

Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah-Toksik Rumah Sakit X dengan Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Iqbal Ibnu Wardani ¹, Nieke Karnaningroem ², Didik Bambang Supriyadi ³

Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia¹
iqbal_wardani@yahoo.com

Staf Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia²
Staf Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia³

Abstrak

Instalasi pengolahan air limbah perlu dilakukan analisis dan evaluasi sebagai sarana pemantauan efektivitas pengolahan air limbah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan tiap unit instalasi pengolahan air limbah dalam mengolah air limbah. Kemampuan tiap unit dalam mengolah air limbah diketahui berdasarkan efisiensi penyisihan tiap unit. Efisiensi penyisihan dinyatakan dalam persentase. Pengolahan air limbah di rumah sakit X menggunakan sistem *attached growth*, dimana proses ini menggunakan unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) sebagai unit pengolahan biologis. Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel pada tiap titik pemantauan. Analisis sampel dilakukan dengan analisis laboratorium. Parameter yang diukur antara lain pH, suhu, TSS (*Total Suspended Solid*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), NH₃-N (nitrogen-ammonia) bebas, PO₄³⁻ (ortofosfat), dan Total *Coliform*/100 ml air. Parameter ini disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013. Hasil penelitian didapatkan bahwa efisiensi penyisihan instalasi pengolahan air limbah-toksik dalam mengolah air limbah sebesar 68,2 % untuk parameter TSS, 36,2% untuk parameter COD, 61% untuk parameter NH₃-N bebas, 34,9% untuk parameter PO₄³⁻, dan 78,2% untuk Total *Coliform*/100 ml Air. Tidak ada perubahan pH dan suhu pada saat sesudah pengolahan.

Katakunci: Analisis Kinerja, IPAL-Toksik, Rumah Sakit, *Rotating Biological Contactor*

1. Pendahuluan

Rumah sakit merupakan fasilitas umum dalam bidang pelayanan kesehatan yang harus mempunyai kemampuan dalam pengolahan air limbah. Menurut Pujiati (2006) meningkatnya limbah medis yang dihasilkan oleh suatu rumah sakit seiring dengan peningkatan jumlah pelayanan yang dimiliki. Rumah Sakit X merupakan salah satu rumah sakit kelas B-pendidikan yang berada di Kota Surabaya. Rumah sakit ini memiliki dua (2) unit pengolahan air limbah. Unit IPAL non toksik merupakan unit IPAL yang mengolah air limbah dari *grey water* dan efluen tangki septik dari ruang inap pasien, ruang operasi, kantor dan paviliun. Unit IPAL-toksik merupakan unit IPAL yang mengolah air limbah *grey water* dan *black water* dari gedung laboratorium. Unit IPAL non toksik menggunakan unit pengolahan biologis berupa *Activated Sludge* sedangkan IPAL-toksik menggunakan unit pengolahan biologis berupa *Rotating Biological Contactor* (RBC). Efluen pada masing-masing IPAL selanjutnya dibuang menuju badan sungai terdekat melalui drainase.

Menurut Suparmadja (2014) didapatkan hasil pengukuran laboratorium untuk efluen IPAL non toksik secara keseluruhan yakni, BOD₅ sebesar 36,5 mg/L, COD sebesar 108,9 mg/L, NH₃-N bebas sebesar 0,54 mg/L dan PO₄³⁻ sebesar 3,58 mg/L dengan rasio BOD₅/COD influen pengolahan biologis kurang dari 0,5. Apabila dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72/2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya didapatkan hasil bahwa pengolahan air limbah masih belum memenuhi baku mutu, yakni BOD₅ sebesar 30 mg/L, COD sebesar 80 mg/L, NH₃-N bebas sebesar 0,1 mg/L dan PO₄³⁻ sebesar 2 mg/L dengan rasio BOD₅/COD minimal untuk influen pengolahan biologis lebih dari 0,5. Saat ini, belum diketahui kinerja IPAL-toksik rumah sakit X dalam mengolah air limbah. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kinerja berdasarkan efisien removal tiap unit pengolahan air limbah IPAL-toksik agar nantinya dapat mengolah air limbah dengan baik pada masa yang akan datang.

2. Metode yang diterapkan

2.1 Pengambilan sampel dan pengukuran debit

Pengambilan sampel dilakukan selama enam (6) hari berurutan dengan metode *Grab Sampling*. Titik pengambilan sampel berada pada titik inlet dan outlet IPAL-Toksik untuk mengetahui persentase penurunan polutan. Pengambilan sampel dilakukan dengan botol *polyethylene* (PET) ukuran 1,5 L yang diisi penuh. Hal ini sesuai dengan rekomendasi yang diberikan oleh Benefield and Randall (1980) yakni berada pada rentang 1 L- 2 L agar hasil pengukuran sesuai dengan kondisi lapangan. Pengukuran debit dilakukan dengan mencatat debit pada flowmeter selama delapan (8) hari berurutan. Debit yang tercatat adalah kuantitas air limbah yang terolah pada IPAL-Toksik.

2.2 Analisis Laboratorium

Air limbah yang telah diambil langsung dianalisis di laboratorium untuk mengetahui konsentrasi polutan yang ada didalamnya. Analisis laboratorium mengacu pada *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th Edition* (2005) sesuai dengan Tabel 1. Parameter yang diukur adalah pH, suhu, TSS, BOD, COD, NH₃-N bebas, PO₄³⁻ dan Total Coliform/100 ml air. Hasil analisis laboratorium untuk titik efluen dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72/2103 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya.

Tabel 1: Metode Analisis Sampel dan Baku Mutu Air Limbah

Parameter	Metode	Sumber Acuan	Satuan	Baku Mutu
Suhu	Elektrometri	APHA 2005	°C	30
pH	Elektrometri	APHA 2005	-	6-9
TSS	Gravimetri	APHA 2005 2540 B	mg/L	30
BOD ₅	Titrimetri	APHA 2005 5210	mg/L	80
COD	Titrimetri	APHA 2005 5220	mg/L	30
NH ₃ -N bebas	Spektrofotometri	APHA 2005 4500-NH ₃ ⁻	mg/L	0,1
PO ₄ ³⁻	Spektrofotometri	APHA 2005 4500-P	mg/L	2
Coliform/100 ml air	Tabung Ganda	APHA 2005 9221-B	MPN	10.000

2.3 Perhitungan Efisiensi Penyisihan

Perhitungan persentase dilakukan dengan metode yang tercantum pada Cochran (1977), yakni dengan menghitung perbandingan dari selisih konsentrasi polutan yang berhasil disisihkan dengan konsentrasi polutan di titik inlet IPAL-Toksik. Perhitungan efisiensi removal dilakukan untuk mengetahui kemampuan unit-unit tersebut mampu mengolah air limbah yang melewati unit tersebut sesuai dengan kriteria desain yang ada. Perhitungan efisiensi penyisihan tersaji dalam Persamaan 4.1

$$\%R = \left(\frac{A - B}{A} \right) \times 100\%$$

dimana:

%R = efisiensi penyisihan polutan (%)

A = konsentrasi polutan inlet IPAL-Toksik (mg/L)

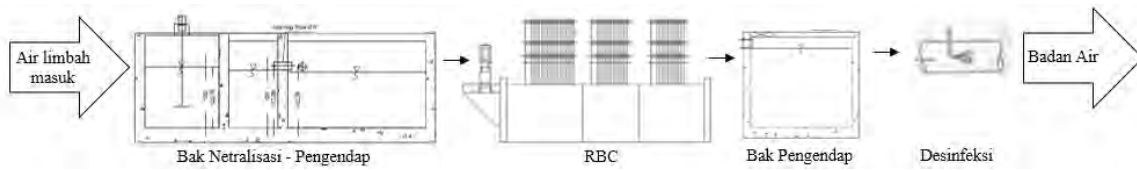
B = konsentrasi polutan outlet IPAL-Toksik (mg/L)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kondisi Eksisting IPAL-Toksik

Unit IPAL-Toksik dibangun pada lahan seluas 43,2 m² pada tahun 2007. Dimensi IPAL-Toksik secara keseluruhan sebesar 8 m x 5,4 m x 5 m dimana unit-unit pengolahan yang terdapat pada IPAL-Toksik sangat *compact*. Kapasitas maksimal pengolahan air limbah sebesar 100 m³/hari Unit pengolahan yang terdapat pada IPAL-Toksik adalah unit bak netralisasi-pengendap, unit RBC, unit bak pengendap 2 dan unit desinfeksi. Karakteristik air limbah yang berasal dari gedung laboratorium berupa air limbah yang mengandung bahan kimia atau reagen-reagen yang berasal dari laboratorium, instalasi medis dan farmasi serta air limbah domestik yang berasal dari

toilet. Terdapat juga air limbah dari pembersihan lantai dan toilet yang memiliki nilai pH yang rendah. Gambar 1 dibawah menunjukkan diagram alir pengolahan air limbah pada IPAL-Toksik.



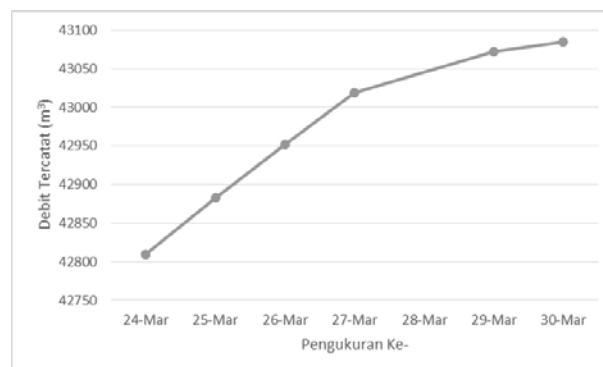
Gambar 1. Unit Pengolahan IPAL-Toksik Rumah Sakit X

3.2 Pengukuran Debit Air Limbah

Pengambilan sampel dilakukan untuk mengetahui kondisi eksisting debit dan beban air limbah yang diolah IPAL-Toksik. Air limbah diambil pada waktu yang sama, yakni pukul 11.00 WIB. Pukul 11.00 WIB dipilih sebagai waktu pengukuran karena merupakan waktu pertengahan operasional dari gedung laboratorium, yakni mulai pukul 08.00-15.00 WIB dengan waktu istirahat pukul 12.00-13.00 WIB. Adapun rincian waktu pengukuran dan pengambilan sampel, yakni:

- Pengukuran I : Selasa, 24 Maret 2015
- Pengukuran II : Rabu, 25 Maret 2015
- Pengukuran III : Kamis, 26 Maret 2015
- Pengukuran IV : Jumat, 27 Maret 2015
- Pengukuran V : Sabtu, 28 Maret 2015
- Pengukuran VI : Senin, 30 Maret 2015

Pengukuran debit dilakukan dengan pencatatan debit yang terolah pada *flowmeter*. Satu (1) hari sebelum hari pertama dilakukan pencatatan debit untuk mengetahui debit yang telah terolah. Debit yang telah terolah pada hari pertama merupakan selisih dari pencatatan debit hari pertama dan hari sebelumnya dan demikian seterusnya. Debit rata-rata selama pengukuran sebesar 43,78 m³/hari. Gambar 2 menunjukkan tren kenaikan debit pengolahan air limbah.



Gambar 2. Tren Peningkatan Debit Harian

3.3 Pengukuran Sampel Air Limbah

Semua sampel langsung diukur di laboratorium untuk mencegah proses pengawetan. Hasil uji semua parameter kecuali total coliform/100 ml air diketahui pada hari yang sama. Hasil pengukuran total coliform/100 ml air diketahui setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 30°C. Pengukuran parameter suhu dan pH dilakukan langsung di kedua titik pengukuran. Berikut ini merupakan hasil pengukuran tiap parameter

- Pengukuran dan Analisis pH

Nilai pH diketahui berdasarkan pengukuran pH meter. Hasil pengukuran menunjukkan nilai pH air limbah pada titik outlet memenuhi baku mutu. Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai pH tiap titik dengan baku mutu. Berdasarkan pengukuran, nilai pH relatif tidak berubah pada

masing-masing titik pengukuran. Hasil pengukuran ini didukung oleh penelitian Najafpour, et al. (2006) bahwa pengolahan biologis dengan menggunakan RBC tidak menimbulkan perubahan pH.

Tabel 2: Pengukuran Parameter pH

Pengukuran Ke-	Nilai pH		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	8,0	7,9	6 – 9	Memenuhi
II	7,9	7,8	6 – 9	Memenuhi
III	7,5	7,1	6 – 9	Memenuhi
IV	7,5	7,1	6 – 9	Memenuhi
V	8,0	8,2	6 – 9	Memenuhi
VI	7,7	8,1	6 – 9	Memenuhi
Rata-rata	7,7	7,2	6 – 9	Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis Suhu

Suhu air limbah diketahui berdasarkan pengukuran suhu pada pH meter. Hasil pengukuran menunjukkan tidak terjadi perbedaan suhu antara suhu titik inlet dan titik outlet. Hal ini menandakan bahwa suhu air limbah yang terolah telah homogen. Mikroorganisme dengan jenis mesofilik akan mencapai laju pertumbuhan maksimum pada suhu optimum, yakni pada suhu 15°-25° (Benefield and Randall, 1980). Suhu titik outlet memenuhi baku mutu. Tabel 3 dibawah menunjukkan hasil pengukuran suhu dengan baku mutu.

Tabel 3: Pengukuran Parameter Suhu

Pengukuran Ke-	Suhu (°C)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	27	27	30°C	Memenuhi
II	25,1	25	30°C	Memenuhi
III	25,5	25,5	30°C	Memenuhi
IV	25,2	25	30°C	Memenuhi
V	25	25	30°C	Memenuhi
VI	25,6	25	30°C	Memenuhi
Rata-rata	25,5	25,4	30°C	Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis TSS

Pengukuran TSS merupakan salah satu dari pengukuran dari parameter fisik. Parameter ini berasal dari partikel organik maupun anorganik yang tidak larut di dalam air, baik yang tersuspensi maupun yang melayang di dalam air (Tchobanoglous, *et al.*, 2002). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi TSS semakin menurun sepanjang pengolahan. Namun, nilai TSS pada titik outlet melebihi baku mutu, yakni diatas 30 mg/L dengan nilai rata-rata 104,8 mg/L. Tingginya nilai TSS menunjukkan proses pengendapan belum sempurna. Saat pengambilan sampel, sampel berwarna kehijauan muda hingga kehijauan pekat dan terdapat materi yang tersuspensi dan koloid. Tabel 4 dibawah menunjukkan menunjukkan konsentrasi TSS rata-rata tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 4: Pengukuran Parameter TSS

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	1012	101	30 mg/L	Tidak Memenuhi
II	584	208	30 mg/L	Tidak Memenuhi
III	116	68	30 mg/L	Tidak Memenuhi
IV	344	156	30 mg/L	Tidak Memenuhi
V	204	76	30 mg/L	Tidak Memenuhi
VI	476	20	30 mg/L	Tidak Memenuhi

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
Rata-rata	456	104,8	30 mg/L	Tidak Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis COD

Kebutuhan oksigen kimiawi atau Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan parameter yang umum digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen untuk mengoksidasi semua partikel organik yang terkandung di dalam air limbah dengan menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$ sebagai oksidator (Tchobanoglous, *et al.*, 2002). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi COD titik outlet melebihi baku mutu, yakni diatas 80 mg/L. Konsentrasi COD air limbah pada titik inlet diatas 200 mg/L dan konsentrasi COD air limbah pada titik outlet diatas 100 mg/L. Konsentrasi COD yang mencapai ratusan menunjukkan banyaknya konsentrasi organik yang terolah namun konsentrasi COD yang melebihi baku mutu pada titik outlet menunjukkan rendahnya removal COD. Tabel 5 dibawah menunjukkan konsentrasi COD rata-rata tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 5: Pengukuran Parameter COD

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	220	180	80 mg/L	Tidak Memenuhi
II	440	280	80 mg/L	Tidak Memenuhi
III	280	240	80 mg/L	Tidak Memenuhi
IV	220	120	80 mg/L	Tidak Memenuhi
V	300	120	80 mg/L	Tidak Memenuhi
VI	300	160	80 mg/L	Tidak Memenuhi
Rata-rata	292	183,3	80 mg/L	Tidak Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis BOD₅

Kebutuhan oksigen biokimiawi atau Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk melakukan oksidasi biokimiawi partikel organik yang ada di dalam air limbah (Benefield and Randall (1980). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi BOD₅ outlet melebihi baku mutu, yakni diatas 30 mg/L. Nilai BOD₅ titik inlet air limbah diatas 80 mg/L dan nilai BOD₅ titik outlet air limbah diatas 40 mg/L. Seperti parameter COD, konsentrasi BOD₅ yang mencapai ratusan menunjukkan tingginya konsentrasi organik yang diolah namun hanya sedikit yang mampu terurai oleh mikroorganisme. Tabel 6 dibawah menunjukkan konsentrasi BOD₅ rata-rata tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 6: Pengukuran Parameter BOD₅

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	144	83	30 mg/L	Tidak Memenuhi
II	86	46	30 mg/L	Tidak Memenuhi
III	304	178	30 mg/L	Tidak Memenuhi
IV	231	178	30 mg/L	Tidak Memenuhi
V	102	91	30 mg/L	Tidak Memenuhi
VI	82	42	30 mg/L	Tidak Memenuhi
Rata-rata	158	103	30 mg/L	Tidak Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis NH₃-N Bebas

Unsur nitrogen berasal dari ekskresi manusia pada air limbah domestik (Lin, 1999). Kandungan ammonium (NH⁴⁺) berasal dari ammonia (NH₃) yang larut didalam air limbah pada

pH yang rendah. Ammonium selanjutnya akan terdekomposisi menjadi NO_3 (nitrat). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ titik outlet melebihi baku mutu, yakni diatas 0,1 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas inlet air limbah diatas 1 mg/L dan Konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas outlet air limbah diatas 0,3 mg/L. Konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas yang terdeteksi pada titik outlet merupakan sumber nutrisi yang tidak dimanfaatkan oleh mikroorganismenya. Tabel 7 dibawah menunjukkan konsentrasi $\text{NH}_3\text{-N}$ bebas rata-rata tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 7: Pengukuran Parameter $\text{NH}_3\text{-N}$ Bebas

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	10,4	1,0	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
II	9,9	2,6	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
III	11,3	2,2	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
IV	8,6	0,8	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
V	1,5	0,8	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
VI	6,9	0,8	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi
Rata-rata	8,1	1,4	0,1 mg/L	Tidak Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis PO_4^{3-}

Pengukuran PO_4^{3-} dilakukan untuk mengetahui kandungan fosfat yang lolos dari pengolahan. Unsur fosfor yang merupakan penyusun senyawa fosfat merupakan bagian dari nutrisi yang berfungsi sebagai transfer elektron pada metabolisme mikroorganismenya (Benefield and Randall, 1980). Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi PO_4^{3-} titik outlet melebihi baku mutu, yakni diatas 2 mg/L. Konsentrasi PO_4^{3-} titik inlet air limbah diatas 8 mg/L dan konsentrasi PO_4^{3-} titik outlet air limbah diatas 6 mg/L. Hal ini mempengaruhi rasio BOD:N:P yang dibutuhkan dalam pengolahan biologis. Tabel 8 dibawah menunjukkan konsentrasi PO_4^{3-} rata-rata tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 8: Pengukuran Parameter PO_4^{3-}

Pengukuran Ke-	Konsentrasi (mg/L)		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	13,3	12,1	2 mg/L	Tidak Memenuhi
II	10,9	6,3	2 mg/L	Tidak Memenuhi
III	23,2	10,5	2 mg/L	Tidak Memenuhi
IV	15,0	6,5	2 mg/L	Tidak Memenuhi
V	8,3	7,3	2 mg/L	Tidak Memenuhi
VI	9,1	6,1	2 mg/L	Tidak Memenuhi
Rata-rata	13,4	8,1	2 mg/L	Tidak Memenuhi

- Pengukuran dan Analisis Total Coliform/100 ml Air

Pengukuran total coliform/100 ml air merupakan satu-satunya parameter biologis yang diukur. Penurunan total coliform didalam air limbah merupakan tolak ukur dari keberhasilan proses desinfeksi. Hasil pengukuran menunjukkan total coliform tidak memenuhi baku mutu, yakni diatas 10.000 MPN/100 ml. Hal ini menunjukkan bahwa belum diketahuinya pengaruh klorinasi untuk menurunkan konsentrasi total coliform pada efluen air limbah. Tabel 9 dibawah menunjukkan konsentrasi Total Coliform/100 ml air tiap titik dengan baku mutu.

Tabel 9: Pengukuran Parameter Total Coliform/100 ml Air

Pengukuran Ke-	MPN Indeks		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
I	1600000	240000	10000	Tidak Memenuhi
II	1600000	900000	10000	Tidak Memenuhi
III	1600000	500000	10000	Tidak Memenuhi

Pengukuran Ke-	MPN Indeks		Baku Mutu	Memenuhi/Tidak Memenuhi
	Inlet	Outlet		
IV	1600000	140000	10000	Tidak Memenuhi
V	1600000	170000	10000	Tidak Memenuhi
VI	1600000	140000	10000	Tidak Memenuhi
Rata-rata	1600000	348333	10000	Tidak Memenuhi

3.4 Perhitungan Efisiensi Penyisihan

Berdasarkan hasil pengukuran laboratorium diatas dapat diketahui kemampuan IPAL-Toksik dalam mengolah air limbah. Perhitungan persentase efisiensi penyisihan berdasarkan metode yang telah dipaparkan diatas. Tabel 10 menunjukkan efisiensi penyisihan dari parameter TSS, COD, BOD₅, NH₃-N bebas, PO₄³⁻ dan Total Coliform/100 ml Air. Parameter suhu dan pH tidak diukur efisiensi penyisihannya karena tidak ada penurunan.

Tabel 10: Efisiensi Penyisihan Polutan

Pengukuran Ke-	Efisiensi Penyisihan					
	TSS	COD	BOD ₅	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻	Total Coliform/100 ml Air
I	90,0%	18,2%	42,7%	90,3%	9,3%	85,0%
II	64,4%	36,4%	46,6%	73,7%	42,9%	43,8%
III	41,4%	14,3%	41,4%	80,9%	54,8%	68,8%
IV	54,6%	45,5%	22,9%	90,9%	56,7%	91,3%
V	62,7%	60,0%	9,3%	46,8%	12,5%	89,4%
VI	95,8%	46,7%	48,6%	88,8%	33,6%	91,3%
Rata-rata	77,0%	37,5%	34,7%	83,3%	39,2%	78,2%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis diatas diketahui bahwa efisiensi removal IPAL-Toksik dalam mengolah air limbah sebesar 77,0 % untuk parameter TSS, 37,5% untuk parameter COD, 83,3% untuk parameter NH₃-N bebas, 39,2% untuk parameter PO₄³⁻, dan 78,2% untuk Total Coliform/100 ml Air. Parameter suhu dan pH tidak mengalami penurunan. Apabila konsentrasi polutan dibandingkan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur No. 72/2013 maka air limbah yang dibuang tidak memenuhi baku mutu untuk parameter TSS, COD, BOD₅, NH₃-N bebas, PO₄³⁻, dan Total Coliform/100 ml Air.

5. Penghargaan

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningrum, M.Sc. dan Bapak Ir. Didik Bambang S., M.T. atas bimbingan dan arahan yang telah diberikan kepada penulis, Bapak Aria Suparmadja selaku operator lapangan Rumah Sakit X atas bantuan data yang diberikan kepada penulis serta semua pihak yang mendukung dalam penyelesaian penelitian.

6. Pustaka

- Anonim, (2013). Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. p: 39
- Eaton, A. D., L. S. Clesceri, and A. E. Greenberg , (2005). Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 20th Edition. *APHA, AWWA, WEF*. p: 1265.
- Benfield, D. L. and C. W. Randall, (1980). Biological Process Design for Wastewater Treatment. *Prentice-Hall Inc*: p. 25.
- Cochran, W. G., (1977). Sampling Techniques. *John Wiley & Sons*: p. 32.
- Lin, S. D., (1999). Handbook of Environmental Engineering Calculations. *McGraw Hill Education*: p. 1799.

- Najafpour, G. D., A. A. Zinatizadeh, and L. K. Lee, (2006). Performance of A Three-Stage Aerobic RBC Reactor in Food Canning Wastewater Treatment. *Biochemical Engineering Journal*, 30: p. 297-302.
- Pujiati, R. S, (2006). Upaya Peningkatan Pengelolaan Limbah Padat Berdasarkan Hasil Evaluasi Penerapan Protap (Studi Kasus Pengelolaan Limbah Padat Rumah Sakit). *Jurnal IKESMA* 2,1: 20-29
- Suparmadja, A, (2014) Thesis: Analisis Resiko dan Optimasi Kinerja IPAL Rumah Sakit Menggunakan Metode Fault Tree Analysis. *Jurusan Teknik Lingkungan*: p. 49.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, and H. D. Stensel, (2002). Wastewater Engineering; Treatment and Reuse. *McGraw Hill Higher Education*: p. 932.