

EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK, KELURAHAN MERGOSONO KOTA MALANG

(Performance Evaluation of Domestic Wastewater Treatment Plant, Mergosono Village in Malang City)

Diva Tri Fena¹⁾, Evy Hendriarianti²⁾, Candra Dwiratna Wulandari³⁾

^{1,2,3)}Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi
Nasional Malang

Jalan Bendungan Sigura-Gura No.2, Sumbersari, Lowokwaru,
Kota Malang

Email:¹⁾claudiadiva60@gmail.com ²⁾hendriarianti@yahoo.com

³⁾candra_wulandari@lecturer.itn.ac.id

ABSTRAK : Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mergosono merupakan salah satu IPAL Komunal komunal yang berada di Kota Malang. Kualitas efluen IPAL Mergosono khususnya kandungan bahan organik seperti BOD dan COD masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Konsentrasi BOD efluen IPAL yakni sebesar 84,46 mg/L, sedangkan konsentrasi COD-nya sebesar 217,3 mg/L. Data tersebut menunjukkan kualitas efluen IPAL Komunal Mergosono masih melebihi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016. Perlu dilakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal Mergosono. Diharapkan dari hasil evaluasi kinerja IPAL Komunal ini dapat memberikan pertimbangan dalam upaya optimalisasi IPAL. Selanjutnya parameter desain seperti tingkat pembebanan organik, waktu tinggal, persen removal, dan beban hidraulik dalam reaktor dievaluasi kelayakannya dari studi literatur dan kriteria desain yang terkait. Metode sampling yang digunakan yaitu metode *grab sampling*. Metode pengujian COD mengacu pada SNI 6989.73:2019 dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri. Metode pengujian BOD menggunakan acuan SNI 6989.72:2009 dilakukan dengan menggunakan metode iodimetri (modifikasi azida). Hasil evaluasi menunjukkan kinerja yang sangat rendah. Dimana nilai *head loss* pada unit *bar screen* tidak sesuai kriteria desain. Tingkat penyisihan COD dan BOD pada unit *anaerobic filter* sebesar 65% dan 19,99% sedangkan pada unit aerasi berjenjang tingkat penyisihan COD dan BOD sebesar 41,6% dan 37,50%. Rendahnya kinerja IPAL disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya waktu tinggal hidraulik yang singkat, debit air limbah, kecepatan mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik, dan jumlah mikroorganisme. Upaya untuk meningkatkan kinerja IPAL dengan melakukan pemeliharaan IPAL dan meningkatkan waktu tinggal, tingkat pembebanan organik, dan tingkat pembebanan hidrolis.

Kata Kunci : *Evaluasi IPAL Domestik, Tingkat Penyisihan COD, BOD, Waktu Tinggal*

ABSTRACT : *The Mergosono Wastewater Treatment Plant (WWTP) is one of the communal Communal WWTP located in Malang City. The effluent quality of the Mergosono WWTP, especially the content of organic matter such as BOD and COD, still exceeds the predetermined quality standards. The concentration of BOD effluent IPAL is 84.46 mg / L, while the COD concentration is 217.3 mg / L. The data shows that the effluent quality of*

Mergosono Communal IPAL still exceeds the quality standard based on the Regulation of the Minister of Environment Number 68 of 2016. It is necessary to evaluate the performance of the Mergosono Communal WWTP. It is hoped that the results of the evaluation of the performance of this Communal WWTP can provide consideration in efforts to optimize the WWTP. Design parameters such as organic loading rate, residence time, percent removal, and hydraulic load in the reactor were evaluated for feasibility from literature studies and related design criteria. The sampling method used is the grab sampling method. The COD test method refers to SNI 6989.73:2019 carried out using the titrimetry method. The BOD test method using the reference SNI 6989.72:2009 was carried out using the iodimetry method (azide modification). The evaluation results showed very low performance. Where the head loss value on the bar screen unit does not match the design criteria. The elimination rate of COD and BOD in the anaerobic filter unit was 65% and 19.99% while in the tiered aeration unit the COD and BOD allowance rates were 41.6% and 37.50%. The low performance of WWTP is caused by several factors including short hydraulic residence time, wastewater discharge, the speed of microorganisms in decomposing organic matter, and the number of microorganisms. Efforts to improve WWTP performance by performing WWTP maintenance and increasing residence time, organic loading rate, and hydraulic loading rate.

Keywords : Domestic WWTP Performance, Level of removal for COD, BOD, Hydraulic Retention Time

PENDAHULUAN

Air limbah domestik menjadi polutan terbesar yang masuk ke perairan dan berkontribusi dalam meningkatkan pencemaran. Hal ini dikarenakan 60-80% dari air bersih yang digunakan akan dibuang ke lingkungan sebagai air limbah (Susanthi dkk, 2018). Oleh karena itu, setiap air limbah yang dihasilkan perlu dikelola secara tepat agar dapat menurunkan konsentrasi bahan pencemar yang terkandung di dalamnya. Hal ini dikarenakan ketika air limbah dialirkan ke badan air, tidak akan menimbulkan pencemaran pada badan air tersebut (Selintung dkk, 2015).

Mengatasi permasalahan diatas, Pemerintah Kota Malang telah mengambil kebijakan program kegiatan Sanitasi berbasis Masyarakat (SANIMAS). Program Sanimas hasil kolaborasi Kementerian PUPR dengan Kota Malang telah menghadirkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang memberikan akses sanitasi layak, salah satunya yaitu IPAL Komunal Mergosono.

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mergosono merupakan salah satu IPAL komunal yang berada di Kota Malang. IPAL komunal ini berlokasi di Kelurahan Mergosono, Kota Malang dengan kapasitas pelayanan yaitu 6000 Jiwa. Pengolahan di IPAL Mergosono terdiri dari unit *bar screen*, anaerobik filter dan aerasi berjenjang (*cascade aeration*) (Hendriarianti dan Sudiasa, 2012). Berdasarkan hasil pengujian laboratorium yang dilakukan oleh pihak pengelola IPAL pada bulan Agustus 2022, kualitas efluen IPAL Mergosono khususnya kandungan bahan organik seperti BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), masih melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan. Konsentrasi BOD efluen IPAL yakni sebesar 84,46 mg/L, sedangkan konsentrasi COD-nya sebesar 217,3 mg/L.

Data tersebut menunjukkan bahwa, kualitas efluen IPAL Komunal Mergosono masih melebihi standar baku mutu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016, yakni sebesar 30 mg/L untuk parameter BOD dan 100 mg/L untuk parameter COD. Efisiensi penyisihan BOD dan COD yang juga masih tergolong

rendah yaitu, 26,98% untuk BOD dan COD sebesar 27,27% apabila dibandingkan dengan kriteria desain unit pengolahan biologi berupa Anaerobik Filter, dimana efisiensi penurunan BOD sebesar 80-95% dan COD 80-90% (Hendriarianti dan Sudiasa, 2012). Efisiensi penyisihan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan unit pengolahan dalam menurunkan kandungan beban pencemaran (Quraini dkk, 2022).

Melihat permasalahan tersebut kualitas efluen IPAL Komunal Mergosono mengandung beban BOD dan COD yang masih melebihi standar baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal Mergosono. Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis kinerja dari IPAL Domestik Kelurahan Mergosono Kota Malang dan menentukan upaya peningkatan efektivitas kinerja dari IPAL. Diharapkan dari hasil evaluasi kinerja IPAL Komunal ini dapat memberikan pertimbangan dalam upaya optimalisasi IPAL, sehingga efluen yang dihasilkan dari IPAL Komunal Mergosono dapat memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di IPAL Komunal Mergosono. IPAL Komunal ini berlokasi di Jalan Kolonel Sugiono Gang III Kelurahan Mergosono, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Penelitian ini dilakukan kurang lebih selama 3 bulan dimulai dari bulan Oktober-Desember 2022. Penelitian ini diawali dengan penyusunan proposal, pengumpulan data sekunder, observasi, dan pengujian sampel air limbah.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil pengujian laboratorium sampel outlet air limbah dari IPAL, data debit air limbah, dan hasil wawancara dengan petugas pengelola IPAL. Data sekunder dari penelitian ini didapatkan dari literatur yang berkaitan, data desain IPAL yang didapatkan dari Dinas PUPR dan segala sesuatu yang berhubungan dengan penelitian ini. Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini terdapat beberapa cara, antara lain wawancara dokumentasi lokasi penelitian, penelitian di

lapangan secara langsung, serta analisis sampel air limbah yang dilakukan di laboratorium.

Pengambilan sampel dilakukan di outlet *bar screen*, *anaerobic filter*, dan aerasi berjenjang. Air limbah diambil pada jam puncak yaitu pukul 06.00-07.00 WIB. Metode sampling yang digunakan yaitu metode *grab sampling*. Metode *grab* merupakan teknik pengambilan sampel yang dilakukan satu kali dalam satu hari atau sesaat. Pengukuran debit dalam penelitian ini dilakukan secara manual menggunakan stopwatch dan wadah yang telah diketahui volumenya.

Debit air limbah dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$Q = \frac{V}{T}$$

Keterangan :

Q = Debit air limbah (m³/detik)

V = Volume wadah yang digunakan untuk menampung air limbah (m³)

T = Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi wadah hingga penuh (detik)

Metode pengujian COD mengacu pada SNI 6989.73:2019 dilakukan dengan menggunakan metode titrimetri. Analisis COD dimulai dengan memasukkan 2,5 ml sampel, lalu 1,5 ml larutan K₂Cr₂O₇ dan 3,5 H₂SO₄ ke dalam erlenmeyer. Setelah itu larutan dipanaskan selama 2 jam hingga berubah warna dari kuning menjadi hijau. Selanjutnya larutan didinginkan dan ditambahkan indikator ferroin sebanyak 2 tetes. Setelah larutan tercampur, larutan dititrasi menggunakan larutan FAS sampai larutan berubah warna menjadi cokelat kemerahan. Catat volume larutan FAS yang digunakan lalu COD dapat dihitung menggunakan rumus berikut ini.

$$COD \left(mg \frac{O_2}{l} \right) = \frac{(A - B) M \times 8000}{ml \text{ sampel}}$$

Keterangan :

A = adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk blanko, dinyatakan dalam mililiter (mL);

B = adalah volume larutan FAS yang dibutuhkan untuk contoh uji, dinyatakan dalam mililiter (mL);

M = adalah molaritas larutan FAS

8000 = adalah berat miliequivalent oksigen x 100 mL/L

Metode pengujian BOD menggunakan acuan SNI 6989.72:2009 dilakukan dengan menggunakan metode iodimetri (modifikasi azida). Cara kerja pengujian BOD dilakukan dengan mengisi botol winkler dengan sampel air hingga penuh. Selanjutnya sampel ditambahkan 2 ml larutan MnSO₄, dan 2 ml larutan alkali-iodida-azida (AIA). Kemudian botol ditutup, lalu dikocok dan didiamkan selama 10 menit. Setelah itu larutan dibuang sebanyak 100 ml menggunakan pipet volumetrik. Larutan selanjutnya ditambahkan 2 ml H₂SO₄ dikocok dan dipindahkan ke erlenmeyer sebanyak 50 ml. Setelah itu larutan ditambahkan 2 ml indikator amilum sampai timbul warna biru. Kemudian larutan dititrasi dengan tiosulfat sampai warna biru hilang. Catat volume titrasi yang digunakan. Pengujian BOD₅ dilakukan dengan cara yang sama tetapi setelah larutan ditambahkan dengan AIA larutan didiamkan selama 5 hari. Analisis data BOD dapat dilakukan dengan rumus berikut ini.

$$BOD_5 = \frac{(A_1 - A_2) - \left(\frac{B_1 - B_2}{V_B} \right) V_c}{P}$$

Keterangan :

BOD₅ = adalah nilai BOD₅ contoh uji (mg/L);

A1 = adalah kadar oksigen terlarut contoh uji sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

A2 = adalah kadar oksigen terlarut contoh uji setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

B1 = adalah kadar oksigen terlarut blanko sebelum inkubasi (0 hari) (mg/L);

B2 = adalah kadar oksigen terlarut blanko setelah inkubasi 5 hari (mg/L);

V_b = adalah volume suspensi mikroba (mL) dalam botol DO blanko;

V_c = adalah volume suspensi mikroba dalam botol contoh uji (mL);

P = adalah perbandingan volume contoh unit (V1) per volume total (V2).

Kemudian hasil pengukuran COD dan BOD dibandingkan dengan baku mutu yang digunakan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 68 Tahun 2016. Standar baku mutu tersebut dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Kadar maksimum (mg/l)
BOD	30
COD	100

Sumber : PerMen LHK No. 68 Tahun 2016

Ketika nilai efluen melebihi baku mutu yang telah ditetapkan pada tabel di atas maka selanjutnya dilakukan evaluasi kinerja IPAL. Evaluasi ini berupa perbandingan hasil kinerja dengan kriteria desain seharusnya pada setiap unit pengolahan. Hasil evaluasi ini nantinya berupa rekomendasi perbaikan ataupun tindakan teknis yang akan disarankan kepada pihak pengelola IPAL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Wilayah Penelitian

Kelurahan Mergosono merupakan salah satu kelurahan yang ada di kota Malang. Kelurahan Mergosono terletak di wilayah Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Wilayah Mergosono memiliki ketinggian 433 mdpl. Kelurahan Mergosono memiliki batas-batas administratif sebagai berikut:

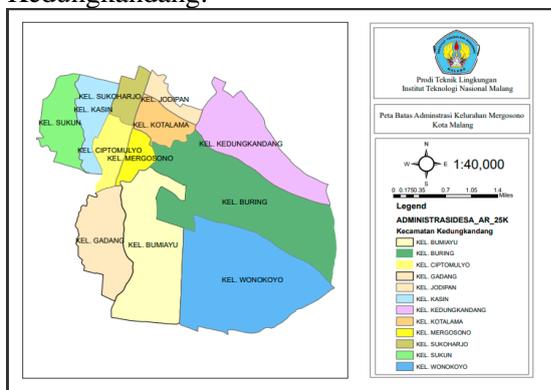
Sebelah utara : Kelurahan Kotalama

Sebelah timur : Kelurahan Bumiayu

Sebelah selatan : Kelurahan Gadang

Sebelah Barat : Kelurahan Ciptomulyo

Kelurahan Mergosono terdiri dari 6 RW dan 77 RT dengan jumlah penduduk pada tahun 2021 yaitu 19.990 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 35.696 Km². Kelurahan Mergosono merupakan kelurahan dengan jumlah penduduk tertinggi ke-6 dari 12 Kelurahan yang berada di Kecamatan Kedungkandang.



Gambar 4.1 Peta Administrasi Kelurahan Mergosono
(Sumber : Teknik Lingkungan ITN Malang,2022)

Gambaran Umum IPAL

Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal (IPAL) Mergosono merupakan salah satu bangunan pengolahan air limbah yang berada di Kota Malang. IPAL ini dibangun pada tahun 1999 atas bantuan dari Bank Dunia untuk Pemerintah Kota Malang dan mulai beroperasi pada tahun 2000. IPAL ini juga biasa dikenal dengan nama IPAL MSS (*Modular Sewerage System*) 6000.

IPAL Mergosono memiliki kapasitas pelayanan 6000 Jiwa dengan 3 wilayah pelayanan yaitu RW 02, RW 03, dan RW 04. Jumlah sambungan pipa saat ini yang masuk ke dalam IPAL yaitu 463 SR atau 1852 Jiwa. Jenis air limbah yang diolah pada IPAL ini yaitu *grey water* yang bersumber dari aktivitas domestik rumah warga seperti mandi, mencuci, dan memasak. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Mergosono terdiri dari 3 unit pengolahan yaitu *bar screen*, *Anaerobic filter*, dan Aerasi Berjenjang (*Cascade Aeration*). Hasil pengolahan dari IPAL Komunal ini akan dibuang secara langsung ke badan air yaitu aliran sungai brantas.

Sistem Pengolahan Air Limbah di IPAL Mergosono

Sistem yang digunakan pada IPAL Mergosono ini adalah *Upflow Anaerob Sludge Blanket* (UASB). Sistem UASB adalah salah satu sistem pengolahan yang termasuk dalam pengolahan secara anaerob. Hal ini dikarenakan, mikroorganisme yang berperan sebagai pengurai senyawa organik tidak membutuhkan oksigen bebas untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Filter disini dimaksudkan sebagai media tempat pertumbuhan bakteri pengurai. Pada media ini akan terjadi penguraian senyawa organik sehingga kandungan organik pada air limbah dapat terurai.

Hasil Perhitungan Debit

Dari hasil perhitungan debit menggunakan rumus diatas maka, didapatkan debit yang masuk pada setiap unit pengolahan IPAL. Hasil perhitungan debit dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Debit

Unit Pengolahan	Debit
Bar Screen	6,91 m ³ /hari
Anaerobic filter	80,87 m ³ /hari
Aerasi berjenjang	7,41 m ³ /hari

Sumber : Hasil Pengukuran Dan Perhitungan, 2022

Hasil Analisis COD dan BOD

Hasil analisis parameter COD dan BOD ini akan digunakan sebagai evaluasi dari kinerja unit IPAL Komunal Mergosono. Berikut hasil pengujian air limbah IPAL Komunal Mergosono untuk parameter COD dan BOD seperti pada tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4.5 Hasil Uji Laboratorium setiap Unit Pengolahan

Unit IPAL	Parameter (mg/L)	
	COD	BOD
Inlet bar screen	1612,8	260,27
Outlet bar screen	1523,2	213,33
Outlet anaerobic filter	537,6	170,67
Outlet Aerasi berjenjang	313,6	106,67
Baku Mutu	100	30

Sumber : Hasil Uji Laboratorium, 2022

Dari hasil perhitungan pada tabel di atas maka, dapat terlihat bahwa hasil uji laboratorium pada outlet IPAL untuk parameter COD dan BOD masih melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi kinerja dari setiap unit IPAL yang ada agar outlet dari IPAL Komunal ini dapat memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan.

Evaluasi Kinerja Unit IPAL dengan Kriteria Desain

• Evaluasi Unit Bar screen

Evaluasi unit bar screen ini dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan parameter kinerja setiap unit maka, selanjutnya hasil perhitungan dibandingkan dengan kriteria desain seperti pada tabel 4.8 di bawah ini. Evaluasi ini juga dilakukan nilai pendekatan untuk menggantikan profil desain atau blueprint yang data nya tidak didapatkan dari lokasi penelitian.

Tabel 4.8 Perbandingan Data Lapangan dengan Kriteria Desain Unit Bar Screen

Parameter	Simbol	Satuan	Kriteria Desain	Pendekatan	Hasil II	Ket
Kecepatan	Vbar	m/	0,6-1	0,8	0,8	Sesuai

an melalui bar screen	det					
Kemiringan dari horizontal	β	derajat	60-85	60	60	Sesuai
Spasce (jarak) batang	b	cm	1,0 - 5,0	4,0	4,0	Sesuai
Lebar batang	w	cm	0,8 - 1,0	1,0	1,0	Sesuai
Head Loss	hL	m	0,15	0,15	0,08	Tidak sesuai
Jumlah batang	n	Batang	Menyesuaikan lebar bar screen	19	10	Tidak sesuai

Sumber : Hasil Perhitungan Lapangan, 2022

Terlihat pada tabel jumlah batang pada unit bar screen tidak sesuai dengan kriteria desain yang seharusnya. Jumlah batang yang ada pada unit bar screen ini yaitu 10 batang sedangkan jumlah batang yang ada seharusnya 19 batang. Tidak sesuainya jumlah batang yang ada maka akan menyebabkan tidak tersaringnya padatan-padatan kasar yang terkandung di dalam air limbah. Menurut Rarasari dkk (2019) hal ini akan berdampak terdapat hasil pengolahan air limbah dikarenakan terdapatnya padatan-padatan yang masih ikut mengalir di dalam air limbah sehingga dapat menurunkan efisiensi pengolahan dan berdampak kualitas efluen IPAL. Jumlah batang pada unit bar screen ini juga akan mempengaruhi nilai head loss.

Head loss yang tidak sesuai dengan kriteria desain dikarenakan jumlah batang yang tidak sesuai dengan jumlah yang seharusnya. Nilai head loss dapat ditingkatkan dengan cara menambah jumlah batang pada unit bar screen. Penambahan jumlah batang pada unit bar screen juga akan berdampak terhadap hasil pengolahan air limbah dikarenakan padatan-padatan kasar akan tersaring secara sempurna. Pada unit bar screen ini tidak terjadi pengolahan bahan organik berupa BOD dan COD karena unit ini hanya fokus pada penyisihan partikel-partikel kasar yang terkandung pada air limbah.

• Evaluasi Unit Anaerobic Filter

Evaluasi unit anaerobic filter ini dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan parameter kinerja setiap unit maka, selanjutnya hasil perhitungan dibandingkan dengan kriteria desain seperti pada tabel 4.9 di bawah ini.

Evaluasi ini juga dilakukan nilai pendekatan untuk menggantikan profil desain atau *blueprint* yang data nya tidak didapatkan dari lokasi penelitian.

Tabel 4.9 Perbandingan Data Lapangan dengan Kriteria Desain Unit *Anaerobic Filter*

Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Pendekatan	Hasil Kinerja	Ket
Debit	m ³ /hari	1-200	177,8	80,87	Sesuai
Organic Loading Rate (OLR)	Kg COD/m ³ .hari	< 4-5	-	0,629	Sesuai
Efisiensi Penyisihan BOD	%	70-90	72	19,92	Tidak sesuai
COD Removal	%	60-95	65	65	Sesuai
Rasio COD/BOD	%	1,5 – 3,5	1,5	3,24	Sesuai
HRT	Jam	36-48	36	22,56	Tidak sesuai
Jarak plat penyaringan media	cm	50-60	60	60	Sesuai
Luas permukaan media filter	m ² /m ³	90-300	200	200	Sesuai
Kedalaman media filter	cm	90-150	135	135	Sesuai

Sumber: Hasil Perhitungan Lapangan, 2022

Berdasarkan data lapangan terlihat bahwa debit rata-rata air limbah yang masuk ke dalam unit *anaerobic filter* yaitu 80,87 m³/hari dengan kriteria desain sebesar 1-200 m³/hari. Hasil pengukuran lapangan didapatkan waktu tinggal air limbah (HRT) unit *anaerobic filter* yaitu 22,56 jam dengan kemampuan jumlah beban organik (COD) yang akan diolah sebesar 0,629 Kg COD/m³.hari. Persentase penyisihan BOD yang didapatkan sebesar 19,92% dan COD 65%. Namun pada nilai pendekatan menunjukkan bahwa seharusnya lama waktu tinggal (HRT) untuk unit *anaerobic filter* yaitu 36 jam dengan persentase penyisihan BOD sebesar 72% .

Hasil perhitungan BOD removal pada unit *anaerobic filter* didapatkan nilai BOD removal belum memenuhi kriteria desain. Nilai BOD removal dapat ditingkatkan menjadi 72 % jika nilai BOD yang diolah

pada unit ini sebesar 153,59 mg/L sehingga nilai BOD pada outlet menjadi 59,74 mg/L. Penyisihan nilai BOD yang diolah menjadi 153,59 mg/L ini dapat dilakukan jika HRT pada unit ini diperpanjang dari 22,56 jam menjadi 36 jam. Menurut Susanthi dkk (2018) tidak sesuai nilai BOD removal pada unit ini dipengaruhi oleh waktu tinggal air limbah dalam unit pengolahan. Semakin pendek waktu tinggal hidraulik maka akan semakin kecil penyisihan nilai BOD begitu juga sebaliknya, jika waktu tinggal hidraulik semakin panjang maka penyisihan nilai BOD akan semakin optimal. Hal ini dikarenakan jika waktu tinggal hidraulik semakin lama, kontak air limbah dengan bakteri juga semakin lama. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Anugroho dkk (2019), dengan waktu tinggal yang lebih lama maka kontak limbah dengan bakteri yang ada didalamnya akan semakin panjang sehingga mampu memberikan efisiensi penurunan konsentrasi pada kadar COD dan BOD.

Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hendrasarie dan Pratama (2021) bahwa dengan HRT selama 36 jam dapat menyisihkan konsentrasi BOD sebesar 81,15%. Sedangkan pada HRT 48 jam dapat menyisihkan konsentrasi BOD sebesar 97,87%. Dari hasil efisiensi penurunan tersebut dapat dilihat bahwa HRT sangat mempengaruhi penurunan konsentrasi BOD yang terkandung di dalam air limbah.

Debit air limbah juga mempengaruhi kemampuan kinerja suatu unit IPAL dalam menurunkan konsentrasi parameter BOD. Semakin besar debit air yang mengalir maka semakin besar pula efisiensi penyisihan nilai BOD yang terjadi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Samudro dkk (2012) dimana, penurunan maksimum nilai BOD terjadi pada debit 0,25 L/jam yang ditandai dengan nilai efluen lebih baik. Jika dibandingkan dengan dua reaktor lainnya yang memiliki debit 0,125 L/jam dan 0,168 L/jam. Debit air yang cukup tinggi memberikan kontak yang baik antara substrat dan biomassa sehingga, pencampuran antara biomassa dan substrat menjadi lebih homogen. Keuntungan lainnya yaitu proses degradasi limbah berlangsung lebih baik, hal ini dikarenakan produksi enzim yang meningkat. Enzim merupakan salah satu molekul yang mengandung protein yang menjadi katalis pada

reaksi biokimia.

Besarnya nilai BOD pada unit ini dipengaruhi oleh kecepatan mikroorganisme dalam menguraikan bahan organik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fachrurazi (2010) bahwa besarnya nilai BOD dipengaruhi oleh kecepatan aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik, jumlah dan keadaan mikroorganisme serta suplai oksigen terlarut dari udara. Rendahnya penyisihan BOD pada unit *anaerobic filter* ini juga disebabkan oleh media filter yang digunakan sudah lama tidak dilakukan perawatan atau pengurasan sehingga terdapat banyak endapan atau lumpur yang dapat berpengaruh terhadap kinerja bakteri pengurai di dalamnya. Tumpukan lumpur tersebut akan menyebabkan *clogging* pada pori-pori media filter sehingga proses degradasi air limbah akan terganggu.

Berdasarkan perhitungan waktu tinggal air limbah (HRT) pada unit *anaerobic filter* didapatkan bahwa, waktu tinggal air limbah (HRT) tidak sesuai dengan kriteria desain yang ada. Hasil perhitungan yang didapatkan untuk parameter HRT yaitu 22,56 jam, sedangkan HRT kriteria desain sebesar 36-48 jam. Menurut Indriani (2010) rendahnya waktu detensi dapat menyebabkan kurang optimalnya kontak antara sel biomass dengan zat organik sehingga tidak menutup kemungkinan menyebabkan lumpur dapat keluar dari reaktor bersama dengan effluen.

- *Evaluasi Unit Aerasi Berjenjang*

Evaluasi unit aerasi berjenjang dilakukan setelah mendapatkan hasil perhitungan parameter kinerja setiap unit maka, selanjutnya hasil perhitungan dibandingkan dengan kriteria desain seperti pada tabel 4.10 di bawah ini. Evaluasi ini juga dilakukan nilai pendekatan untuk menggantikan profil desain atau *blueprint* yang data nya tidak didapatkan dari lokasi penelitian.

Tabel 4.10 Perbandingan Data Lapangan dengan Kriteria Desain Unit Aerasi Berjenjang

Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Penyelesaian	Hasil Kinerjanya	Ket
Beban volume organik	Kg BOD /m ³ .h	5,0	5,0	0,00851	Tidak sesuai

Waktu tinggal (td)	hari	3-6	3	1	Tidak sesuai
Kedalaman, h	m	1-6	1	1,35	Sesuai
BOD removal	%	85-90	85	37,50	Tidak sesuai

Sumber : Hasil Perhitungan Lapangan, 2022

Pengolahan air limbah dengan aerasi berjenjang sebagai pengolahan air menggunakan teknologi absorpsi turbulen. Pada proses ini sejumlah oksigen dipindahkan ke dalam air limbah melalui proses transfer massa gas (udara) ke massa cairan (air limbah). Tabel di atas menunjukkan hasil perbandingan pengukuran lapangan dengan kriteria desain dan nilai pendekatan unit aerasi berjenjang. Pada tabel tersebut terdapat 3 parameter yang tidak sesuai dengan kriteria desain yang ada.

Beban volume organik atau *volumetric loading* didefinisikan sebagai banyaknya jumlah BOD yang diolah dalam volume tangki aerasi per hari. Menurut Saputra dkk (2016) kecilnya nilai beban volume organik dipengaruhi oleh ukuran dari unit aerasi. Beban organik yang tidak sebanding dengan volume unit aerasi menyebabkan penyisihan menjadi tidak berjalan secara optimal atau tidak efektif. Hal ini dapat diatasi dengan pengaturan rasio C:N:P pada unit ini. Jumlah mikroorganisme juga mempengaruhi nilai dari suatu beban volume organik yang diolah. Ketika jumlah zat organik yang akan diolah tidak sebanding dengan mikroorganisme yang ada di dalam tangki maka, nilai beban volume organik yang dapat diolah akan kecil. Maka hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal tersebut ialah dengan menambah mikroorganisme yang ada di dalam unit pengolahan agar jumlah zat organik yang akan diuraikan sebanding dengan jumlah mikroorganisme yang ada.

Mengacu pada kriteria desain unit aerasi berjenjang pada tabel 4.8 untuk parameter waktu detensi terlihat bahwa hasil dari pengukuran lapangan tidak sesuai dengan kriteria desain yang ada. Menurut Mirwan dkk (2010) waktu aerasi sangat berpengaruh terhadap efisiensi penurunan nilai BOD. Hal ini dikarenakan waktu aerasi yang lama akan meningkatkan suplai udara atau oksigen yang masuk ke dalam bak aerasi, sehingga dapat meningkatkan laju penguraian oleh populasi organisme yang tumbuh dengan baik. Sejalan

dengan penelitian yang dilakukan oleh Sarwono, dkk (2017) bahwa semakin lama waktu air limbah pada unit aerasi maka semakin baik. Pernyataan tersebut dibuktikan dengan hasil penelitian, dimana waktu tinggal 6 jam efisiensi penurunan BOD sebesar 82,5% sedangkan pada waktu tinggal 8 jam efisiensi penurunan BOD sebesar 91,3%. Hal ini disebabkan pada saat proses aerasi, waktu kontak antara air limbah dengan oksigen semakin lama, maka terjadi proses peningkatan kadar oksigen dalam air limbah. Hal ini dapat menurunkan angka kebutuhan oksigen biologis maupun kebutuhan oksigen kimiawi dalam air. Peningkatan waktu aerasi dapat dilakukan dengan cara memperluas permukaan aliran air limbah.

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan terlihat bahwa nilai BOD removal masih belum memenuhi kriteria desain. Nilai BOD removal pada unit ini dapat ditingkatkan menjadi 85 % jika, nilai BOD yang diolah sebesar 34 mg/L sehingga nilai BOD yang keluar dari unit ini sebesar 30 mg/L. Peningkatan nilai BOD removal pada unit dapat dilakukan dengan memperpanjang waktu detensi air limbah menjadi 3 hari. Rendahnya tingkat penyisihan bahan organik berupa BOD pada unit aerasi ini juga dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jumlah oksigen pada air limbah. Hal ini dikarenakan kandungan zat-zat organik dalam air limbah yang tinggi menyebabkan lebih banyak oksigen yang dibutuhkan untuk mendegradasi zat-zat organik tersebut. Menurut Hendriarianti dan Sudiasa (2012), terbatasnya udara yang masuk ke dalam air limbah pada unit aerasi berjenjang ini ditentukan dari kecepatan limpasan air (*nappe*) dan ketinggian air dalam bak (*tail water*). Salah satu cara untuk mengoptimalkan jumlah udara yang masuk ke dalam air yaitu dengan cara, ketinggian air dalam bak harus >2/3 ketinggian limpasan. Pada IPAL Komunal Mergosono ketinggian air dalam bak kurang dari 2/3 dari ketinggian limpasannya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja pada setiap unit IPAL Komunal Kelurahan Mergosono Kota Malang, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

Kinerja dari IPAL Komunal Mergosono Kota Malang masih belum efektif hal ini dikarenakan efluen air limbah masih melebihi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 68 Tahun 2016 yaitu 106,67 mg/L untuk BOD dan 313,6 mg/L untuk COD. Kinerja IPAL yang rendah disebabkan karena rendahnya waktu tinggal (HRT) yaitu sebesar 22,56 jam dan tingkat pembebanan organik (OLR) yaitu sebesar 0,161 Kg COD/m³ pada unit *anaerobic filter* dan 0,00851 kg BOD/m³.hari pada unit aerasi berjenjang.

Upaya untuk meningkatkan kinerja IPAL dengan melakukan peningkatan pada beberapa parameter sebagai berikut : Peningkatan nilai *head loss* dapat dilakukan dengan menambahkan jumlah batang sebanyak 9 batang pada unit *bar screen* agar sesuai dengan kriteria desain. Persen removal BOD dapat ditingkatkan menjadi 72% dengan memperpanjang waktu tinggal air limbah menjadi 36 jam, menambah jumlah mikroorganisme, serta penggantian media filter secara berkala untuk mencegah *clogging*. Beban volume organik pada unit aerasi dapat dioptimalkan dengan menambah jumlah mikroorganisme dengan perbandingan 1:1 dari jumlah zat organik yang diolah. Nilai BOD removal pada unit aerasi dapat ditingkatkan dengan cara ketinggian air dalam bak harus >2/3 ketinggian limpasan.

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis yaitu : Perlu dilakukannya analisis mikroorganisme untuk mengetahui jumlah dan kondisi mikroorganisme yang ada pada unit pengolahan *anaerobic filter*.

Perlu dilakukan perhitungan timbulan lumpur dan volume lumpur untuk mengetahui waktu pengurusan lumpur pada unit pengolahan mencegah terjadinya *clogging*.

Hasil perhitungan *head loss* sebaiknya mengacu pada Standar Internasional (SI) dengan satuan mm yang terdapat pada buku Metcalf and Eddy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak- pihak yang telah membantu peneliti dalam menyelesaikan penelitian ini. Terima kasih kepada Jurusan Teknik Lingkungan, Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Pihak IPLT Supit Urang, dan seluruh pihak

yang turut serta melancarkan dan membantu

DAFTAR PUSTAKA

- Anugroho, F., Sirrajudin, A. D., & Putri, D. K. (2019). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah MCK (IPAL-MCK) berbasis biofilm mikroalga skala rumah tangga. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(3), 21-27
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. SNI 6989.59:2008. Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah. Jakarta:BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. SNI 6989.72:2009: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (BOD). Jakarta:BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. 2019. SNI 6989.73:2019: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD) dengan refluks Tertutup Secara Titrimetri. Jakarta:BSN.
- Fachrurozi, M., Listiatie, B., Utami, D., Suryani, F., Kesehatan, M., Universitas, A., & Dahlan, Y. (2010). PENGARUH VARIASI BIOMASSA *Pistia stratiotes* L. TERHADAP PENURUNAN KADAR BOD, COD, DAN TSS LIMBAH CAIR TAHU DI DUSUN KLEROSLEMAN YOGYAKARTA.
- Hendrasarie, N., & Andhika, A. P. (2021). Efektivitas Penambahan Green Adsorbent Di Sequencing Batch Reactor Untuk Menurunkan Parameter Bod, Tss, Dan Warna Pada Limbah Industri Batik. *EnviroUS*, 2(1), 9-17.
- Hendriarianti, E., Sudiasa Nyoman, I. . (2012). Evaluasi Kinerja Ipal Komunal Mergosono Kota Malang *Performance Evaluation Of Mergosono Communal Wastewater Treatment Plant In Malang City*. Teknik Lingkungan ITN Malang, Teknik Sipil ITN Malang; Malang.
- Indriani, T., & Herumurti, W. (2010). Studi Efisiensi Paket Pengolahan Grey Water Model Kombinasi ABR-*Anaerobic filter*. *Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh November*. Surabaya.
- Mirwan, A., Wijaya, U., Ananda, A. R., & penelitian ini.
- Wahidayanti, N. (2010). Penurunan kadar BOD, COD, TSS, CO₂ air sungai Martapura menggunakan tangki aerasi bertingkat. *Kalimantan Scientiae No. 76 Oktober 2010*, 72-77.
- Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T). (2018). Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Direktorat Jenderal Cipta Karya . Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Putri, I. A. H. (2020). Efektivitas Pengolahan Limbah Cair Penyamakan Kulit Terhadap Kadar BOD, COD, DO, pH, Sulfida, dan Krom Dengan Metode Deep Aeration. *Journal of Agricultural and Biosystem Engineering Research*, 1(1), 35-45.
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Berbasis Masyarakat Kelurahan Masjid Samarinda Seberang. In *Teknik Lingkungan Universitas Mulawarman Journal of Environmental Technology* (Vol. 6, Issue 1).
- Rarasari, D. M. G., Restu, I. W., & Ernawati, N. M. (2019). Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Suwung-Denpasar, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 153-163.
- Rukmana, J. (2015). Aplikasi Teknologi Membran Untuk Desinfeksi Air. *Teknik Kimia*. Institut Teknologi Bandung; 1-10.
- Samudro, G., Syafrudin, S., & Yazid, F. R. (2012). Pengaruh Variasi Konsentrasi Dan Debit Pada Pengolahan Air Artifisial (Campuran Grey Water Dan Black Water) Menggunakan Reaktor Uasb. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 9(1), 31-40.
- Saputra, M., Hartati, E., & Halomoan, N. (2016). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Waduk Melati, Kota Jakarta Pusat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 22(2), 52-62.

- Sarwono, E., Azis, W. A., & Widarti, B. N. (2017). Pengaruh variasi waktu tinggal terhadap kadar bod, cod, dan tss pada pengolahan lindi tpa bukit pinang samarinda menggunakan sistem aerasi bertingkat dan sedimentasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2).
- Selintung, M., Putra Hatta, M., & Ikramuddin, A. (2015). Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Berbasis Masyarakat Di Kecamatan Rappocini Kota Makassar. Teknik Sipil. Universitas Hasanuddin; Makassar.
- Susanthi, D., Yanuar Purwanto, M. J., Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, P., Pascasarjana, S., & Pertanian Bogor, I. (2018). Evaluasi Pengolahan Air Limbah Domestik dengan IPAL Komunal di Kota Bogor. *Jurnal Teknologi Lingkungan* (Vol. 19, Issue 2).