



Perencanaan Sistem Penyaluran dan Pengolahan Air Limbah Domestik Industri Produksi Bahan Kimia PT X Jawa Timur

Nuraini Safitri^{1*}, Muhammad Abdus Salam Jawwad²

^{1,2} Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

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

Korespondensi penulis: muhammad.abdus.tl@upnjatim.ac.id *

Abstract. *PT X is a chemical manufacturing company specializing in the production of phosphoric acid and sulfuric acid. In addition to waste generated from production processes, PT X also produces domestic wastewater originating from supporting activities such as employee barracks, offices, and laundry facilities. This domestic wastewater contains parameters that can potentially pollute the environment, such as BOD, COD, TSS, ammonia, and Total Coliform, some of which exceed the quality standards set by the Minister of Environment Regulation No. 68 of 2016. This study aims to design an effective Domestic Wastewater Treatment Plant (DWTP) system to process the domestic wastewater of PT X. The proposed DWTP system consists of a collection tank, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Aerobic Biofilter, and disinfection unit. Each unit is designed to reduce pollutant parameters to meet quality standards. Based on the calculations, this system can handle a wastewater flow rate of 21.91 m³/day with high treatment efficiency for critical parameters. The study results indicate that the proposed DWTP design can reduce environmental pollution, improve wastewater treatment operational efficiency, and comply with applicable regulations. Implementing this system is highly recommended to ensure environmental sustainability and the continued operations of PT X.*

Keywords: *Domestic wastewater, Wastewater Distribution System, Total Coliform*

Abstrak. PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi bahan kimia, dengan produk utama berupa asam fosfat dan asam sulfat. Selain menghasilkan limbah dari proses produksi, PT X juga menghasilkan limbah cair domestik yang berasal dari aktivitas pendukung, seperti barak karyawan, kantor, dan laundry. Limbah cair domestik ini mengandung parameter yang berpotensi mencemari lingkungan, seperti BOD, COD, TSS, amonia, dan Total Coliform, beberapa di antaranya tidak memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) yang efektif untuk mengolah limbah cair domestik PT X. Sistem IPALD yang direncanakan terdiri atas bak pengumpul, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Aerobic Biofilter, dan unit desinfeksi. Setiap unit dirancang untuk mengurangi parameter pencemar hingga memenuhi baku mutu. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem ini mampu menangani debit limbah sebesar 21,91 m³/hari dengan efisiensi pengolahan tinggi pada parameter-parameter kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain IPALD ini dapat mengurangi dampak pencemaran lingkungan, meningkatkan efisiensi operasional pengolahan limbah, dan memenuhi regulasi yang berlaku. Implementasi sistem ini sangat disarankan untuk menjaga kelestarian lingkungan sekitar dan keberlanjutan operasi PT X.

Kata kunci: Limbah domestik, Sistem Penyaluran Air Limbah, Total Coliform

1. LATAR BELAKANG

Dalam dunia industri, jumlah karyawan yang besar sering kali menjadi salah satu faktor utama yang mendorong peningkatan aktivitas operasional. Selain menghasilkan produk atau jasa, aktivitas ini juga menciptakan limbah domestik, seperti limbah rumah tangga berupa sisa makanan, plastik, kertas, air limbah, dan bahan-bahan lainnya. Limbah domestik yang dihasilkan oleh karyawan dalam skala besar dapat menjadi masalah lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Dikutip dari buku Metcalf dan Eddy (2003) Limbah cair domestik memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika antara lain bau, warna, Total Suspended Solid (TSS), dan kekeruhan. Karakteristik kimia antara lain Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), pH (derajat keasaman). Karakteristik biologi antara lain bakteri dan mikroorganisme. Pembuangan limbah cair ke sungai tanpa pengolahan memiliki dampak buruk terhadap lingkungan. Beberapa parameter yang ada di limbah cair organik tergolong tinggi dapat mencemari lingkungan atau badan air. Baku mutu atau batas ambang maksimal parameter tersebut diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Limbah Cair. Penyebab pencemaran air secara umum berdasarkan sumbernya dapat dikategorikan sebagai sumber kontaminasi langsung dan tidak langsung (Rahmawati & Warsito, 2020).

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mengatasi pencemaran tersebut maka penanganan limbah dapat dilakukan secara saniter. Salah satu contoh penanganan limbah secara saniter yakni dengan membangun IPALD atau instalasi pengolahan air limbah domestik. Tujuan utama IPALD adalah memastikan bahwa air buangan yang dihasilkan aman bagi lingkungan dan dapat dimanfaatkan kembali. IPALD ini membutuhkan adanya sistem penyaluran atau jaringan yang menghubungkan sumber air limbah menuju ke bangunan IPALD, sistem ini disebut SPALD atau Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik.

PT X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi bahan kimia, produksi utama PT X ini adalah Asam Fosfat Dan Asam Sulfat. Pada kegiatan operasional PT. X ini menghasilkan beberapa limbah salah satunya limbah cair domestik. Limbah cair domestik tidak terkait dengan proses produksi. Limbah cair domestik ini berasal dari fasilitas penunjang yang ada di pabrik, seperti barak karyawan, kantor, binatu atau *laundry*, dan lain sebagainya.

Pada PT X, pengolahan limbah cair domestik ini kurang efektif karena belum ada pengolahan untuk jenis limbah greywater. Air limbah cair domestik ini sebelumnya dialirkan ke sewer yang menuju unit pengolahan limbah cair pabrik. Apabila hal ini dilakukan secara terus menerus maka dapat menyebabkan kerusakan pada fasilitas pengolahan pabrik. Sehingga dibutuhkan desain ulang sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik agar limbah cair domestik dapat diolah secara efektif.

2. KAJIAN TEORITIS

Limbah Cair Domestik

Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari aktivitas hidup sehari-hari manusia yang berhubungan dengan pemakaian air. Dikutip dari buku Metcalf dan Eddy (2003)

Limbah cair domestik memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika antara lain bau, warna, Total Suspended Solid (TSS), dan kekeruhan. Karakteristik kimia antara lain Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), pH (derajat keasaman), Karakteristik biologi antara lain bakteri dan mikroorganisme.

Sebagaimana dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Limbah Cair, baku mutu air limbah domestik seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30
Minyak & Lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	jumlah/100mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber: PERMENLHK No. 16 Tahun 2016

Dalam buku Direktorat Jenderal Cipta Karya, Buku Utama Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat SPALD-T, Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya (2018), faktor timbulan air limbah sebanyak 80%. Untuk mencari debit rata-rata yang limbah cair domestik dihasilkan yakni dengan rumus:

$$Q = \sum_{i=1}^n h_i \times \sum_{j=1}^m h_j \times \dots$$

... (1) **Karakteristik Air Limbah Domestik**

Dikutip dari buku Metcalf dan Eddy (2003) Limbah cair domestik memiliki karakteristik fisika, kimia, dan biologi. Karakteristik fisika antara lain bau, warna, Total Suspended Solid (TSS), dan kekeruhan. Karakteristik kimia antara lain Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD), pH (derajat keasaman), Karakteristik biologi antara lain bakteri dan mikroorganisme.

Karakteristik air limbah didapatkan dari sertifikat hasil pengujian oleh perusahaan ketiga dengan nilai sebagai berikut.

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah

Parameter	Satuan	Nilai SHU 2021	Kadar Maksimum
pH	-	7,7	6-9
BOD	mg/L	223	30
COD	mg/L	58,7	100
TSS	mg/L	52	30
Minyak & Lemak	mg/L	<1,4	5
Amoniak	mg/L	51,5	10
Total Coliform	jumlah/100mL	8,4 x 10 ⁶	3000

Sumber; Sertifikat Hasil Uji Perusahaan (2021)

Hasil uji tersebut beberapa parameter yang belum memenuhi baku mutu yaitu BOD, COD, TSS, Amonia, dan Coliform.

Unit Pengolahan

Unit pengolahan air limbah domestik disesuaikan dengan kebutuhan parameter apa saja yang akan disisihkan. Dalam penelitian ini unit pengolahan yang direncanakan yakni Bak Pengumpul, *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR), Aerobik biofilter, dan Desinfeksi.

a. Bak pengumpul

Pengolahan fisik air limbah domestik melibatkan proses pemisahan partikel padat yang tersuspensi dalam air, dengan menggunakan metode seperti screening, pra-sedimentasi, koagulasi, dan flokulasi. Teknologi ini sering digunakan sebagai langkah awal dalam proses pengolahan air limbah.

b. Anaerobic Baffled Reactor (ABR)

Anaerobic Baffled Reactor (ABR) adalah unit pengolahan yang memanfaatkan proses anaerobik untuk mengolah air limbah domestik. Dalam ABR, air limbah mengalir melalui beberapa ruang atau kompartemen yang dipisahkan oleh baffel (dinding pembatas) untuk meningkatkan waktu tinggal air dan memungkinkan mikroorganisme anaerobik untuk mengurai materi organik tanpa menggunakan oksigen. Kumar et al. (2020) mengungkapkan bahwa ABR sangat efektif dalam mengolah air limbah domestik dengan beban organik tinggi, dengan efisiensi pengurangan BOD mencapai 70-85%.

c. Aerobic biofilter

Aerobic biofilter adalah sistem pengolahan biologis yang menggunakan media untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme aerobik yang menguraikan bahan organik

dalam air limbah. Mikroorganismenya ini membutuhkan oksigen untuk menguraikan bahan organik menjadi komponen yang lebih sederhana, seperti karbon dioksida dan air. Yusof et al. (2020) dalam penelitiannya mengenai penggunaan biofilter aerobik menyatakan bahwa biofilter sangat efisien dalam mengolah air limbah domestik dengan mengurangi BOD dan COD secara signifikan.

d. Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses pengolahan air limbah untuk menghilangkan atau membunuh patogen yang ada dalam air limbah, sehingga air limbah dapat aman untuk dibuang ke lingkungan atau digunakan kembali. Proses desinfeksi umumnya dilakukan setelah tahap pengolahan biologis untuk memastikan bahwa air limbah yang dihasilkan bebas dari patogen yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat.

3. METODE PENELITIAN

Wilayah perencanaan pembangunan instalasi pengolahan air limbah domestik (IPALD) ini yakni berada di PT X Perusahaan bahan kimia di Indonesia. Jumlah karyawan yang ada di PT X sebanyak 453 orang. Metode penelitian yang digunakan mengacu pada tahapan perencanaan teknis dan desain sistem pengolahan air limbah yang sesuai dengan karakteristik limbah domestik yang dihasilkan oleh PT X. Jenis data yang digunakan pada perencanaan ini yaitu data primer dan sekunder. Data primer berupa luas lahan dan jumlah pekerja yang ada di PT X. Data primer yang didapatkan melalui wawancara. Sedangkan untuk data sekunder berupa karakteristik air limbah, baku mutu air limbah, dan kriteria desain. Data sekunder didapatkan dari hasil studi literatur.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Debit Maksimum Air Limbah

Debit maksimum air limbah dihasilkan dari perhitungan pada persamaan (1) dihasilkan jumlah debit rata-rata 19,92 liter/hari. Untuk mencari debit maksimum atau Q puncak yaitu dengan rumus:

$$\begin{aligned} Q &= Q_{rata-rata} \times 1,1 \\ &= 19,92 \text{ liter/hari} \times 1,1 \\ &= 21912 \text{ liter/hari} = \mathbf{21,91 \text{ m}^3/\text{hari}} \end{aligned}$$

Tabel 3. Tabel data Q puncak

Jumlah Pekerja (orang) (A)	Kebutuhan air bersih (Liter/ perorang/hari) (B)	Faktor timbunan air limbah (%) (C)	Q Rata-rata (Liter/hari) (A*B*C = D)	Faktor Puncak	Q Puncak (Liter/hari) (D*E)	Q Puncak (m3/hari)
453	50	80	19.920	1,1	21.912	21,91

Sumber: Data perhitungan, 2024

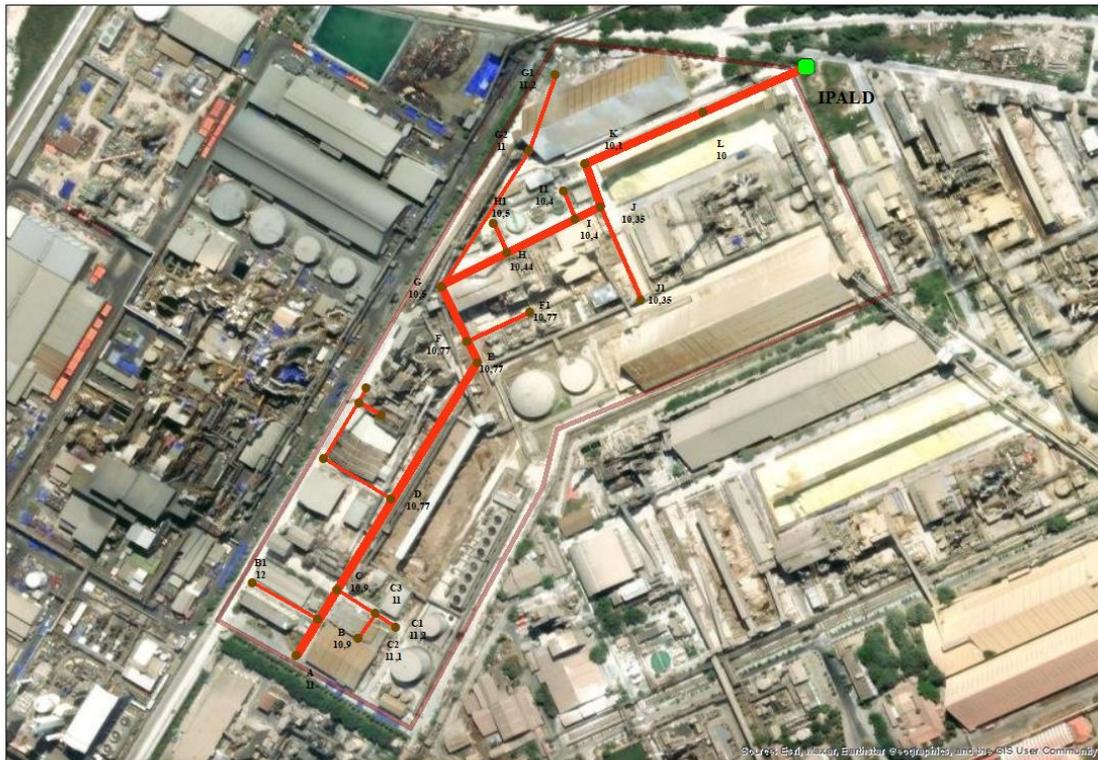
Sistem Penyaluran

Sistem penyaluran yang direncanakan terdapat 26 node dan 25 pipa di setiap dua node. Ilustrasi sistem penyaluran dapat diperhatikan dalam gambar 1.

Tabel 4. Tabel perhitungan sistem penyaluran

No. Manhole	No. Manhole Hilir	Total Luasan	Total Debit Rata-rata (m3/hari)	Faktor Peak	Faktor Peak Infiltrasi (m3/hari.ha)	Q Average Total	Q Peak Total	Q Minimum (m3/hari)
A	B	2,119	3,735	1,1	14	21,111	52,888	0,65
B1	B	4,566	11,784	1,1	14	28,114	65,184	2,05
C1	C3	4,863	20,357	1,1	14	11,008	16,267	3,541
C2	C3	5,228	29,572	1,1	14	12,209	18,54	5,145
C3	C	0,351	0,619	1,1	14	3,497	8,761	0,108
B	C	0,648	1,761	1,1	14	3,578	8,093	0,306
C	D	4,201	9,166	1,1	14	36,54	89,936	1,595
D1	D2	9,429	38,739	1,1	14	116,057	259,668	6,739
D3	D2	0,886	1,562	1,1	14	8,827	22,114	0,272
D2	D4	1,19	3,66	1,1	14	4,591	9,306	0,637
D4	D	2,477	8,026	1,1	14	14,92	34,43	1,396
D	E	5,249	17,279	1,1	14	31,983	73,99	3,006
E	F	0,312	0,55	1,1	14	3,108	7,787	0,096
F1	F	1,998	4,072	1,1	14	17,347	42,686	0,708
F	G	3,34	9,96	1,1	14	16,892	37,369	1,733
G1	G2	8,589	27,238	1,1	14	97,668	227,681	4,739
G2	G	1,904	3,356	1,1	14	18,969	47,522	0,584
G	H	2,349	7,497	1,1	14	7,79	14,799	1,304
H	I	4,517	15,46	1,1	14	25,74	58,666	2,69
I1	I	5,039	8,883	1,1	14	13,163	21,787	1,545
I	J	2,802	13,822	1,1	14	27,916	69,935	2,405
J1	J	5,722	23,909	1,1	14	34,031	78,314	4,159
J	K	8,323	38,58	1,1	14	36	76,014	6,712
K	L	13,362	47,463	1,1	14	133,123	333,503	8,257
M	IPAL	3,025	5,332	1,1	14	30,137	75,501	0,928

Sumber: Data Perhitungan, 2024



Gambar 1. Peta Penyaluran

Perencanaan Unit IPALD

Unit yang direncanakan untuk perencanaan ini yakni unit bak pengumpul, anaerobic baffled reactor, aerobic biofilter, dan desinfeksi.

a. Bak Pengumpul

Unit pertama yang direncanakan yakni bak pengumpul. Bak pengumpul menerima air debit 21,91 m³/hari dari saluran air limbah domestik dengan pipa berukuran 0,15 m dan waktu detensi 1,5 jam. Maka didapatkan hasil dimensi bak pengumpul sebagai berikut.

Direncanakan tinggi air 1,25 m, maka

$$Q = V \times t$$

$$= 21,91 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,1$$

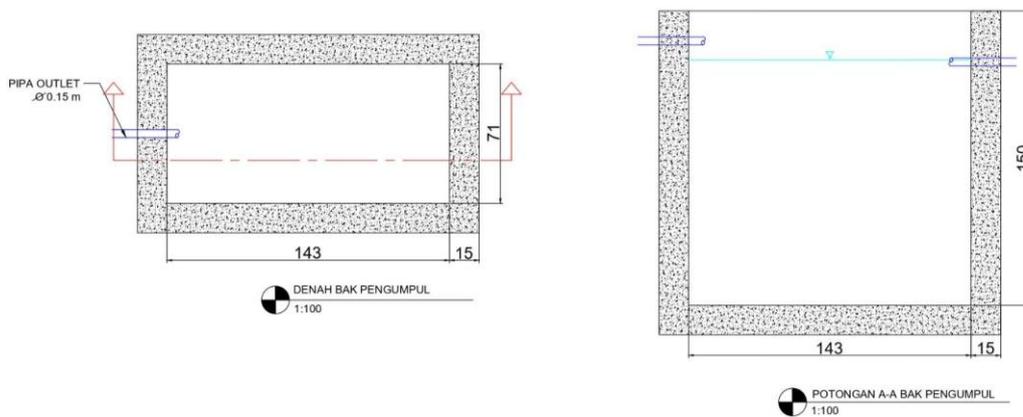
$$= 1,37 \text{ m}^3$$

$$W = \sqrt{\frac{Q}{2H}} = 0,74 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} L &= 2W \\ &= 2 \cdot 0,74 \text{ m} \\ &= 1,48 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{total}} &= H + (20\% \cdot H) \\ &= 1,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga dimensi bak pengumpul dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 2. Desain Bak Pengumpul

b. Anaerobic Baffled Reactor

Unit selanjutnya yang direncanakan yakni Anaerobic Baffled Reactor. Pada unit ini efisiensi penurunan TSS sebanyak 70%, efisiensi penurunan COD sebesar 80%, efisiensi penurunan BOD sebesar 85%. Tinggi air yang direncanakan yakni 2 m .

Dimensi yang dihasilkan yakni sebagai berikut:

$$A = \frac{Q}{v} = 10,96$$

$$L = 2,3 \text{ m}$$

$$P = 4,7 \text{ m}$$

$$H \text{ total} =$$

$$V \text{ aktual} = P \cdot L \cdot H$$

$$= 25,19 \text{ m}^3/\text{hari}$$

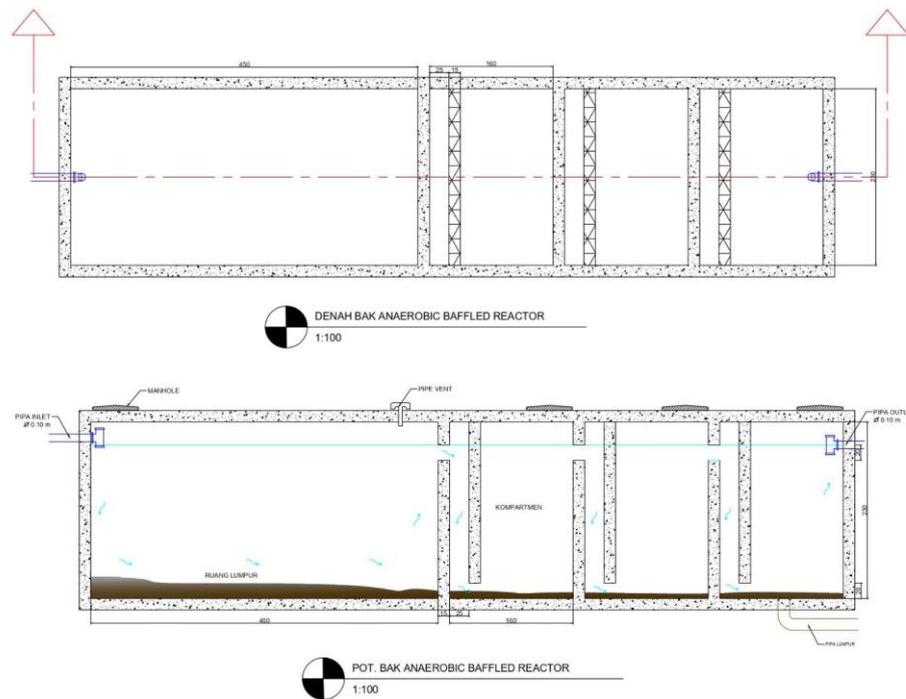
Kompartemen yang direncanakan ada 3 kompartemen

$$\text{Tinggi} = 2,3 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 70\% \cdot 2,3 \text{ m} = 1,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2,3 \text{ m}$$

Sehingga dimensi bak ABR dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 3. Desain ABR

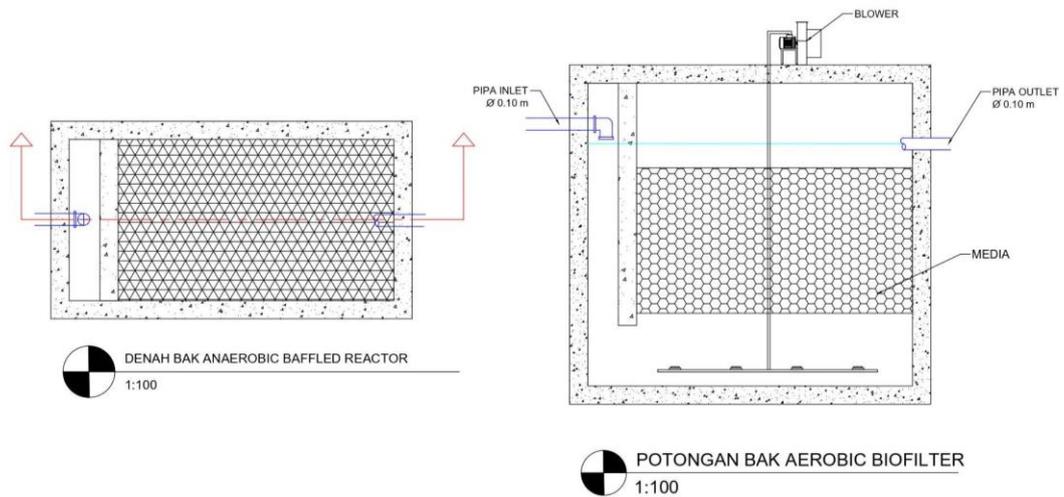
c. Aerobik Biofilter

Selanjutnya air diolah di bak aerobik biofilter dengan beban BOD di dalam air limbah $1,4 \text{ kg.BOD/m}^3/\text{hari}$. Kedalaman yang direncanakan 2 m, tinggi media 1,2 m, dan tinggi air diatas media 0,2 m.

$$\begin{aligned}
 A &= \text{Volume reaktor} : H \\
 &= 8,87 \text{ m}^3 : 2 \text{ m} \\
 &= 3,55 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan perbandingan panjang dan lebar $P : L = 2 : 1$

$$\begin{aligned}
 L &= \sqrt{\frac{A}{2}} = \sqrt{\frac{3,55}{2}} = 1,33 \text{ m} \\
 P &= \frac{A}{L} = \frac{3,55}{1,33} = 3,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 4. Desain Aerobik Biofilter

d. Desinfeksi

Pengolahan terakhir yakni desinfeksi, direncanakan dosis klor 1,75 mg/l dengan waktu detensi 0,5 hari.

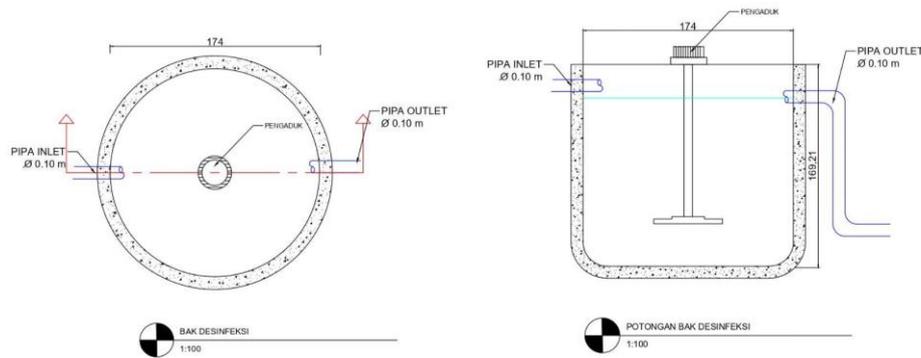
$$\begin{aligned}
 \text{Dosis} &= Q \times h \times \text{Dosis} = 0,25 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,75 \text{ mg/l} \\
 &= 0,44 \text{ mg/s} \\
 &= 0,037 \text{ kg/hari}
 \end{aligned}$$

$$V = \frac{Q}{Q} = \frac{0,913 \text{ m}^3/\text{h}}{0,5 \text{ h}} = 1,826 \text{ m}^3$$

Tinggi air yang direncanakan 1,4 meter sehingga;

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,5 \cdot 3,14 \cdot H}} = 1,74 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H_{\text{total}} &= H + (20\% \cdot H) \\
 &= 1,68 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Desain Desinfeksi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, limbah cair domestik yang dihasilkan oleh PT X memiliki beberapa parameter yang tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016, yaitu BOD, TSS, Amonia, dan Total Coliform. Limbah cair domestik ini memerlukan pengolahan lebih lanjut karena berpotensi mencemari lingkungan dan merusak fasilitas pengolahan limbah utama di pabrik jika dibiarkan. Sistem penyaluran dan instalasi pengolahan air limbah domestik yang dirancang meliputi unit bak pengumpul, *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*, *Aerobic Biofilter*, dan Desinfeksi. Sistem ini dirancang untuk mengolah limbah secara efektif dan mengurangi dampak pencemaran.

Saran

Saran yang dapat disampaikan dalam perancangan ini yakni, data primer yang diambil disarankan langsung diambil dari data influent air limbah sehingga didapatkan hasil perhitungan yang lebih detail.

DAFTAR REFERENSI

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P.68/Menlhk-Setjen/2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum & Perumahan Rakyat. (2018). Tata Cara Perencanaan IPLT Sistem Kolam, Petunjuk Teknis CT/AL/Re-TC/001/98. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kumar, V., Kumar, R., & Singh, A. (2021). Membrane technologies for wastewater treatment and reuse in domestic applications. *Desalination and Water Treatment*, 211, 1-14.

- Lin, L., Zhang, L., & Yang, H. (2022). Chemical oxidation for removal of contaminants in wastewater. *Environmental Technology*, 43(16), 2311-2324.
- Metcalf, Eddy, and Inc. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. . 3rd edition'. McGraw Hill, New York.
- Rahmawati, A. & Warsito, 2020, 'Pengolahan Limbah Cair Domestik dengan Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) untuk Menghasilkan Air Bersih di Perumahan Green Tombro Kota Malang', *Jurnal Rekayasa Hijau*, 4(1), 1–8.
- Soyan, R.V. , Sofiyah, E.S. and Zahra, N.L. (2022). Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik pada Industri Pertambangan PT X. *Journal of Sustainable Infrastructure*. 1, 1 (Jul. 2022), 13–23. DOI:<https://doi.org/10.61078/jsi.v1i1.3>.
- Yusof, N., Aghajani, F., & Sulaiman, N. (2020). Coagulation-flocculation for domestic wastewater treatment: Effectiveness and challenges. *Water Science and Technology*, 81(5), 1103-1115.