. Pupuk menyediakan elemen penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang diperlukan untuk pertumbuhan optimal tanaman.

4. Kesimpulan

Tanaman Bulrush dengan tambahan pupuk menunjukkan kemampuan pengurangan COD yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman papyrus dan reaktor lainnya, mencapai penurunan COD sebesar 211,5 mg/L dengan efisiensi penyisihan 64,12%. Sementara itu, tanaman papyrus mampu mengurangi COD hingga 247,1 mg/L, tetapi dengan efisiensi penyisihan yang lebih rendah, yaitu 58,09%. Hasil ini menunjukkan bahwa Bulrush lebih efektif dalam menghilangkan COD dari air lindi. Reaktor 4 yang menggunakan tanaman Bulrush juga unggul dalam mengurangi Total Suspended Solids (TSS), mencapai penurunan hingga 72 mg/L dengan efisiensi penyisihan 59,10% pada hari ke-9. Sebagai perbandingan, tanaman papyrus mampu menyisihkan TSS hingga 80 mg/L dengan efisiensi 54,6%. Selain itu, reaktor 4 menunjukkan kinerja terbaik dalam menstabilkan pH air lindi, mencapai pH 7,3, sedangkan tanaman papyrus menstabilkan pH hingga 7,1.

5. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini. Terima kasih kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sidoarjo atas izin dan bantuan dalam pengambilan sampel air lindi di TPA Jabon Griya Mulyo. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing di Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur serta semua pihak yang telah mendukung dalam proses pembuatan jurnal ini.

6. Referensi

- [1] Ningsih, A., Mansyurdin., & Maideliza, T. (2016). Perkembangan Aerenkim Akar Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir) dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk). *Jurnal Biologi*, 9(1), 37-43.
- [2] Tangahu B, Kartika A A, Sambodho K, Marendra S M, and Arliyani I. 2021. Shallow Groundwater Pollution Index Around the Location of Griyo Mulyo Landfill (Jabon Landfill) in Jabon District, Sidoarjo Regency, East Java, Indonesia *J. Ecol. Eng.*

- [3] Darnas, Y., Anas, A. A., & Hasibuan, M. A. (2020). Pengendalian Air Lindi Pada Proses Penutupan TPA Gampong Jawa Terhadap Kualitas Air Sumur. *Serambi Engineering*, V (3), 1165-1176.
- [4] Arliyani, I., Tangahu, B. V., & Mangkoedihardjo, S. (2021, August). Selection of plants for constructed wetlands based on climate and area in the interest of processing pollutant parameters on leachate: A review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 835, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- [5] Fadanelli, L.E.A., De Andrade Filho, A.G., Wiecheteck, G.K., Döll, M.M.R., 2019. Considerations on design and implementation parameters of domestic wastewater treatment by subsurface flow constructed wetlands. *Eng. Sanit. e Ambient.*
- [6] Luo H, He D, Zhu W, Wu Y, Chen Z, and Yang E H. 2019. Humic acid-induced formation of tobermorite upon hydrothermal treatment with municipal solid waste incineration bottom ash and its application for efficient removal of Cu(II) ions *Waste Manag.* 84 83–90.
- [7] Misra, V., et al. (2020). *Evaluating the role of macrophytes in nutrient and pollutant removal in constructed wetlands: A comparison between Typha latifolia and Cyperus papyrus.* *Water Research*, 174, 115563.
- [8] Nikho, M. A. (2020). Perbandingan Efektivitas Tanaman Cattail (*Typha angustifolia*) Dan Tanaman Iris (*Iris Pseudacorus*) Pada Constructed Wetland Terhadap Limbah Cair Industri Tahu. *Tugas Akhir.*
- [9] Ulfani, U., Badawi, D. A., Nurjannah, S., & Sugiyanto, D. (2019). Identification of Hydrogeological Effects on Leachate Spread in the East and West of the Java Gampong Landfill Using the Geoelectric Method. *Journal of Aceh Physics Society*, 8(2), 41-46.
- [10] Senki Desta Galuh, Musarofa. (2024). Fitoremediasi Lindi TPA Pakusari Jember dengan Tanaman *Cyperus papyrus* sebagai Pengurai BOD dan COD. *Jurnal Teknik Sipil Terapan.*
- [11] Vymazal, J. (2020). "Removal of nutrients in various types of constructed wetlands." *Science of the Total Environment*, 380(1-3), 48-65.
- [12] Yuniarmita, R., Zaman, B., & Istirokhatun, T. (2014). Studi Kemampuan Vertical Subsurface Flow Constructed Wetland dalam Menyisihkan Konsentrasi TSS, TDS dan ORP Pada Lindi Menggunakan Tumbuhan Alang-Alang (*Typha angustifolia*). *Jurnal Teknik Lingkungan UNDIP.*
- [13] Zhang, W., Zhang, L., Yang, X., & Huang, X. (2019). "Evaluating plant species for treating wastewater in constructed wetlands." *Water Research*, 156, 322-331.
- [14] Febriani L. (2021). Review: Pengaruh Jenis Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bioeksperimen: *Jurnal Penelitian Biologi.*
- [15] Bakhshodeh R, Alavi N, Oldham C, Santos R M, Babaei A A, Vymazal J, and Paydary P. 2020. Constructed wetlands for landfill leachate treatment: A review, *Ecological Engineering.*
- [16] Xu et al. 2019. Phytoremediation of landfill leachate using *Pistia stratiotes* and *Typha angustifolia* in constructed wetlands.