

Pemanfaatan Air Limbah Domestik PT. X Kota Surabaya sebagai Penyiraman Ruang Terbuka Hijau

Adinda Rahmatanti¹, Yayok Suryo Purnomo²

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

Email: ¹20034010086@student.upnjatim.ac.id, ²yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Abstract

PT. X's activities, such as the consumption of clean water by workers, visitors, and building maintenance produce domestic liquid waste in the form of grey water. Domestic liquid waste originating from PT. X is used for watering the company's green open space, that has an area of 2384,4 m². The water treatment used is anaerobic and aerobic biofilter. The volume of liquid waste grey water is 70% of the liquid waste produced at 4,09/day, so the water utilization efficiency is 70%. The resulting domestic liquid waste contains the pollutant parameters BOD₅, COD, TSS, NH₃-N, oil grease, and Total Coliform, so processing by WWTP is required to be below quality standards. The processing units used consist of an interceptor tank, equalization tank, initial settling tank, anaerobic, aerobic, sedimentation, and effluent tank. After processing and fulfil the quality standards, which has been set, the resulting effluent is used for at a dose of 0,002 m³/m²/day with a watering frequency of 2 times a day.

Keywords: Liquid Waste, Utilization, Watering, Green Open Space.

Abstrak

Aktivitas PT. X antara lain penggunaan air bersih oleh tenaga kerja, pengunjung, dan pemeliharaan bangunan menghasilkan limbah cair domestik berupa *grey water*. Limbah cair domestik yang berasal dari PT. X dimanfaatkan untuk penyiraman ruang terbuka hijau perusahaan yang memiliki luas sebesar 2384,4 m². Pengolahan air yang digunakan yaitu IPAL biofilter anaerob dan aerob. Volume limbah cair *grey water* yaitu 70% dari limbah cair yang dihasilkan sebesar 4,09 m³/hari, sehingga efisiensi pemanfaatan air sebesar 70%. Limbah cair domestik yang dihasilkan mengandung parameter pencemar BOD₅, COD, TSS, NH₃-N, minyak lemak, dan *Total Coliform*, sehingga diperlukan pengolahan melalui IPAL agar menjadi di bawah baku mutu. Unit pengolahan yang digunakan terdiri dari bak interseptor, bak equalisasi, bak pengendap awal, anaerob, aerob, sedimentasi, dan bak *effluent*. Setelah dilakukan pengolahan dan memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, *effluent* yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai penyiraman dengan dosis sebanyak 0,002 m³/m²/hari dengan frekuensi penyiraman sebanyak 2 kali sehari.

Kata Kunci: Limbah Cair, Pemanfaatan, Penyiraman, Ruang Terbuka Hijau.

1. PENDAHULUAN

Limbah merupakan sisa atau buangan yang berasal dari suatu kegiatan yang berpotensi membahayakan kesehatan dan lingkungan apabila tidak diolah dengan baik sebelum dibuang. Terdapat berbagai jenis limbah berdasarkan wujudnya, antara lain limbah padat, limbah cair, limbah gas, dan limbah suara. Saat ini, limbah cair masih menjadi permasalahan pencemaran lingkungan di Indonesia. Limbah cair sendiri dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan sumbernya, antara lain limbah cair domestik dan limbah cair industri (Listyaningrum, 2022). Limbah cair domestik merupakan limbah cair yang berasal dari aktivitas manusia dan kegiatan rumah tangga. Sedangkan limbah cair industri merupakan limbah cair yang berasal dari kegiatan operasional produksi

industri. Limbah cair domestik terdiri dari *grey water* dan *black water*. *Grey water* merupakan limbah cair yang berasal dari aktivitas manusia yang tidak mengalir menuju toilet (Tandjung *et al.* 2015). Sedangkan *black water* merupakan limbah cair yang berasal dari toilet (Marhama, 2020).

Pada era *Society 3.0*, masyarakat mulai mendalami industri untuk memenuhi kebutuhan dan mempermudah kegiatan (Mumtaha & Khoiri, 2019). Seiring berkembangnya zaman, perkembangan industri di berbagai bidang semakin pesat. Perkembangan industri yang pesat tersebut juga diiringi penetapan peraturan-peraturan dan perkembangan teknologi yang digunakan untuk menjaga kualitas lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan serta lingkungan di era industri 4.0 ini. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan operasional produksi pada industri perlu diolah terlebih dahulu. Adanya regulasi dapat meningkatkan kualitas limbah cair industri. Selain regulasi, teknologi juga turut memperketat kualitas lingkungan dengan perkembangannya yang bermanfaat, seperti peningkatan kinerja unit pengolahan.

Salah satu industri yang sedang beroperasi yaitu PT. X yang bergerak di bidang manufaktur, mur, baut dan perlengkapan sepeda. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan hidup, dapat diketahui bahwa suatu kegiatan wajib mengolah dan mengelola limbah yang dihasilkan sebagai pelestarian lingkungan hidup dengan memenuhi standar baku mutu. Berbagai masalah dapat muncul apabila pengolahan limbah kurang efektif. Maka dari itu, dalam kegiatan operasional produksinya, industri yang menghasilkan limbah cair domestik harus melakukan pengolahan terlebih dahulu agar tidak berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Limbah domestik dapat diolah secara biologis (Suardana *et al.* 2023). *Effluent* hasil pengolahan IPAL dapat digunakan kembali dan dibuang ke lingkungan (Premananda & Primajana, 2023).

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan air limbah untuk penyiraman. Yang pertama yaitu penelitian oleh (Busyairi *et al.* 2020) menyimpulkan pengolahan air limbah domestik *grey water* menggunakan IPAL telah memenuhi baku mutu untuk parameter BOD, COD, minyak lemak, pH, amonia, dan *Total Coliform*, namun untuk parameter TSS masih belum optimal. Air limbah dari hasil pengolahan dijadikan alternatif untuk penyiraman tanaman apabila memenuhi baku mutu. Penelitian berikutnya oleh (Pamungkas & Murti, 2023) menyimpulkan bahwa air limbah yang berasal dari aktivitas di rumah sakit dapat diolah menggunakan IPAL untuk digunakan sebagai penyiraman dan *flushing* toilet. Penelitian selanjutnya yaitu penelitian oleh (Asmawati *et al.* 2023) menyimpulkan bahwa pengolahan limbah cair yang dilakukan dapat memenuhi baku mutu sehingga lingkungan sekitar lokasi kegiatan tidak tercemar. Air limbah yang telah diolah dimanfaatkan sebagai penyiraman dan *flushing* toilet. Penelitian terdahulu selanjutnya yaitu penelitian oleh (Premananda & Primajana, 2023) menyimpulkan bahwa pengolahan air limbah menggunakan biofilter dapat memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016. Efisiensi pengolahan menggunakan kombinasi biofilter anaerob dan aerob mencapai lebih dari 90% sehingga dapat digunakan kembali.

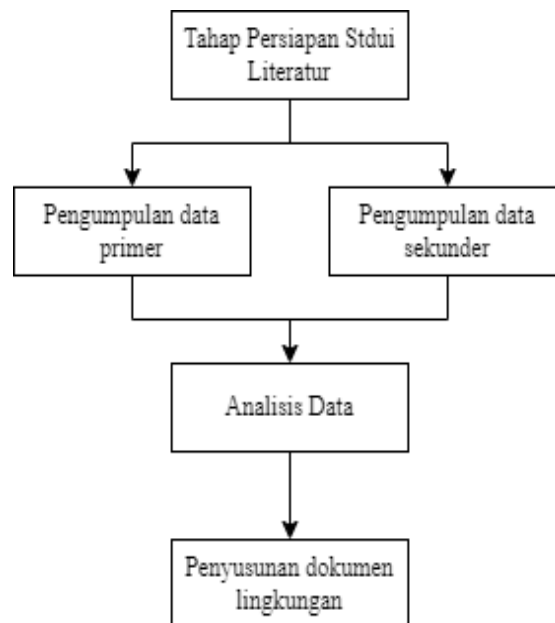
Pada pemanfaatan air limbah yang dilakukan pada jurnal ini, *effluent* yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah cair domestik oleh IPAL industri akan diaplikasikan ke tanah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektivitas IPAL pada PT. X Kota Surabaya dalam mengolah limbah cair domestik yang dimanfaatkan sebagai penyiraman ruang terbuka hijau (rth).

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian antara lain tahap persiapan berupa studi literatur, pengumpulan data berupa data primer dan data sekunder, analisis data, dan penyusunan dokumen lingkungan sesuai bagan alir yang dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian dimulai dari tahap persiapan, yaitu melakukan studi literatur untuk mengetahui data-data yang diperlukan untuk penyusunan dokumen dan survei lapangan. Lokasi penelitian terletak di Kota Surabaya, Jawa Timur.

Penelitian dilakukan bersamaan dengan penyusunan dan revisi dokumen Persetujuan Teknik Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah. Selanjutnya tahap pengumpulan data, yaitu mengumpulkan data primer yang bersumber dari pengambilan sampel dan survei PT. X, sedangkan data sekunder bersumber dari data yang telah disiapkan oleh PT. X untuk penyusunan dokumen lingkungan. Kemudian tahap analisis data, yaitu menganalisis data-data yang telah dikumpulkan untuk dapat melakukan penyusunan dokumen lingkungan.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

2.2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan data kuantitatif. Data kuantitatif yang digunakan antara lain debit air limbah yang masuk ke dalam IPAL, karakteristik air limbah, kapasitas IPAL, unit pengolahan yang digunakan, jumlah tenaga kerja dan tamu/pengunjung. Berikut rumus yang digunakan untuk menganalisis dan mengolah data sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan air rata-rata (m}^3/\text{hari)} = (\text{jumlah} \times \text{kebutuhan}) \div 1000 \quad (1)$$

$$\text{Kebutuhan air di jam puncak (m}^3/\text{hari)} = \text{Kebutuhan air rata-rata} \times 1,5 \quad (2)$$

$$\text{Debit air limbah yang dihasilkan (m}^3/\text{hari)} = 70\% \times \text{kebutuhan air di jam puncak} \quad (3)$$

$$\text{Grey water (m}^3/\text{hari)} = 70\% \times \text{debit air limbah} \quad (4)$$

$$\text{Black water (m}^3/\text{hari)} = 30\% \times \text{debit air limbah} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kebutuhan Air Bersih Perusahaan pada Tahap Operasional

Sebelum menentukan unit pada IPAL diperlukan estimasi kebutuhan air bersih yang digunakan oleh perusahaan. PT. X menggunakan air yang bersumber dari PDAM. Kapasitas air yang tersedia di perusahaan digunakan untuk kegiatan domestik saja, karena PT. X tidak membutuhkan air dalam proses produksinya. Air bersih yang tersedia digunakan untuk aktivitas oleh tenaga kerja, tamu/pengunjung, dan pemeliharaan bangunan.

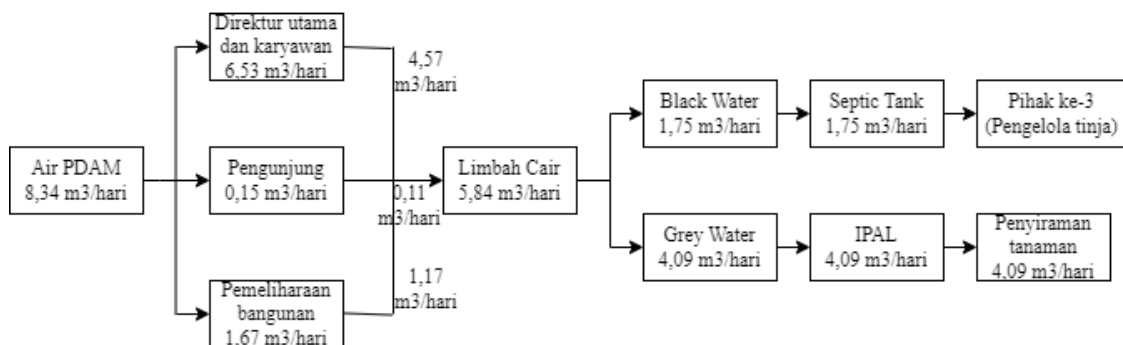
Pada pemakaian air bersih, tentunya terdapat jam puncak setiap hari. Jam puncak merupakan jam terjadinya pemakaian air terbesar dalam waktu 24 jam (Fahira, 2020). Kebutuhan air di jam puncak didapatkan dari perkalian kebutuhan air rata-rata dengan 1,5. Setelah air bersih digunakan, maka dihasilkan limbah cair setiap hari. Debit air limbah diperkirakan sebesar 60% – 90% dari kebutuhan air bersih di jam puncak (Metcalf & Eddy, 2004). Pada penelitian ini, persentase yang digunakan sebesar 70% dalam menghitung debit air limbah yang dihasilkan oleh PT. X, seperti yang tercantum pada tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih Perusahaan pada Tahap Operasional

Penggunaan	Jumlah (orang)	Kebutuhan (orang/L/hari)	Kebutuhan rata-rata (m ³ /hari)	Kebutuhan di jam puncak (m ³ /hari)	Limbah cair (m ³ /hari)
	1	2	$3 = (1 \times 2) / 1000$	$4 = 3 \times 1,5$	$5 = 4 \times 0,7$
Karyawan + Direktur	87*	50	4,3	6,53	4,57
Pengunjung	10	10	0,10	0,15	0,11
Pemeliharaan bangunan	25%		1,11	1,67	1,17
Proses produksi	0				
Total			5,56	8,34	5,84
Black water			1,75		
Grey water			4,09		

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

Setelah menghitung kebutuhan air bersih dan limbah cair yang dihasilkan, maka dapat diperoleh volume penggunaan air pada setiap kegiatan yang membutuhkan dan menghasilkan air. Pada penelitian yang dilakukan, limbah cair yang diolah untuk penyiraman ruang terbuka hijau yaitu *grey water* dengan volume sebesar 4,09 m³/hari. Untuk *black water* diolah oleh pihak ketiga, seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. Neraca Penggunaan air bersih PT. X

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

3.2. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Limbah cair yang dihasilkan oleh perusahaan megandung berbagai macam parameter yang harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan kembali. Peraturan baku mutu air limbah yang digunakan oleh PT. X adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

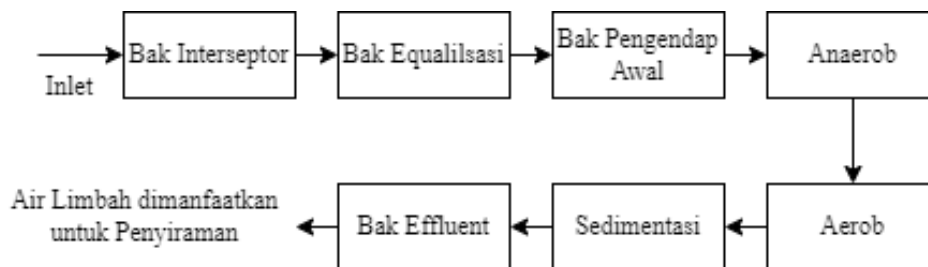
Tabel 2. Karakteristik Limbah Cair Domestik

Karakteristik Limbah Cair Domestik			
No.	Parameter	Satuan	Karakteristik
1	pH	pH	7,73
2	BOD5	mg/L	71
3	COD	mg/L	180
4	TSS	mg/L	22
5	Minyak dan Lemak	mg/L	2
6	NH ₃ -N	mg/L	7
7	<i>Total Coliform</i>	Jml/100 mL	2.400

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

3.3 Alur Proses Unit Pengolahan Limbah Cair Domestik

PT. X telah membangun Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan urutan unit sebagai berikut:



Gambar 3. Skema Pengolahan Air Limbah

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Bkau Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

Berikut proses yang terjadi pada tiap unit pengolahan:

Tabel 3. Proses Pengolahan

Unit	Proses
<i>Septic Tank</i>	Air limbah domestik ditampung di dalam <i>septic tank</i> melalui pipa untuk dipisahkan menjadi air dan lumpur, kemudian mengalir menuju unit pengolahan selanjutnya.
Bak Interseptor	Pada bak interseptor, terdapat pemisahan lemak dan padatan deterjen yang terkandung di dalam <i>grey water</i> agar tidak mengganggu proses pengolahan unit selanjutnya.
Bak Ekualisasi	Air limbah dari masing-masing sumber dialirkan secara gravitasi melalui sitem perpipaan menuju bak pengendap awal untuk dipisahkan antara minyak dan lemak.
Bak Pengendap Awal	Pada bak pengendap awal, air limbah yang mengalir secara gravitasi ditampung agar dapat dipisahkan antara air dengan lumpur. Pada bak pengendap awal terjadi penyeragaman debit, penurunan kadar BOD, COD, dan kualitas air limbah sebelum diolah. Bak pengendap awal dilengkapi <i>screen</i> yang berfungsi untuk menyaring benda padat yang tidak dapat terurai.

Anaerob Biofilter	Air limbah mengalir melalui sekat sehingga aliran menjadi <i>upflow</i> sebelum masuk ke ruang media sarang tawon. Anaerob biofilter berfungsi sebagai pengolahan secara biologi dengan mikroorganisme tanpa injeksi oksigen, dengan tujuan untuk merombak bahan organik yang terkandung di dalam air limbah.
Aerob Biofilter	Berfungsi sebagai tempat mikroorganisme biologis tumbuh dan berkembang serta menyediakan waktu kontak yang optimal dengan air limbah. Zat toksik juga dapat dicegah oleh aerob biofilter sehingga tidak mengganggu proses biologis. Pengolahan dilakukan menggunakan suplai oksigen dari <i>air blower</i> untuk mendegradasi polutan organik. Terdapat dua buah <i>air blower</i> . Operasionalnya telah disetting secara bergantian setiap 1/2 jam untuk memperpanjang umur <i>air blower</i> dan akan diatur secara terintegrasi. Dalam kondisi normal, saklar <i>blower</i> pada kontrol panel diposisikan secara otomatis.
Sedimentasi	Pada bak sedimentasi, air limbah yang mengandung lumpur diendapkan. Pada akhir bak sedimentasi terdapat pipa klorin yang berfungsi sebagai desinfektan air limbah hasil pengolahan sebelum menuju bak indikator. Terdapat penghilangan bakteri patogen dan kekeruhan pada proses klorinasi. Klorin tablet yang ditambahkan untuk proses desinfeksi ditambahkan dengan dosis 132 gram dan dilakukan setiap 1 minggu sekali untuk menghilangkan <i>Total Coliform</i> . Pada proses tersebut dibutuhkan reaktornya <i>activated sludge</i> untuk diolah kembali menuju bak pengendap awal selama 5–10 menit dalam 1 minggu.
Bak <i>Effluent</i>	Bak <i>effluent</i> terletak di bagian akhir pengolahan setelah air limbah mengalami beberapa kali pengolahan sebelum digunakan.

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

Tabel 4. Persentase Penyisihan IPAL

No.	Unit Proses		pH	BOD5	COD	TSS	Minyak dan Lemak	NH ₃ -N	<i>Total Coliform</i>
1	Baku Mutu (mg/L)		6—9	30	100	30	10	5	3000
2	<i>Influent</i> (mg/L)		7,73	71	180	22	2	7	2.400
3	<i>Septic Tank</i>	Masuk	7,73	71	180	22	2	7	2.400
		Removal (%)	0	0	0	0	0	0	0
		Keluar	7,73	71	180	22	2	7	2.400
4	Bak Interseptor	Masuk	7,73	71	180	22	2	7	2.400
		Removal (%)	0	0	0	0	77,05	0	0
		Keluar	7,73	71	180	22	0,459	7	2.400
5	Bak Equalisasi	Masuk	7,73	71	180	22	0,459	7	2.400
		Removal (%)	0	0	0	0	0	0	0
		Keluar	7,73	71	180	22	0,459	7	2.400
6	Bak Pengendap Awal	Masuk	7,73	71	180	22	0,459	7	2.400
		Removal (%)	0	0	0	10%	0	0	0
		Keluar	7,73	71	180	19,80	0,459	7	2.400

7	Anaerobic Tank	Masuk	7,73	71	180	19,80	0,459	7	2.400
		Removal (%)	0	20	20	0	0	10	0
		Keluar	7,73	56,8	144	19,80	0,459	6,3	2.400
8	Aerobic Tank	Masuk	7,73	56,8	144	19,80	0,459	6,3	2.400
		Removal (%)	0	62,4	71	0	0	87,2	0
		Keluar	7,73	21,36	42	19,80	0,459	0,81	2.400
9	Sedimentasi	Masuk	7,73	21,36	42	19,80	0,459	0,81	2.400
		Removal (%)	0	0	0	70%	0	0	0
		Keluar	7,73	21,36	42	5,94	0,459	0,81	2.400
10	Klorinasi	Masuk	7,73	21,36	42	5,94	0,459	0,81	2.400
		Removal (%)	0	5	5	0	0	0	82,1
		Keluar	7,73	20,29	40	5,94	0,459	0,81	430
11	Bak <i>Effluent</i>	Masuk	7,73	20,29	40	5,94	0,459	0,81	430
		Removal (%)	0	0	0	0	0	0	0
		Keluar	7,73	20,29	40	5,94	0,459	0,81	430

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

Tabel 5. Hasil Uji Inlet dan Outlet IPAL

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji		Baku Mutu
			Inlet	Outlet	
1	pH		7,73	7,87	6–9
2	BOD5	mg/L	71	<20,3	30
3	COD	mg/L	180	40	100
4	TSS	mg/L	22	<18	30
5	NH ₃ -N	mg/L	2	0,81	10
6	Minyak dan Lemak	mg/L	7	0,459	5
7	<i>Total Coliform</i>	Jml/100 mL	2.400	430	3000

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

3.4 Pemanfaatan Limbah Cair

Volume limbah cair yang masuk ke dalam IPAL untuk diolah dan dimanfaatkan sebagai penyiraman ruang terbuka hijau sebesar 4,09 m³/hari agar tidak ada lagi limbah yang dibuang ke badan air. Efisiensi pemanfaatan air sebesar 70% dari air limbah yang dihasilkan yaitu *grey water*, sedangkan 30% berupa *black water* diserahkan ke pihak ketiga. Jenis tanaman yang ditanam di lokasi kegiatan adalah tanaman atau pohon peneduh yang memiliki fungsi untuk mengurangi polusi, menurunkan suhu lingkungan, dan mengeluarkan oksigen yang cukup banyak.

3.5 Dosis Penyiraman

Dosis penyiraman ruang terbuka hijau dihitung berdasarkan volume air limbah yang dimanfaatkan, luas area, dan frekuensi penyiramannya, seperti yang ada di tabel berikut:

Tabel 6. Dosis dan Pemanfaatan Limbah Cair

No.	Lokasi	Titik Koordinat	Jumlah Air Limbah yang dimanfaatkan	Luas Area Penyiraman	Frekuensi Pemanfaatan	Waktu Pemanfaatan
1.	Penyiraman ruang terbuka dan ruang terbuka hijau di lokasi kegiatan usaha	7°15'18.63"S 112°40'47.1"E	4,09 m ³ /hari	2384,4 m ²	2 kali sehari	07.00–09.00 13.00–15.00
		7°15'17.502"S 112°40'46.188"E				
		7°15'18.084"S 112°40'46.674"E				
		7°15'18.234"S 112°40'46.62"E				
		7°15'18.642"S 112°40'47.064"E				

Sumber: Dokumen Persetujuan Teknis Pemenuhan Baku Mutu Air Limbah untuk Aplikasi ke Tanah, 2023

Luas RTH = 2384,4 m²

Dosis penyiraman = 4,09 m³/hari ÷ 2384,4 m² = 0,002 m³/m²/hari

4. KESIMPULAN

Limbah cair domestik yang dihasilkan oleh PT. X diolah menggunakan IPAL biofilter anaerob dan aerob untuk mengurangi kadar pencemar menjadi di bawah baku mutu, sehingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai penyiraman ruang terbuka hijau. Dengan volume air limbah yang dimanfaatkan sebesar 4,09 m³/hari dan luas area penyiraman sebesar 2384,4 m², dosis penyiraman sebanyak 0,002 m³/m²/hari dengan frekuensi penyiraman sebanyak 2 kali sehari.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang terlibat dan telah menyediakan data untuk penulis gunakan sehingga penelitian dapat dilakukan.

REFERENCES

- Asmawati, A., Murti, R. H. A., & Purnama, E. R. (2023). Pemanfaatan Limbah Cair Terolah untuk Penyiraman dan Flushing Toilet (Studi Kasus: Rumah Sakit X, Kota Batu, Jawa Timur). *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 7(2), 119-128.
- Busyairi, M., Adriyanti, N., Kahar, A., Nurcahya, D., & Sariyadi, S. (2020). Efektivitas Pengolahan Air Limbah Domestik Grey Water Dengan Proses Biofilter Anaerob dan Biofilter Aerob (Studi Kasus: IPAL INBIS Permata Bunda, Bontang). *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4).
- Fahira, S. N., & YUSTIANA, F. (2020). FAKTOR JAM PUNCAK PEMAKAIAN AIR BERSIH PADA HOTEL BINTANG LIMA CROWNE PLAZA BANDUNG. *FTSP*.
- Karimah, R. R. S., & Rhomadhoni, M. N. (2021). Pengolahan Limbah Cair di Sektor Industri Informal Pabrik Pengolahan Kerupuk Kulit UD. X Kabupaten Mojokerto. *HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 7(1), 17-22.
- Listyaningrum, R. (2022). Analisis Kandungan DO, BOD, COD, TS, TDS, TSS dan Analisis Karakteristik Fisikokimia Limbah Cair Industri Tahu di UMKM Daerah Imogiri Barat Yogyakarta. *Teknologi Industri*, June.

- Marhama, M. (2020). EFEKTIVITAS SEPTIK TANK APUNG DALAM MEREDUKSI KADAR COD, TSS, SUHU DAN pH LIMBAH BLACK WATER PULAU KODINGARENG KOTA MAKASSAR (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Mumtaha, H. A., & Khoiri, H. A. (2019). Analisis dampak perkembangan revolusi industri 4.0 dan society 5.0 pada perilaku masyarakat ekonomi (e-commerce). *JURNAL PILAR TEKNOLOGI Jurnal Ilmiah Ilmu Ilmu Teknik*, 4(2).
- Pamungkas, L. A. S., Murti, R. H. A., Purnama, E. R., & Utami, A. K. (2023). Pengolahan Air Limbah untuk Pemanfaatan Penyiraman Tanaman di Rumah Sakit Y Kabupaten Tuban. *Jurnal Komposit: Jurnal Ilmu-ilmu Teknik Sipil*, 7(1), 25-33.
- Premananda, W. H., & Primajana, D. J. (2023). EFISIENSI PENGGUNAAN AIR BERSIH DENGAN MEMANFAATKAN KEMBALI AIR LIMBAH MEMGGUNAKAN TEKNOLOGI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) AEROB-ANAEROB BIOFILTER. *Nusantara Hasana Journal*, 3(2), 238-257.
- Suardana, A. K., Wahyudi, I. W., & Ryanita, P. K. Y. (2023). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dan Perhotelan Dengan Memanfaatkan Efective Microorganism (Em). *Jurnal Widya Biologi*, 125-136.
- Tandjung, A. A., Prijadi, R., & Karongkong, H. H. (2015). Rest Area Trans Sulawesi Antar Provinsi Arsitektur Biomimicry (Doctoral dissertation, Sam Ratulangi University).