

## Asesmen Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

XYZ

Sandyanto Adityosulindro<sup>1)</sup> Adistri Phitamara<sup>1)</sup> Siti Kurnia Astuti<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Teknik Lingkungan, Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok, Indonesia

<sup>2)</sup> Unit Sanitasi Lingkungan Rumah Sakit Universitas Indonesia, Depok, Indonesia  
E-mail : adityosulindro@eng.ui.ac.id

### Abstrak

*Pengolahan limbah cair rumah sakit menjadi tantangan tersendiri di Indonesia. Karakteristik limbah cair rumah sakit yang mengandung senyawa obat-obatan dan senyawa toksik lainnya membuat teknologi pengolahan biologis konvensional umumnya kurang efektif. Penelitian ini mengevaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Rumah Sakit XYZ. Asesmen dilakukan dengan komparasi kualitas efluen IPAL dengan baku mutu air limbah di Indonesia, analisis efisiensi penyisihan kontaminan dan kriteria desain. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, wawancara, kompilasi data sekunder kualitas air, serta sampling dan uji laboratorium. Kajian data kualitas air pada efluen IPAL menunjukkan parameter TSS ( $35,08 \pm 18,73$  mg/L), amoniak bebas ( $1,14 \pm 1,01$  mg/L), nitrat ( $13,59 \pm 10,23$  mg/L), Total Coliform ( $13076 \pm 43137$  MPN/100 mL) dan fenol ( $1,556 \pm 0,73$  mg/L) belum memenuhi baku mutu. Demikian pula hasil sampling dan uji laboratorium menunjukkan tingkat penyisihan BOD (57%), COD (68%), TSS (61%), dan Nitrat (-244%) masih belum optimal. Berdasarkan hasil asesmen, beberapa rekomendasi teknis telah diberikan untuk dapat meningkatkan kinerja IPAL rumah sakit XYZ.*

### Abstract

*Hospital wastewater treatment is a challenge in Indonesia. The characteristics of hospital wastewater containing pharmaceuticals and other toxic compounds make conventional biological treatment technologies generally less effective. This study evaluates the performance of the wastewater treatment plant (WWTP) of XYZ Hospital. The assessment was performed by comparing the quality of WWTP effluent with the Indonesian wastewater quality standards, analysis of removal efficiency, and design criteria. Data collection was conducted through observation, interviews, a compilation of secondary water quality data, sampling and laboratory tests. A study of water quality data on WWTP effluent showed parameters of TSS ( $35.08 \pm 18.73$  mg/L), free ammonia ( $1.14 \pm 1.01$  mg/L), nitrate ( $13.59 \pm 10.23$  mg/L), Total Coliform ( $13076 \pm 43137$  MPN/100 mL) and phenol ( $1.556 \pm 0.73$  mg/L) did not meet quality standards. Likewise, the results of the sampling and laboratory tests showed that the removal efficiency of BOD (57%), COD (68%), TSS (61%), and nitrate (-244%) was still not optimal. Based on the assessment, several recommendations were proposed to improve the performance of the WWTP.*

**Keywords:** Hospital wastewater, Removal Efficiency, Wastewater Treatment Plant, Wastewater Quality Standard.

## 1. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah rumah sakit memerlukan manajemen yang baik karena limbah rumah sakit dapat mengandung bahan berbahaya, bahan kimia beracun, patogen serta zat radioaktif (Irawati et al., 2017). Rumah sakit dapat menghasilkan limbah padat, cair dan gas, baik yang termasuk pada kategori domestik maupun medis serta limbah B3. Dari berbagai limbah yang dihasilkan Rumah Sakit, limbah cair rumah sakit salah satu yang menjadi perhatian utama. Limbah cair rumah sakit memiliki konsentrasi kontaminan fisik-kimiawi seperti senyawa organik, klorida, nitrit, dan logam berat yang lebih tinggi dibandingkan limbah cair domestik (Pariante et al., 2022). Berbagai penelitian terkini menunjukkan bahwa limbah cair rumah sakit berpotensi mengandung berbagai senyawa obat-obatan yang bersifat persisten (Ajala et al., 2022; Alsubih et al., 2022). Bahkan pada masa pandemi Covid-19, penelitian juga menunjukkan kehadiran RNA Virus SARS-CoV 2 pada air limbah rumah sakit (Achak et al., 2021).

Di Indonesia, limbah cair rumah sakit harus memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Lampiran XLIV Huruf B Bagi Kegiatan Fasilitas Pelayanan Kesehatan yang melakukan pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun. Salah satu langkah untuk mencapai baku mutu tersebut adalah menyediakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Pengolahan limbah cair rumah sakit di Indonesia memiliki tantangan tersendiri seperti kapasitas desain yang tidak sesuai, teknologi IPAL yang tidak sesuai atau kondisi IPAL yang tidak terawat (Mora, 2015; Mallongi, 2018).

Objek studi penelitian ini adalah Rumah Sakit (RS) XYZ yang merupakan Rumah Sakit Pendidikan Tinggi Negeri (RS-PTN) di Indonesia yang memiliki Konsep Hijau (*Green Hospital Concept*) yang ramah lingkungan. RS XYZ termasuk ke dalam rumah sakit umum pendidikan tipe B. Rumah sakit yang berkapasitas 300 tempat tidur ini memiliki bangunan seluas 82.074 m<sup>2</sup> yang berdiri di atas lahan seluas 106.100 m<sup>2</sup>. Kapasitas terpakai RS XYZ pada Maret 2022 adalah 269 tempat

tidur. Berdasarkan data Maret 2022, aktivitas di RS XYZ didukung oleh tenaga kesehatan sejumlah 1023 orang yang terdiri atas dokter, ners, dan staff lainnya. Terdapat 7 buah gedung diantaranya gedung entrance, gedung hospital, gedung administrasi, gedung *staff quarter*, gedung *energy center*, gedung parkir, dan pos utama. Selain pelayanan medik, sebagai rumah sakit pendidikan, RS XYZ turut aktif mendukung pelaksanaan kegiatan pendidikan, pelatihan, serta riset pada berbagai bidang khususnya bidang kedokteran.

Limbah cair Rumah Sakit XYZ diolah menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). RS XYZ memiliki 2 buah IPAL, yaitu IPAL Utama dan IPAL Gedung Parkir. Penelitian ini fokus pada IPAL Utama yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik dan medis dari Gedung rumah sakit. IPAL utama menggunakan teknologi pengolahan lumpur aktif. Limbah cair domestik RS XYZ berupa *greywater* langsung dialirkan menuju *collecting tank* tanpa melalui *pre-treatment*, sedangkan limbah cair dari unit radiologi, forensik, infeksius, laboratorium, *laundry*, dan dapur dilengkapi *pre-treatment*. *Pre-treatment* tersebut berupa bak penangkap minyak-lemak untuk limbah cair dapur, bak pengolah detergen dan sedimentasi untuk limbah cair laundry, bak netralisasi untuk limbah cair laboratorium, bak sterilisasi untuk limbah sumber infeksius, *sump pit* untuk limbah cair toilet, serta bak penampung limbah cair B3 masing masing untuk unit radiologi dan forensik. Hal ini dilakukan untuk mengkondisikan limbah cair dan mereduksi konsentrasi kontaminan performa proses lumpur aktif pada IPAL tetap terjaga.

Berbagai penelitian terkait evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) rumah sakit telah dilakukan di Indonesia. Penelitian dengan metode serupa yaitu sampling air limbah yang digunakan untuk uji parameter juga dilakukan oleh Yenti (2011) di Rumah Sakit St. Carolus Jakarta, Irawati & W (2017) di RSUP Dr. Kariadi Semarang, Vaccari et al. 2017) di Gardone Val Trompia Italia, Wiest et al. (2018) di IPAL pengolah limbah rumah sakit di Perancis, dan (Hashemzadeh et al., 2017) di Rumah Sakit Razi Iran. Selain berdasarkan kualitas efluen, evaluasi IPAL juga dapat dilakukan dengan mengevaluasi kesesuaian data teknis terhadap

parameter desain dari literatur atau standar. Penelitian terkait dilakukan oleh (Mulyati & Narhadi, 2016) di Rumah Sakit RK Charitas Palembang dan Mora (2015) di Rumah Sakit dr. Ernaldi Bahar Kota Palembang. Penelitian yang dilakukan Goni et al. (2021) di RSUP Kandou Manado, melakukan pemeriksaan terhadap parameter air limbah titik inlet dan titik outlet IPAL rumah sakit untuk mengetahui efisiensi penyisihan dari masing-masing unit pengolahan. Hasil penelitian menunjukkan IPAL masih belum optimal dengan efisiensi penyisihan COD 56%, BOD 79%, TSS 93%, ammonia 56%, dan minyak lemak 7% (Goni et al., 2021).

Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja IPAL RS XYZ dari sisi kualitas efluen dan efisiensi penyisihan kontaminan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi pihak RS XYZ dalam operasional dan peningkatan kinerja IPAL.

## **2. METODE PENELITIAN**

### **2.1. Pengumpulan Data Sekunder**

Data sekunder adalah data-data yang dikumpulkan berupa informasi dari dokumen dan pencatatan data oleh RS XYZ. Data sekunder yang dikumpulkan untuk mendukung penelitian ini adalah data bulanan uji kualitas air limbah IPAL RS XYZ periode Januari 2021 sampai Maret 2022. Data diperoleh dari laporan monitoring kualitas air limbah bulanan oleh RS XYZ. Sampling dilakukan 1x dalam sebulan.

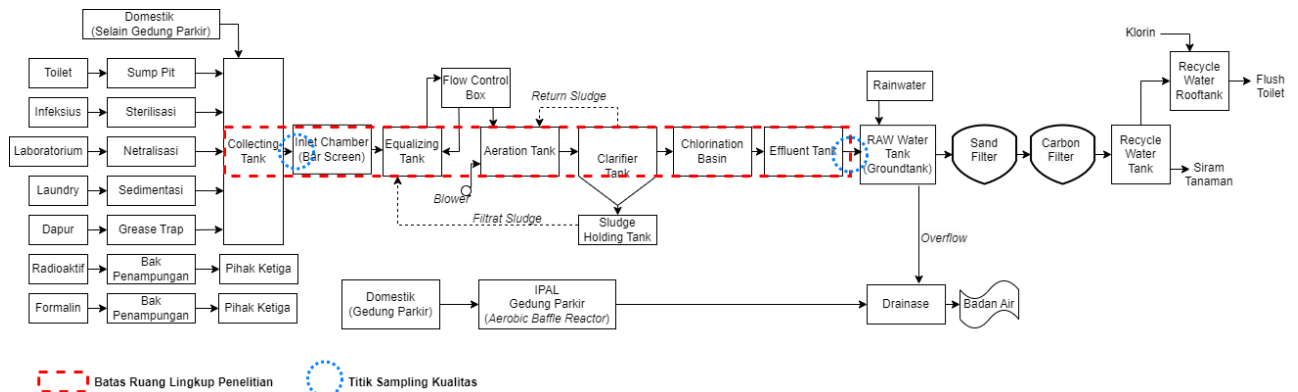
### **2.2. Survey Lapangan**

Metode survey lapangan dengan observasi digunakan untuk mengidentifikasi diagram alir IPAL G eksisting. Selain observasi dilakukan juga wawancara dengan operator IPAL untuk menentukan titik pengambilan sampel air.

### **2.3. Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel air limbah diperlukan sebagai data primer untuk pembandingan data sekunder kualitas air yang juga diperoleh dari pihak manajemen RS XYZ. Pengambilan sampel dilakukan pada 3 lokasi, yaitu *inlet bar screen*, *outlet*

*clarifier*, dan *outlet effluent tank* (Gambar 1). Pegambilan sampling dilakukan secara *grab sampling* dengan pertimbangan di IPAL RS XYZ terdapat tangki ekualisasi. Sampel diambil menggunakan jerigen HDPE 2L dan botol kaca steril 500 ml dengan cara merujuk pada SNI 6989.59 2008 tentang Metode Pengambilan Contoh Air Limbah. Sampel yang sudah diambil kemudian disimpan di dalam kotak pendingin untuk diuji di laboratorium pada hari yang sama.



**Gambar 1.** Diagram Alir IPAL Utama RS XYZ dan Lingkup Penelitian

## 2.4. Uji Sampel Air

Uji sampel air limbah di laboratorium meliputi parameter pH, BOD, COD, TSS, ammonia, nitrat, minyak lemak dan total koliform. Metode uji yang digunakan sebagai berikut: Uji pH dengan pH meter, BOD berdasarkan SNI 06-2503-1991, COD berdasarkan metode HACH 8000, TSS dan minyak lemak dengan metode gravimetri, dan total koliform dengan metode *multiple tube fermentation*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Sistem IPAL RS XYZ

IPAL utama menggunakan teknologi lumpur aktif tipe *extended aeration* berkapasitas 600 m<sup>3</sup>/hari dengan kapasitas terpakai saat ini sebesar 120 m<sup>3</sup>/hari. Limbah cair yang masuk ke dalam inlet IPAL merupakan gabungan dari hasil olahan pre-treatment IPAL dan limbah cair domestik tanpa karakteristik khusus. Limbah ini dicampur terlebih dahulu di *collecting tank* yang kemudian akan dialirkan melalui inlet IPAL Utama. Peneliti mengambil sampel pada Titik

Sampling 1 IPAL Utama dan menguji karakteristik inlet IPAL. Hasilnya dibandingkan terhadap data sekunder RSUI dan karakteristik limbah rumah sakit lainnya yang ada di Indonesia seperti yang terlihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Perbandingan Karakteristik Limbah RSUI dengan Rumah Sakit Lain

Parameter	Data 1 RSUI*	Data 2 RSUI**	Rumah Sakit di Indonesia***	Satuan
pH	7,31	7,59	7,4 – 7,63	-
BOD5	19,2	33	15 - 76	mg/L
COD	223	65	62 – 129,4	mg/L
TSS	46	72	28 – 183,4	mg/L
Minyak Lemak	9	9,6	0,52 – 1,8	mg/L
Amoniak	36,5	1,36	34 - 72	mg/L
Total Koliform	$1,6 \times 10^6$	$1,1 \times 10^5$	4000 - 92000	MPN/ 100 mL
Nitrat	3,2	3,01	0 - 0,15	mg/L

Ket. \* = Hasil Pengujian Laboratorium oleh Peneliti (Kamis, 23 Maret 2022)

\*\* = Data Sekunder RSUI (Senin, 7 Maret 2022)

\*\*\* Sumber: (Goni et al., 2021), (Yenti, 2011), (Harmayani, 2020).

Berdasarkan data pada Tabel 1, terdapat beberapa perbedaan pada hasil pengujian yang dilakukan oleh peneliti dengan data sekunder pihak RSUI. Perbedaan ini disebabkan oleh sampling dilakukan di hari yang berbeda walaupun dilakukan di bulan yang sama. Nilai pH, minyak lemak, dan nitrat menunjukkan hasil tidak terlalu jauh berbeda. Berbeda dengan BOD, COD, TSS, ammonia, dan total koliform yang fluktuasinya cukup signifikan. Hal ini wajar karena aktivitas di rumah sakit yang cukup beragam serta jumlah pengunjung yang tidak konstan setiap harinya.

Unit – unit pengolahan pada IPAL Utama meliputi *bar screen*, tangki ekualisasi, tangki aerasi, tangki *clarifier*, tangki disinfeksi klorin, dan *effluent tank* untuk penampungan akhir. Air hasil olahan dibuang ke saluran drainase dan sebagian di daur ulang untuk keperluan flushing toilet dan penyiraman tanaman. Diagram alir

IPAL Rumah Sakit XYZ beserta ruang lingkup penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

### **3.2. Kualitas Effluen IPAL**

Kualitas effluen IPAL merupakan hal penting yang perlu diperhatikan dalam operasional IPAL. Kualitas effluen yang sesuai dengan baku mutu yang diharapkan menunjukkan keberhasilan IPAL dalam mengolah limbah cair. Baku mutu mengatur batas nilai maksimum atau minimum suatu parameter kualitas pada air limbah tersebut. Baku mutu yang digunakan sebagai acuan IPAL RS XYZ adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PerMenLHK) Nomor 68 Tahun 2016 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV Bagian B. Perbandingan kualitas efluen berdasarkan kompilasi data sekunder terhadap PerMenLHK No. 68/2016 dipaparkan pada Tabel 2. Dapat dilihat bahwa parameter Ammonia, COD, Minyak lemak, dan pH sudah memenuhi baku mutu, serta untuk parameter BOD ( $21,28 \pm 9,86$  mg/L) masih pada ambang batas baku mutu (30 mg/L). Sedangkan untuk parameter TSS ( $35,08 \pm 18,73$  mg/L) cenderung konsisten melebihi baku mutu (30 mg/L). TSS menunjukkan kandungan padatan tersuspensi atau material tak terlarut berupa bahan organik maupun anorganik berdiameter  $>1$   $\mu\text{m}$ . TSS pada air limbah berpotensi mereduksi kadar oksigen terlarut dan meningkatkan suhu air yang dapat mengganggu organisme akuatik yang hidup di air untuk dapat bertahan hidup. Selain TSS, parameter total coliform (13076 MPN/100 mL) juga belum memenuhi baku mutu (3000 jumlah/100 mL). Total Coliform mengindikasikan kandungan bakteri patogen dan virus enteric (Kazmi et al., 2008) yang dapat menyebabkan penyakit bagi manusia. Kandungan bakteri Coliform pada effluent tank IPAL juga perlu menjadi perhatian karena berpotensi melepaskan bakteri yang resisten terhadap antibiotik ke lingkungan (Marano et al., 2020).

**Tabel 2.** Data Sekunder Outlet Effluent Tank terhadap PerMenLHK 68/2016

Parameter	Satuan	Outlet Efluen Tank*	PerMenLHK 68/2016
Amoniak	mg/L	0,96 ± 1,07	10
BOD	mg/L	21,28 ± 9,86	30
COD	mg/L	40,25 ± 17,51	100
Minyak Lemak	mg/L	0,4	5
pH	-	6,74 ± 0,74	6-9
TSS	mg/L	35,08 ± 18,73	30
Total Coliform	MPN/100 ml	13076	3000

\*Data outlet effluent tank merupakan kompilasi data sekunder dari hasil pengujian kualitas air sebulan sekali pada periode Januari 2021 hingga Maret 2022.

**Tabel 3.** Data Sekunder Outlet Effluent Tank terhadap PERMENLH 5/2014

## XLIV B

Parameter	Satuan	Outlet Efluen Tank*	PermenLH 5/2014 XLIV B
Ammoniak bebas	mg/L	1,14 ± 1,01	1
Arsen	mg/L	0,001	0,1
Barium	mg/L	0,008 ± 0,01	2
Besi	mg/L	0,088 ± 0,05	5
Fenol	mg/L	1,556 ± 0,73	0,5
Fluorida	mg/L	1,446 ± 0,58	2
Kadmium	mg/L	0,0004	0,05
Khlorin Bebas	mg/L	0,011 ± 0,02	1
Kobalt	mg/L	0,0003 ± 0,0003	0,4
Kromium (Valensi 6)	mg/L	0,009	0,1
Mangan	mg/L	0,07 ± 0,06	2
Merkuri	mg/L	0,0003	0,002
Nikel	mg/L	0,004 ± 0,003	0,2

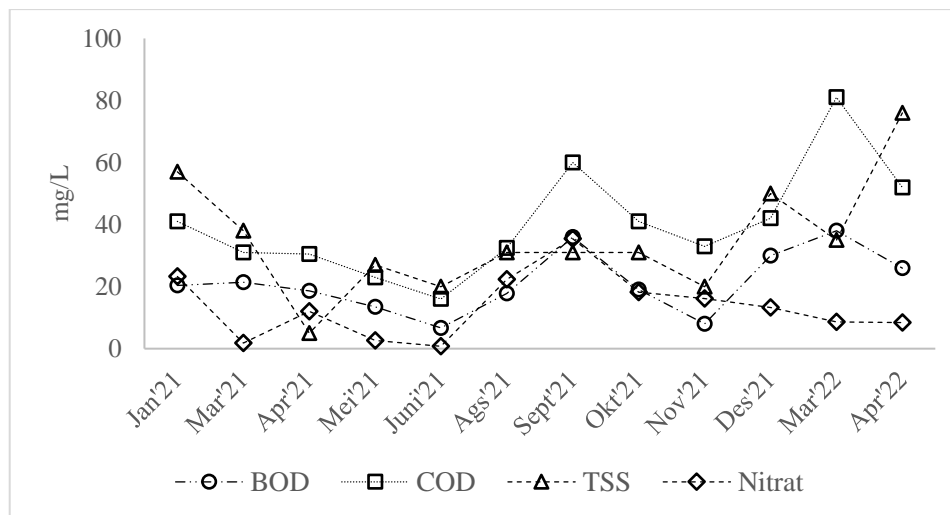


Parameter	Satuan	Outlet Efluen Tank*	PermenLH 5/2014 XLIV B
Nitrat	mg/L	13,59 ± 10,23	20
Nitrit	mg/L	0,6 ± 0,28	1
pH	mg/L	6,7 ± 0,74	6-9
Selenium	mg/L	0,002 ± 0,003	0,05
Seng	mg/L	0,18 ± 0,11	5
MBAS	mg/L	0,089 ± 0,16	5
Sianida	mg/L	0,007 ± 0,001	0,05
Sulfida	mg/L	0,019 ± 0,03	0,05
Tembaga	mg/L	0,26	2
Timbal	mg/L	0,003 ± 0,001	0,1
Total Kromium	mg/L	0,001	0,5

\*Data outlet effluent tank merupakan kompilasi data sekunder dari hasil pengujian kualitas air sebulan sekali pada periode Januari 2021 hingga Maret 2022

Data sekunder hasil uji kualitas air dari RS XYZ juga dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Lampiran XLIV Bagian B (Tabel 2). Dapat dilihat bahwa parameter yang berpotensi melebihi baku mutu adalah Amoniak bebas, Nitrat dan Fenol. Ammonia pada air IPAL RS XYZ dapat berasal dari protein, darah, urin, produk pembersih, disinfektan, dan obat – obatan. Kandungan senyawa nitrogen di air seperti ammonia dan nitrat dapat menyebabkan eutrofikasi di perairan. Ammonia juga bersifat toksik sehingga dapat mengganggu metabolisme dan pertumbuhan organisme akuatik (Cheng et al., 2015). Selain ammonia dan nitrat, Fenol merupakan kontaminan yang perlu mendapat perhatian khusus karena konsentrasinya ( $1,556 \pm 0,73$  mg/L) cenderung melebihi baku mutu (0,5 mg/L). Fenol dapat digunakan sebagai pengawet vaksin untuk membantu mencegah bakteri mengkontaminasi larutan vaksin. Di rumah sakit, fenol banyak ditemukan pada disinfektan yang digunakan untuk mensterilkan peralatan medis serta untuk membersihkan berbagai permukaan benda di rumah sakit seperti meja, tempat tidur, permukaan laboratorium, dan lain-lain. Lebih

lanjut, analisis fluktuasi konsentrasi parameter BOD, COD, TSS, Nitrat, pada effluent tank disajikan pada Gambar 2. Dapat dilihat beberapa parameter seperti COD dan TSS menunjukkan tren yang meningkat, sehingga kinerja unit-unit pengolahan yang terkait parameter tersebut seperti tangki aerasi dan *clarifier* perlu menjadi perhatian.



**Gambar 2.** Fluktuasi BOD, COD, TSS dan Nitrat pada Outlet Effluent Tank

### 3.3. Efisiensi Penyisihan

Efisiensi penyisihan IPAL dihitung berdasarkan data primer hasil sampling air pada inlet barscreen, outlet clarifier dan outlet effluent tank (Tabel 4). Penyisihan senyawa organik BOD 57% dan COD 4% masih lebih rendah dari tipikal efisiensi penyisihan BOD dan COD proses lumpur aktif sebesar 85-95% (Qasim & Zhu, 2017). Beruntung IPAL RS XYZ masih dilengkapi chlorination tank yang mampu menyisihkan COD sehingga penyisihan COD IPAL secara keseluruhan mencapai 68%. Penyebab efisiensi penyisihan rendah mungkin akibat limbah cair yang non-biodegradable. Merujuk pada data hasil sampling pada inlet barscreen, nilai BOD 19,2 mg/L dan COD 223 mg/L sehingga rasio BOD/COD sekitar 0,1, lebih rendah dari rasio ideal limbah cair yang dapat diolah dengan proses lumpur aktif sebesar 0,6. Hal tersebut dapat disebabkan oleh kandungan senyawa toksik di limbah cair seperti fenol dan senyawa obat-obatan. Sehingga perlu dioptimalkan kinerja proses pre-treatment di setiap unit penghasil limbah atau membubuhkan karbon aktif di

tangki aerasi untuk mereduksi kontaminan yang bersifat toksis sehingga proses lumpur aktif dapat berfungsi lebih baik.

**Tabel 4.** Kualitas Efluen dan Efisiensi Penyisihan

Parameter	Satuan	Inlet	Outlet		Efisiensi Penyisihan	
		Barscreen	Clarifier	Effluent tank	Lumpur aktif*	IPAL
pH	-	7,31	6,86	6,85	NA	NA
BOD	mg/L	19,2	8,32	8,32	57%	57%
COD	mg/L	223	215	69	4%	68%
TSS	mg/L	46	20	18	57%	61%
Amoniak	mg/L	36,5	2,27	2,13	94%	94%
Minyak Lemak	mg/L	9	NA	5	NA	44%
Total Coliform	MPN/100 ml	$1,6 \times 10^6$	NA	1700	NA	99,9%
Nitrat	mg/l	3,2	11	11	-244%	-244%

Ket: \*Proses lumpur aktif merupakan kombinasi tangki aerasi dan clarifier

Kemungkinan lain penyebab rendahnya penyisihan BOD dan COD adalah faktor desain aerator IPAL eksisting yang belum sesuai dengan kriteria (Tabel 5). Rasio F/M dan Beban BOD yang kurang dari kriteria desain menunjukkan kondisi mikroorganisme pengurai yang “lapar” sehingga tidak dapat tumbuh dengan baik di tangka aerasi. Rekomendasi yang dapat diberikan adalah memberikan suplai tambahan makanan eksternal seperti gula, methanol atau gliserin.

**Tabel 5.** Asesmen Kriteria Desain Proses Lumpur Aktif

Parameter	Satuan	Nilai	Kriteria	Asesmen
Rasio F/M	kg.BOD/kg.MLVSS	0,04	0,05-0,15	Tidak sesuai
Beban BOD	kg.BOD/m <sup>3</sup> .hari	0,006	0,1-0,4	Tidak sesuai
Waktu tinggal hidrolik	Jam	80	18-36	Tidak sesuai

Selain penyisihan BOD dan COD yang belum optimal, efisiensi penyisihan nitrat bernilai negatif. Konsentrasi nitrat pada outlet clarifier (11 mg/L) dan effluent tank (11 mg/L) lebih tinggi dari pada inlet bar screen (3,2 mg/L). Peningkatan konsentrasi nitrat diakibatkan oleh proses nitrifikasi di tangki aerasi yang mengkonversi ammonia ( $\text{NH}_3$ ) atau ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) menjadi nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) yang kemudian menjadi nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), sehingga terjadi akumulasi konsentrasi nitrat pada tangki clarifier dan effluent. Penyisihan nitrat dapat dilakukan dengan mekanisme denitrifikasi, yaitu dengan memanfaatkan bakteri heterotrof untuk mereduksi nitrat menjadi nitrit, nitrogen monoksida (NO), nitrogen dioksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ) dan gas nitrogen ( $\text{N}_2$ ) pada kondisi tanpa oksigen (Marin et al., 2016). Mekanisme denitrifikasi dapat diimplementasikan di IPAL RS XYZ dengan menambahkan tangki anoksik sebelum tangki aerasi. Apabila tidak ada lahan yang tersedia, alternatif lainnya dapat dilakukan modifikasi tangki aerasi eksisting menjadi 2 kompartemen yaitu anoksik dan aerob. Kemudian meresirkulasi sebagian air dari effluent tank kembali ke tangki anoksik agar eksese nitrat dapat dimanfaatkan oleh bakteri heterotroph di tangki anoksik tersebut.

#### 4. KESIMPULAN

Asesmen kinerja IPAL RS XYZ dilakukan berdasarkan kualitas efluen, kriteria desain dan efisiensi penyisihan IPAL. Lingkup penelitian yang ditinjau mencakup collection tank, inlet chamber (bar screen), ekualisasi, lumpur aktif (tangki aerasi dan tangki clarifier), chlorination tank dan effluent tank. Hasil analisis data sekunder kualitas air pada efluen IPAL periode Januari 2021 sampai Maret 2022 menunjukkan parameter TSS ( $35,08 \pm 18,73$  mg/L), amoniak bebas ( $1,14 \pm 1,01$  mg/L), nitrat ( $13,59 \pm 10,23$  mg/L), Total Coliform (13076 MPN/100 mL) dan fenol ( $1,556 \pm 0,73$  mg/L) cenderung melebihi baku mutu. Asesmen efisiensi penyisihan IPAL berdasarkan sampling air menunjukkan tingkat penyisihan BOD, COD, TSS, Amoniak, Nitrat, Total Coliform berturut-turut sebesar 57%, 68%, 61%, 94%, 44%, -244% dan 99,9%. Efisiensi penyisihan BOD dan COD yang belum optimal dikonfirmasi dengan rasio F/M, beban BOD dan waktu tinggal hidrolis yang belum sesuai kriteria desain. Rekomendasi yang dapat diusulkan untuk meningkatkan kinerja IPAL RS XYZ meliputi optimasi pre-treatment

eksisting dan pembubuhan karbon aktif pada tangki aerasi untuk mereduksi senyawa fenol dan toksik lainnya, penambahan suplai gula, methanol atau gliserin untuk mencapai rasio F/M yang ideal, serta penambahan tangki/kompartemen anoksik dan resirkulasi efluen untuk meningkatkan penyisihan nitrat.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada SEEDS Scholarship atas dukungan pembiayaan penelitian ini melalui Program Awardee Beasiswa Penelitian. Ucapan terima kasih juga diberikan pada Laboran Laboratorium untuk dukungan uji sampel di Laboratorium Teknik Penyehatan dan Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achak, M., Alaoui Bakri, S., Chhiti, Y., M'hamdi Alaoui, F. E., Barka, N., & Boumya, W. (2021). SARS-CoV-2 in hospital wastewater during outbreak of COVID-19: A review on detection, survival and disinfection technologies. *Science of The Total Environment*, *761*, 143192. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143192>
- Ajala, O. J., Tijani, J. O., Salau, R. B., Abdulkareem, A. S., & Aremu, O. S. (2022). A review of emerging micro-pollutants in hospital wastewater: Environmental fate and remediation options. *Results in Engineering*, *16*, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100671>
- Alsubih, M., el Morabet, R., Khan, R. A., Khan, N. A., Khan, A. R., Khan, S., Mushtaque, N., Hussain, A., & Yousefi, M. (2022). Performance evaluation of constructed wetland for removal of pharmaceutical compounds from hospital wastewater: Seasonal perspective. *Arabian Journal of Chemistry*, *15*(12), 104344. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2022.104344>
- Cheng, C.H., Yang, F.F., Ling, R.Z., Liao, S.A., Miao, Y.T., Ye, C.X., & Wang, A.L. (2015). Effects of ammonia exposure on apoptosis, oxidative stress and immune response in pufferfish (*Takifugu obscurus*). *Aquatic Toxicology*, *164*, 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.04.004>
- Goni, P., Mangangka, I. R., & Sompie, O. B. A. (2021). Evaluasi kinerja instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Pusat. *TEKNO*, 35–40.

- Hashemzadeh, B., Geravandi, S., Mohammadi, M. J., Reza, A., Fazlzadeh, M., & Khoshgoftar, M. (2017). Performance of extended aeration biological system in removal of organic matter from Razi Hospital wastewater during 2015, Iran. *Archives of Hygiene Science*, 6(3).
- Irawati, E., Endah W., N., & Sulistiyani. (2017). Upaya peningkatan sistem pengelolaan limbah cair terhadap efektivitas pengolahan limbah cair Rumah Sakit Umum Pusat Dokter Kariadi Semarang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 6(1), 17–23.
- Kazmi, A. A., Tyagi, V. K., Trivedi, R. C., & Kumar, A. (2008). Coliforms removal in full-scale activated sludge plants in India. *Journal of Environmental Management*, 87(3), 415–419. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2007.01.017>
- Mallongi, R. B. A. (2018). Studi karakteristik dan kualitas BOD dan COD limbah cair Rumah Sakit Umum daerah Lanto Dg. Pasewang Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(1).
- Marano, R. B. M., Fernandes, T., Manaia, C. M., Nunes, O., Morrison, D., Berendonk, T. U., Kreuzinger, N., Tenson, T., Corno, G., Fatta-Kassinos, D., Merlin, C., Topp, E., Jurkevitch, E., Henn, L., Scott, A., Heß, S., Slipko, K., Laht, M., Kisand, V., ... Cytryn, E. (2020). A global multinational survey of cefotaxime-resistant coliforms in urban wastewater treatment plants. *Environment International*, 144, 106035. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106035>
- Marin, J. C. A., Caravelli, A. H., & Zaritzky, N. E. (2016). Nitrification and aerobic denitrification in anoxic–aerobic sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 200, 380–387. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.10.024>
- Mora, Y. S. (2015). Evaluasi Dimensi Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Rumah Sakit Dr. Ernaldi Bahar Kota Palembang. *Jurnal Dampak*, 12(2), 127. <https://doi.org/10.25077/dampak.12.2.127-136.2015>
- Mulyati, M., & Narhadi, J. S. (2016). Evaluasi instalasi pengolahan air limbah Rumah Sakit Rk Charitas Palembang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12(2), 66–71. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/jil.12.2.66-71>

- Pariante, M. I., Segura, Y., Álvarez-Torrellas, S., Casas, J. A., de Pedro, Z. M., Diaz, E., García, J., López-Muñoz, M. J., Marugán, J., Mohedano, A. F., Molina, R., Munoz, M., Pablos, C., Perdigón-Melón, J. A., Petre, A. L., Rodríguez, J. J., Tobajas, M., & Martínez, F. (2022). Critical review of technologies for the on-site treatment of hospital wastewater: From conventional to combined advanced processes. *Journal of Environmental Management*, 320, 115769. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115769>
- Qasim, S. R., & Zhu, G. (2017). *Wastewater treatment and reuse, theory and design examples, volume 1: Principles and basic treatment*. CRC Press.
- Salman, N., Aryanti, D., & Taqwa, F. (2021). Evaluasi pengelolaan limbah rumah sakit (Studi kasus: Rumah Sakit X di Kab. Tasikmalaya). *Jurnal Komposit*, 5(1), 7–16.
- Vaccari, M., Montasser, W., Tudor, T., & Leone, L. (2017). Environmental audits and process flow mapping to assess management of solid waste and wastewater from a healthcare facility: An Italian case study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189, 1–12.
- Wiest, L., Chonova, T., Bergé, A., Baudot, R., Bessueille-Barbier, F., Ayouni-Derouiche, L., & Vulliet, E. (2018). Two-year survey of specific hospital wastewater treatment and its impact on pharmaceutical discharges. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 9207–9218.
- Yenti, S. (2011). *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (Studi kasus: Rumah sakit ST. Carolus Jakarta)*. Jakarta: Universitas Indonesia.