

**Kajian Kinerja Sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal
(Studi Kasus: IPAL Komunal Kalisong, Kelurahan Sembung, Kecamatan Tulungagung,
Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur)**

Erlina Kurnianingtyas¹, Agus Prasetya², Ahmad Tawfiequrrahman Yuliansyah³

¹Magister Teknik Sistem, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

^{2,3}Departemen Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada

Surel: ¹erlinakurnia94@gmail.com, ²aguspras@ugm.ac.id, ³atawfieq@ugm.ac.id

ABSTRAK

IPAL Komunal Kalisong dibangun pada 2011 dengan menggabungkan sistem Anerobic Baffled Reactor (ABR) dan Anaerobic Filter (AF), namun belum dilakukan evaluasi kinerja IPAL Komunal. Pada operasional terdapat permasalahan seperti hasil efluent yang berwarna keruh dan masuknya limbah non domestik ke dalam instalasi IPAL. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efisiensi pengurangan BOD, COD, TSS pada IPAL Komunal, mengidentifikasi dan mengkaji faktor teknis dan sosial penyebab penurunan kinerja IPAL. Analisis data mencakup analisa kualitas efluent terhadap baku mutu, efisiensi unit pengolahan IPAL, dan kesesuaian bangunan dengan kriteria desain, sedangkan dari faktor sosial dilakukan wawancara kepada pengelola dan pengguna IPAL. Hasil kajian sosial menunjukkan pengelola dan pengguna IPAL belum melakukan pemeliharaan sesuai prosedur, sehingga berpengaruh terhadap performa IPAL. Pengguna IPAL mengalami penurunan dari 45 KK menjadi 21 KK, karena air limbah tidak mengalir. Debit air limbah 38,12 m³/hari, efluent yang dihasilkan dengan parameter pH 9,2, COD 180,99 mg/L dengan efisiensi 41,04 %, TSS 238,06 mg/L dengan efisiensi 71,55 %, dan BOD 87,09 mg/L dengan efisiensi 54,02 % yang belum sesuai dengan baku mutu. Nilai HRT eksisting dan HRT kriteria desain proses sedimentasi dan desain ABR masing-masing 8 jam serta 1,2-2 jam dan 22 jam serta > 8 jam. Pada AF nilai HRT eksisting dan kriteria desain yaitu 17 jam dan 24 – 48 jam. Penyebab IPAL Komunal tidak optimal adalah adanya limbah non domestik yang masuk, nilai HRT pada sedimentasi dan AF belum memenuhi kriteria desain dan kurangnya pemeliharaan oleh pengelola dan pengguna IPAL.

Kata kunci

IPAL Komunal,
Efisiensi,
Operasional,
Pemeliharaan

PENDAHULUAN

Masalah pencemaran air di perkotaan sudah menunjukkan gejala yang serius. Limbah permukiman dan limbah industri

adalah sumber utama dari pencemaran air. Pembuangan air limbah tanpa melalui proses pengolahan akan mengakibatkan terjadinya pencemaran lingkungan pada sumber-sumber

aliran air dan bakteri yang terdapat pada reaktor akan mengolah dan memakan bahan organik di dalam air limbah dan menghasilkan gas metan^[4].

Teknologi AF adalah pengolahan air limbah terlekat menggunakan biofilm yang bertujuan untuk menyisihkan padatan yang tidak dapat mengendap dan padatan terlarut^[5]. Konstruksi dari AF mirip dengan ABR, perbedaannya dalam bak AF diisi dengan media supaya mikroorganisme dapat melekat atau menempel pada permukaan media. Air limbah mengalir diantara media dan pada saat dialiri limbah mikroba akan menguraikan bahan organik terlarut dan organik yang terdispersi di dalam air limbah. Keunggulan dari AF lebih efisien dibandingkan dengan ABR, dapat menerima organik *loading* yang lebih tinggi, namun AF juga memiliki kelemahan yaitu bertambahnya biaya pembuatan karena adanya media, selain itu juga memiliki resiko terjadinya penyumbatan, karena terlalu banyaknya mikroba yang tumbuh dan melekat pada media.

Salah satu opsi mengatasi kekurangan-kekurangan tersebut adalah menggabungkan teknologi ABR dan AF. Setelah proses sedimentasi dilanjutkan proses ABR dan proses terakhirnya yaitu AF. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmad^[6] menggabungkan teknologi ABR dan AF dalam mengolah limbah domestik dapat lebih efisien dalam mengolah air limbah.

Selain dari aspek teknis, aspek peran serta masyarakat juga memegang peranan penting agar suatu program dapat berjalan dan berfungsi secara berkelanjutan. Termasuk dalam pengelolaan IPAL Komunal, peran aktif masyarakat sangat di butuhkan dalam operasi dan pemeliharaan supaya IPAL dapat berfungsi dengan baik. Penelitian yang dilakukan oleh Hidayat^[7] menghasilkan bahwa selain dari aspek teknis peran serta masyarakat dalam operasi dan pemeliharaan juga berpengaruh terhadap kinerja IPAL.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur, termometer, botol sampel, pH meter, dan *stopwatch*.

Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober sampai November 2019 di Kelurahan Sembung, Kabupaten Tulungagung. Langkah kerja penelitian meliputi:

1. Pengumpulan data sekunder berupa: detail engineering design, gambar teknik jaringan IPAL, dan data jumlah pengguna IPAL Komunal.
2. Pengumpulan data primer berupa: wawancara dengan pengelola dan pengguna IPAL Komunal, pengukuran debit, pengecekan kondisi eksisting IPAL Komunal, pengambilan sampel air limbah di inlet, sedimentasi, *Anaerobik Baffled Reactor (ABR)*, *Anaerobic Filter (AF)*, dan outlet. Pengambilan sampel dilakukan selama 3 minggu yaitu setiap hari Rabu dan Minggu, dengan interval waktu pukul 06.00, 12.00, dan 18.00, dengan cara grab sampling. Kualitas sampel air limbah diuji di laboratorium Dinas Lingkungan Hidup sesuai dengan parameter pada baku mutu air limbah Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 yaitu BOD, COD, TSS, suhu, dan pH.
3. Data kualitas air limbah yang diperoleh dari laboratorium kemudian dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013, dan untuk mengetahui kinerja unit IPAL dilakukan evaluasi terhadap kriteria desain

Analisis Data

Analisis data untuk evaluasi kinerja IPAL Komunal terdiri dari:

1. Analisa efisiensi

$$E = \frac{S_o - S}{S_o} \times 100\%$$

E = Efisiensi (%)

S_o = Influen air limbah (mg/L)

S = Efluen air limbah (mg/L)

2. Analisa nilai *Hydraulic Loading Rate (HRT)*

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

HRT = Hydraulic Retention Time

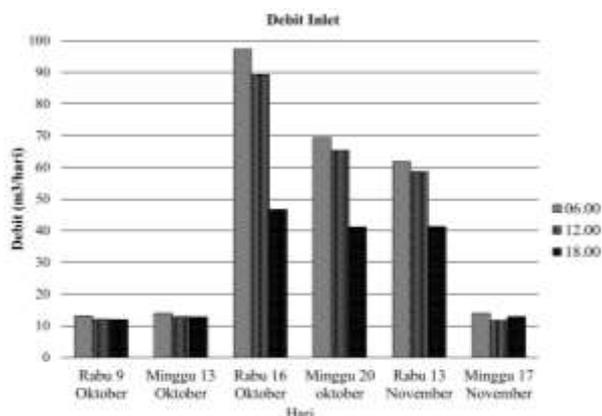
V = Volume (m³)

Q = Debit air limbah (m³/jam)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Debit Aliran

Debit yang masuk ke dalam IPAL Komunal berasal dari air limbah domestik yang bercampur dengan limbah non domestik dari *home* industri kerupuk kulit. Hasil pengukuran debit yang masuk kedalam IPAL dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengukuran debit air limbah IPAL Komunal Kalisong

Hasil dari pengukuran debit diperoleh nilai debit rata-rata 38,12 m³/hari. Debit puncak terjadi pada tanggal 16 Oktober pukul 06.00 dengan nilai 97,31 m³/hari, hal ini disebabkan adanya beberapa *home* industri kerupuk kulit yang beroperasi. Perencanaan IPAL Komunal digunakan untuk mengolah limbah domestik, dengan debit perencanaan yaitu 38 m³/hari, dengan kapasitas 75 KK.

Kualitas Air Limbah

Hasil pengujian kualitas air limbah dari laboratorium kemudian dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan atau Kegiatan Usaha Lainnya. Hasil pengujian IPAL Komunal dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji kualitas air limbah IPAL Komunal Kalisong

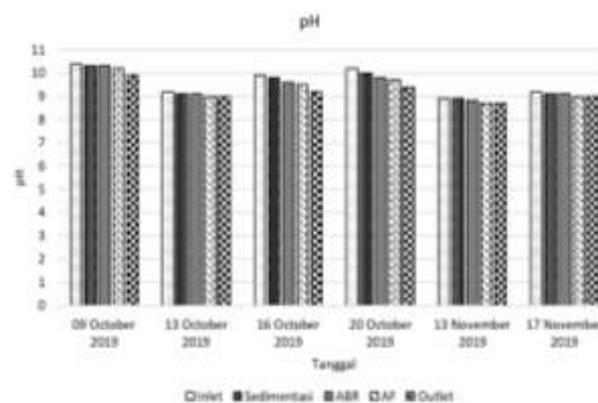
Parameter	Rata-rata Hasil Uji		Standar Baku Mutu
	Influen	Efluent	
Suhu	33	33	-
pH	9,6	9,2	6-9
COD (mg/L)	323,24	180,99	50
TSS (mg/L)	841,07	238,06	50
BOD (mg/L)	187,43	87,09	30

Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Oktober–November 2019 dengan interval waktu pukul 06.00, 12.00, dan 18.00. Tabel 1 menunjukkan efluent hasil pengolahan belum sesuai baku mutu, dikarenakan adanya air limbah dari kerupuk kulit yang masuk ke dalam IPAL komunal. Proses produksi kerupuk kulit yang menggunakan kapur dan bahan baku utama dari kerupuk kulit yaitu kulit sapi dan kulit kerbau yang banyak mengandung bahan organik. Perencanaan IPAL Komunal digunakan untuk mengolah limbah domestik, apabila ada limbah non-domestik yang masuk maka akan mempengaruhi proses pengolahan sehingga tidak optimal.

Hasil Pengujian Sampel

1. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan gambaran jumlah atau aktivitas ion hidrogen dalam perairan. Nilai pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Hasil pengukuran yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.



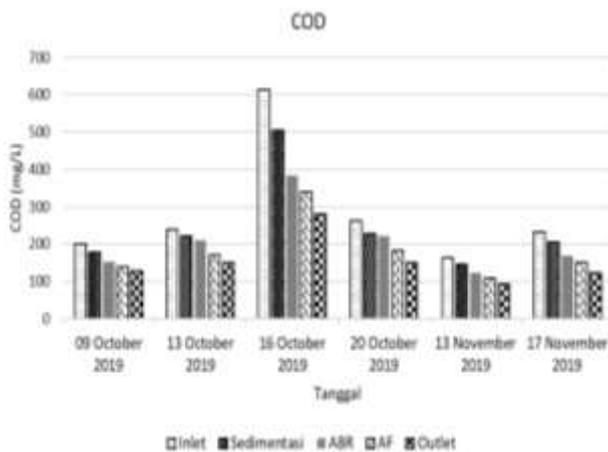
Gambar 3. Hasil pengukuran pH pada unit IPAL

Dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa air limbah yang masuk relatif basa, dikarenakan adanya campuran dari air limbah *home* industri kerupuk kulit yang menggunakan kapur untuk melenturkan dan mempermudah pencabutan bulu. Selain itu, air limbah yang masuk bersumber dari air cucian yang mengandung deterjen. Komposisi deterjen dan sabun adalah surfaktan dan bahan pembentuk (*builder*) yang mengikat ion magnesium, sehingga membuat air menjadi basa. Kondisi pH basa dapat mempengaruhi

proses pengolahan, karena IPAL Komunal menggunakan proses biologi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi polutan air limbah. Proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat pada kondisi pH netral^[8].

2. Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan untuk dekomposisi secara kimiawi. Hasil pengukuran parameter COD dapat dilihat pada Gambar 4.



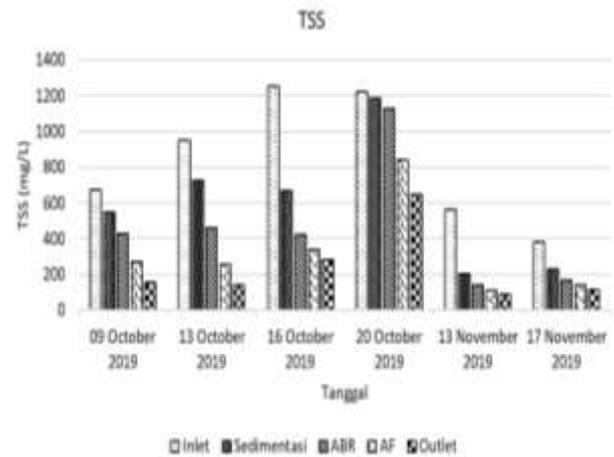
Gambar 4. Hasil pengukuran COD pada unit IPAL

Pada hasil pengujian sampel dengan parameter COD terjadi penurunan yang fluktuasi pada setiap prosesnya. Nilai COD tertinggi terjadi pada tanggal 16 Oktober dengan nilai 613,33 mg/L, disebabkan adanya aktivitas masyarakat seperti mencuci, mandi dan *home* industri kerupuk kulit yang sedang memproduksi. Bahan baku utama kerupuk kulit yaitu kulit sapi dan kerbau konsentrasi tinggi, sehingga mempengaruhi nilai COD. Efluen yang dihasilkan masih tinggi, ini disebabkan IPAL Komunal yang dirancang untuk mengolah air limbah domestik, selain itu juga pH dari air limbah yang basa dapat mempengaruhi dalam penurunan COD. Menurut Behind et al^[9] pH memberikan pengaruh 47,47 % dalam menurunkan COD.

3. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga

menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi^[10]. Hasil pengujian sampel parameter COD ditunjukkan pada Gambar 5.

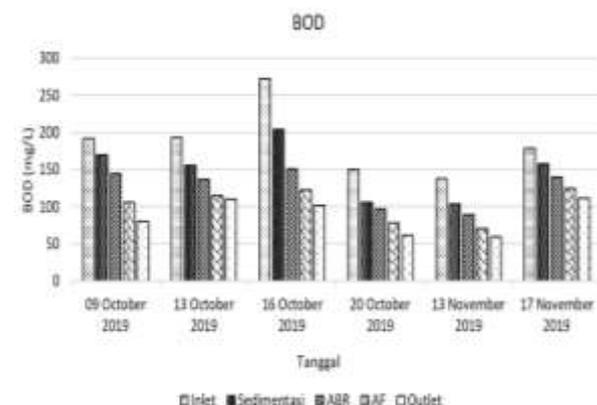


Gambar 5. pengukuran TSS pada unit IPAL

Pada Gambar 5 dapat dilihat, Nilai TSS tertinggi terjadi pada tanggal 16 Oktober dengan nilai 1252,1 mg/L. TSS yang ada pada air limbah berasal dari adanya aktivitas masyarakat dan aktivitas dari produksi dari home industri kerupuk kulit. Buangan dari sisa makan yang ikut terbawa masuk dapat menjadi bahan tersuspensi. Selain itu juga adanya tutup bak kontrol yang rusak, sehingga pasir ataupun liat dapat masuk juga mempengaruhi nilai TSS.

4. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) merupakan gambaran kadar bahan organik yang didefinisikan sebagai jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik^[8]. Hasil pengujian BOD dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pengukuran BOD pada unit IPAL

Pada Gambar 6 dapat dilihat nilai tertinggi untuk parameter BOD terjadi pada tanggal 16 Oktober yaitu sebesar 272,07 mg/L, dimana kegiatan masyarakat meningkat dan adanya produksi kerupuk kulit. Kerupuk kulit yang berbahan baku utama kulit sapi dan kerbau mengandung protein dan lemak. Protein dan lemak merupakan jenis dari bahan organik, apabila dalam air limbah kandungan bahan organik tinggi maka jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk mendegradasi bahan organik menjadi besar ini yang menyebabkan nilai BOD tinggi

Efisiensi Penyisihan

Efisiensi penyisihan pengolahan digunakan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan reaktor dalam menurunkan kandungan bahan pencemar yang masuk. Besar efisiensi penyisihan pengolahan pada setiap unit IPAL terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2. Efisiensi penyisihan pada unit IPAL Komunal

Parameter	Efisiensi Penyisihan (%)		
	Sedimentasi	ABR	AF
COD	11,95	11,50	13,02
TSS	30,67	25,59	25,88
BOD	20,82	15,40	21,17

Pada evaluasi IPAL Komunal didapatkan hasil efisiensi penyisihan untuk parameter COD, TSS, dan BOD di unit proses sedimentasi sebesar 11,95%, 30,67%, 20,82%. Berdasarkan kriteria desain dari Foxon et al^[11] dan Sasse^[12], efisiensi penyisihan sedimentasi untuk parameter TSS sebesar 50%-65% dan untuk parameter BOD 25%-40%. Pada unit ABR didapatkan efisiensi penyisihan untuk parameter COD, TSS, dan BOD sebesar 11,50%, 25,59%, dan 15,40%. Berdasarkan kriteria desain efisiensi penyisihan ABR parameter COD yaitu 65%-90% dan untuk parameter BOD yaitu 70%-95%^[12]. Perhitungan efisiensi untuk AF didapatkan untuk parameter COD, TSS, dan BOD sebesar 13,02%, 25,88%, dan 21,17%. Kriteria desain untuk efisiensi penyisihan AF parameter BOD 70%-90%^[12]. Pada penelitian IPAL Komunal Kalisong efisiensi penyisihan COD, TSS, dan BOD pada masing-masing unit pengolahan masih rendah dan belum

sesuai dengan kriteri desain. Hal ini dipengaruhi oleh beban organik yang diolah melebihi kriteria desain dan waktu tinggal air limbah (HRT)^[13]. Apabila beban organik terlalu kecil atau terlalu besar dapat mengakibatkan terganggunya proses pengolahan dalam IPAL Komunal, karena proses pengolahan yang memanfaatkan mikroorganisme yang sensitif terhadap perubahan dan mikroorganisme membutuhkan waktu untuk mendegradasi air limbah^[14].

Evaluasi Hydraulic Retention Time (HRT)

Hydraulic Retention Time (HRT) merupakan waktu yang di butuhkan untuk mikroorganisme untuk mendegradasi polutan pada air limbah. Hasil perbandingan antara HRT kriteria desain dengan eksisting dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan HRT kriteria desain dan eksisting

Unit Pengolahan	HRT (jam)	
	Kriteria Desain	HRT Eksisting
Sedimentasi	1,2 - 2	8,8
ABR	> 8	22
AF	24 - 48	17

Hasil dari perhitungan pada Tabel 3 didapatkan, HRT pada unit sedimentasi yaitu 8,8 jam sedangkan HRT berdasarkan kriteria desain yaitu 1,2 jam-2 jam, pada unit sedimentasi terjadi *over* desain sehingga dapat mempengaruhi kinerja pengolahan pada IPAL. Pada unit pengolahan AF didapatkan nilai HRT yaitu 17 jam, sedangkan HRT kriteria desain untuk AF sebesar 24 jam-48 jam. Pada unit AF debit air yang masuk lebih besar daripada volume bak AF, sehingga mempengaruhi mikroorganisme dalam reaktor tidak memiliki cukup waktu menguraikan beban pencemar yang ada pada air limbah^[4].

Kajian Operasi dan Pemeliharaan

Kelembagaan Sanitasi Lingkungan Berbasis Masyarakat (SLBM) berdasarkan tugas dan tanggung jawabnya dibagi menjadi 2 yaitu panitia pembangunan dan badan pengelola. Panitia pembangunan akan bertanggung jawab mulai dari persiapan sampai konstruksi selesai, sedangkan badan

pengelola akan bertanggung jawab pada pasca konstruksi untuk pengoperasian dan perawatan instalasi pengelola limbah

termasuk perpipaan. Berikut ini adalah hasil evaluasi operasi dan pemeliharaan dari pengelola, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil evaluasi operasi dan pemeliharaan dari pengelola

No	Pertanyaan	Jawaban		Keterangan
		Ya	Tidak	
A Teknis				
1	Pemeriksaan pada bak kontrol dan pembuangan lumpur atau sampah setiap 3 hari sekali		√	Pemeriksaan berkala dilakukan pada dua pertama pengoperasian dan pada tahun berikutnya hingga sekarang pemeriksaan hanya dilakukan apabila ada kendala.
2	Pengecekan dan perbaikan saluran perpipaan		√	Pengecekan belum pernah dilakukan
3	Setiap 2 minggu sekali membersihkan lumpur dan sampah pada setiap manhole		√	Pembersihan lumpur dan sampah hanya pernah dilakukan diawal operasional IPAL Komunal
4	Pengujian kualitas air limbah setiap 6 bulan sekali		√	Belum pernah dilakukan pengujian air limbah
5	Pengurusan IPAL dengan truk tinja selama 2 tahun sekali		√	Belum pernah dilakukan pengurusan IPAL
B Pendanaan				
1	Penarikan uang iuran pemeliharaan IPAL kepada masyarakatan pengguna IPAL		√	Pengelola akan menarik biaya apabila bila memang nantinya ditemukan masalah waktu operasional kegiatan.
C Pemberdayaan				
1	Penyuluhan warga pengguna terkait operasi pemeliharaan sarana IPAL	√		Penyuluhan dilakukan pada saat awal operasional IPAL saja.

Pada tabel 4 dapat dilihat bahwa dari pengelola IPAL belum menjalankan prosedur sesuai dengan pedoman operasi dan pemeliharaan yang ada. Hal ini dapat mempengaruhi performa dari IPAL Komunal dalam mengolah air limbah menjadi tidak optimal. Pembersihan lumpur dan sampah pada bak kontrol, manhole, dan pada setiap unit proses IPAL perlu dilakukan, pada manhole banyak endapan lumpur, sehingga terjadi pendangkalan. Pada unit proses IPAL banyak terdapat sampah-sampah plastik seperti kemasan shampo, dan bungkus detergen atau sabun yang ikut terbawa masuk ke IPAL yang dapat menyumbat saluran perpipaan. Terdapat *scum* pada proses sedimentasi dan ABR yang perlu dibersihkan secara periodik. Pada proses AF juga perlu

dilakukan *back wash* agar tidak terjadi penyumbatan.

Selain dari aspek teknis, dari aspek pendanaan dan penyuluhan juga belum dilakukan sesuai prosedur. Pemeliharaan oleh pengelola hanya berlangsung pada dua tahun pertama IPAL beroperasi, karena pada tahun berikutnya masyarakat banyak yang melepas sambungan rumahnya, dikarenakan outlet IPAL Komunal yang terletak dibawah muka air, sehingga pada saat air sungai naik maka air limbah tidak mengalir.

Selain dari sisi pengelola, peran serta dari pengguna IPAL juga berpengaruh terhadap keberhasilan dan keberlanjutan program ini. Hasil evaluasi operasi dan pemeliharaan oleh pengguna IPAL Komunal dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Evaluasi operasi dan pemeliharaan oleh pengguna IPAL

No	Pertanyaan	Persentase	Keterangan
A Teknis			
1	Tidak membuang limbah padat ke dalam closet	90,48 9,52 -	Tidak membuang Kadang-kadang membuang Setiap saat membuang
2	Tidak membuang sisa minyak pada saluran dapur	23,81 52,38 33,33	Tidak membuang Kadang-kadang membuang Setiap saat membuang
3	Tidak membuang bahan kimia ke dalam jaringan IPAL	47,62	Tidak membuang
4	tidak menanam pohon di dekat jaringan pipa IPAL	52,38 -	Kadang-kadang membuang Setiap saat membuang
5	Memberi saringan pada saluran pembuangan air limbah	100 -	Tidak menanam Menanam
6	Memeriksa dan membersihkan bak kontrol 3 hari sekali	80,95 19,05	Ya Tidak
7	Membuang kotoran dari bak penangkap lemak 3 hari sekali	9,52 61,9 28,57	Kurang dari 3 hari sekali 3 sampai 7 hari sekali Tidak pernah
		14,28	Ya
		85,71	Tidak
B Pendanaan			
1	Membayar uang iuran pemeliharaan IPAL rutin setiap satu bulan sekali	- 100	Ya Tidak
C Pemberdayaan			
1	Mengikuti kegiatan penyuluhan operasi dan pemeliharaan saran IPAL	85,71 14,28	Ya Tidak

Hasil dari evaluasi yang telah dilakukan pada Tabel 5, ditinjau dari segi teknis masih banyak masyarakat pengguna yang belum melakukan prosedur pemeliharaan dengan benar, dari aspek pendanaan masyarakat pengguna tidak membayar iuran, karena pengelola tidak menarik iuran rutin. Untuk aspek pemberdayaan, masyarakat pengguna sebanyak 85,71% telah mengikuti kegiatan sosialisasi tentang operasi dan pemeliharaan yang dilakukan pada tahap awal pengoperasian IPAL Komunal. Berdasarkan evaluasi tersebut, kurangnya kesadaran dari masyarakat pengguna IPAL dalam operasi dan pemeliharaan dapat mempengaruhi kinerja dari IPAL Komunal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi pada IPAL Komunal dapat ditarik kesimpulan bahwa adanya limbah non domestik yang masuk ke dalam IPAL, dilihat dari debit air limbah yang masuk dan kandungan bahan pencemar dalam parameter BOD, COD, dan TSS yang tinggi. Evaluasi dari aspek teknis untuk efisiensi penyisihan BOD, COD, dan TSS pada setiap proses sedimentasi, ABR, dan AF belum memenuhi kriteria desain. Nilai HRT untuk proses sedimentasi masih melebihi kriteria desain yang dianjurkan yaitu 1,2 – 2 jam, untuk nilai HRT ABR sudah memenuhi kriteria desain yaitu > 8 jam, dan nilai HRT AF kurang dari kriteria desain yang ada. Hasil efluen parameter BOD, COD, dan TSS belum sesuai dengan baku mutu dalam Peraturan

Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Dari aspek operasi dan pemeliharaan pengelola dan pengguna IPAL belum melakukan sesuai dengan prosedur yang ada, sehingga dapat mempengaruhi kinerja dari IPAL.

REFERENSI

- [1] Bodkhe, S. Y., 2009, A Modified Anaerobic Baffled Reactor For Municipal Wastewater Treatment, *Journal of Environmental Management*, 90(8), 2488-2493.
- [2] Bachman, A., Beard, V., McCarty, P., 1985, Performance characteristics of the Anaerobic Baffled Reactor, *Water Res.*, 19(1). 99-106.
- [3] Manariotis, I. D., Grigoropoulos, S. G., 2002, Low strength wastewater treatment using an Anaerobic Baffled Reactor, *Water Environmental Research*. 74(2), 170-176.
- [4] Wang, J., Huang, Y., Zhao, X., 2004, Performance and characteristic of an Anaerobic Baffled Reactor, *Bioresource Technology*, 93(2). 205-208.
- [5] Morel, A., Diener, S., 2006, *Greywater management in low and middle-income countries, review of different treatment systems for households or neighbourhoods*, Swiss Federal Institute of Aquatic Science (EAWAG), Department of Water and Sanitation in Developing Countries (SANDEC).
- [6] Ahmad, Y. E., 2015, Kajian kinerja IPAL komunal dan peran serta masyarakat pada pembangunan IPAL SANIMAS USRI, *Tesis*, Universitas Gadjah Mada.
- [7] Hidayat, P., 2016, Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal sistem DEWATS (Desentralized Wastewater Treatment in Developing Countries), *Tesis*, Universitas Gadjah Mada.
- [8] Effendi, H., 2003, *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta, Penerbit Kanisius.
- [9] Behin, J., Akbari, A., Mahmoudi, M., Khajeh, M., 2017, Sodium Hypochlorite As An Alternative To Hydrogen Peroxide In Fenton Process For Industrial Scale, *Water Research*, 121, 120–128.
- [10] Bilotta, G. S., Brazier, R. E., 2008, Understanding The Influence Of Suspended Solids On Water Quality And Aquatic Biota, *Water Research*, 42, 2849-2861.
- [11] Foxon, et al, 2004, The anaerobic Baffled Reactor (ABR): an appropriate technology for on-site sanitation, 30(5).
- [12] Sasse, L., 1998, *Decentralized Waste Water Treatment in Developing Countries*, DEWATS, BORDA.
- [13] Pitoyo, E., Evy, H., Nieke, K., 2017, Evaluasi IPAL Komunal pada Kelurahan Tlogomas, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malnang, *Jurnal Purifikasi*, 17(1).
- [14] Thanwised, P., Wirojanagud, W., Reungsang, A., 2012, *Effect Retention Time on Hydrogen Production and Chemical Oxygen Demand from Tapioca Wastewater using Anaerobic Mixed Cultures in Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*, *International Journal of Hydrogen Energy*, 37(20), 15503-15510.