



Sistem Pengolahan dan Aplikasi Pemanfaatan Air Limbah Kegiatan Industri dan Kegiatan Domestik di PT. XX Kabupaten Sidoarjo

Mutia Chantika Putri¹, Yayok Suryo Purnomo²

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

Email Korespondensi(Penulis): yayoksp.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 16-10-2023
Disetujui: 07-12-2023
Diterbitkan: 29-03-2024

Kata Kunci:

limbah cair domestik, limbah cair industri, moving bed biofilm reactor (MBBR), penyiraman, tangki anoksik.

ABSTRAK

PT. XX merupakan industri yang bergerak di bidang pembuatan plastik lembaran yang berlokasi di Kabupaten Sidoarjo. Industri ini menghasilkan air buangan dengan kadar COD yang cukup tinggi, namun PT. XX dapat memanfaatkan air limbahnya kembali (*reuse*). Oleh karena itu peneliti tertarik untuk mengkaji lebih dalam mengenai sistem pengolahan yang ada pada PT. XX tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pengolahan air limbah campuran dan efisiensi pemanfaatan air limbah campuran PT. XX. Penelitian ini menggunakan strategi analisis deskriptif-kuantitatif berdasarkan sumber informasi primer dan sekunder. Hasil penelitian ini yakni Unit Intalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan dapat menurunkan parameter pH, TSS, COD, dan BOD sehingga telah memenuhi baku mutu yang telah ditentukan. PT. XX menghasilkan air limbah campuran dengan total debit 1.608 m³/hari, dengan total debit air limbah pada pengolahan WWTP 1 yang dibuang pada badan air sebesar 403 m³/hari, sedangkan total air limbah pada WWTP 2 yang dimanfaatkan kembali sebesar 1.190,54 m³/hari yakni digunakan untuk kegiatan penyiraman Ruang terbuka Hijau (RTH), kegiatan *flushing* toilet, air pemadam kebakaran, dan juga air hydrant. Selain itu efisiensi penggunaan air limbah campuran PT. XX yang dapat dimanfaatkan secara keseluruhan menggapai 98,9%.

Received: 16-10-2023
Accepted: 07-12-2023
Published: 29-03-2024

Keywords:

domestic liquid waste, industrial liquid waste, moving bed biofilm reactor (MBBR), watering, anoxic tanks.

ABSTRACT

PT XX is an industry which operates in the field of making plastic sheets which is located in Sidoarjo Regency. This industry produces waste water with quite high COD levels, but PT XX can reuse its waste water. Therefore, researchers are interested in studying in more depth the existing processing system at PT XX. This research aims to determine the effectiveness of mixed wastewater treatment and the efficiency of PT XX's mixed wastewater utilization. This research uses a descriptive-quantitative analysis strategy based on primary and secondary sources of information. The results of this research are that the Waste Water Treatment Plant Unit used can reduce the pH, TSS, COD and BOD parameters so that it meets the specified quality standards. PT XX produces mixed wastewater with a total discharge of 1,608 m³/day, with a total discharge of wastewater in WWTP 1 processing which is discharged into water bodies of 403 m³/day, while the total wastewater discharge in WWTP 2 which is reused is 1,190.54 m³/day, which is used for watering Green Open Space (RTH), toilet flushing activities, fire extinguisher water, and also hydrant water. Furthermore, the efficiency of using PT XX's mixed wastewater which can be utilized as a whole reaches 98.9%.

1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya sektor pertumbuhan industri, keberadaan sungai di Indonesia semakin terpuruk. Hal tersebut dikarenakan sungai menampung beban bahan pencemar dari berbagai macam limbah, seperti limbah industri, limbah kegiatan domestik, limbah pertanian, dan lainnya (Dumairy, 1992). Limbah cair yang mengandung polutan organik

maupun anorganik apabila tidak dilakukan pengolahan dengan tepat maka akan menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem perairan (Beulah, S. S., & Muthukumar, 2020).

PT. XX merupakan salah satu industri plastik lembaran yang berlokasi di Kabupaten Sidoarjo. Industri tersebut menghasilkan limbah industri dan limbah domestik. Menurut (Busyairi et al., 2020) Industri memiliki peran kontribusi terhadap pencemaran perairan sebesar 8%. Karakteristik dari

limbah yang dihasilkan mengandung cemaran bahan organik, seperti pH, TSS, BOD, COD, dan Amoniak. Limbah cair yang dihasilkan oleh PT. XX yang berasal dari kegiatan produksi dan kegiatan domestik karyawan berupa grey water dan black water. Limbah cair organik tersebut jika tidak dilakukan pengolahan akan menyebabkan meningkatnya kandungan mikroba patogen seperti E-Coli (Lestari, D. Y., Darjati, 2021).

Limbah cair domestik dapat menyebabkan cemaran terhadap lingkungan dan dapat merusak ekosistem jika tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu (Amri, K.& Wesen, 2015). Bahan pencemar tersebut jika diurai oleh mikroorganisme nantinya akan menyebabkan timbulnya bau yang tidak nyaman (Hasibuan, 2016).

Langkah tepat untuk menangani adanya cemaran limbah tersebut tidak hanya melakukan proses pengolahan saja, namun limbah yang telah diolah tersebut dapat digunakan kembali sebagai penyiraman ruang terbuka hijau (RTH) (Rosadi, S. N. S., Mutiari, D., Yuliarahma, T., & Madania, 2021). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan, menjelaskan bahwa limbah cair mampu dimanfaatkan untuk kegiatan flushing toilet, proses produksi; sebagai penyiraman RTH; sebagai penunjang operasional boiler; sebagai pencucian alat, dan lainnya.

Untuk menangani dampak yang ditimbulkan dari limbah yang dihasilkan oleh PT.XX, maka perlu dilakukan langkah untuk mengolah limbah yang dihasilkan dengan menggunakan Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah berupa Anoxic Tank dan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR). Menurut (Kermani et al., 2008) unit MBBR merupakan langkah maju dalam teknologi pemrosesan biologis dari metode lumpur aktif dan biofilter tradisional. Sedangkan unit Tangki Anoksik merupakan pengolahan anaerobic tanpa menggunakan bantuan oksigen. Pada unit tersebut dapat mendegradasi kandungan BOD dalam kisaran 35%-95% (Soeparman dan Suparmin, 2002).

Mengingat permasalahan di atas, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap sistem pengolahan dan pemanfaatan air limbah untuk digunakan sebagai air untuk ruang terbuka hijau (RTH), serta pengujian efektivitas penggunaan air limbah tersebut dengan harapan dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

2. METODE

Dalam penelitian ini, menggunakan metode kuantitatif berupa perhitungan efisiensi pemanfaatan air limbah campuran yang digunakan sebagai kebutuhan *flushing* toilet, *air hydrant*, pemadam kebakaran, dan penyiraman Ruang Terbuka Hijau (RTH). Data sekunder yang digunakan berupa debit *effluent* air limbah campuran yang dihasilkan, data neraca massa air, data kapasitas *air hydrant*, .

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penggunaan Air Bersih PT. XX

Sumber Air Bersih	Kapasitas Air (m ³ /hari)	Penggunaan	Kebutuhan Air Bersih (m ³ /hari)
Kegiatan Proses Produksi			
Sumur/Air Bawah Tanah	1295	Sumpit #2A	10
		Sumpit #2B	40
		Sumpit #2D	10
		Sumpit #3B	50
		Sumpit #3F	50
		Sumpit #3G	50
		Sumpit #4B	50
		Sumpit #4C	100
		Sumpit #CPP-A	180
		Sumpit #6	393
		Sumpit #6A	2
		Sumpit #7	350
		Sumpit #7A	5
		Sumpit #7B	5
Total			1295
Kegiatan Domestik			
PDAM	313	Sumpit #1	5
		Sumpit #1A	2
		Sumpit #1B	2
		Sumpit #1C	2
		Sumpit #1D	2
		Sumpit #1E	2
		Sumpit #2C	40
		Sumpit #3C	50
		Sumpit #3D	50
		Sumpit #3E	50
		Sumpit #4A	50
		Sumpit #4D	50
		Sumpit #5A	2
		Sumpit #5B	6
Total			313
Total Kebutuhan Air Bersih Keseluruhan			1608

Berdasarkan data diatas maka air limbah yang dihasilkan sebesar 1608 m³/hari. Namun debit air limbah akan dibagi menjadi 2 WWTP, dimana air limbah yang diolah pada WWTP 1 sebesar 403 m³/hari, sedangkan air limbah yang diolah pada WWTP 2 sebesar 1295 m³/hari.

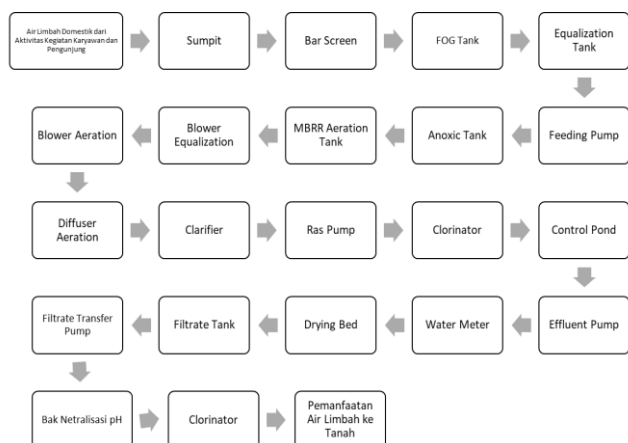
3.2 Pengolahan Limbah

Instalasi pengolahan Air Limbah yang digunakan oleh PT. XX yaitu berupa IPAL Industri dan Domestik. Instalasi tersebut mampu mengolah limbah industri dan domestik sehingga pada hasil outlet mampu memenuhi baku mutu. Pengolahan biologis, di mana mikroorganisme digunakan untuk mengurangi senyawa organik dan kadar nitrogen dalam air limbah, adalah salah satu metode pengolahan air limbah yang umum (A. Anisa & W. Herumurti, 2017).

Adapun Intalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan yakni Anoxic Tank dan MBBR Tank. Karena kemampuannya dalam memanfaatkan biofilm dalam sistem pertumbuhan terfluidisasi (tempat mikroorganisme tumbuh dan berkembang

biak dalam media), MBBR dipilih sebagai unit instalasi pengolahan untuk penelitian ini (N.R Jusepa & W. Herumurti, 2016). Unit MBBR dapat menurunkan beberapa parameter TSS, COD, BOD, dan Amoniak yang terkandung dalam air limbah. Menurut (Alisa & Purnomo, 2020) unit MBBR dapat menurunkan kadar COD mencapai 90%.

Sebelum air limbah memasuki unit instalasi tersebut, air limbah terlebih dahulu ditampung melalui Eksisting, Bar screen, FOG Tank, dan Equalization Tank. Feeding Dump memindahkan air limbah dari tangki pemerataan ke tangki anaerobik. Adapun diagram alir unit pengolahan air limbah PT.XX sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Alir Pengolahan Air Limbah PT.XX

Bakteri yang bertanggung jawab untuk menguraikan sampah di tangki anaerobik melakukannya tanpa adanya oksigen. Denitrifikasi terjadi di tangki anaerobik. Mikroorganisme dalam tangki anaerobik melakukan proses yang disebut denitrifikasi, di mana nitrat diubah menjadi gas nitrogen. Anoxic Tank berfungsi untuk mendegradasi air limbah dengan kandungan ammonia tinggi dan berfungsi sebagai bak penampungan lumpur. Lumpur yang berasal dari penguraian secara biologis harus dipisahkan serta dilakukan proses penyedotan secara berkala, dengan rentang waktu minimum 1 tahun 1 kali. Bak Anoxic ini dilengkapi dengan media biofilter yang berfungsi untuk menahan lumpur yang mengapung dan sebagai media pertumbuhan bakteri pengurai yang bersifat anaerobic dalam proses menghilangkan kandungan amoniak secara anaerobik (denitrifikasi).

Selanjutnya air limbah memasuki unit instalasi MBBR Aeration Tank. Pada unit instalasi ini menggunakan mekanisme aerobik-anoksik yang berpotensi mengurangi nitrogen melalui nitrifikasi dan denitrifikasi. MBBR didirikan atas gagasan bahwa jenis media tertentu dapat digunakan dalam perkembangbiakan mikroorganisme. Unit MBBR PT.XX memiliki laju aliran maksimum 75 m³/jam.

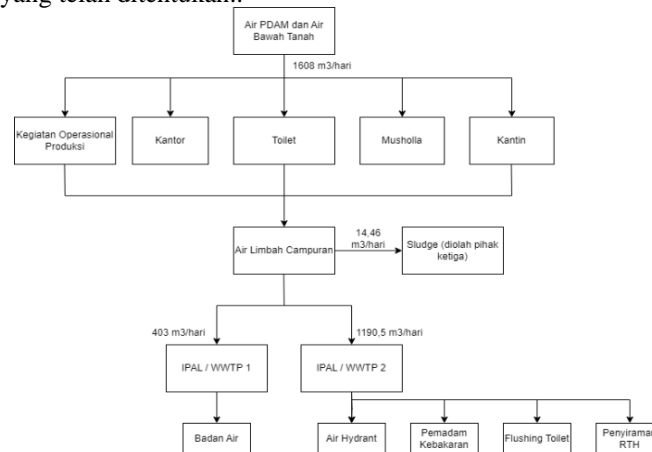
Hasil Uji karakteristik awal kualitas air limbah campuran untuk kegiatan produksi dan domestik PT. XX disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Karakteristik Air Limbah Kegiatan Produksi dan Domestik

Parameter	Satuan	Hasil Uji Influent IPAL	Hasil Uji Effluent IPAL	Baku Mutu
pH	-	8-9	7,5	6-9
BOD5	mg/L	110	10,8	12
COD	mg/L	220	13,2	80
TSS	mg/L	108	6,6	30

Sumber : Hasil Uji Influent dan Effluent Limbah PT. XX

Berdasarkan tabel 1 Karakteristik Air Limbah Kegiatan Produksi dan Domestik tersebut, mengacu kepada arahan KLHK Tahun 2022, Instalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan oleh PT. XX dapat menurunkan parameter pH, TSS, COD, dan BOD sehingga telah memenuhi baku mutu yang telah ditentukan..



Gambar 2. Neraca Air Bersih dan Buangan PT. XX

Air limbah yang diolah pada WWTP 1 berasal dari proses produksi sehingga dari total air tidak dilakukan perhitungan greywater dan blackwater, sehingga setelah dilakukan pengolahan oleh WWTP 1 air dialirkan ke badan air. Sedangkan untuk air yang masuk ke WWTP 2 berasal dari proses produksi dan domestik sehingga perlu dilakukan perhitungan greywater dan blackwater.

Berikut ini merupakan perhitungan untuk air limbah yang dihasilkan :

1) Perhitungan jumlah air limbah yang akan diolah di tangki septik

- Grey water = total air limbah x 80%
= 1205 m³/hari x 80%
= 964 m³/hari
- Black water = total air limbah x 20%
= 1205 m³/hari x 20%
= 241 m³/hari
- Air limpasan = black water x 94%
= 241 m³/hari x 94%
= 226,54 m³/hari
- Lumpur (diangkut) = black water x 6%
= 241 m³/hari x 6%

$$= 14,46 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- 2) Perhitungan jumlah air limbah yang akan dilakukan pengolahan di IPAL

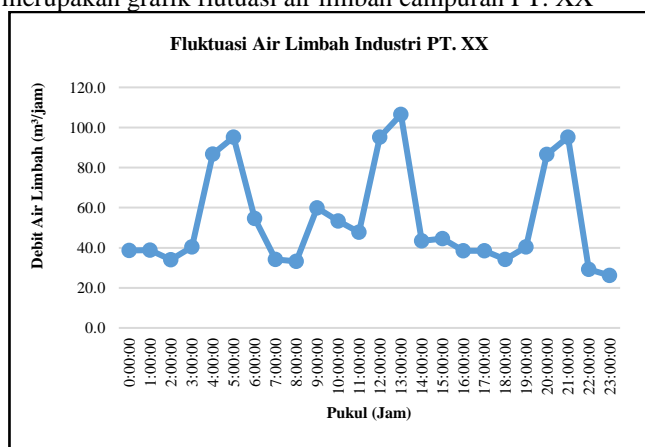
$$\begin{aligned} \text{Air Limbah} &= \text{Grey water} + \text{air limpasan tangki septik} \\ &= 964 \text{ m}^3/\text{hari} + 226,54 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1190,54 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

(dilakukan pengolahan ke dalam IPAL)

Berdasarkan perhitungan tersebut, total debit air limbah dari kegiatan produksi dan kegiatan domestik yang dihasilkan sebesar 1608 m³/hari. Unit Intalasi Pengolahan Air Limbah WWTP 1 memiliki kapasitas air limbah sebesar 420 m³/hari, sedangkan WWTP 2 memiliki kapasitas sebesar 1230 m³/hari. Dimana debit air limbah yang akan diolah ke WWTP 1 sebesar 403 m³/hari akan dialirkan ke badan air, sedangkan air limbah yang diolah oleh WWTP 2 sebesar 1205 m³/hari akan dilakukan pemanfaatan kembali.

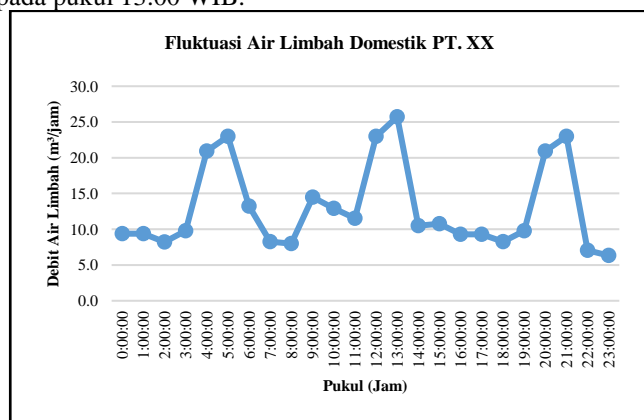
3.2 Fluktuasi Air Limbah Campuran

Kegiatan produksi PT. XX beroperasi secara 3 shift dengan jam kerja 24 jam/hari dengan 1 jam istirahat/shift, 7 hari dalam seminggu. Pembagian shift terbagi menjadi shift pertama pukul 07.00-15.00 WIB. Shift kedua pukul 15.30-24.00 WIB. Shift ketiga pukul 24.00-07.00 WIB. Produksi air limbah dihasilkan secara *continue* yaitu sebesar 1608 m³/hari yang dihasilkan dari beberapa kegiatan domestik karyawan, pengunjung, masjid, kantin, dan kebersihan. Berikut ini merupakan grafik flutuasi air limbah campuran PT. XX



Gambar 1. Grafik Fluktuasi Air Limbah PT. XX

Berdasarkan grafik, fluktuasi air limbah industri PT. XX untuk debit dan kapasitas puncaknya sebesar 106,4 m³/hari pada pukul 13.00 WIB.



Gambar 2 Fluktuasi Air Limbah Domestik PT. XX

Sedangkan grafik, fluktuasi air limbah domestik PT. XX untuk debit dan kapasitas puncaknya sebesar 25 m³/hari pada pukul 13.00 WIB.

3.3 Pemanfaatan Air Limbah Campuran PT. XX

Air limbah akan dimanfaatkan untuk aplikasi ke tanah yaitu untuk penyiraman ruang terbuka hijau (RTH), air tangki pemadam kebakaran, air hydrant, dan flushing toilet.

- a) Penyiraman RTH

Metode pemanfaatan air limbah pada tanah dilakukan secara manual. Metode penyiraman dilakukan dengan menampung air limbah, dimana hasil olahan air limbah sudah di bawah baku mutu. Penyemprotan air limbah dilakukan pada lahan yang akan dimanfaatkan yaitu seluas 102.649 m².

Kebutuhan air untuk penyiraman ruang terbuka hijau PT. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No 28 Tahun 2003, maka perhitungan jumlah air untuk setiap luasan RTH yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Luas RTH} &= \text{RTH Lahan lama} + \text{RTH Lahan baru} \\ &= 16,061 \text{ m}^2 + 86,588 \text{ m}^2 \\ &= 102.649 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan air} &= 1190,54 - (130 + 0,64 + 85,77) \\ &= 974,13 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dosis Penyiraman} &= 974,13 \text{ m}^3/\text{hari} : 102.649 \text{ m}^2 \\ &= 0,0094 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \\ &= 0,009 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, air limbah yang akan dimanfaatkan kembali sebesar 974,13 m³/hari. Dimana penyiraman tersebut dilakukan dua kali sehari, masing-masing pada pagi dan sore hari. Sehingga air yang digunakan setiap 1 kali penyiraman sebesar 487 m³/hari atau 0,00487 m³/m²/hari.

- b) Kebutuhan air untuk tangki pemadam kebakaran

Kebutuhan Air	Kapasitas (m ³ /minggu)
Tangki Pemadam Kebakaran	4,5

Sumber : PT. XX, 2023

Dalam pemanfaatan air limbah PT. XX salah satunya digunakan untuk bantuan dalam pemadam kebakaran. Pada hal ini PT. XX memiliki 2 truk pemadam kebakaran namun untuk penyimpanan air hanya digunakan pada satu truk. Untuk Kebutuhan air satu truk tangki pemadam kebakaran yaitu sebesar 4,5 m³/minggu. Sehingga dalam sehari dibutuhkan air sebanyak 0,64 m³/hari.

- c) Kebutuhan air untuk air hydrant

Tabel Kebutuhan Air Hydrant

Jenis	Jumlah (unit)	Volume (m ³)
Belakang Carpenter (Underground)	1	300
Fire Pump 1 – Tandon (Underground)	2	80
Fire Pump 2 – Tandon (Tank)	2	225
TOTAL (m³/minggu)		910
TOTAL (m³/hari)		130

Sumber : PT. XX, 202

Pemanfaatan air limbah PT. XX digunakan sebagai air Hydrant untuk keadaan tanggap darurat. Dalam penggunaan air untuk hydrant dibutuhkan total air sebesar 910 m³/minggu. Sehingga dalam sehari dibutuhkan air sebanyak 130 m³/hari.

d) Kebutuhan air untuk flushing toilet

Pemanfaatan air limbah PT. XX digunakan sebagai air flushing toilet. Berdasarkan jumlah pekerja PT. XX yakni berjumlah 953 karyawan, maka dibutuhkan Air sebanyak 85,77 m³/hari.

Lokasi	Kebutuhan (m ³ /flushing*)	Kebutuhan air flushing (flushing**)	Kebutuhan flushing (m ³ /hari)	Total pengguna (orang)	Total Kebutuhan Air Flushing Toilet (m ³ /hari)
Toilet	0,015	6	0,09	953	85,77

Sumber :

*SNI-03-7065-2005, Pemakaian air dingin pada alat plambing untuk kloset, tangki gelontor = 15 liter/pemakaian

**European Commission (DG ENV) Study on water efficiency standards (2009), frequency of use per day = 5-50 use/day

3.4 Efisiensi Pemanfaatan Air Limbah Campuran PT. XX

Efisiensi penggunaan air limbah PT. XX digunakan untuk kegiatan penyiraman ruang terbuka, air hydrant, tangki pemadam kebakaran, Flush Toilet yang tertera pada perhitungan sebagai berikut :

1) Penyiraman ruang terbuka, air hydrant, Tangki pemadam kebakaran, Flush Toilet (A)	=	1190,54 m ³ /hari
2) Debit air limbah yang dihasilkan (B)	=	1205 m ³ /hari
3) Efisiensi penggunaan air	=	A/B
	=	$\frac{1190,54 \text{ m}^3/\text{hari}}{1205 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 100\%$
	=	98,8%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Debit pemanfaatan air limbah industri dan domestik untuk penyiraman ruang terbuka, air hydrant, tangki pemadam kebakaran, flush Toilet adalah sebesar 1190,54 m³/hari. Sehingga didapatkan efisiensi penggunaan air sebesar 98,8 % dari total air limbah yang dihasilkan dan digunakan untuk pemanfaatan..

4 SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa Unit Intalasi Pengolahan Air Limbah yang digunakan dapat menurunkan parameter pH, TSS, COD, dan BOD sehingga telah memenuhi baku mutu sesuai dengan arahan KLHK Tahun 2022. Proses pengolahan air limbah campuran PT. XX menggunakan unit Anoxic Tank dan MBBR Tank sebesar 1205 m³/hari. Di PT. XX yang memiliki total luas lahan terbuka sebesar 260.661 m², air limbah yang telah diolah dapat didaur ulang untuk digunakan dalam kegiatan pengairan Ruang Terbuka Hijau (RTH). Kegiatan Flushing Toilet, Air tangki pemadam

Kebakaran, dan juga air Hydrant. Sehingga efisiensi penggunaan air limbah campuran PT. XX mampu dimanfaatkan secara keseluruhan yakni menggapai 98,9%

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengapresiasi bantuan semua pihak yang berperan dalam pengembangan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Anisa & W. Herumurti. (2017). Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) dengan Proses Aerobik-Anoksik untuk Menurunkan Konsentrasi Senyawa Organik dan Nitrogen. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), F361–F366.
- Alisa, N., & Purnomo, Y. S. (2020). Penurunan Kandungan Polutan Pada Air Limbah Industri Tempe Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor (Mbbbr). *EnviroUS*, 1(1), 42–47. <https://doi.org/10.33005/enviro.us.v1i1.9>
- Amri, K. & Wesen, P. (2015). Pengolahan air limbah domestik menggunakan biofilter anaerob bermedia plastik (bioball). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 7(2), 55–56.
- Beulah, S. S., & Muthukumar, K. (2020). Methodologies of Removal of Dyes from Wastewater. *A Review. International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 68–78.
- Busyairi, M., Adriyanti, N., Kahar, A., Nurcahya, D., & Sariyati, 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), 1306–1312. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2316>
- Dumairy. (1992). *Ekonomika Sumber Daya Air*. BPFE.
- Hasibuan, R. (2016). Analisis dampak limbah/sampah rumah tangga terhadap pencemaran lingkungan hidup. *Jurnal Ilmiah Advokasi*, 4(1), 42–52.
- Kermani, M., Bina, B., Movahedian, H., Amin, M. M., & Nikaein, M. (2008). Application of moving bed biofilm process for biological organics and nutrients removal from municipal wastewater. *American Journal of Environmental Sciences*, 4(6), 675–682. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2008.675.682>
- Lestari, D. Y., Darjati, & M. (2021). Penurunan Kadar BOD, COD, dan Total Coliform Dengan Penambahan Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica Papaya L*) (Studi pada Limbah Cair Domestik Industri Baja di Surabaya Tahun 2020). 18(1), 49–54.
- N.R Jusepa & W. Herumurti. (2016). Pengolahan Lindi Menggunakan Moving Bed Biofilm Reactor dengan Proses Anaerobik-Aerobik-Anoksik. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), F254–F259.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 5 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penerbitan Persetujuan Teknis dan Surat Kelayakan Operasional Bidang Pengendalian Pencemaran Lingkungan
- Rosadi, S. N. S., Mutiari, D., Yuliarahma, T., & Madania, A. A. (2021). Pemanfaatan Air Bekas Cuci Piring Sebagai Pengganti Air Bersih Untuk Penyiraman Tanaman Di Edupark Gemolong. *Simposium Nasional RAPI*, 1, 263–

267.
SNI 03-7065. (2005). Tata cara perencanaan sistem plambing.
Badan Standar Nasional, SNI 03-7065-2005, 23.

Soeparman dan Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan
Limbah Cair*. Penerbit Buku Kedokteran EGC.