



## Pengaruh Penerapan Sistem IPAL terhadap Kualitas Air Buangan Rumah Potong Hewan

Naura Nisrine Hidayatullah

Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Tuhu Agung Rachmanto

Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

Jl. Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, Surabaya. Telp. (031) 8796257

Korespondensi penulis: [tuhu.tl@upnjatim.ac.id](mailto:tuhu.tl@upnjatim.ac.id)

**Abstract:** *PT X is a company engaged in animal slaughtering and produces liquid waste in the process of its activities. Located in Banyuwangi Regency, East Java Province, this study aims to determine the effect of the implementation of the Wastewater Treatment Plant (WWTP) system on the quality of PT X's wastewater. The effect of implementing the WWTP system can be measured through baseline data collection, evaluation of WWTP effectiveness, observation of WWTP operation and maintenance, and recommendations in accordance with the Regulation of the Minister of Environment and Forestry of the Republic of Indonesia Number 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. Pollutant parameters in wastewater include BOD, COD, TSS, and O&G (Oil & Grease) that exceed the quality standards. After the implementation of the WWTP system, the effluent results showed a decrease and no longer exceeded the quality standards, proving that the implemented WWTP system has a positive effect on the quality of the PT X abattoir discharge water.*

**Keywords:** *WWTP, Liquid Waste, Slaughterhouse*

**Abstrak:** PT X adalah perusahaan yang bergerak dalam pemotongan hewan dan menghasilkan limbah cair dalam proses kegiatannya. Terletak di Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terhadap kualitas air buangan PT X. Pengaruh penerapan sistem IPAL dapat diukur melalui pengumpulan data awal, evaluasi efektivitas IPAL, observasi operasional dan pemeliharaan IPAL, serta rekomendasi yang sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik. Parameter pencemar dalam air limbah termasuk BOD, COD, TSS, dan O&G (*Oil & Grease*) yang melebihi baku mutu. Setelah penerapan sistem IPAL, hasil efluen menunjukkan penurunan dan tidak lagi melebihi baku mutu, membuktikan bahwa sistem IPAL yang diterapkan berpengaruh positif terhadap kualitas air buangan RPH PT X.

**Kata kunci:** IPAL, Limbah Cair, Rumah Potong Hewan

### LATAR BELAKANG

Limbah adalah sisa produksi dari alam atau aktivitas manusia. Pencemaran limbah cair adalah perubahan fisik air, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang bersifat berbahaya atau berpotensi menyebabkan penyakit atau gangguan bagi kehidupan makhluk hidup (Darmawan, 2023). Limbah cair dari kegiatan rumah potong hewan (RPH) merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan. RPH yang beroperasi tanpa sistem pengolahan air limbah, dapat menghasilkan limbah cair yang mengandung zat-zat berbahaya bagi lingkungan. RPH sebagai tempat usaha penyediaan daging sehat seharusnya memperhatikan faktor-faktor sanitasi baik di lingkungan internal RPH maupun di sekitarnya (Sanjaya et al., 1996).

Received: Mei 20, 2024; Accepted: Juni 20, 2024; Published: Juli 31, 2024

\* Tuhu Agung Rachmanto, [tuhu.tl@upnjatim.ac.id](mailto:tuhu.tl@upnjatim.ac.id)

Beberapa parameter pencemar yang terkandung pada limbah cair RPH meliputi BOD, COD, TSS, NH<sub>3</sub>-N, minyak dan lemak, serta pH, yang dapat mengubah kualitas air dan mencemari badan air. Penelitian yang dilakukan oleh (Alam, 2023). Limbah cair dari RPH Lambaro memiliki kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 435 mg/l, *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 485 mg/l, dan nilai pH sebesar 5,8. Kegiatan di RPH menghasilkan limbah dengan kandungan bahan organik, padat, dan lemak yang tinggi. Limbah ini mempengaruhi kualitas dari fisik air, seperti warna dan pH, serta meningkatkan TSS, TDS, lemak, BOD<sub>5</sub>, amonium, nitrogen, dan fosfor. Limbah terbesar berasal dari darah dan isi perut, yang meningkatkan BOD dan jumlah padatan. Pencucian karkas juga menambah nilai BOD (Sanjaya et al., 1996).

PT X merupakan perusahaan yang bergerak dibidang peternakan dan rumah potong hewan. Pada proses kegiatan peternakan dan pemotongan hewan menghasilkan lebih banyak limbah cair yang berbahaya apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang pada lingkungan. Menurut (Widodo & Ali, 2019) Limbah dari rumah potong hewan (RPH) seperti darah, urin, feses, isi rumen atau isi lambung, daging, lemak, dan air cucian dapat berfungsi sebagai media pertumbuhan mikroba, sehingga limbah tersebut mudah membusuk. Proses pembusukan dalam air menghasilkan bau yang tidak sedap sehingga menyebabkan gangguan pernapasan pada manusia, seperti mual dan kehilangan nafsu makan. Selain itu, konsumsi oksigen terlarut oleh mikroba yang berlebihan dapat mengurangi ketersediaan oksigen bagi kehidupan biota air.

PT X sebagai perusahaan yang setiap harinya memiliki kapasitas produksi sebanyak 6.000 ayam/jam atau 40.000 ayam/hari. Ayam-ayam ini mengkonsumsi air sebanyak 25 Liter/ayam dengan debit total sebesar 1.000 m<sup>3</sup>/hari dan debit rata-rata 41,7 m<sup>3</sup>/jam. Sistem penyaluran air limbah di PT X dilakukan dengan mengumpulkan air limbah dari setiap sumber (unit kegiatan yang menggunakan air bersih) ke sump pit yang disediakan di setiap unit. Air limbah ini dialirkan melalui perpipaan yang tersambung. Selanjutnya, air limbah dari sump pit disalurkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) menggunakan truk tangki yang disediakan dan beroperasi sesuai jadwal. Jumlah air limbah yang dihasilkan berkisar antara 60-80% dari penggunaan air bersih, sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia No. 4 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.

Beberapa penelitian dilakukan untuk menurunkan kadar pencemar yang terkandung dalam limbah cair RPH. Penelitian-penelitian yang dilakukan meliputi pengolahan secara biologis seperti teknologi bioreaktor tipe sarang tawon yang dilakukan oleh (Said & Firly,

2005). Selain itu, penelitian lainnya dilakukan oleh (Filliazati et al., 2013) yang menggunakan *Rotary Biological Contactor* (RBC), biofilter cincin memanjang, dan biofilter plastik bekas lainnya yang berbentuk cincin, bola bola bioball aerobik, dan bioball anaerobic dilakukan oleh (Amri & Wesen, 2015), atau bentuk media isian padat yang seragam lainnya.

Penelitian lainnya menggunakan metode biofilter (Butler et al., 2022). Metode biofilter yang digunakan yaitu dengan *Aerobic Fixed-Bed Reactor* (AFBR). AFBR merupakan metode yang menggunakan batu apung sebagai media, karena batu apung sangat efektif untuk pembentukan biofilm. Metode klorinasi dapat dilakukan menggunakan kaporit sebagai sumber klor aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penerapan sistem IPAL yang telah dirancang PT X terhadap kualitas air buangan RPH

## KAJIAN TEORITIS

Jumlah total limbah dari ternak bergantung pada spesies hewan, ukuran peternakan, jenis peternakan, dan jenis lantai kandang. Kotoran sapi, yang terdiri dari feses dan urin, merupakan jenis kotoran hewan yang paling banyak dihasilkan dan diolah di pabrik pengolahan. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 02 Tahun 2006, usaha dan/atau kegiatan Rumah Potong Hewan meliputi pemotongan, pembersihan lantai tempat pemotongan, pembersihan kandang penampung, pembersihan kandang isolasi, dan/atau pembersihan isi perut dan air sisa perendaman. Limbah cair dari rumah potong hewan (RPH) harus melalui pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Proses ini bertujuan untuk mengurangi kadar bahan organik yang ada di dalam limbah tersebut (Ikbar, 2022).

### Peraturan Standar Baku Mutu Air Limbah

Pengolahan limbah cair RPH yang tidak optimal dapat menimbulkan potensi bahaya, hal ini dapat terjadi karena limbah cair RPH mengandung bakteri-bakteri patogen penyebab penyakit. Selain itu, pengolahan yang tidak optimal juga dapat meningkatkan nilai COD, BOD, TSS, minyak dan lemak,  $\text{NH}_3$ , serta pH pada limbah cair. Adapun baku mutu yang menjadi acuan PT X dalam mengolah limbah cair yaitu (Permen LH No 5 Tahun, 2014) Tentang Baku Mutu Air Limbah dengan rincian kadar maksimum sebagai berikut:

**Tabel 1.** Baku Mutu Air Limbah Pengolahan Daging

Kriteria	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	125
COD	mg/L	250
TSS	mg/L	100
Minyak & Lemak	mg/L	10
Amoniak	mg/L	10
Kuantitas air limbah paling tinggi	m <sup>3</sup> per ton produk	6

Sumber: Peraturan Menteri LHK Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif, dengan hasil analisis diperoleh melalui observasi dan pengamatan berdasarkan fakta. Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2023. Data yang dibutuhkan dibagi menjadi dua kategori: data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil observasi dan dokumentasi, sementara data sekunder berasal dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 Tentang Standar Baku Mutu Air Limbah Domestik yang meliputi debit air limbah, karakteristik air limbah, parameter air limbah, dan perencanaan IPAL. Penelitian dilakukan di area peternakan dan rumah pemotongan hewan di Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Debit Air Limbah

Perhitungan Air limbah yang dihasilkan pada kegiatan Peternakan Ayam Ras dan Rumah Potong Hewan, terintegrasi berasal dari tahap operasi dan kegiatan mess karyawan. Pengolahan air limbah tahap operasi direncanakan menggunakan WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) dengan rincian kapasitas produksi sebanyak 6.000 ayam/jam atau 40.000 ayam/hari dan konsumsi air sebesar 25 Liter/ayam. Sehingga debit total sebesar 1.000 m<sup>3</sup>/hari dengan debit rata-ratanya sebesar 41,7 m<sup>3</sup>/jam

**Tabel 2.** Parameter Awal Air Limbah RPH PTX

Parameter Awal	Satuan	Kadar	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	≤ 2.000	125
COD	mg/L	≤ 3.600	250
TSS	mg/L	≤ 1.150	100
Minyak & Lemak	mg/L	≤ 350	10

Sumber: Data Perusahaan

Pengolahan air limbah di WWTP dilakukan untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Dengan sistem WWTP yang direncanakan, limbah cair yang dihasilkan dapat diolah secara efektif sehingga dapat dibuang dengan aman tanpa merusak ekosistem dan mengganggu kesehatan masyarakat

### Karakteristik Air Limbah

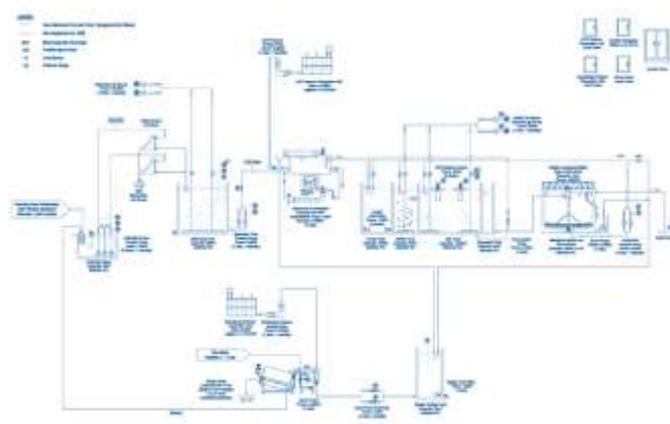
Kegiatan di RPH menghasilkan limbah cair dengan berbagai zat seperti bahan padat, lemak, darah, tinja hewan, isi rumen, dan air cucian. Limbah ini dapat menjadi tempat berkembangnya mikroorganisme dan mudah membusuk. Proses pembusukan dalam air dapat menghasilkan bau tidak sedap dan menyebabkan gangguan pernapasan serta hilangnya selera makan akibat tingginya kandungan NH<sub>3</sub> dan H<sub>2</sub>S (Butler et al., 2022).

## Perencanaan IPAL

Perencanaan sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) harus mempertimbangkan debit air limbah dan karakteristik limbah cair dari Rumah Potong Hewan (RPH). Debit air limbah menentukan kapasitas dan ukuran unit pengolahan yang dibutuhkan. Karakteristik limbah cair RPH, termasuk parameter seperti BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, NH<sub>3</sub>, serta pH, membantu memilih metode pengolahan yang tepat.

Dengan memahami debit dan karakteristik limbah cair, perencanaan IPAL dapat disesuaikan untuk mencapai efisiensi maksimal dalam mengolah limbah. Hal ini termasuk menentukan jenis teknologi pengolahan yang akan digunakan, seperti pengendapan, filtrasi, aerasi, atau penggunaan biofilter, serta memastikan bahwa sistem pengolahan dapat menangani variasi beban limbah dan kondisi operasional. Keseluruhan perencanaan bertujuan untuk memastikan bahwa air buangan yang dihasilkan memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah, sehingga tidak mencemari lingkungan dan menjaga kesehatan masyarakat sekitar.

Pada perencanaan bangunan IPAL yang akan dibangun, ada 13 unit yang diharapkan mampu menurunkan parameter pencemar yang terkandung dalam air limbah. Unit-unit tersebut meliputi: *Collection Sump*, *Statistic Screen (Fixed) – Parabolic*, *Balancing Tank* sebagai *pre-treatment*. Lalu, *Dissolved Air Flotation (DAF) With Polymer*, *Anoxic Tank*, *Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)*, *Activated Sludge Process (ASP Tank)* sebagai unit utama pengolahan. Kemudian *Degassing Tank*, *Biological Clarifier*, *Sludge Holding Tank*, *Screw Press*, *Chlorination Tank*, *Storage Tank Land Application*, *Storage Tank Discharge to River*.



**Gambar 1** Tampak Samping Skema IPAL PT X

Dalam proses IPAL, air limbah diolah menggunakan unit proses fisika, kimia, dan biologi. Air limbah dikumpulkan di unit *Collection Sump* setelah melewati pemisah bulu (*Feather Separator*), kemudian dialirkan ke *Balancing Tank* untuk menyeimbangkan debit air limbah. Di sini terdapat *Static Screen* untuk menyaring padatan yang masih terbawa.

Selanjutnya, air limbah dialirkan ke unit DAF (*Dissolved Air Flotation*) untuk menghilangkan minyak, lemak, dan TSS melalui proses koagulasi-flokulasi-separasi, di mana padatan tersuspensi mengapung dan kemudian dipisahkan secara mekanik.

Setelah unit DAF, air limbah diolah di unit *Anoxic-MBBR-ASP-Degassing Tank*. *Anoxic Tank* digunakan untuk menangani limbah dengan kandungan amonia tinggi, dilengkapi dengan media biofilter yang menahan lumpur mengapung dan menjadi media pertumbuhan bakteri anaerobik untuk menghilangkan amonia melalui proses denitrifikasi. *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR) adalah unit pengolahan biologis yang menggunakan biofilm dengan sistem *fluidized attached growth*. MBBR memanfaatkan proses aerobik-anoksik untuk menurunkan kandungan nitrogen melalui nitrifikasi dan denitrifikasi. Air limbah kemudian mengalir ke unit ASP, di mana oksigen diinjeksikan untuk transfer oksigen, lalu masuk ke unit *Degassing Tank* untuk menghilangkan gas-gas seperti CO<sub>2</sub> dan nitrogen.

Proses selanjutnya adalah pengendapan melalui unit Clarifier dengan prinsip kerja pengendapan gravitasi, di mana padatan tersuspensi mengendap dan terkumpul dalam bak "sludge". Padatan *sludge* dibuang secara reguler setiap minggu atau periode tertentu. Setelah melewati unit Clarifier, air limbah dapat dibuang ke saluran air publik. Lumpur yang dihasilkan dikumpulkan di unit *sludge holding* dan kemudian dipompa ke unit *Sludge Screw Press*, di mana *sludge* basah diubah menjadi *sludge cake*. *Sludge cake* dikumpulkan dan diolah sesuai pedoman pemerintah setempat.

### Efisiensi Perencanaan IPAL RPH

Efisiensi perencanaan IPAL RPH PT X dijabarkan melalui neraca massa. Neraca massa adalah alat analisis yang vital dalam memastikan bahwa sistem pengolahan air limbah dirancang dan dioperasikan dengan efisiensi, memenuhi standar lingkungan, dan berfungsi dengan optimal. Neraca massa digunakan untuk melihat pengaruh penerapan perancangan sistem IPAL terhadap kualitas air buangan/limbah proses kegiatan yang nantinya akan dibuang ke badan air (Sungai di daerah Banyuwangi).

**Tabel 3.** Neraca Massa Perencanaan Sistem IPAL PT X

Unit Pengolahan	Parameter							
	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		TSS (mg/L)		O&G (mg/L)	
	%	out	%	out	%	out	%	out
<i>Collection Sump</i>	-	2.000	-	3.600	-	1.150	-	350
<i>Statistic Screen (Fixed) – Parabolic</i>	-	2.000	-	3.600	-	1.150	-	350
<i>Balancing Tank</i>	-	2.000	-	3.600	-	1.150	-	350
<i>Dissolved Air Flotation (DAF) With Polymer</i>	60	800	-	3.600	65	402,5	98	7
	(Sumber: Cavaseno, 1980 halaman 14 dan Qasim, 1999 halaman 159)							
<i>Anoxic Tank</i>	-	800	90	360	49	246	-	7
	(Sumber: Tasya Ambar Aimia & Naniek Ratni JAR, 2023)							
<i>Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR)</i>	94	48	-	360	86	56,4	-	7
	(Sumber: Ramadhanti & Suryo, 2020)							
<i>Activated Sludge Process (ASP Tank)</i>	89	5,3	90	36	90	6	-	7
	(Sumber: Spering, 2007 halaman 13 dan Cavaseno, 1980 halaman 15 )							
<i>Degassing Tank</i>	-	-	-	-	-	-	-	-

Unit Pengolahan	Parameter							
	BOD (mg/L)		COD (mg/L)		TSS (mg/L)		O&G (mg/L)	
	%	out	%	out	%	out	%	out
<i>Biological Clarifier</i>	-	5,3	-	36	60	2	-	7
(Sumber: Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR, 2018)								
<i>Sludge Holding Tank</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Screw Press</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Chlorination Tank</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Storage Tank Land Application</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Storage Tank Discharge to River</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Hasil Akhir	5,3 mg/L		36 mg/L		2 mg/L		7 mg/L	

Sumber: Data Penelitian

Dapat dilihat bahwa nilai parameter limbah menurun sesuai melewati sistem IPAL, sehingga penggunaan unit-unit IPAL yang sudah direncanakan oleh PT X mampu menurunkan parameter air limbah RPH yang mereka hasilkan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa, pengaruh perencanaan sistem IPAL ternyata benar mempengaruhi kualitas air. Hal ini dapat diperjelas dengan hasil perhitungan yaitu nilai inlet BOD sebesar  $\leq 2.000$  mg/L menjadi 5,3 mg/L, COD sebesar  $\leq 3.600$  mg/L menjadi 36 mg/L, TSS sebesar  $\leq 1.150$  mg/L menjadi 2 mg/L, dan O&G sebesar  $\leq 350$  mg/L menjadi 7 mg/L. Apabila disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, maka hasil neraca tersebut sudah sesuai dengan baku mutu yang berlaku sehingga penerapan sistem IPAL dapat berjalan dengan baik serta kualitas air buangan lebih bagus dengan pemantauan dan pemeliharaan yang tepat.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada dosen pembimbing yang telah membimbing selama proses penulisan artikel ini, tidak lupa pula pembimbing lapangan yang senantiasa mengarahkan dan memfasilitasi bahan dan data untuk penulis. Semoga artikel ini bisa bermanfaat bagi yang membacanya.

## DAFTAR REFERENSI

- Alam, S. (2023). Skripsi pengolahan air limbah tahu dengan biofilter anaerob dan aerob menggunakan media plastik botol mineral (PET) dan sedotan (PP).
- Amri, K., & Wesen, P. (2015). Pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter anaerob bermedia plastik (bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2).
- Butler, J. B., Budiarsa Suyasa, I. W., & Negara, I. M. S. (2022). Penurunan COD, BOD, TSS, amonia dan koliform air limbah rumah potong hewan dengan biofilter aerobic fixed-bed reactor dan klorinasi. *Jurnal Kimia*, 174. <https://doi.org/10.24843/jchem.2022.v16.i02.p07>

- Cavaseno, V. (1987). Industrial waste water and solid waste engineering. *Chemical Engineering Magazine*, 14.
- Darmawan, M. R. (2023). Studi evaluasi instalasi pengolahan air limbah pada rumah potong hewan di Kecamatan Sukun Kota Malang dengan metode activated sludge.
- Dirjen Cipta Karya Kementerian PUPR. (2018). Pedoman perencanaan teknik terinci sistem pengelolaan air limbah domestik terpusat (SPALD-T).
- Filliazati, M., Apriani, I., & Zahara, T. A. (2013). Pengolahan limbah cair domestik dengan biofilter aerob menggunakan media bioball dan tanaman kiambang.
- Ikbar, A. M. (2022). Efektivitas filtrasi dengan media pasir besi untuk pengolahan limbah cair rumah pemotongan hewan.
- Permen LH No 5 Tahun. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- Ramadhanti, Z. L., & Suryo, Y. P. (2020). Penurunan kadar BOD, TSS, dan NH<sub>3</sub>-N pada air limbah rumah potong hewan dengan menggunakan moving bed biofilm reactor (MBBR).
- Said, N. I., & Firly. (2005). Uji performance biofilter anaerobik unggun tetap menggunakan media biofilter sarang tawon untuk pengolahan air limbah rumah potong ayam. 1(3).
- Sanjaya, A. W., Sudarwanto, M., & Pribadi, E. S. (1996). Pengelolaan limbah cair rumah potong hewan di Kabupaten Dati II Bogor. III(2).
- Sperling, M. V. (2007). *Biological wastewater treatment: Wastewater characteristics, treatment and disposal*. London: IWA Pub.
- Tasya, A. A., & Ratni, N. J. (2023). Penyisihan COD, TSS, dan TN pada lindi TPA Klotok menggunakan anoxic-oxic moving bed biofilm reactor. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(4), 771–779. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i4.2418>
- Widodo, A. A., & Ali, D. M. (2019). Biokonversi bahan organik pada limbah cair rumah pemotongan hewan menjadi energi listrik menggunakan microbial fuel cell. 11.