

Pemanfaatan Botol Plastik Sebagai Media Filter pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal di Dusun Sonopakis Kidul, Kalurahan Ngestiharjo, Kapenawon Kasihan, Kabupaten Bantul

Utilisation of Plastic Bottles as Filtering Media in Communal Wastewater Treatment Plant in Sonopakis Kidul, Ngestiharjo Village, Kasihan District, Bantul Regency

Anang Surya Juliastowo¹, Radjali Amin^{2*)}

¹ Kalurahan Bantul, Bantul, Indonesia

² Sekolah Pascasarjana, Institut Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

^{*)}Corresponding orespondensi: r.amin@ity.ac.id

ABSTRAK

Salah satu pemecahan masalah pencemaran air adalah dengan pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dengan skala pelayanan rata-rata untuk 100 kepala keluarga (KK). Salah satu komponen penting IPAL adalah media penyaringan secara anaerobic (*anaerobic filter* - AF) yang kinerjanya ditentukan oleh labirin penyaringannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas penambahan botol plastik ke dalam AF yang diukur terhadap Peraturan Daerah Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah domestik. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran langsung kualitas air limbah di inlet dan di outlet pada beberapa kondisi AF yang telah direkayasa menggunakan botol plastik. Hasil penelitian ini menunjukkan efisiensi AF dengan penambahan botol plastik yang tercermin dari tingkat efisiensi penyisihan pada outlet untuk parameter pH sebesar 3,6%, TSS 95,6%, BOD 56,3%, COD 54,6%, minyak & lemak 3,8%. Botol plastik dapat meningkatkan efektifitas penyaringan IPAL komunal dan mengkonfirmasi kalau botol plastik dapat di-*reuse* di dalam IPAL komunal.

Kata kunci: Pengolahan air limbah, anaerobik filter, 3R

ABSTRACT

One solution to the problem of water pollution is the construction of a communal wastewater treatment plant (WWTP) with an average service scale of 100 households. One of the important components of WWTP is the anaerobic filter (AF) whose performance is determined by its filtering structure. The purpose of this study was to determine the effectiveness of adding plastic bottles into the AF measured against Yogyakarta Regional Regulation No. 7 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. This study used a direct measurement method of wastewater quality at the inlet and at the outlet in several AF conditions that have been engineered using plastic bottles. The results of this study show the efficiency of AF with the addition of plastic bottles which is reflected in the efficiency level at the outlet for the parameters pH 3.6%, TSS 95.6%, BOD 56.3%, COD 54.6%, oil & grease 3.8%. Plastic bottles can increase the filtering effectiveness of communal WWTP and confirm that plastic bottles can be reused in communal WWTP.

Keywords: Wastewater treatment, anaerobic filter, 3R

PENDAHULUAN

Air limbah harus dikelola sampai memenuhi nilai ambang baku mutu yang telah ditentukan, ini sesuai dengan regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah, seperti yang tertuang di dalam Perda DIY nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah. Di dalam regulasi ini juga diberikan batasan pemahaman tentang air limbah, yaitu sisa dari suatu usaha dan /atau kegiatan yang berwujud cair. Batasan ini juga mencakup air limbah dari rumah tangga atau yang biasa dikenal dengan air limbah domestik.

Air limbah domestik perlu dikelola dengan baik karena limbah cair ini berada di dalam atau berdekatan dengan lingkungan hidup kita. Berbeda dengan limbah cair industri yang biasanya berada berjauhan dengan kawasan pemukiman dan berada di dalam kawasan industri yang telah dilengkapi dengan sarana dan fasilitas pengolahan limbah cair industri. Beberapa bahaya atau dampak air limbah air domestik bagi lingkungan dan manusia antara lain adalah sebagai media pertumbuhan dan berkembang biaknya vektor penyakit, mengandung kandungan mikroorganisme merugikan bagi manusia yang dapat menyebabkan penyakit. Karena kandungan nutrient seperti P dan S yang tinggi, tidak menutup kemungkinan jika limbah ini mengalir ke badan air terbuka dapat menyebabkan eutrofikasi yang melemahkan bahkan dapat mematikan ekosistem perairan tersebut.

Air limbah domestik yang berasal dari kamar mandi dan tempat pencucian sebagian besar dibuang ke dalam sistem keparitan yang bermuara di laut. Sebagian lagi membuangnya ke lahan-lahan terbuka terutama di pedesaan yang populasinya masih rendah dan halaman rumah yang luas. Sebagian lagi membuangnya ke dalam tanah melalui sumur-sumur resapan. Sedangkan untuk tinja (*black water*) sebagian besar ditempatkan di dalam septik tank yang dikuras secara rutin atau septik tank dengan sistem peresapan sehingga tidak perlu dikuras. Belakangan, dengan kemajuan teknologi pengolahan limbah cair dan semakin sempitnya lahan pembuangan air limbah domestik maka telah dikembangkan IPAL Komunal.

Di Dusun Sonopakis Kidul Desa Ngestiharjo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul, sebuah IPAL Komunal dibangun, atas usulan masyarakat RT 02 Dusun Sonopakis Kidul, oleh satuan kerja (Satker) Pengembangan Sistem Penyehatan Lingkungan Pemukiman (PSPLP) Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) pada tahun anggaran 2015. IPAL komunal setelah selesai dibangun, dikelola oleh sebuah Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) yang bernama KSM Sedyo Waras, untuk melayani kurang lebih 100 KK yang mengarahkan pembuangan air limbah domestiknya termasuk limbah tinja ke dalam IPAL Komunal ini. IPAL ini akan mengolah air limbah domestik sehingga aman untuk dilepaskan ke alam. Untuk menjamin dan menentukan air buangan dari IPAL ini aman bagi lingkungan maka pemerintah setempat telah menentukan nilai ambang baku mutu air limbah domestik.

Perda DIY nomor 7 tahun 2016 memiliki beberapa ambang baku mutu limbah cair dan salah satunya adalah untuk IPAL Komunal yaitu yang terdapat di dalam Lampiran I nomor 48 yang terdiri dari 9 parameter kualitas limbah cair setelah melalui proses pengolahan di dalam IPAL Komunal seperti di dalam Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Ambang Baku Mutu Limbah Cair IPAL Komunal Berdasarkan Perda DIY Nomor 7 Tahun 2013

Parameter	Unit	Ambang
BOD	mg/L	75
COD	mg/L	200
TDS	mg/L	2.000
TSS	mg/L	75
Minyak & Lemak	mg/L	10
Detergen	mg/L	5
Suhu	± °C	3
pH		6,0-9,0
Coliform	MPN/100 ml	10.000

Di dalam penelitian ini hanya 5 (lima) parameter yang diamati yaitu COD, BOD, TSS, pH, dan minyak & lemak.

Guna menjamin agar kinerja IPAL Komunal tercapai maka KSM Sedywa Waras melakukan perawatan secara rutin dan melakukan improvisasi IPAL Komunal dengan mengganti media inert di dalam IPAL, khususnya di dalam kompartemen anaerobik filter (AF) dengan botol plastik bekas kemasan air minum.

AF juga dikenal sebagai *fixed bed* atau *fixed film reactor*. Unit ini melakukan pengolahan untuk padatan yang tidak dapat diendapkan dan padatan yang terlarut. Identifikasi AF pertama kali dilakukan oleh Chian dan DeWalle (1977) yang mendefinisikan AF sebagai suatu struktur anaerobik tempat tumbuh mikroorganisme berupa lapisan (*film*) pada material atau bahan yang inert. Prinsip dari AF adalah melakukan pengolahan limbah cair secara biologis dengan memanfaatkan mikroorganisma anaerob untuk mendegradasi atau menguraikan senyawa atau bahan organik yang terdispersi atau terlarut di dalam air limbah. Song dan Young (1986) pertama kali menyatakan standar luas permukaan bahan inert di dalam AF adalah sebesar 100 m²/m³.

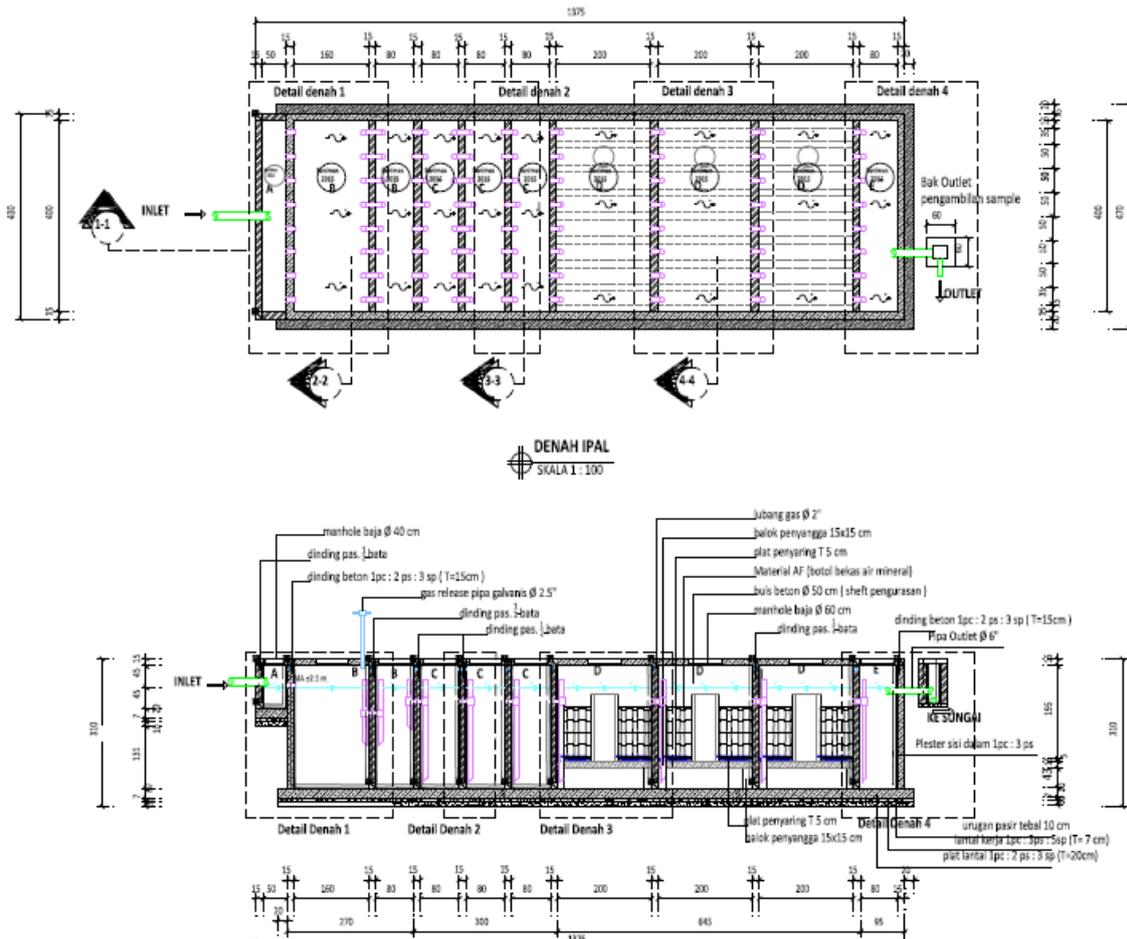
Sebagian masa mikroorganisma yang hidup di permukaan bahan inert tidak dapat berpindah secara aktif atau *immobile*, sehingga air buangan yang masuk ke dalam reaktor dapat kontak dengan masa bakteri tersebut secara intensif. Semakin besar permukaan untuk bakteri tersebut tumbuh, semakin cepat proses pencernaan oleh bakteri. Permukaan filter yang kasar menyediakan area yang lebih besar, setidaknya pada fase awal. Selanjutnya bakteri yang tumbuh akan membentuk film, di media filter akan menutup lubang-lubang yang kecil di media tersebut. Permukaan media filter yang halus menyebabkan bakteri tidak dapat menempel dan hidup pada media karena terlalu licin, maka permukaan yang kasar akan lebih baik digunakan sebagai media filter.

AF bisa dioperasikan sebagai sistem aliran ke bawah (*down flow*) ataupun aliran ke atas (*up flow*). Sistem aliran ke atas biasanya lebih disukai karena resiko bakteri yang masih aktif hanyut lebih sedikit. Di dalam penelitian ini, jenis AF yang digunakan adalah jenis aliran ke atas (Gambar 1). Di sisi lain, pembilasan filter untuk membersihkannya lebih mudah dengan sistem aliran ke bawah. Kombinasi ruang aliran ke atas (Maldonado et al., 2020) dan aliran ke bawah juga dimungkinkan (Basitere et al., 2020; Song & Young, 1986).

Pemanfaatan botol plastik bekas kemasan minuman di dalam botol dilakukan oleh KSM Sedy Waras untuk mengurangi limbah botol plastik yang banyak ditemukan di dusun dan untuk menekan biaya pembelian dan perawatan material AF IPAL karena material media AF ini relatif mahal (Nanayakkara et al., 2020). Seperti diketahui, jenis plastik dari botol plastik kemasan minuman adalah Polyethylene Terephthalate (PET) yang bisa didaur ulang dan merupakan bahan inert seperti yang diharapkan di dalam AF. Beberapa penelitian terhadap material media AF telah dilakukan untuk menekan biaya seperti misalnya penelitian Kaetzl et al. (2020) yang menggunakan arang (*biochar*), Widyaningrum (2020) yang menggunakan kerikil, pecahan batubata, arang, dan kombinasi dari ketiganya.

IPAL Komunal di Dusun Sonopakis mempunyai *retention time* sebesar kurang lebih 26 jam di kompartemen AF dan terdiri dari 8 (delapan) kompartemen (Gambar 1) yang tersusun dari bagian *inlet* ke bagian *outlet* adalah:

1. 1 (satu) kompartemen *settler*. Pada kompartemen ini limbah cair tercampur untuk meningkatkan homogenitasnya, mengalami proses pengolahan sederhana secara fisika dan biologi sebelum efluen-nya mengalir ke dalam kompartemen *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR).
2. 4 (empat) kompartemen ABR. Di dalam beberapa kompartemen ABR, proses dekomposisi secara anaerobik terjadi untuk menguraikan sebagian besar senyawa organik yang tersuspensi dan terlarut di dalam limbah cair (Seng et al., 2023).
3. 3 (tiga) kompartemen AF yaitu AF#1, AF#2, dan AF#3, sebagai kompartemen terakhir sebelum limbah cair yang telah diolah dilepaskan di alam. Masing-masing kompartemen berukuran 2 meter panjang, 4 meter lebar, dan mempunyai ruang basah setinggi 225 cm. Di dalam penelitian yang dilakukan oleh Seng et al. (2023), kombinasi ABR dan AF dengan waktu tinggal sekitar 48 jam secara signifikan dapat menyisahkan komponen organik dari air limbah.



Gambar 1. Gambar Teknik IPAL Komunal Dusun Sonopakis Kidul

BAHAN DAN METODE

IPAL Komunal yang dijadikan objek penelitian dibangun pada tahun 2015 yang berada di RT02, Dusun Sonopakis Kidul, Kalurahan Ngestiharjo, Kapenawon Kasihan, Kabupaten Bantul. Dari 8 (delapan) kompartemen IPAL Komunal hanya kompartemen AF, ada 3 (tiga) kompartemen yang dijadikan objek penelitian guna mengetahui efektivitas penggunaan botol plastik sebagai pengganti material AF. Efektivitasnya diukur dengan menghitung efisiensi penyisihan parameter-parameter yang telah ditentukan.

Material AF dibuat dari botol plastik PET bekas kemasan minuman air botol dengan volume 600 ml. Satu sel material AF terdiri dari 4 (empat) botol plastik dimana setiap botol dipotong bagian atas dan bagian bawahnya hingga tinggi botol plastik 20 cm. Satu botol plastik berfungsi sebagai wadah dan di dalamnya diisi 3 (tiga) botol plastik yang dipotong di dinding botolnya untuk dapat dilipat menjadi kecil dan dimasukkan ke dalam botol plastik wadah (Gambar 2).



Gambar 2. Sel Material AF yang Terbuat Dari 4 (empat) Botol Plastik Bekas Kemasan Air Minum dalam Botol 600 ml

Sel-sel AF dirangkai dengan menggunakan tali nilon, dijahit, menjadi satu unit AF dengan ukuran 2 m × 4 m (Gambar 3).



Gambar 3. Sel-sel AF Dijahit Membentuk Unit AF Berukuran 2 m × 4 m

Di dalam 1 (satu) kompartemen AF diisi oleh 5 (lima) unit AF yang disusun/ditumpuk ke atas, sebanyak 5 (lima) susun. Tumpukan ini tidak langsung diletakkan di lantai kompartemen AF tetapi diganjal setinggi 40 cm dari lantai kompartemen. Posisi tumpukan ini di dalam kompartemen berada di dalam ruang basah/tinggi kompartemen, 225 cm dimana tinggi tumpukan itu sendiri adalah 100 cm.

Bagian atau kompartemen AF inilah yang menjadi objek penelitian karena di dalam kompartemen inilah botol plastik pengganti media AF akan diuji di dalam peranannya mengolah air limbah cair domestik. Pengukuran kualitas air dengan cara sampling dilaksanakan di beberapa titik seperti di dalam Tabel 2 dengan frekuensi pagi jam 7:30 wib, siang jam 12:30 wib, dan sore jam 17:00 wib dengan alasan aktivitas bakteri yang kemungkinan berbeda pada jam-jam itu karena pengaruh lingkungan dan debit IPAL Komunal yang berbeda pada jam-jam itu sejalan dengan aktivitas keluarga pengguna IPAL Komunal.

Tabel 2. Kode dan Lokasi Titik Sample di Dalam IPAL Komunal

Kode	Penjelasan Lokasi Titik Sampling
I	Titik inlet IPAL Komunal
B	Outlet ABR 4 sebelum masuk ke Kompartemen AF#1
AF1	Outlet Kompartemen AF#1 yang masuk ke dalam Kompartemen AF#2
AF2	Outlet Kompartemen AF#2 yang masuk ke dalam Kompartemen AF#3
O	Titik outlet IPAL Komunal atau outlet Kompartemen AF#3

Air sampel yang diambil dikirim ke laboratorium untuk dianalisis parameter COD, BOD, TSS, dan minyak & lemak (Sholikhah et al., 2023). Untuk parameter pH dan suhu, pengukurannya dilaksanakan secara *in-situ*.

Tabel 3. Metode Analisis Parameter Air Limbah Domestik Pada IPAL Komunal Sonopakis

Parameter	Unit	Metode
COD	mg/l	SNI 6989.2:2009
BOD	mg/l	SNI 6989.72:2009
TSS	mg/l	SNI 06-6989.3:2004
M & L	mg/L	APHA 5520 D 2017

Efisiensi penyisihan kontaminan dihitung dengan menggunakan Rumus (1).

$$EP = \frac{K_{seb} - K_{ses}}{K_{seb}} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: EP = efisiensi penyisihan; K_{seb} = konsentrasi sebelum; K_{ses} = konsentrasi sesudah

Efisiensi penyisihan masing-masing parameter, kemudian, diklasifikasikan tingkatannya dengan menggunakan kriteria yang disusun oleh Susanti, Wardoyo, Ngadino, dan Rokhmalia (2020) (Tabel 4).

Tabel 4. Klasifikasi Efisiensi Penyisihan

Klasifikasi Penyisihan	Rentang Efisiensi
Sangat Efisien	> 80%
Efisien	60% - 80%
Cukup Efisien	40% - 60%
Kurang Efisien	20% - 40%
Tidak Efisien	≤ 20%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Botol plastik yang digunakan adalah bekas kemasan air minum di dalam botol dengan volume 600 ml. Untuk pembuatan AF di IPAL Komunal, digunakan sebanyak kurang lebih 600 kg atau setara dengan 48.000 botol plastik karena setiap kilogram botol plastik berisi 80 botol.

1. Kerapatan Media AF

Seluruh botol plastik digunakan di dalam penelitian ini. Botol plastik yang digunakan untuk mengganti media AF dipotong bagian atas, dimana tutup botol terdapat, dan bagian bawah hingga panjang atau tinggi botol mencapai 20 cm. Keliling botol bekas adalah 12 cm dan lekuk-lekuk botol plastik sebagai aksesoris botol diasumsikan sebesar

5% dari luas permukaan botol plastik. Dengan demikian maka luas permukaan botol plastik yang digunakan sebagai media AF adalah:

$$M_{AF} = (TB \times SB) \times \text{lekuk} \dots\dots\dots (2)$$

$$SB = Tb \times Kl \times 2 \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan: M_{AF} = Luas permukaan media AF; TB = total botol plastik; SB = luas permukaan sisi botol plastik; Tb = tinggi botol plastik; Kl = keliling botol plastik.

Dengan menggunakan Rumus (2) dan beberapa penjelasan botol plastik yang digunakan di atas maka didapatkan perhitungan:

$$M_{AF} = (48.000 \times (20 \times 12 \times 2)) \times 105\%$$

$$M_{AF} = 2.419 \text{ m}^2 \dots\dots\dots (4)$$

Seluruh botol plastik yang digunakan sebagai media AF ditempatkan di dalam 3 (tiga) kompartemen yang mempunyai volume yang sama yaitu sebesar:

$$V_{AF} = P \times L \times DB \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan: V_{AF} = volume AF; P = panjang kompartemen AF; L = lebar kompartemen AF; DB = daerah basah AF

$$V_{AF} = 2 \times 4 \times 2,25$$

$$V_{AF} = 18 \text{ m}^3 \dots\dots\dots (6)$$

Sehingga total luas dari ketiga kompartemen AF adalah $18 \text{ m}^3 \times 3$ kompartemen atau sebesar 54 m^3 .

Kerapatan media AF (K_{AF}) adalah perbandingan luas permukaan media AF (M_{AF}) terhadap volume total kompartemen AF (V_{AF}) (Rumus 7):

$$K_{AF} = \frac{M_{AF}}{V_{AF}} \dots\dots\dots (7)$$

$$K_{AF} = \frac{2.419 \text{ m}^2}{54 \text{ m}^3}$$

$$K_{AF} = 44,8 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \dots\dots\dots (8)$$

Kerapatan media AF di dalam penelitian ini lebih kecil daripada standar kerapatan yang diajukan oleh Song dan Young (1986) yaitu sebesar $100 \text{ m}^2/\text{m}^3$. Karena kerapatannya lebih rendah, maka dikhawatirkan akan mempunyai efisiensi penyisihan yang kurang maksimal.

Guna memaksimalkan proses penyisihan maka pengisian ruang kompartemen terutama ruang basahnya dan meningkatkan kerapatan AF maka dapat ditempuh 2 (dua) cara yaitu:

- Menambah tinggi tumpukan unit AF. Mengingat tinggi 5 (lima) unit AF botol plastik adalah 100 cm di dalam kompartemen maka dapat ditambah 4 (empat) unit AF lagi dengan ketinggian 80 cm, sehingga tinggi totalnya unit AF menjadi 180 cm dimana tinggi ini masih berada di dalam ruang basah.

Dengan penambahan ini maka ganjal di bagian bawah unit AF harus dikurangi karena jika tidak maka unit AF botol plastik hanya terendam 5 cm dan ini dapat mempengaruhi efektivitas proses anaerobik di dalamnya atau berpotensi terpapar di udara jika volume air limbah di dalam IPAL Komunal berkurang. Ganjal bawah dapat dikurangi menjadi 25 cm dengan demikian unit AF terendam 20 cm atau dikurangi menjadi 30 cm dan terendam 15 cm.

Celah bagian bawah unit AF harus dibuat lebih dalam atau tinggi daripada kedalaman air yang merendamnya untuk mengantisipasi terbentuknya material solid yang terdeposisi di bagian bawah kompartemen sebagai akibat proses dekomposisi bahan organik. Dengan cara ini maka kerapatan AF menjadi $44,8 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \times 180\% = 80,6 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$.

- Menambah botol plastik di dalam sel AF. Dari Rumus (4) sebanyak 48.000 botol plastik mempunyai luas 2.419 m² sehingga penambahan 1 (satu) botol plastik di dalam setiap 1 (satu) sel AF akan mengubah luas permukaan sel AF menjadi: $2.419 \text{ m}^2 \times 125\% = 3.024 \text{ m}^2$ sehingga kerapatannya di dalam kompartemen menjadi: $\frac{3.024 \text{ m}^2}{54 \text{ m}^3} = 56,0 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$.

Baik upaya pertama dan upaya kedua belum berhasil meningkatkan kerapatan media AF mencapai kerapatan standar AF yaitu sebesar $100 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$, namun jika kedua upaya itu dipadukan maka kerapatan AF menjadi sebesar: $80,6 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3} \times 125\% = 100,8 \frac{\text{m}^2}{\text{m}^3}$, dimana sudah memenuhi standar kerapatan AF.

2. Efisiensi Penyisihan

Tabel 2 menunjukkan ada 5 (lima) titik sampling atau pengambilan sampel, beserta penjelasan posisinya, untuk parameter pH, BOD, COD, TSS, minyak & lemak, dan temperatur. Hasil rata-rata parameter-parameter dari 3 (tiga) kali pengambilan atau ulangan yang mewakili tingkat aktivitas domestik sehari – hari adalah seperti di dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Kualitas Limbah Cair dari IPAL Komunal pada Beberapa Titik Pengambilan Sampel

Kode	pH	Δ_{pH}	BOD (mg/l)	Δ_{BOD}	COD (mg/l)	Δ_{COD}	TSS (mg/l)	Δ_{TSS}	M & L (mg/l)	$\Delta_{\text{M\&L}}$	Temp. (°C)	Δ_{Temp}
I	7,4	0,1	145,7	29,5	264,6	54,5	3319,7	2557,3	26,7	17,9	30,0	0
B	7,2	0,2	86,8	4,7	158,7	25,0	190,0	55,7	22,3	25,5	30,3	0
AF1	7,1	0,2	80,3	6,0	148,9	26,9	171,0	12,5	22,7	34,9	30,3	0
AF2	7,1	0,2	69,0	6,2	130,9	28,0	183,3	70,9	25,7	26,6	30,3	0
O	7,1	0,2	63,7	1,7	120,1	3,1	147,3	36,7	25,7	21,5	30,3	0
Std.	6,0-9,0		75		200		2000		10		$\pm 3^\circ\text{C}$ temp, sekitar	

Keterangan: M & L = minyak & lemak; Temp, = temperatur; Std. = standar baku mutu air limbah cair dari IPAL Komunal sesuai dengan Perda DIY nomor 7 tahun 2016

Secara umum dapat dilihat bahwa semua parameter, kecuali minyak & lemak, berhasil disisihkan sehingga memenuhi standar yang telah ditentukan di dalam Perda

DIY nomor 7 tahun 2016, IPAL Komunal Sonopakis secara konsisten menurunkan kontaminan dari inlet ke outlet kecuali minyak & lemak. Minyak & lemak konsentrasinya tidak stabil dari inlet hingga outlet dimana pada inlet sebesar 26,7 mg/l dan sempat mengalami penurunan di outlet ABR 4 yaitu sebesar 22,3 mg/l tetapi terus meningkat kembali ketika melalui kompartemen AF hingga mencapai 25,7 mg/l. Menilik standar deviasinya, ternyata variasi konsentrasi minyak & lemak cukup besar, terutama di siang hari, jam 12:30 wib, dimana pada titik I konsentrasinya sebesar 6 mg/l sementara pada jam 7:30 wib dan 17:00 WIB masing-masing sebesar 38 mg/l dan 36 mg/l. Kondisi input ini menjelaskan jika aktivitas produksi limbah cair domestik yang diolah oleh IPAL Komunal Sonopakis sangat berat di pagi dan sore hari karena pada saat-saat inilah aktivitas rumah tangga terjadi secara maksimal.

Tabel 6. Efisiensi Penyisihan Parameter Limbah Cair Domestik oleh IPAL Komunal Sonopakis

Efisiensi Penyisihan	pH	BOD	COD	TSS	M & L	Temp.
AF dalam IPAL Komunal	3,6%	56,3%	54,6%	95,6%	3,8%	-1,1%
Tingkat Efisiensi	Tidak efisien	Cukup efisien	Cukup efisien	Sangat efisien	Tidak efisien	Tidak efisien
Di dalam AF	0,9%	26,7%	24,3%	22,5%	-14,9%	0,0%

Keterangan: M & L = minyak & lemak; Temp. = temperatur

Dengan kerapatan media AF sebesar $44,8 \frac{m^2}{m^3}$ berhasil menyisihkan 3 (tiga) parameter utama dengan kriteria “cukup efisien” sampai “sangat efisien” dan membawa 2 (dua) parameter lainnya yaitu pH dan temperatur ke kondisi yang lebih baik yaitu mendekati pH normal dan lebih rendah temperaturnya. Dibandingkan dengan hasil penelitian Age *et al.* (2022) yang mengamati 3 (tiga) parameter: BOD, COD, dan minyak & lemak, seluruh parameter berhasil disisihkan. Khusus untuk parameter minyak & lemak, efisiensi penyisihannya mencapai 63,0% sementara di dalam penelitian ini hanya sebesar 3,8%. Penyisihan ini, dengan mengacu kepada kriteria yang ditentukan oleh Susanti *et al.* (2020) termasuk dalam kriteria “tidak efisien” (Tabel 6). IPAL Komunal di dalam penelitian Age *et al.* (2022) ini tidak membahas disain dan spesifikasi IPAL Komunalnya sehingga tidak bisa dibahas.

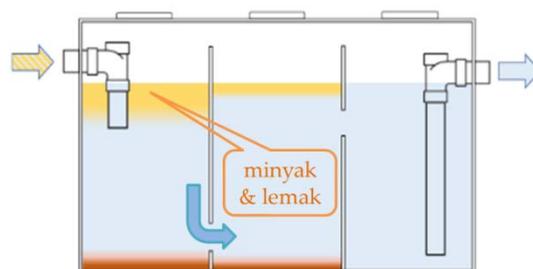
Efisiensi penyisihan minyak & lemak lebih baik dihasilkan dari penelitian Ekwanto dan Hamidun (2023) sebesar 98,1%. IPAL Komunal yang diteliti memiliki disain yang sama yaitu menggunakan ABR dan AF namun tidak secara detail menjelaskan kerapatannya dan berapa persen kandungan botol plastik yang digunakan di dalam kompartemen AF.

Dengan kerapatan media AF yang relatif rendah atau di bawah standar namun berhasil menyisihkan beberapa parameter penting tetapi tidak untuk parameter minyak & lemak, maka dengan meningkatkan kerapatan media AF diharapkan minyak & lemak juga dapat disisihkan. Hal ini sejalan dengan konsep media AF sebagai tempat hidup mikrobakteria yang mampu menguraikan atau mendegradasi ikatan lemak & minyak dimana semakin rapat media AF yang tersedia maka akan lebih banyak bakteri pengurai

yang hidup dan menguraikan minyak & lemak (Farhan, 2022). IPAL Komunal di dalam penelitian ini memiliki ABR dan AF namun berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aniriani, Putri, dan Nengseh (2022) terbukti bahwa bagian ABR tidak berperan di dalam penyisihan minyak & lemak, bahkan meningkatkannya hingga 19,1%. Penelitian yang dilakukan oleh (Farhan, 2022) menggunakan IPAL Komunal dengan hanya bagian AF saja dari bahan botol plastik sudah berhasil menyisihkan minyak & lemak di bawah standar kualitas air limbah cair IPAL Komunal yang telah ditentukan. Ini mengkonfirmasi bahwa penyisihan minyak & lemak hanya dilakukan di bagian AF, sementara parameter – parameter lainnya disisihkan oleh bagian ABR dan AF, tetapi di dalam penelitian ini di dalam kompartemen AF sendiri tidak terjadi penyisihan minyak & lemak tetapi justru terjadi peningkatan sebesar 14,9%. Hal ini diduga karena fluktuasi konsentrasi minyak & lemak yang memasuki kompartemen AF.

Upaya lain untuk menyisihkan minyak & lemak di dalam IPAL Komunal adalah dengan menambahkan bakteri-bakteri lipolitik seperti *Bacillus subtilis*, *B. velezensis* (Smoak, 2022), dan *Pseudomonas fluorescen* (Fidiastuti et al., 2020) di bagian AF sehingga dapat mengakselerasi penguraian minyak & lemak. Berdasarkan penelitian Irfani (2021) terhadap beberapa IPAL Komunal di seputaran Yogyakarta, jenis bakteri ini yang dominan adalah bakteri *Microthrix* dan bakteri kelompok *Methanobacteria*. Di dalam penelitian Fidiastuti et al. (2020) dicatat bahwa *B. subtilis* lebih baik daripada *P. fluorescen* yang mampu menyisihkan minyak & lemak hampir 100% namun membutuhkan waktu kontak sebesar 72 jam sampai 120 jam, dimana hal ini agak susah diterapkan di dalam IPAL Komunal Sonopakis yang hanya memiliki waktu tinggal sebesar 26 jam di kompartemen AF. Peningkatan waktu kontak di kompartemen hanya dapat dilaksanakan dengan menambah kompartemen AF yang baru dimana hal itu tidak bisa dilaksanakan, paling tidak di lokasi yang sama.

Penyisihan minyak & lemak dapat dilakukan di tahap awal atau di bagian hulu, sebelum masuk ke dalam sistem pengolahan IPAL Komunal air limbah domestik dialirkan ke dalam *grease trap* (Fadhila et al., 2024; Sholikhah et al., 2023) atau semacam struktur kolam dengan outlet di bagian bawah atau sistem perpipaan yang hanya mengalirkan air bagian bawah yang akan menahan minyak & lemak di permukaan air pada kolam itu (Gambar 4).



Sumber dan modifikasi: <https://mactrap.co.nz/which-grease-trap/>

Gambar 4. Disain Skematik Grease Trap

SIMPULAN

Kerapatan media AF dengan menggunakan botol plastik di IPAL Komunal Sonopakis lebih rendah daripada standar, sehingga menyebabkan penyisihan kontaminan utama di dalam limbah cair domestik hanya terklasifikasi “cukup efisien” saja bahkan untuk minyak & lemak “tidak efisien”. Dengan hasil ini maka penggunaan botol plastik kemasan minuman mineral berpotensi digunakan sebagai material AF sehingga dapat mengurangi pembuangan sampah plastik, lebih-lebih di dalam penelitian ini menunjukkan kebutuhan yang lebih banyak lagi botol plastik daripada yang direncanakan semula. Hanya parameter minyak & lemak yang belum bisa diolah oleh IPAL Komunal Soropakis untuk memenuhi standar olahan air limbah domestik sesuai dengan Perda DIY nomor 7 tahun 2016. Tingkat efisiensi penyisihan parameter yang diteliti untuk parameter pH adalah sebesar 3,6%, TSS 95,6%, BOD 56,3%, COD 54,6%, minyak & lemak 3,8%. Peningkatan densitas media AF dapat dilaksanakan melalui kombinasi penambahan unit AF di dalam kompartemen AF dan penambahan botol plastik di dalam setiap sel AF. Melalui kombinasi upaya-upaya ini maka densitas AF meningkat dari $44,8 \frac{m^2}{m^3}$ menjadi $100,8 \frac{m^2}{m^3}$ dimana telah memenuhi standar kerapatan media AF. Upaya peningkatan efisiensi penyisihan minyak & lemak dapat diupayakan dengan cara meningkatkan densitas AF karena ternyata ABR yang ada di dalam sistem IPAL Komunal diduga tidak mampu menyisahkan minyak & lemak, menambahkan bakteri lipofilik ke dalam IPAL Komunal, dan membangun *grease trap* di bagian hulu IPAL Komunal untuk menyisahkan sebagian besar minyak & lemak.

DAFTAR PUSTAKA

- Age, S. P., Suleman, R., & Ali, I. H. (2022). IPAL Komunal dalam Mengolah Limbah Rumah Tangga di Desa Dutohe Barat: Communal Wastewater Treatment in Household Waste Treatment in Dutohe Barat Village. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(1), 39-44.
- Aniriani, G. W., Putri, M. S. A., & Nengseh, T. (2022). Efektivitas Penambahan Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) Terhadap Kualitas Air Limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah Pondok Pesantren Mahasiswa Universitas Islam Lamongan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 67-74.
- Basitere, M., Njoya, M., Ntwampe, S., & Sheldon, M. (2020). Up-flow vs downflow anaerobic digester reactor configurations for treatment of fats-oil-grease laden poultry slaughterhouse wastewater: a review. *Water Practice & Technology*, 15(2), 248-260.
- Chian, E., & DeWalle, F. (1977). Treatment of high strength acidic wastewater with a completely mixed anaerobic filter. *Water Research*, 11(3), 295-304.
- Ekwanto, P. J., & Hamidun, M. S. (2023). Efisiensi Pengolahan Air Limbah Domestik pada IPAL Komunal Di Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal Teknik*, 21(1), 77-91.
- Fadhila, T. P., Ahmad, N. F., Ghazani, F. M., & Fadlullah, W. (2024). Proyek Desain Pengolahan Air Limbah Domestik Skala Kawasan pada Kecamatan Pameungpeuk Kabupaten Bandung. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 8281-8288.

- Farhan, A. (2022). *Evaluasi Kualitas Air Limbah Inlet dan Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Gampong Rukoh Kota Banda Aceh Sebagai Rekomendasi Sistem Pemeliharaan Berbasis Masyarakat*. UPT. Perpustakaan.
- Fidiastuti, H. R., Lathifah, A. S., Amin, M., & Utomo, Y. (2020). Isolasi dan karakterisasi bakteri indigen pengurai lemak pada limbah cair batik Tulungagung. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 6(1), 29-35.
- Irfani, M. R. A. N. (2021). Analisis Mikroba Dominan Pada Ipal Komunal Kabupaten Sleman.
- Kaetzl, K., Lübken, M., Nettmann, E., Krimmler, S., & Wichern, M. (2020). Slow sand filtration of raw wastewater using biochar as an alternative filtration media. *Scientific Reports*, 10(1), 1229.
- Maldonado Maldonado, J. I., Márquez Romance, A. M., Guevara Pérez, E., José Rey Lago, D., & Pérez Pacheco, S. A. (2020). Models for design of upflow anaerobic filters separated in two and three phases. *Journal of Environmental Engineering*, 146(3), 04020007.
- Nanayakkara, B., Dayanthi, W., Herath, H., Tharanga, K., & Kawamoto, K. (2020). Anaerobic filter treatment of landfill-leachate using low-cost filter materials. *Engineer: Journal of the Institution of Engineers, Sri Lanka*, 53(1).
- Peraturan Daerah Provinsi DIY nomor 7 tahun 2016 tentang Baku Mutu Limbah Cair.
- Seng, P., Bun, S., Chan, R., & Ham, P. (2023). *Optimize system configuration and operation condition of anaerobic baffled reactor (ABR) and anaerobic filter (AF) for treating domestic wastewater*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Sholikhah, I., Ridhosari, B., & Sofiyah, E. (2023). *Redesign of Communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) at RW 02 Duri Utara, Tambora District, West Jakarta*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Sustainable Engineering, Infrastructure and Development, ICO-SEID 2022, 23-24 November 2022, Jakarta, Indonesia.
- Smoak, L. C. (2022). Analysis and identification of lipolytic bacterial species for the degradation of wastewater lipids.
- Song, K.-H., & Young, J. C. (1986). Media Design Factors for Fixed-Bed Filters. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 58(2), 115-121. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/25042862>
- Susanti, A. R., Wardoyo, I. R. E., Ngadino, N., & Rokhmalia, F. (2020). Evaluasi Pengelolaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Puskesmas. *Jurnal Kesehatan*, 11(2), 204-214.
- Widyaningrum, H. (2020). Penurunan BOD, COD, Dan MLSS Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Fakultatif Anaerobic Horizontal Roughing Filter. UPN" Veteran" Jatim.