

Perancangan Sistem Upflow Filter Septic Tank Untuk Pengolahan Air Limbah Domestik Kampus

Regina Mardatillah

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Andalas, Padang, Indonesia

Email Correspondent * : regina@eng.unand.ac.id

Abstract

Universities, as centers of academic activity with dense populations, generate a significant volume of domestic wastewater. Effluents from campus facilities such as cafeterias, laboratories, dormitories, and other amenities pose potential environmental risks if not properly managed. This study designs a domestic wastewater treatment system at Campus X, Padang, utilizing an upflow filter septic tank technology. The design follows the Indonesian National Standard (SNI) 2398:2017. The proposed system is capable of treating a wastewater flow of 12.38 m³/day, consisting of 70% greywater and 30% blackwater. The main treatment units include a grease trap with a capacity of 0.0162 m³, achieving 95% removal efficiency for oil and grease; a septic tank with a volume of 23.637 m³ and a hydraulic retention time of 3 days; and an upflow filter with a surface area of 8.82 m². The system demonstrates removal efficiencies of 55.8% for BOD, 58.6% for COD, 87.8% for TSS, 75.1% for ammonia, and up to 100% for total coliforms. Furthermore, a disinfection unit employing 65% calcium hypochlorite (0.326 kg/day) ensures complete elimination of total coliforms. The implementation of this system is expected to provide a sustainable solution for wastewater management in higher education institutions.

Keywords: Campus, Upflow filter septic tank, Wastewater, Wastewater quality standards, Wastewater treatment

Abstrak

Perguruan tinggi sebagai pusat aktivitas akademik dengan populasi padat penghuni menghasilkan volume air limbah domestik yang signifikan. Limbah cair dari kantin, laboratorium, asrama, dan fasilitas kampus lainnya berpotensi mencemari lingkungan jika tidak dikelola secara optimal. Penelitian ini merancang sistem pengolahan air limbah domestik di Kampus X Padang menggunakan teknologi upflow filter septic tank. Perancangan sistem dilakukan mengacu kepada SNI 2398:2017. Sistem yang dirancang mampu mengolah debit total air limbah sebesar 26,45 m³/hari yang terdiri dari 70% greywater dan 30% blackwater. Unit pengolahan utama meliputi grease trap berkapasitas 0,0162 m³ dengan efisiensi penyisihan minyak dan lemak mencapai 95%, tangki septik berukuran 23,637 m³ dengan waktu tinggal 3 hari, serta upflow filter seluas 8,82 m². Sistem ini mampu menyisihkan parameter pencemar mencapai: BOD 55,8%, COD 58,6%, TSS 87,8%, amonia 75,1%, dan total coliform hingga 100%. Selanjutnya, unit pengolahan disinfeksi dengan kaporit 65% (0,326 kg/hari), dapat menghilangkan total coliform hingga nol. Implementasi sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi berkelanjutan untuk pengelolaan air limbah di perguruan tinggi.

Kata Kunci: Baku mutu air limbah, Greywater, IPAL, Upflow filter, Pengolahan limbah kampus

PENDAHULUAN

Pengelolaan air limbah domestik menjadi isu penting seiring meningkatnya aktivitas manusia di lingkungan perkotaan maupun kampus. Air limbah yang tidak diolah dengan baik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan, terutama ketika

kandungan bahan organik dan padatan tersuspensi tinggi. Andhani (2020) menyatakan bahwa air limbah kantin mahasiswa Universitas Bhayangkara Jakarta Raya memiliki kadar COD, BOD, dan TSS yang tinggi, sehingga berpotensi menurunkan kadar oksigen terlarut dalam badan air dan

mengurangi kemampuan perairan dalam menguraikan bahan pencemar.

Pada umumnya, di Indonesia air limbah diolah dengan sistem setempat berupa septic tank. Septic tank merupakan ruangan kedap air dengan satu atau lebih kompartemen yang berfungsi menampung serta mengolah limbah domestik melalui proses pengendapan dan degradasi organik oleh jasad anaerobik. Namun, dalam praktiknya, septic tank konvensional belum optimal. Efisiensi pengolahan hanya mencapai sekitar 20,34%, sehingga 79,66% polutan organik masih terbuang ke lingkungan (Yudo & Said, 2017). Selain itu, kemampuan menurunkan COD relatif rendah, hanya sekitar 25–40% (Lesmana, 2018).

Kampus X yang berlokasi di Kota Padang, Sumatera Barat, memiliki jumlah mahasiswa aktif sebanyak 2.219 orang, dengan 159 dosen dan 34 tenaga kependidikan. Peningkatan jumlah civitas akademika sejalan dengan meningkatnya volume air limbah, sementara sistem pengolahan yang tersedia masih belum memadai. Hal ini berpotensi mencemari badan air permukaan maupun air tanah, serta menimbulkan risiko kesehatan seperti penyakit berbasis air (Balqis et al., 2023). Permasalahan tersebut semakin relevan mengingat Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68 Tahun 2016 mewajibkan seluruh institusi, termasuk perguruan tinggi, memastikan bahwa efluen yang dibuang telah memenuhi baku mutu.

Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah penerapan sistem pengolahan berbasis teknologi sederhana namun efektif, seperti upflow filter septic tank. Menurut Novembry, Yulistyorini, & Mujiyono (2022), sistem ini terbukti dapat

meningkatkan efektivitas pengolahan air limbah domestik melalui peningkatan proses penyaringan dan degradasi biologis. Selain itu, Moussavi et al. (2010) pada penelitiannya menyatakan teknologi ini mampu menjadi pilihan pengolahan air limbah yang sederhana, efisien, dan menjanjikan, dengan keunggulan berupa minimnya kebutuhan penyedotan lumpur serta operasional dan pemeliharaan yang mudah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk Kampus X dengan memanfaatkan teknologi upflow filter septic tank. Rancangan ini mengombinasikan proses pengendapan padatan, degradasi biologis, dan filtrasi melalui media berpori. Implementasi IPAL diharapkan mampu menurunkan parameter pencemar hingga memenuhi baku mutu, meningkatkan kualitas lingkungan kampus, serta menjadi solusi berkelanjutan dalam pengelolaan air limbah domestik.

METODE

Metode desain IPAL yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode Desain IPAL

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif dan kualitatif. Pendekatan deskriptif digunakan untuk

mendapatkan gambaran kondisi eksisting sistem pengelolaan air limbah Kampus X, meliputi identifikasi sumber limbah, karakteristik kualitas dan kuantitas limbah, serta infrastruktur eksisting. Sedangkan pendekatan kualitatif (seperti observasi lapangan atau wawancara dengan pengelola kampus) digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan yang tidak terkuantifikasi. Hal ini dilakukan untuk memastikan rancangan yang dihasilkan sesuai dengan kondisi eksisting dan untuk pengolahan yang digunakan dapat memenuhi baku mutu air limbah domestik sesuai peraturan yang berlaku.

Desain dilakukan di salah satu kampus swasta di Kota Padang dimana sistem pengelolaan air limbah domestik di lokasi tersebut belum optimal. Pengambilan sampel air limbah dilakukan di kantin dan di gedung kuliah. Pengumpulan Data dan Analisis Kualitas Awal meliputi:

- a. Data primer, meliputi pengambilan sampel air limbah, analisis kualitas air limbah dan survei lapangan. Parameter air limbah yang diuji yaitu TSS, COD, BOD, Amoniak (NH_3N), pH, minyak dan lemak, serta total coliform. Parameter ini dipilih sesuai dengan parameter baku mutu air limbah domestik (PermenLHK No. 68 Tahun 2016).

Tabel 1. Metode dan Standar Analisis Kualitas Air

No	Parameter	Acuan Metoda
1	Residu tersuspensi (TSS)	SNI 6989.3:2019
2	COD	SNI 6989.2:2019 (Spektrofotometri)
3	BOD	SNI 6989.72:2009 (Titrimetri)
4	Amoniak (NH_3N)	SNI 06-6989.30-2005
5	pH	SNI 6989.11:2019
6	Minyak dan Lemak	SNI 6989.10:2011 (Gravimetri)
7	Total coliform	SM APHA 23 rd Ed, 9221-B,C:2017

- b. Data sekunder, terdiri dari Standar baku mutu air limbah domestik (PermenLHK No. 68 Tahun 2016), Standar desain upflow filter septic tank (SNI 2398:2017), data kebutuhan air bersih eksisting, dan data pengguna fasilitas kampus.

Perancangan Sistem Upflow Filter Septic Tank, dilakukan mengacu pada SNI 2398:2017 dengan tahapan menghitung debit air limbah, penentuan kapasitas septic tank, pemilihan media filter, dan gambar teknis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan bangunan pengolahan air limbah ini akan digunakan di gedung baru kampus X yang berkapasitas lebih kurang 1250 orang.

Debit Air Limbah

Neraca air merupakan perimbangan antara masukan (input) dan keluaran (output) air di suatu tempat pada suatu saat/periode tertentu. Kebutuhan air bersih serta timbunan air buangan yang dihasilkan sebagai berikut:

Kebutuhan air gedung:

$$= 10 \text{ L/o/h} \times 1250 \text{ orang}$$

$$= 12500 \text{ L/hari}$$

$$= 12,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit air limbah:

$$\text{Debit AL (Qab)} = 90\% \times 12,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 11,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Debit maksimum air buangan sebesar (1,1 – 1,3) dari debit AL (diambil 1,1).

Debit AL maksimum (Qab maks)

$$= 1,1 \times 11,25 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 12,38 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Noutsopoulos, dkk (2018) menyatakan bahwa produksi limbah greywater rumah tangga sekitar 70 – 75% dari total produksi limbah cari rumah tangga. Maka debit air limbah dapat diestimasikan sekitar 30% dari blackwater dan 70% dari greywater. Maka

dari itu estimasi dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}Q_{GW} \text{ maks} &= 70\% \times Q_{ab} \text{ maks} \\&= 70\% \times 12,38 \text{ m}^3/\text{hari} \\&= 8,66 \text{ m}^3/\text{hari} \\Q_{BW} \text{ maks} &= 30\% \times Q_{ab} \text{ maks} \\&= 30\% \times 12,38 \text{ m}^3/\text{hari} \\&= 3,71 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Karakteristik Air Limbah

Air limbah domestik terdiri dari 99,9% air dan 0,1% padatan. 0,1% padatan tersebut merupakan material organik seperti protein, karbohidrat, dan lemak. Sedangkan sisanya merupakan material anorganik seperti grit, logam dan garam. Karakteristik air limbah yang digunakan pada perancangan ini mengacu pada tipikal karakteristik air limbah domestik yaitu BOD 133 mg/L, COD 339 mg/L, TSS 130 mg/L, minyak dan lemak 51 mg/L, amoniak 14 mg/L, dan total coliform $10^6 - 10^8$ jumlah/100 mL (Tchobanoglous et.al, 2014).

Rancangan Unit Pengolahan

Rancangan unit pengolahan ini dipilih berdasarkan karakteristik air limbah domestik (Tchobanoglous et.al, 2014).

a. Grease trap

Sebelum mengalir ke IPAL, air limbah yang berpotensi mengandung minyak dan lemak harus melalui *grease trap*. Alat ini membantu untuk memisahkan minyak dari air, sehingga minyak tidak menggumpal dan membeku di pipa pembuangan dan membuat pipa tersumbat.

Diketahui:

$$\begin{aligned}\text{Influen BOD} &= 133 \text{ mg/L} \\ \text{Influen COD} &= 339 \text{ mg/L} \\ \text{Influen TSS} &= 130 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Minyak Lemak} &= 51 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Amoniak} &= 14 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Total Coliform} &= 10^8 /100 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Q_{air} \text{ limbah desain} &= 26,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Konsentrasi minyak dan lemak} &= 51 \text{ mg/L} \\ \rho \text{ minyak} &= 0,8 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

Direncanakan:

$$\begin{aligned}\text{Hydraulic Retention Time (HRT)} &= 30 \text{ menit} \\ \text{Interval pengurasan (Ip)} &= 15 \text{ hari} \\ \text{Panjang (P)} &= 30 \text{ cm} \\ \text{Lebar (L)} &= 30 \text{ cm}\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned}\text{Removal minyak dan lemak} &= 95\% \\ (\text{Wisesa, 2016}) \\ [\text{minyak lemak}] \text{ out} &= 51 \text{ mg/L} \times (1 - 95\%) \\ &= 2,55 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

Asumsi:

$$\begin{aligned}\text{Air limbah dapur} &= 2\% \text{ total air limbah} \\ \text{Debit air limbah dapur} &= 2\% \times 26,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 0,529 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

Massa minyak

$$\begin{aligned}&= [\text{minyak lemak}]_{in} \times Q \times I_p \\ &= 51 \text{ mg/L} \times 0,529 \text{ m}^3/\text{hari} \times 14 \text{ hari} \\ &= 377,746 \text{ g}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume minyak} &= \frac{\text{massa minyak}}{\rho \text{ minyak}} \\ &= \frac{377,746 \text{ g}}{0,8 \text{ g/cm}^3} = 472,183 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H \text{ minyak} &= \frac{\text{Volume minyak}}{P \times L} \\ &= \frac{472,183 \text{ cm}^3}{30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}} = 0,524 \text{ cm}\end{aligned}$$

Volume air

$$\begin{aligned}&= Q \times \text{HRT} \\ &= 0,529 \text{ m}^3/\text{hari} \times 30 \text{ menit} / 1440 \text{ menit} \\ &= 0,011022 \text{ m}^3 = 11.022 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{air} &= \frac{\text{Volume air}}{P \times L} \\ &= \frac{11.022 \text{ cm}^3}{30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}} = 12,247 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}H_{bak} &= H_{minyak} + H_{air} + \text{freeboard} \\ &= 0,524 \text{ cm} + 12,247 \text{ cm} + 5 \text{ cm} \\ &= 17,771 \text{ cm} = 18 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume bak} &= P \times L \times T \\ &= 30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 18 \text{ cm} \\ &= 16200 \text{ cm}^3 \\ &= 0,0162 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Cek waktu detensi} &= \frac{\text{Volume bak}}{Q} \\ &= \frac{0,0162 \text{ m}^3}{0,529 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 1440 \\ &= 44,094 \text{ menit (OK)}\end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *grease trap* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan *Grease Trap*

Desain	Nilai	Satuan
Debit (Q)	24,45	m ³ /hari
Panjang	30	cm
Lebar	30	cm
Tinggi keseluruhan	18	cm
Tinggi minyak	0,524	cm
Tinggi air	12,247	cm
HRT	44,094	menit
BOD efluen	133	mg/L
COD efluen	339	mg/L
TSS efluen	130	mg/L
Minyak Lemak efluen	2,55	mg/L
Amoniak efluen	14	mg/L
Total <i>Coliform</i> efluen	10 ⁻⁸	Jumlah/ 100 mL

b. Tangki Septik dengan Pengolahan Lanjutan *Up-flow filter* sistem terpisah Diketahui:

$$\begin{aligned}\text{Influen BOD} &= 133 \text{ mg/L} \\ \text{Influen COD} &= 339 \text{ mg/L} \\ \text{Influen TSS} &= 130 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Minyak Lemak} &= 2,55 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Amoniak} &= 14 \text{ mg/L} \\ \text{Influen Total } \textit{Coliform} &= 10^8 / 100 \text{ mL}\end{aligned}$$

1) Tangki septik

Kriteria yang digunakan untuk merencanakan tangki septik sistem terpisah:

$$\begin{aligned}\text{HRT} &= 3 \text{ hari (2 – 3 hari)} \\ \text{Qlumpur tinja} &= 10 \text{ L/orang/tahun} \\ \text{Periode pengurasan} &= 1 \text{ tahun (1 – 5 tahun)} \\ \text{Qair limbah desain} &= 3,71 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{p:l} &= 2:1 (5 \text{ m} : 2,5 \text{ m}) \\ \text{n penghasil lumpur tinja} &= 1.250 \text{ orang} \\ \text{Kapasitas tangki} &= \text{Vair} + \text{Vlumpur} \\ \text{Vair} &= \text{Qair} \times \text{td} \\ &= 3,71 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ hari} \\ &= 11,137 \text{ m}^3 \\ \text{Vair} &= \text{p} \times \text{l} \times \text{t}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{t air} &= 11,137 \text{ m}^3 : (\text{p} \times \text{l}) \\ &= 11,137 \text{ m}^3 : (5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) \\ &= 0,891 \text{ m} = 0,9 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Vlumpur} &= \text{Qlumpur tinja} \times \text{n penghasil} \\ &\text{lumpur tinja} \times \text{periode pengurasan} \\ &= 10 \text{ L/o/tahun} \times 1.250 \text{ orang} \times 1 \text{ tahun} \\ &= 12,5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Berat lumpur} &= 12,5 \text{ m}^3 \times 1,030 \text{ kg/m}^3 \\ &= 12,88 \text{ kg/tahun}\end{aligned}$$

(Pengurasan lumpur akan dilakukan secara berkala dan diolah di Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Kota Padang)

$$\begin{aligned}\text{t lumpur} &= \text{Vlumpur} : (\text{p} \times \text{l}) \\ &= 12,5 \text{ m}^3 : (5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}) \\ &= 1 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total} &= \text{t air} + \text{t lumpur} + \text{t freeboard} \\ &= 0,9 \text{ m} + 1 \text{ m} + 0,15 \text{ m} \\ &= 2,05 \text{ m}\end{aligned}$$

2) Bak Ekualisasi dan *Up flow filter*

Kriteria desain yang digunakan untuk merencanakan lanjutan *up-flow filter*:

$$\begin{aligned}\text{HRT} &= (6 – 12 \text{ jam}) \\ \text{Pembebanan hidrolis} &= 3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari} (1 – 3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}) \\ \text{Qair limbah desain} &= 26,45 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Tbidang basah} &= \text{Tair pada tangki septik} \\ &= 0,9 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan:

$$\text{A}_{be} (\text{Luas bak ekualisasi})$$

$$\begin{aligned}&= \frac{\text{Q}_{\text{A.td}}}{\text{Tbidang basah}} \\ &= \frac{26,45 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 6 \text{ jam} \cdot (1 \text{ hari}/24 \text{ jam})}{0,9 \text{ m}} \\ &= 7,35 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar bak ekualisasi} &= \text{Lebar tangki septik} \\ &= 2,5 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Lbe (panjang bak ekualisasi)} &= \text{A}_{be}/\text{lebar bak ekualisasi} \\ &= 7,35 \text{ m}^2 / 2,5 \text{ m} \\ &= 2,94 \text{ m} = 3 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Luas saringan filter (A}_s\text{)} = \frac{\text{Q}_A}{\text{S}_o}$$

$$= \frac{26,45 \text{ m}^3/\text{hari}}{3 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{hari}} = 8,82 \text{ m}^2$$

Lebar bak filter = Lebar tangki septik = 2,5 m

Lf (panjang bak filter) = $A_s/\text{lebar bak filter}$
= $8,82 \text{ m}^2 / 2,5 \text{ m}$
= 3,5 m

Penyisihan:

TSS influen = 130 mg/L

% Penyisihan TSS = 87,84%
(Novembry, dkk, 2022)

Penyisihan TSS = $(130 \text{ mg/L} \times 87,84\%)$
= 114,19 mg/L

TSS Efluen = $130 \text{ mg/L} - 114,19 \text{ mg/L}$
= 15,81 mg/L

BOD Influen = 133 mg/L

Penyisihan BOD = $(133 \text{ mg/L} \times 55,84 \%)$
= 74,27 mg/L

BOD Efluen = $133 \text{ mg/L} - 74,27 \text{ mg/L}$
= 58,73 mg/L

COD Influen = 339 mg/L

Penyisihan COD = $(339 \text{ mg/L} \times 58,64 \%)$
(Novembry, dkk, 2022)
= 198,79 mg/L

COD Efluen = $339 \text{ mg/L} - 198,79 \text{ mg/L}$
= 140,21 mg/L

Amoniak Influen = 14 mg/L

Penyisihan Amoniak
= $(14 \text{ mg/L} \times 75,07 \%)$ (Novembry, dkk, 2022)
= 10,51 mg/L

Amoniak Efluen = $14 \text{ mg/L} - 10,51 \text{ mg/L}$
= 3,49 mg/L

Coliform Influen = $10^8 / 100 \text{ mL}$

Penyisihan Coliform = $(10^8 \times 57,19\%)$
(Novembry, dkk, 2022)
= $5,72 \times 10^7 / 100 \text{ mL}$

Coliform Efluen
= $10^8 / 100 \text{ mL} - 5,72 \times 10^7 / 100 \text{ mL}$
= $4,28 \times 10^7 / 100 \text{ mL}$

Rekapitulasi tangki septik dengan pengolahan lanjutan *upflow filter* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Unit Tangki Septik Lanjutan *Upflow Filter*

Desain	Satuan	Tangki Septik	Bak Ekualisasi	Up-flow filter
Sumber influen			Efluen tangki septik konvensional	Efluen bak ekualisasi
		blackwater Gedung Baru	Gedung A dan Gedung B, greywater Gedung A, B, C, dan Gedung baru	
Debit	m ³ /hari	3,71	26,45	26,45
panjang	m	5	3	3,5
lebar	m	2,5	2,5	2,5
tinggi	m	0,9 (ruang basah); 1 (ruang lumpur); 2,1 (total)	0,9 (ruang basah)	0,9 (ruang basah)
HRT	hari	3	0,25	0,25
BOD efluen	mg/L		58,73	
COD efluen	mg/L		140,21	
TSS efluen	mg/L		15,81	
Minyak Lemak efluen	mg/L		2,55	
Amoniak efluen	mg/L		3,49	
Total Coliform efluen	Jumlah/ 100 mL		$4,28 \times 10^{-7}$	

c. Desinfeksi dosing pump

Diketahui:

$$Q_{\text{desain}} = 26,45 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Konsentrasi kaporit} = 65\% (650.000 \text{ ppm})$$

Untuk menetralsisir 1.000 L (1 m^3) air domestik dibutuhkan 6 – 8 gram kaporit (diambil 8 gram)

$$\text{Stroke pump} = 58 \times \text{stroke/menit}$$

Perhitungan:

$$\begin{aligned} \text{menetralsisir } 1 \text{ m}^3 \text{ air} &= 100/65 \times 8 \text{ gram} \\ &= 12,31 \text{ gram/ } 1 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kebutuhan per hari

$$\begin{aligned} &= 26,45 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{12,31 \text{ gram}}{1 \text{ m}^3} \\ &= 325,573 \text{ gram/hari} \\ &= 0,326 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Spesifikasi *pump* yang digunakan yaitu 58x *stroke*/menit

Volume per menit

= 26,45 m³/hari : (24 jam x 60 menit)

= 0,018 m³/menit

Kadar kaporit per menit

= (0,018 m³/menit) x 12,31 gram/ 1 m³

= 0,226 gram/menit

Kadar kaporit per *stroke*

= 0,226 gram/menit : 58x *stroke*/ menit

= 0,0039 gram / *stroke*

Kadar kaporit per jam

= 0,226 gram/ menit x 60 menit/ 1 jam

= 13,565 gram/jam

Penyisihan

Coliform Influen = 4,28 x 10⁷ / 100 mL

Penyisihan *Coliform*

= (4,28 x 10⁷/ 100 mL x 100%)

= 54,28 x 10⁷ /100 mL

Coliform Efluen

= 14,3 x 10⁷ / 100 mL – 4,28 x 10⁷ / 100 mL

= 0 / 100 mL

Rekapitulasi perhitungan unit pengolahan desinfeksi *dosing pump* dapat dilihat pada tabel 4

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Unit Desinfeksi

Desain	Satuan	Nilai
Debit	m ³ /detik	57,12
Konsentrasi kaporit	%	65
Perbandingan air limbah : gram kaporit	m ³ : gram	1: 8
Spesifikasi <i>pump</i>	x <i>stroke</i> /menit	58
Kebutuhan klorin per hari	kg/hari	0,7

Kadar kaporit per *stroke*

= 0,226 gram/menit : 58x *stroke*/ menit

= 0,0039 gram / *stroke*

Kadar kaporit per jam

= 0,226 gram/ menit x 60 menit/ 1 jam

Strategi dan Lokasi Pemantauan

a. Pemantauan Efisiensi Pengolahan dan Kualitas Air Permukaan

= 13,565 gram/jam

Penyisihan

Coliform Influen = 4,28 x 10⁷ / 100 mL

Penyisihan *Coliform*

= (4,28 x 10⁷/ 100 mL x 100%)

= 54,28 x 10⁷ /100 mL

Coliform Efluen

= 14,3 x 10⁷ / 100 mL – 4,28 x 10⁷ / 100 mL

= 0 / 100 mL

Mass Balance

Efisiensi penyisihan setiap parameter air limbah berbeda-beda. Hal ini terjadi karena karakteristik masing-masing parameter memiliki sifat fisik-kimia berbeda. BOD dan COD menunjukkan penurunan cukup tinggi karena senyawa organik mudah terdegradasi secara biologis di dalam sistem pengolahan. Sebaliknya, TSS dapat lebih efektif disisihkan melalui proses fisik seperti pengendapan, sehingga efisiensinya sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrolis dan desain unit (Shaheen, dkk, 2024).

Tabel 4 menunjukkan *mass balance* polutan yang melebihi baku mutu pada perencanaan pengolahan air limbah di Kampus X

Tabel 5. Mass Balance Polutan Pengolahan Air Limbah di Kampus X

No	Unit Pengolahan	Parameter	Influen	Satuan	Efisiensi Penyisihan (%)	Tersisihan	Efluen	Baku Mutu*	Keterangan
1	<i>Grease trap</i>	BOD	133,00	mg/L	0	0	133,00	30	TM
		COD	339,00	mg/L	0	0	339,00	100	TM
		TSS	130,00	mg/L	0	0	130,00	30	TM
		Minyak Lemak	51,00	mg/L	95,00	48,45	2,55	5	M
		Amoniak	14,00	mg/L	0	0	14,00	10	TM
		Total Coliform	10 ⁶ - 10 ⁸	Jumlah/ 100 mL	0	0	10 ⁶ - 10 ⁸	3000	TM
2	Tangki Septik-Upflow Filter	BOD	133,00	mg/L	55,84	74,27	58,73	30	TM
		COD	339,00	mg/L	58,64	198,79	140,21	100	TM
		TSS	130,00	mg/L	87,84	114,19	15,81	30	M
		Minyak Lemak	2,55	mg/L	0	0	2,55	5	M
		Amoniak	14,00	mg/L	75,07	10,51	3,49	10	M
		Total Coliform	10 ⁶ - 10 ⁸	Jumlah/ 100 mL	57,19	5,72 x 10 ⁷	4,28 x 10 ⁷	3000	TM
3	Desinfeksi	BOD	29,25	mg/L	0	0	29,25	30	M
		COD	97,50	mg/L	0	0	97,50	100	M
		TSS	15,81	mg/L	0	0	15,81	30	M
		Minyak Lemak	2,55	mg/L	0	0	2,55	5	M
		Amoniak	3,49	mg/L	0	0	3,49	10	M
		Total Coliform	4,28 x 10 ⁷	Jumlah/ 100 mL	100	4,28 x 10 ⁷	0	3000	M

Strategi pemantauan disusun untuk mengevaluasi efektivitas penerapan langkah-langkah pengelolaan lingkungan serta memastikan kesesuaian dengan standar

kualitas lingkungan yang berlaku. Lokasi pengambilan sampel meliputi titik keluaran dari unit pengolahan (*compliance point*), titik pembuangan akhir (*outfall*), serta dua titik pada badan air penerima (hulu dan hilir).

b. Standar Kualitas Air Limbah dan Parameter Pemantauan

Standar kualitas air yang digunakan yaitu PermenLHK Nomor P.68/Menlhk-Setjen/2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Parameter yang digunakan sebagai baku mutu air limbah yaitu pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, amoniak, dan total coliform.

c. Frekuensi Pemantauan

Frekuensi pemantauan mutu air limbah mutu air pada badan air permukaan disesuaikan dengan kebutuhan yaitu secara berkala, sekali dalam 6 bulan. Sedangkan untuk analisis kualitas air hasil olahan IPAL pada titik outlet dan titik inlet dilakukan satu kali sebulan

KESIMPULAN

Sistem pengolahan limbah domestik berbasis *upflow filter septic tank* berhasil menurunkan parameter pencemar meliputi BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, amoniak, dan total coliform sesuai baku mutu PermenLHK P.68/2016. Sebagai evaluasi, perlu dilakukan pemantauan berkala pada saluran outlet, outfall, serta hulu dan hilir badan air penerima. Penerapan sistem ini tidak hanya meningkatkan kualitas lingkungan kampus, tetapi juga mendukung pengelolaan air limbah yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

Balqis, A. S., Siswoyo, H., & Yulian, E. (2023). Penilaian kualitas air tanah dan pengaruhnya terhadap kesehatan masyarakat di Kecamatan Sukun Kota

Malang. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 6(2), 65–74. <https://doi.org/10.24246/juses.v6i2.p65-74>

Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.

Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup*. Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.

Lesmana, R. Y. (2018). Perencanaan septic tank skala rumah tangga untuk penanganan air limbah. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(2), 16–19. <https://doi.org/10.33084/mitl.v3i2.646>

Moussavi, G., Kazembeigi, F., & Farzadkia, M. (2010). Performance of a pilot scale up-flow septic tank for on-site decentralized treatment of residential wastewater. *Process Safety and Environmental Protection*, 88(1), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2009.10.001>

Novembry, N. D., Yulistyorini, A., & Mujiyono, M. (2022). Efektivitas septic tank upflow dan downflow filter untuk pengolahan air limbah domestik. *Jurnal Permukiman*, 17(2), 69–76. <https://doi.org/10.31815/jp.2022.17.69-76>

Noutsopoulos, C., Andreadakis, A., Kouris, N., Charchousi, D., Mendrinou, P., Galani, A., Mantziaras, I., & Koumaki, E. (2018). Greywater characterization and loadings – Physicochemical treatment to promote onsite reuse. *Journal of Environmental Management*, 216, 337–346. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.05.094>

- Shaheen, M. N. F., Elmahdy, E. M., Rizk, N. M., et al. (2024). Evaluation of physical, chemical, and microbiological characteristics of waste stabilization ponds, Giza, Egypt. *Environmental Sciences Europe*, 36, 170. <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00965-y>
- Standar Nasional Indonesia. (2017). *SNI 2398:2017 Tata cara perencanaan tangki septik dengan pengolahan lanjutan*. Badan Standardisasi Nasional.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F., Abu-Orf, M., Bowden, G., & Pfrang, W. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Wisesa, D. M., & Slamet, A. (2016). Perencanaan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) di rumah susun Tanah Merah Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), D199–D204. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.18279>
- Yudo, S., & Said, N. I. (2017). Kebijakan dan strategi pengelolaan air limbah domestik di Indonesia. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 10(2), 58–75. <https://doi.org/10.29122/jrl.v10i2.2847>.