

ANALISIS EVALUASI KINERJA DAN PROSES INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) RUMAH SAKIT

Bunga Cinta Kasih¹⁾, Syahrul Romadon¹⁾, Firra Rosariawari¹⁾*

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

*e-mail: firra.tl@upnjatim.ac.id

Abstrak

Air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit memiliki karakteristik tertentu yang membedakan dengan air limbah dari usaha atau kegiatan manusia yang lain. Pengelolaan limbah rumah sakit perlu dilakukan dan dipantau secara menyeluruh. Peran instalasi sanitasi dalam rumah sakit sangat dibutuhkan. Limbah cair yang dihasilkan di RSUD Haji Provinsi Jawa Timur diolah menggunakan IPAL dengan pengolahan secara biologi, fisika, dan kimia. Demi menjaga kualitas IPAL agar mampu bekerja secara maksimal, diperlukan evaluasi secara berkala terhadap seluruh kegiatan baik petugas operasional maupun unit dan sistem peralatan mekanis yang digunakan. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur secara keseluruhan mulai dari kinerja unit IPAL dan hasil air limbah yang diolah. Penelitian dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam menganalisis sistem pengolahan air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur. Evaluasi yang dianalisis dilakukan secara bertahap, mulai dari input dan output air limbah hingga unit dan proses pengolahan serta maintenance IPAL. Diperoleh hasil bahwa sistem pengolahan air limbah yang digunakan oleh RSUD Haji Provinsi Jawa Timur termasuk ke dalam sistem yang lengkap. Unit yang digunakan berupa biofilter aerob, sedimentasi, rapid sand filtration, dan advanced disinfection menggunakan gas ozon. Kinerja unit IPAL dikatakan baik karena mampu mereduksi parameter pencemar hingga batas aman untuk dibuang ke badan air. Perhitungan penyisihan rata-rata parameter TSS sebesar 92,9%, BOD sebesar 77,2%, COD sebesar 36,1%, amonia (NH₃-N) sebesar 25%, dan fosfat sebesar 44%. Evaluasi pengelolaan IPAL dikatakan baik karena petugas mampu melaksanakan tanggungjawabnya mengawasi dan mengelola IPAL, baik sistem jaringan perpipaan air limbah hingga unit pengolahan utama.

Kata kunci: biofilter aerob, evaluasi IPAL, kinerja IPAL, rumah sakit

Abstract

Wastewater produced by hospitals has specific characteristics that distinguish it from wastewater from other human businesses or activities. Hospital waste management needs to be carried out and monitored thoroughly. The role of sanitation installations in hospitals is required, one of which is to overcome pollution. The liquid waste produced at the Hajj Regional Hospital in East Java Province was processed using WWTP with biological, physical, and chemical processing. To maintain the quality of the WWTP to work optimally, it is necessary to evaluate all activities periodically, both operational officers and units and systems of mechanical equipment used. This study was conducted to evaluate the WWTP of Hajj Hospital, East Java Province as a whole, starting from the unit performance and the results of treated wastewater. The research was conducted with qualitative and quantitative approaches in analyzing treatment system of Hajj Hospital, East Java Province. The evaluation was carried out in stages, starting from the inputs and outputs of wastewater to units and processes of treatment and maintenance of WWTP. The results showed that the wastewater treatment system used by the Hajj Regional Hospital of East Java Province was part of a comprehensive system. The units used were aerobic biofilters, sedimentation, rapid sand filtration, and advanced ozone gas disinfection. The performance of the WWTP unit was good because it can reduce the parameters of pollutants to a safe limit to be discharged into water bodies. The removal efficiencies of TSS parameters was 92.9%, BOD was 77.2%, COD was 36.1%, ammonia (NH₃-N) was 25%, and phosphate was 44%. WWTP management good because officers can supervise and manage WWTP, from wastewater piping network systems to main treatment units.

Keywords: aerobic biofilter, evaluation of WWTP, hospital, WWTP performance

1. PENDAHULUAN

Rumah sakit merupakan salah satu fasilitas pelayanan publik dalam sektor kesehatan yang utama dan penting dalam setiap wilayah. Selama berjalannya kegiatan, rumah sakit akan menghasilkan limbah baik limbah cair, padat, maupun gas (Anggraini *et al.*, 2014). Air limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit memiliki karakteristik tertentu yang membedakan dengan air limbah dari usaha atau kegiatan manusia yang lain. Rumah sakit mampu menghasilkan limbah dalam jumlah besar sesuai dengan kapasitas pelayanan maksimal yang mampu ditampung (Goni *et al.*, 2021). Limbah yang tidak dapat diolah, akan diserahkan kepada pihak ketiga untuk selanjutnya dikelola dan diolah menggunakan peralatan maupun unit yang sesuai. Sedangkan limbah yang dapat diolah akan diproses terlebih dahulu sebelum dibuang, salah satunya adalah limbah cair dari kegiatan di rumah sakit (Febrianti *et al.*, 2021).

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1204/Menkes/SK/X/2004, limbah cair rumah sakit adalah semua air buangan termasuk tinja (*black water* dan *grey water*) yang berasal dari kegiatan rumah sakit, baik yang mengandung bahan kimia beracun, mikroorganisme, hingga zat radioaktif yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan (Mulyati & Narhadi, 2014). Pengelolaan limbah rumah sakit perlu dilakukan dan dipantau secara menyeluruh. Peran instalasi sanitasi dalam rumah sakit dibutuhkan untuk mengelola kebersihan, tata ruang dan estetika, serta penanggulangan pencemaran termasuk di dalamnya pengolahan limbah (Anggraini *et al.*, 2014). Diperlukan pengolahan air limbah yang baik agar kualitasnya memenuhi baku mutu yang diprasyarkan sebelum dapat dibuang ke badan air. Air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur diolah menggunakan IPAL dengan mekanisme pengolahan secara biologi, fisika, dan kimia. Pengolahan dimulai dari bak ekualisasi, biofilter aerobik, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Sistem pengolahan dapat dikatakan lengkap dan baik jika mampu mereduksi parameter pencemar hingga memenuhi baku mutu sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya (Metcalf & Eddy *et al.*, 2007).

Air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur berasal dari 7 gedung baik unit pelayanan kesehatan maupun unit operasional. Instalasi yang terdapat di dalamnya adalah instalasi radiologi, patologi klinik, patologi anatomi, poliklinik, apotek, IGD, ICU, ICCU, endoskopi, hemodialisis, gizi, CSSD, unit rawat inap, rawat jalan, dan instalasi operasional lainnya. Sistem penyaluran air limbah didesain dengan sistem komunal, dengan setiap gedung memiliki bak pantau atau bak kolektor masing-masing sebelum dipompa menuju IPAL. Kompleksnya sistem

penyaluran air limbah yang digunakan memerlukan perawatan dan pengawasan rutin agar semua unit berjalan lancar dan tidak menimbulkan masalah maupun pencemaran (Maliga *et al.*, 2022).

Pada kegiatan operasional IPAL, diperlukan pengelolaan, perawatan, serta pengawasan terhadap setiap proses pengolahannya. Selain itu, kegiatan operasional IPAL membutuhkan biaya meliputi biaya operasional maupun perbaikan alat-alat mekanis (Susanti *et al.*, 2020). Demi menjaga kualitas IPAL agar mampu bekerja secara maksimal, diperlukan evaluasi secara berkala terhadap seluruh kegiatan baik petugas operasional maupun unit dan sistem peralatan mekanis yang digunakan (Lumunon *et al.*, 2021). Evaluasi dinilai penting karena dapat mengetahui secara rinci kondisi IPAL setelah digunakan dalam waktu yang lama sehingga kerusakan besar baik dari unit pengolahan dapat diantisipasi dan hasil air limbah yang diolah dapat terjaga kualitasnya. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengevaluasi IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur secara keseluruhan mulai dari kinerja unit IPAL dan hasil air limbah yang diolah.

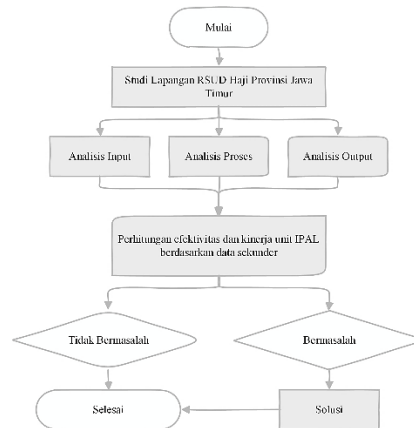
2. METODE

Penelitian dilakukan dengan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam menganalisis sistem pengolahan air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur. Pengumpulan data dilakukan pada bulan September hingga November 2022. Objek dalam penelitian adalah sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), sistem penyaluran air buangan, hingga SDM pengelola RSUD Haji Provinsi Jawa Timur. Evaluasi yang akan dianalisis dalam penelitian dilakukan secara bertahap dimulai dari input dan output air limbah hingga unit dan proses pengolahan dan maintenance IPAL.

Analisis evaluasi IPAL mengacu pada analisis efisiensi kinerja IPAL melalui persentase penyisihan parameter pencemar. Analisis efisiensi kinerja IPAL dinilai mampu menggambarkan beban unit pengolahan dan juga adanya permasalahan yang terjadi (Harmayani, 2021). Data yang digunakan dalam penelitian diperoleh melalui observasi kondisi eksisting dan analisis data sekunder berupa hasil parameter input dan output air limbah, data debit rata-rata bulanan, serta data sarana dan prasarana.

Dilakukan juga evaluasi pengelolaan IPAL secara observasi dan wawancara kepada 8 petugas pengelolaan IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur. Pertanyaan tersebut, meliputi proses pemeliharaan dan perawatan IPAL, desain IPAL yang digunakan, pemantauan dan

pengukuran kinerja IPAL, kesesuaian mutu limbah dengan baku mutu, dan rencana untuk mengatasi masalah atau kerusakan pada IPAL. Data disajikan secara deskriptif sehingga diharapkan mampu menggambarkan kondisi pengelolaan IPAL yang dilakukan. Korelasi kedua hasil observasi akan digabungkan serta dianalisis korelasinya dalam pengelolaan jangka panjang. Adapun skema penelitian yang dilaksanakan dapat dilihat pada Gambar 1.

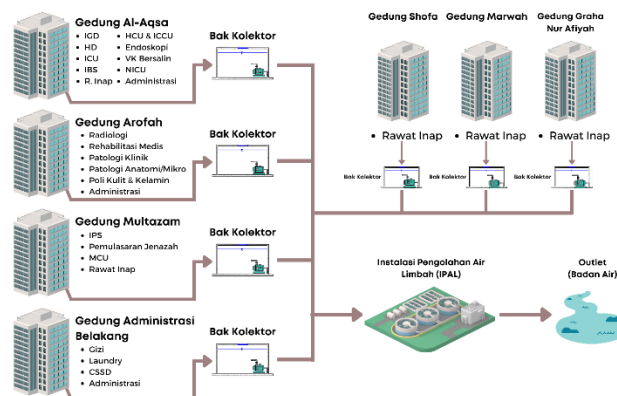


Gambar 1. Alur Pelaksanaan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses Pengolahan Air Limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur

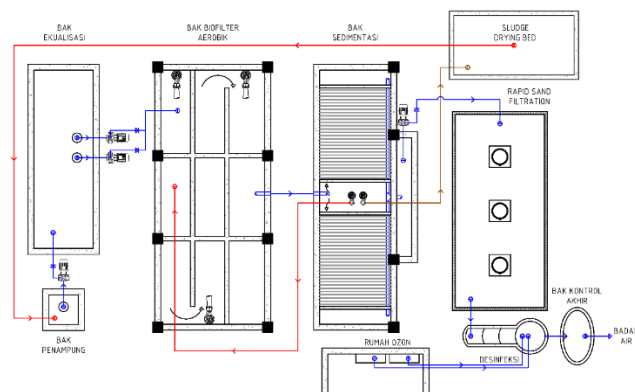
Proses pengolahan limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur menggunakan sistem terpadu dengan menggabungkan antara pengolahan biologi, fisika, dan kimia untuk menurunkan parameter pencemar. Sistem penyaluran air limbah menggunakan sistem komunal. Air limbah yang berasal dari setiap gedung ditampung pada bak kolektor terlebih dahulu sebelum dipompa masuk ke dalam IPAL (Gambar 2). Penggunaan sistem tersebut dilakukan untuk mengantisipasi adanya gangguan maupun benda-benda yang mampu menyumbat sistem perpipaan air limbah.



Gambar 2. Skema Penyaluran Air Limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur

Pengolahan air limbah pada IPAL dimulai dari bak ekualisasi yang berfungsi dalam menstabilkan parameter pencemar serta debit air limbah yang masuk sehingga meminimalisasi terjadinya shock loading pada pengolahan biologis (Ayu & Pangesti, 2021). Pengolahan dilanjutkan menggunakan unit biologis berupa biofilter aerobik dengan media sarang tawon. Kebutuhan udara unit biofilter disuplai dengan jet aerator pump 3 unit dengan kapasitas masing-masing pompa sebesar 70 m³/jam. Total udara yang disuplai sebesar 210 m³/jam yang berada terpisah pada masing-masing sekat biofilter. Penempatan pompa aerator dapat dikatakan baik karena mampu menyuplai udara secara cukup dengan merata pada seluruh tahapan pengolahan biologis.

Unit selanjutnya adalah pengolahan secara fisika berupa unit sedimentasi yang dilengkapi plate settler yang bertujuan untuk mengendapkan sisa biomassa dan TSS pada air limbah. Terdapat sistem resirkulasi lumpur pada unit sedimentasi dan biofilter aerobik yang bertujuan untuk menstabilkan siklus hidup mikroorganisme yang terdapat pada media biofilter sehingga jumlah mikroorganisme terjaga. Penambahan sistem resirkulasi dinilai mampu meningkatkan efisiensi IPAL dan juga mengurangi beban mikroorganisme dalam mengurai pencemar (Huda *et al.*, 2021). Air limbah yang telah melalui unit sedimentasi akan melewati tahap pengolahan fisika terakhir yaitu filtrasi. Media yang digunakan adalah antrasit, pasir, garnet, dan arang aktif. Pengolahan ini dinilai mampu menjernihkan fisik air dan menghilangkan bau sisa pengolahan. Unit terakhir yang digunakan dalam pengolahan air limbah setelah filtrasi adalah unit desinfeksi. RSUD Haji Provinsi Jawa Timur menggunakan sistem advanced disinfection menggunakan gas ozon (O₃) sebagai oksidator kuat dalam proses desinfeksi air limbah sehingga diharapkan diperoleh hasil maksimal. Air yang telah diolah sempurna akan mengalir menuju kolam indikator/kolam kontrol sehingga dapat dilihat pengaruhnya secara langsung terhadap makhluk hidup sebelum dibuang di badan air.



Gambar 3. Skema IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur

Tabel 1. Inventarisasi IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur

No	Jenis Unit	Jumlah	Dimensi	
			Panjang	Lebar
1	Bak Penampung	1	1.4 m	1.4 m
2	Bak Ekualisasi	1	6.4 m	2.4 m
3	Bak Biofilter Aerobik	1	8.95 m	3.8 m
4	Bak Sedimentasi (<i>Plate Settler</i>)	2	3.275 m	2.7 m
5	<i>Sludge Drying Bed</i>	1	4.35 m	2.3 m
6	<i>Rapid Sand Filtration</i>	1	6.7 m	3.2 m
7	Bak Kontrol	1	Diameter 0.8 m	

3.2 Perhitungan Efisiensi dan Kinerja IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur

Perhitungan efisiensi merupakan perhitungan besarnya penyisihan beban pencemar yang mampu diolah oleh IPAL dan dinyatakan dalam persentase. Perhitungan efisiensi dihitung melalui rumus:

$$Efisiensi = \frac{\text{Besar parameter inlet} - \text{Besar parameter outlet}}{\text{Besar parameter inlet}} \times 100\% \quad (1)$$

Data pengukuran parameter diperoleh dari data sekunder. Pengujian kualitas outlet air limbah dilakukan selama satu bulan sekali sedangkan inlet air limbah diuji setiap tiga bulan sekali. Baku mutu air limbah mengacu pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 dengan parameter uji diantaranya adalah suhu, TSS, pH, BOD5, COD, amonia (NH₃-N) bebas, fosfat, dan total koliform.

Perlu diketahui bahwa kapasitas maksimal IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan surat keputusan Menteri kesehatan nomor 1003/Menkes/SK/X/2008, RSUD Haji Provinsi Jawa Timur merupakan RSU tipe B pendidikan dengan jumlah tempat tidur hingga saat ini mencapai 293 buah dan jumlah pegawai baik tetap maupun non tetap mencapai 1294. Maka perhitungan debit air limbah maksimal yang mampu ditampung adalah sebagai berikut.

Asumsi kebutuhan air bersih tiap tempat tidur = 450 liter/tempat tidur/hari

Asumsi kebutuhan air bersih tiap pegawai = 50 liter/hari

Jumlah pemakaian air bersih maksimal dalam liter/hari:

$$\begin{aligned} \text{Pasien} &= \text{Jumlah bed} \times \text{pemakaian/pasien} \\ &= 293 \text{ bed} \times 450 \text{ liter/hari} \\ &= 131.850 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pegawai} &= \text{Jumlah pegawai} \times \text{pemakaian/hari} \\ &= 1294 \text{ pegawai} \times 50 \text{ liter/hari} \\ &= 64.700 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah pemakaian air bersih} = 196.550 \text{ liter/hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah produksi maksimal IPAL/hari} &= \text{Jumlah pemakaian air bersih} \times 80\% \\ &= 196.550 \text{ liter} \times 80\% \\ &= 157.240 \text{ liter per hari} \\ &= 157,24 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Kapasitas maksimum IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur yaitu 200 m³/hari sehingga perhitungan volume jumlah produksi maksimal telah sesuai/memenuhi. Berdasarkan hasil data pemeriksaan laboratorium pihak ketiga, diketahui bahwa seluruh parameter pencemar berada di bawah ambang batas baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013.

Tabel 2. Hasil Pengujian Inlet IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur Agustus 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian
A. Parameter Fisika					
1	Suhu	°C	30	28,4	SNI 06-6989-23-2005
2	TSS	mg/L	30	25,64	SNI 6989.3-2019
B. Parameter Kimia					
3	Ph	-	6-9	7,13	SNI 6989.11-2019
4	BOD	mg/L	30	20,20	SNI 6989.72-2019
5	COD	mg/L	80	64,66	SNI 6989.2-2019
6	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	0,1	0,04	SNI 06-6989.30-2005
7	Fosfat	mg/L	2	1,68	SNI 06-6989.31-2005
C. Parameter Mikrobiologi					
8	Total Koliform	MPN/100ml	10.000	>11.000	SNI 06-4158-1996

Sumber: Hasil Laboratorium (2022)

Tabel 3. Hasil Pengujian Outlet IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur Agustus 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian
A. Parameter Fisika					
1	Suhu	°C	30	28,1	SNI 06-6989-23-2005
2	TSS	mg/L	30	< 1,83	SNI 6989.3-2019
B. Parameter Kimia					
3	Ph	-	6-9	7,04	SNI 6989.11-2019
4	BOD	mg/L	30	4,60	SNI 6989.72-2019
5	COD	mg/L	80	< 41.34	SNI 6989.2-2019
6	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	0,1	< 0,03	SNI 06-6989.30-2005
7	Fosfat	mg/L	2	0,94	SNI 06-6989.31-2005
C. Parameter Mikrobiologi					
8	Total Koliform	MPN/100ml	10.000	2300	SNI 06-4158-1996

Sumber: Hasil Laboratorium (2022)

Tabel 4. Hasil Pengujian Outlet IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur September 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian
A. Parameter Fisika					
1	Suhu	°C	30	30,6	SNI 06-6989-23-2005
2	TSS	mg/L	30	4,28	SNI 6989.3-2019
B. Parameter Kimia					
3	Ph	-	6-9	7,63	SNI 6989.11-2019
4	BOD	mg/L	30	20,5	SNI 6989.72-2019
5	COD	mg/L	80	44,1	SNI 6989.2-2019
6	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	0,1	0,09	SNI 06-6989.30-2005
7	Fosfat	mg/L	2	1,57	SNI 06-6989.31-2005
C. Parameter Mikrobiologi					
8	Total Koliform	MPN/100ml	10.000	2800	SNI 06-4158-1996

Sumber: Hasil Laboratorium (2022)

Tabel 5. Hasil Pengujian Outlet IPAL RSUD Haji Provinsi Jawa Timur Oktober 2022

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil Pemeriksaan	Metode Pengujian
A. Parameter Fisika					
1	Suhu	°C	30	29,5	SNI 06-6989-23-2005
2	TSS	mg/L	30	1	SNI 6989.3-2019
B. Parameter Kimia					
3	Ph	-	6-9	7,86	SNI 6989.11-2019
4	BOD	mg/L	30	10,5	SNI 6989.72-2019
5	COD	mg/L	80	14,4	SNI 6989.2-2019
6	Amonia (NH ₃ -N)	mg/L	0,1	<0,004	SNI 06-6989.30-2005
7	Fosfat	mg/L	2	1,49	SNI 06-6989.31-2005
C. Parameter Mikrobiologi					
8	Total Koliform	MPN/100ml	10.000	4300	SNI 06-4158-1996

Sumber: Hasil Laboratorium (2022)

Berdasarkan data di atas, maka dapat dihitung efisiensi pengolahan air limbah pada IPAL. Data yang dapat dihitung adalah data bulan Agustus 2022. Hasil pemeriksaan laboratorium bulan Agustus dibandingkan dengan bulan September dan Oktober 2022.

Tabel 6. Perhitungan Efisiensi Penyisihan Parameter Pencemar IPAL

Parameter	Influen	Efluen	Efisiensi Penyisihan
Suhu	28,64°C	28.1	-
TSS	25,64 mg/L	1.83	92.9%
Ph	7,13	7.04	-
BOD	20,20 mg/L	4.6	77.2%
COD	64,66 mg/L	41.34	36.1%
Amonia (NH ₃ -N)	0,04 mg/L	0.03	25%
Fosfat	1,68 mg/L	0.94	44%
Total Koliform	> 11.000 MPN/100	2300	79.1%

Sumber: Hasil Laboratorium (2022)

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh efisiensi penyisihan pada bulan Agustus 2022 dengan parameter TSS sebesar 92,9%, BOD sebesar 77,2%, COD sebesar 36,1%, amonia sebesar (NH₃-N) sebesar 25%, dan fosfat sebesar 44%. Hasil pengukuran setiap bulannya bersifat fluktuatif bergantung pada jumlah beban pencemar pada inlet IPAL. Pada hasil pemeriksaan juga diperoleh bahwa persen penyisihan terbesar adalah TSS dan terkecil adalah amonia (NH₃-N). Parameter amonia dan fosfat merupakan parameter yang mendekati batas baku mutu pada bulan September 2022. Hal tersebut dapat menjadi pertimbangan untuk memperbaiki sistem resirkulasi bakteri maupun melakukan penambahan bakteri untuk unit biofilter aerobik sehingga pengolahan dapat maksimal (Cahyaningrum *et al.*, 2020). Hasil analisis sistem pengolahan air limbah RSUD Haji Provinsi Jawa Timur dapat dikatakan baik dan memenuhi seluruh persyaratan sesuai dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 .

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan, diperoleh beberapa kesimpulan bahwa sistem pengolahan air limbah yang digunakan oleh RSUD Haji Provinsi Jawa Timur termasuk ke dalam sistem yang lengkap, terdiri atas 3 jenis pengolahan yaitu secara biologis, fisika, dan kimia. Unit yang digunakan berupa biofilter aerobik, sedimentasi, filtrasi (*rapid sand filtration*), dan *advanced disinfection* menggunakan gas O₃ (ozon). Keseluruhan kinerja unit IPAL dapat dikatakan baik karena mampu mereduksi parameter pencemar hingga batas aman untuk dibuang ke badan air. Perhitungan penyisihan rata-rata parameter TSS sebesar 92,9%, BOD sebesar 77,2%, COD sebesar 36,1%, amonia (NH₃-N) sebesar 25%, dan fosfat sebesar 44%.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, S., Asmadi, Trisnawati, E. (2014). Analisis SWOT Kinerja Sistem Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Dr. Soedarso Pontianak. *Jurnal Mahasiswa dan Penelitian Kesehatan - JuManTik*, 1(1), 116-125.
- Ayu, W. F. G., Pangesti, F. S. P. (2021). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik dengan Metode Constructed Wetland di Perumahan Bumi Ciruas Permai 1 Kabupaten Serang. *JURNALIS: Jurnal Lingkungan dan Sipil*, 4(2), 130-141.
- Cahyaningrum, D. P., Eri, I. R., & Sari, E. (2020). Efektivitas Penggunaan Anaerob-Aerob Biofilter dalam Menurunkan Kadar Fosfat. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*, 11(3), 86-89.
- Febrianti, N., Rhomadhoni, M. N., Syafiuddin, A. (2021). Evaluasi Kinerja dan Ekonomi dari Instalasi Pengolahan Air Limbah di Puskesmas. *Jurnal Ilmiah Permas: Jurnal Ilmiah STIKES Kendal*, 11(4), 739-746.

- Goni, P., Mangangka, I. R., Sompie, O. B. A. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *Tekno*, 19(77), 35–40.
- Harmayani, K. D. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah RSD Mangusada Kabupaten Badung. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 25(1), 30–40.
- Huda, S., Mardhiyyah, A., Oktavia, I., Umami, R., Amalia, F. (2021). Strategi Penurunan Pencemaran Perairan Akibat Limbah Pabrik dengan Pembuatan Resirkulasi Air Sistem Biofilter Anaerob-Aerob. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-9 Tahun 2021*, 338–347.
- Lumunon, E. I., Riogilang, H., Supit, C. J. (2021). Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 19(77), 67–76.
- Maliga, I., Rafi'ah, R., Lestari, A., Pratama, D. B., Febriansyah, D. (2022). Penyuluhan Pengelolaan Air Limbah Greywater Rumah Tangga dalam Upaya Meningkatkan Derajat Kesehatan Masyarakat. *ABDIKAN: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sains Dan Teknologi*, 1(2), 259–263.
- Metcalf & Eddy, I. an A. C., Asano, T., Burton, F., Leverenz, H. (2007). *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications*. McGrawHill, New York, 1570.
- Mulyati, M., & Narhadi, J. S. (2014). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit RK Charitas Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 66–71.
- Susanti, B., Estu, L. K., Hadinata, F. (2020). Analisis Biaya dan Pendapatan Operasional Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Kota. *Seminar Nasinal AVoER*, 12(November), 410–418.