



Studi Kinerja Wastewater Treatment Plant (WWTP) pada PLTGU Menggunakan Metode Deskriptif

Mutiara Saniyyah Rochmasia^{1*}, Yayok Suryo Purnomo², Berta Ryza Harsatifa³, Arleen Maranatha Siahaan⁴

^{1,2}UPN "Veteran" Jawa Timur, ^{3,4}PT PLN Nusantara Power UP Gresik, Indonesia

Alamat: Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294

**Korespondensi penulis: 22034010135@student.upnjatim.ac.id*

Abstract. Using a descriptive method with a triangulation approach including observation, document analysis, and interviews this study ensures data reliability. Daily monitoring is conducted on wastewater flow and pH levels, while monthly laboratory analysis covers eight key parameters: Total Suspended Solids (TSS), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), total chromium (Cr), phosphate (PO_3^3-), oil and grease, and pH to evaluate the performance of the treatment system. The treatment process begins with the inflow of 960 m³ of wastewater per day into the storage pond, where aeration is applied to ensure homogenization before being transferred to the neutralization unit. pH adjustment is carried out by adding NaOH or HCl before the wastewater undergoes coagulation and flocculation stages. The study's findings indicate that the WWTP meets the environmental quality standards established in accordance with the Decree of the Head of the Investment Coordinating Board of the Republic of Indonesia (2020), Number SK.214/1/KLHK/2020 concerning the Permit for Wastewater Disposal into the Sea on Behalf of PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik. This study emphasizes the importance of systematic monitoring and treatment in wastewater management.

Keywords: Performance, Wastewater Treatment, WWTP.

Abstrak. Penelitian ini mengetahui kinerja Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PLTGU dengan meninjau proses operasional serta kepatuhannya terhadap standar lingkungan. Menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan triangulasi meliputi pengamatan, analisis dokumen, dan wawancara studi ini memastikan keandalan data. Pemantauan harian dilakukan terhadap aliran air limbah dan tingkat pH, sementara analisis laboratorium bulanan mencakup delapan parameter utama, yaitu Total Suspended Solids (TSS), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), total kromium (Cr), fosfat (PO_3^3-), minyak dan lemak, serta pH, guna menilai kinerja sistem pengolahan. Proses pengolahan diawali dengan masuknya 960 m³ air limbah per hari ke kolam penyimpanan, di mana aerasi diterapkan untuk memastikan homogenisasi sebelum dialirkan ke unit penetrat. Penyesuaian pH dilakukan dengan menambahkan NaOH atau HCl sebelum air limbah melalui tahap koagulasi dan flokulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa WWTP mampu memenuhi standar lingkungan yang ditetapkan dalam Baku Mutu Sesuai Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia. (2020). Nomor SK.214/1/KLHK/2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut atas Nama PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik. Studi ini menegaskan pentingnya pemantauan dan pengolahan yang sistematis dalam pengelolaan air limbah.

Kata Kunci: IPAL, Kinerja, Pengolahan Air Limbah.

1. LATAR BELAKANG

PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang pembangkitan listrik dengan cakupan distribusi di wilayah Jawa-Bali. Dalam proses operasionalnya, perusahaan ini menghasilkan air limbah dengan rata-rata volume sebesar 960 m³ per hari. Limbah industri yang dihasilkan tidak dapat langsung dibuang ke badan air tanpa melalui proses pengolahan yang sesuai dengan regulasi lingkungan. Oleh karena itu, setiap industri, termasuk sektor pembangkitan listrik, diwajibkan untuk menerapkan

sistem pengolahan air limbah yang sesuai dengan standar sarana dan prasarana sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 (Murti,2024).

Pengolahan air limbah di industri PLTGU memiliki tujuan utama untuk menurunkan tingkat pencemar dalam limbah sehingga kualitas air buangan sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah (Willy & Mukono , 2023). Studi yang dilakukan penting untuk mengetahui kinerja *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) dan memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan yang berlaku. Selain sebagai bentuk kepatuhan hukum, pengolahan limbah juga mencerminkan tanggung jawab sosial perusahaan dalam melestarikan lingkungan dan melindungi kesehatan masyarakat di sekitarnya.

2. KAJIAN TEORITIS

Instalasi Pengolahan Air Limbah *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) di PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik berfungsi untuk mengolah air limbah dari berbagai sumber guna memastikan kualitasnya memenuhi baku mutu sebelum dialirkan ke badan air. Sumber air limbah yang dikelola mencakup *blow down tank* sebesar 100 m³/hari, *sampling rack* sebesar 14 m³/hari, *pit drain* sebesar 9 m³/hari, limbah laboratorium sebesar 1,38 m³/hari, serta air limbah dari proses regenerasi resin sebesar 47 m³/hari. Dengan adanya sistem pengolahan ini, diharapkan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari aktivitas pembangkitan listrik dapat diminimalkan (Murti,2024).

Kinerja sistem WWTP dipengaruhi oleh sejumlah faktor penting, seperti kapasitas beban limbah yang masuk ke dalam sistem serta kondisi infrastruktur pendukung, termasuk potensi kebocoran atau korosi pada pipa dan kerusakan pompa. Permasalahan tersebut dapat mengurangi kinerja proses pengolahan, khususnya dalam menurunkan kadar parameter seperti minyak dan lemak, kromium (Cr), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), dan fosfat. Di samping itu, ketidaktepatan dalam penjadwalan pemeliharaan serta pengelolaan operasional yang kurang optimal turut berkontribusi terhadap penurunan kinerja instalasi. Untuk itu, diperlukan pemeliharaan rutin dan berkala seperti overhaul setiap dua tahun guna memastikan sistem pengolahan air limbah tetap berfungsi dengan maksimal (Siti & Chusnul, 2019).

Air limbah yang dihasilkan dari proses operasional PLTGU memiliki potensi mencemari lingkungan apabila tidak ditangani dengan tepat. Pencemaran ini dapat meliputi perairan laut dan tanah, yang berisiko menimbulkan kerusakan ekosistem serta membahayakan kesehatan manusia. Kandungan zat kimia berbahaya dan minyak dalam limbah dapat mencemari sumber daya air dan mengganggu keseimbangan kehidupan biota perairan. Oleh karena itu, pengolahan limbah secara menyeluruh sebelum dibuang ke lingkungan menjadi

langkah penting dalam upaya perlindungan lingkungan dan kesehatan publik (Willy & Mukono , 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air limbah *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) pada Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Desain penelitian mencakup observasi langsung terhadap proses pengolahan limbah, analisis data sekunder dari laporan laboratorium, serta wawancara semi-terstruktur dengan operator WWTP. Studi ini berfokus pada fasilitas WWTP di PLTGU di PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik dengan titik koordinat titik batas $7^{\circ}9'41,60''\text{LS}$ dan $112^{\circ}39'47,60''\text{BT}$ dalam rentang waktu pengambilan data selama bulan Januari hingga Februari 2025.

Pengumpulan data dilakukan dalam tiga tahap utama. Pertama, observasi langsung terhadap tahapan pengolahan limbah, termasuk unit *waste water storage pond*, *unit neutralizing* , *pH control oxidation pit*, *mixing pit*, *coagulatin tank*, *sedimentation tank*, *clear water pit*, *neutralizing pit*, *purified waste water pit*, dan *sludge encrichment tank*. Unit tersebut untuk mengidentifikasi alur kerja serta potensi inefisiensi dalam sistem. Kedua, analisis kualitas air limbah dilakukan dengan membandingkan parameter utama sebelum (inlet) dan sesudah (outlet) proses pengolahan, yang mencakup *Total Suspended Solids* (TSS), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), kromium total (Cr), fosfat (PO_4^{3-}), minyak dan lemak (*oil and grease*), serta pH. Ketiga, wawancara dengan staf bidang lingkungan bertujuan mengumpulkan informasi terkait aspek operasional, pemeliharaan sistem, kendala teknis, serta frekuensi pengawasan kualitas air.

Analisis data dilakukan dengan pendekatan deskriptif-statistik, di mana efektivitas pengolahan limbah dihitung berdasarkan *Removal Efficiency* (RE) menggunakan rumus:

$$\text{RE (\%)} = \frac{C_{\text{inlet}} - C_{\text{outlet}}}{C_{\text{inlet}}} \times 100$$

Hasil RE dibandingkan dengan baku mutu air limbah guna memastikan validitas temuan, penelitian ini menggunakan metode triangulasi sumber melalui observasi, analisis dokumen, dan wawancara (Sugiyono, 2023). Perbandingan Baku mutu air limbah menggunakan standar yang sesuai dengan SK.214/1/KLHK/2020.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengolahan Limbah Cair PLTGU PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik

Air limbah dengan volume 960 m³/hari pertama kali dialirkan ke *waste water storage pond*, di mana proses aerasi diterapkan untuk menghomogenkan limbah sebelum dipompakan menuju unit *neutralizing*. Unit ini berfungsi sebagai tempat ekualisasi sebelum air limbah dialirkan lebih lanjut ke *pH control oxidation pit*. Pada tahap ini, pH limbah dikondisikan dengan penambahan larutan NaOH atau HCl guna mencapai nilai pH yang optimal bagi proses koagulasi dan flokulasi di *mixing pit*.

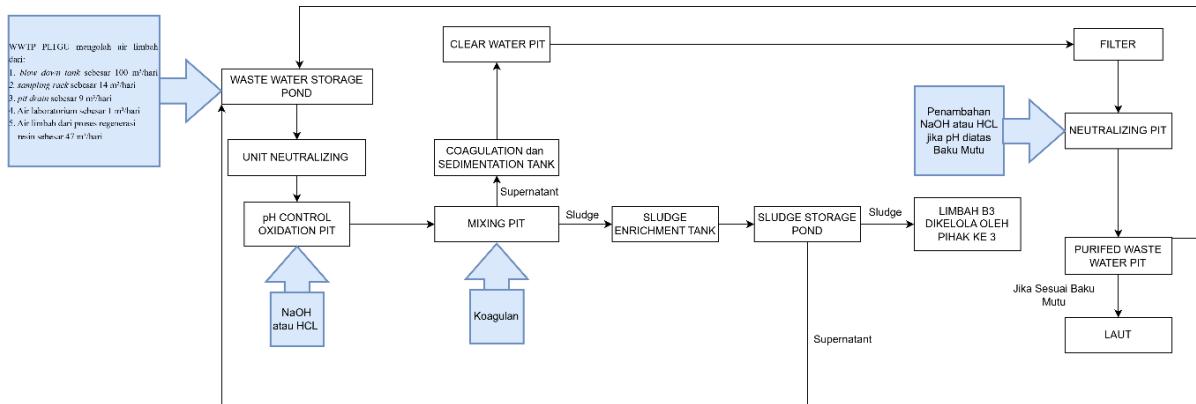
Di dalam *mixing pit*, dilakukan penambahan koagulan serta *coagulant aid* untuk membentuk flok yang lebih besar, sehingga meningkatkan efisiensi pengendapan pada unit *coagulation and sedimentation tank*. Pada unit ini, flok-flok yang terbentuk mengalami proses sedimentasi dengan bantuan *scraper*, menghasilkan supernatan yang selanjutnya dialirkan ke *clear water pit*. Unit *clear water pit* berfungsi sebagai wadah penampungan sebelum air limbah diteruskan ke sistem filtrasi.

Proses filtrasi dilakukan di unit *filter*, yang berperan dalam menyaring partikel-partikel kecil yang tidak mengendap selama proses koagulasi dan sedimentasi. Setelah itu, air limbah memasuki *neutralizing pit* untuk penyesuaian kembali pH dengan penambahan HCl atau NaOH agar sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan. Limbah cair yang telah melalui tahapan ini kemudian masuk ke *purified waste water pit*, di mana air limbah dianggap telah memenuhi standar untuk dibuang ke laut dengan debit 960 m³/hari.

Selain pengolahan air limbah, sistem ini juga menangani *sludge* yang dihasilkan selama proses koagulasi dan sedimentasi. *Sludge* dari *coagulation and sedimentation tank* dikirim ke *sludge enrichment tank* untuk dilakukan pemisahan lebih lanjut. Jika masih mengandung supernatan, cairan tersebut akan dialirkan kembali ke *waste water storage pond* untuk diproses ulang. Sementara itu, *sludge* yang telah terpisah akan dialirkan ke *sludge tank* untuk pengolahan lanjutan. Siklus ini memastikan bahwa pengelolaan limbah berjalan secara optimal dengan meminimalkan dampak lingkungan.

Kualitas hasil pengolahan limbah dipantau melalui dua metode utama, yakni pemantauan harian dan analisis laboratorium berkala. Pemantauan harian dilakukan dengan mencatat debit serta nilai pH air limbah, sementara analisis laboratorium eksternal dilakukan setiap 1 (satu) bulan sekali guna mengukur delapan parameter utama, yaitu *Total Suspended Solids* (TSS), besi (Fe), tembaga (Cu), seng (Zn), kromium total (Cr), fosfat (PO₄³⁻), minyak

dan lemak (*oil and grease*), serta pH. Evaluasi kualitas air limbah ini mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia (2020) Nomor SK.214/1/KLHK/2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut atas Nama PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik.



Sumber: Hasil Analisis Peniliti (2025).

Gambar 1. Diagram Alir Wastewater Treatment Plant (WWTP) PLTGU PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik

Hasil Pengujian Air Limbah

Hasil pengujian parameter kualitas air limbah dibandingkan dengan standar baku mutu yang ditetapkan dalam SK.214/1/KLHK/2020. Data yang digunakan dalam analisis ini merupakan hasil uji laboratorium yang dilakukan oleh Laboratorium. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan telah memenuhi standar lingkungan yang berlaku, sehingga dampak negatif terhadap ekosistem perairan dapat diminimalisir.

Tabel 1. Hasil Uji Laboratorium Januari 2025 Inlet dan Oulet WWTP PLTGU PT.

PLN Nusantara Unit Pembangkitan Gresik

No	Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Baku Mutu	Metode	Keterangan	Efektifitas
1.	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	7	20	100	SNI 6989.3:2019	Sesuai Baku Mutu	-1,857
2.	Besi (Fe)	mg/L	0.19	0.74	10	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	-2,894
3.	Tembaga (Cu)	mg/L	0.15	0.15	0.5	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0
4.	Seng (Zn)	mg/L	0.19	0.13	3	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0,315
5.	Kromium Total (Cr)	mg/L	0.031	0.031	1	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0
6.	Fosfat (PO ₄ ³⁻)	mg/L	1.38	1.39	10	SNI 6989-31:2021	Sesuai Baku Mutu	-0,007
7.	minyak dan lemak (<i>oil and grease</i>)	mg/L	5	5	10	SNI 6989.10:2011	Sesuai Baku Mutu	0
8.	pH	pH Units	8.01	7.67	6-9	SNI 6989.11:2019	Sesuai Baku Mutu	0,042

Keterangan:

Baku Mutu Sesuai Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia. (2020). Nomor SK.214/1/KLHK/2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut atas Nama PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik.

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium (2025).

Tabel 2. Hasil Uji Laboratorium Februari 2025 Inlet dan Oulet WWTP PLTGU PT.

PLN Nusantara Unit Pembangkitan Gresik

No	Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Baku Mutu	Metode	Keterangan	Efektifitas
1.	Total Suspended Solids (TSS)	mg/L	7	9	100	SNI 6989.3:2019	Sesuai Baku Mutu	-0,285
2.	Besi (Fe)	mg/L	0.87	0.24	10	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0,724
3.	Tembaga (Cu)	mg/L	0.15	0.15	0.5	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0
4.	Seng (Zn)	mg/L	0.65	0.091	3	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0,86
5.	Kromium Total (Cr)	mg/L	0.031	0.031	1	SNI 6989-84:2019	Sesuai Baku Mutu	0
6.	Fosfat (PO_4^{3-})	mg/L	1.02	1.14	10	SNI 6989-31:2021	Sesuai Baku Mutu	-0,117
7.	minyak dan lemak (<i>oil and grease</i>)	mg/L	5	5	10	SNI 6989.10:2011	Sesuai Baku Mutu	0
8.	pH	pH Units	8.45	7.72	6-9	SNI 6989.11:2019	Sesuai Baku Mutu	0,086

Keterangan:

Baku Mutu Sesuai Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia. (2020). Nomor SK.214/1/KLHK/2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut atas Nama PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik.

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium (2025).

Hasil pengujian kualitas air limbah pada WWTP PLTGU PT. PLN Nusantara Unit Pembangkitan Gresik telah dibandingkan dengan standar baku mutu yang ditetapkan dalam regulasi lingkungan yang berlaku. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa air limbah yang dibuang telah memenuhi standar yang ditetapkan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium Pada bulan Januari 2025, parameter TSS mengalami peningkatan dari 7 mg/L pada inlet menjadi 20 mg/L pada outlet, namun masih berada dalam baku mutu yang ditetapkan sebesar 100 mg/L. Efektivitas penyisihan logam berat juga bervariasi, di mana Seng (Zn) mengalami penurunan dari 0,19 mg/L menjadi 0,13 mg/L dengan efektivitas sebesar 0,315 . Sementara parameter lainnya tidak menunjukkan perubahan signifikan.

Pada bulan Februari 2025, efektivitas penyisihan logam berat lebih bervariasi dibandingkan bulan sebelumnya. Besi (Fe) menunjukkan efektivitas penyisihan yang lebih

tinggi, yaitu 0,724 dengan konsentrasi inlet 0,87 mg/L dan outlet 0,24 mg/L. Seng (Zn) juga mengalami penurunan yang lebih signifikan dengan efektivitas penyisihan 0,86. Sementara itu, parameter lainnya seperti pH, minyak dan lemak, serta Tembaga (Cu) tetap berada dalam rentang yang diizinkan oleh regulasi.

Secara keseluruhan, sistem pengolahan air limbah yang diterapkan pada WWTP PLTGU PT. PLN Nusantara Unit Pembangkitan Gresik telah berfungsi dengan baik dalam menjaga kualitas air limbah sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Namun, terdapat perbedaan efektivitas penyisihan antarparameter, yang dapat menjadi bahan evaluasi lebih lanjut guna meningkatkan efisiensi sistem pengolahan air limbah yang diterapkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sistem pengolahan air limbah di WWTP PLTGU PT PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik telah berfungsi secara efektif dalam menurunkan kadar logam berat Fe dan Zn, sehingga kualitas efluen yang dihasilkan masih memenuhi baku mutu sesuai dengan SK.214/1/KLHK/2020. Meskipun demikian, beberapa parameter lain seperti TSS, Cu, Cr, fosfat, serta minyak dan lemak tidak menunjukkan penurunan signifikan, walaupun tetap berada dalam batas aman yang diizinkan. Hal ini menunjukkan perlunya peningkatan kinerja unit pengolahan terhadap parameter dengan efektivitas rendah melalui kajian teknis yang lebih mendalam. Pemantauan berkala melalui analisis laboratorium TSS, Cu, Cr, fosfat, serta minyak dan lemak. Evaluasi operasional secara rutin juga menjadi langkah penting untuk menjaga keberlanjutan sistem pengolahan. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam cakupan waktu dan parameter analisis yang terbatas, sehingga untuk penelitian selanjutnya disarankan dilakukan pengujian dengan evaluasi terhadap potensi inovasi teknologi pengolahan yang sesuai dengan karakteristik limbah spesifik dan kondisi lingkungan sekitar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-nesarnya kepada rekan PT. PLN Nusantara Power Unit Pembangkitan Gresik atas dukungan dan moril yang telah diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR REFERENSI

- Hidayat, A. (2016). Analisis kualitas air dan *removal efficiency* WWTP. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 70–78.
- Indonesia. (2014). *Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 4. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia. (2020). *Nomor SK.214/1/KLHK/2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut atas Nama PT Pembangkit Jawa Bali Unit Pembangkitan Gresik*.
- Murti, R. H. A. (2024). Penilaian dampak lingkungan *waste water treatment plant* (WWTP) pada PLTGU menggunakan pendekatan *life cycle assessment* (LCA). *Jurnal EnviScience (Environment Science)*, 8(1), 96–107.
- Pemerintah Provinsi Jawa Timur. (2014). *Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 52 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya*. Surabaya: Pemerintah Provinsi Jawa Timur.
- Pratama, A., Suryani, R., & Hasan, M. (2024). Evaluasi kinerja WWTP berbasis parameter operasional. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15(1), 22–34.
- Rhofita, E. I., & Russo, A. E. (2019). Efektifitas kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri gula di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Sidoarjo. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 20(2), 235–242.
- Romadhonah, S., & Arif, C. (2020). Analisis kualitas udara dan efisiensi penghapusan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2), 69–78.
- Sari, M. P., & Yuniarto, A. (2016). Evaluasi nilai *removal efficiency* Zn dan BOD pada WWTP PLTGU (Skripsi, UPN Veteran Yogyakarta).
- Siti, R., & Chusnul, A. (2019). Analisis kualitas air dan *removal efficiency wastewater treatment plant* (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 5(2).
- Sugiyono. (2023). *Metode penelitian kombinasi (mixed methods)*. Bandung: Alfabeta.
- Sutrisno, H., & Lestari, D. (2021). Kinerja WWTP pada industri makanan dan minuman di kawasan industri Bekasi. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 142–151.
- Tampubolon, M. P., & Harahap, Y. S. (2022). Analisis pengaruh debit dan konsentrasi limbah terhadap efisiensi WWTP. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 11(2), 98–107.
- Willy, T. A. E. D., & Mukono, J. (2023). Main process wastewater treatment using wastewater treatment plant at PT. Indonesia Power Grati POMU. *Media Gizi Kesmas*, 12(1), 66–74.
- Yuliani, D., & Hartono, B. (2020). Perbandingan efisiensi WWTP berdasarkan variasi koagulasi-flokulasi pada air limbah domestik. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14(2), 120–128.