

KAJIAN KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DENGAN SISTEM ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR (RBC) DI GEDUNG BPIW DAN GEDUNG UTAMA KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT

Eka Widyaningtyas^{1✉}, Kristianti Utomo², Amaliyah²

¹⁾ Mahasiswa Program Studi S1 Teknik Lingkungan STT Pekerjaan Umum Jakarta

²⁾ Dosen Program Studi S1 Teknik Lingkungan STT Pekerjaan Umum Jakarta

Email: ekawidiantya@gmail.com

Abstrak

Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat merupakan *role model* gedung perkantoran baru yang menerapkan pembangunan berkelanjutan. Konsep ini diterapkan dalam strategi perancangan gedung hijau yang menerapkan sistem daur ulang penggunaan air sehingga gedung-gedung ini memiliki sarana pengolahan air limbah secara biologis dengan sistem *Rotating Biological Contactor* (RBC). Kinerja IPAL dilihat dari efisiensinya di Gedung BPIW yang hanya mengolah *grey water* dinilai lebih efisien, jika dibandingkan dengan kinerja IPAL di Gedung Utama yang menggabungkan pengolahan *black water* dengan *grey water*. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis efisiensi pada IPAL BPIW rata-rata 80% sedangkan pada IPAL Gedung Utama rata-rata masih di bawah 50%. Penerapan IPAL tergolong baik, hasil penelitian menunjukkan nilai kadar pencemar yang terkandung pada efluen air limbah untuk semua parameter yang diuji telah sesuai baku mutu lingkungan yang ditetapkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Efisiensi penurunan kadar pencemar untuk setiap parameter berdasarkan analisis laboratorium pada IPAL Grey Water Gedung BPIW antara lain: pH 2,43%, BOD 90,06%, COD 91,78%, dan TSS 83,87%, sedangkan efisiensi penurunan kadar pencemar setiap parameter pada IPAL Gedung Utama antara lain pH 2,78 %, BOD 32,56 %, COD 47,07 %, dan TSS 30,23 %.

Kata Kunci: air limbah, *black water*, *grey water*, Gedung Hijau, RBC

Abstract

The BPIW Building and the Main Building of the Ministry of Public Works and Housing are role models for new office buildings that implement sustainable development. This concept is applied in a design strategy green building that applies a water use recycling system, so that these buildings have a biological wastewater treatment facility with a Rotating Biological Contactor (RBC) system. The WWTP performance seen from its efficiency in the BPIW Building which only processes grey water is considered more efficient when compared to the WWTP performance in the Main Building which combines processing black water with grey water. This can be seen from the efficiency analysis results at the BPIW WWTP on average 80% while the Main Building WWTP the average is still below 50%. The application of WWTP is classified as good, the results of the study show that the value of the levels of pollutants contained in the wastewater effluent for all parameters tested has complied with the environmental quality standards set by the Ministry of Environment and Forestry No. 68 of 2016 concerning Domestic Wastewater Quality Standards. The efficiency of reducing pollutant levels for each parameter based on laboratory analysis at WWTP Grey Water Building BPIW, among others: pH 2.43%, BOD 90.06%, COD 91.78 %, and TSS 83.87 %, while efficiency The decrease in pollutant levels for each parameter in the Main Building WWTP included pH 2.78%, BOD 32.56%, COD 47.07%, and TSS 30.23 %.

Keywords: *black water, Green building, grey water, RBC, wastewater.*

PENDAHULUAN

Gedung perkantoran merupakan tempat melaksanakan kegiatan perekonomian, administrasi, maupun kegiatan lainnya. Kegiatan pada gedung perkantoran tentunya memerlukan air bersih untuk keperluan domestiknya. Menurut peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005, bahwa dalam rangka menjaga dan mempertahankan kualitas air tanah maka diwajibkan setiap orang atau badan usaha melakukan pengelolaan limbah cair hasil usaha dan atau kegiatan dimana menurut data dari PD PAL Jaya, air limbah domestik perkantoran dan daerah komersial adalah yang paling banyak berkontribusi terhadap pencemaran air di DKI Jakarta yaitu sekitar 80%. Beberapa parameter pencemar seperti BOD, COD, TSS dan mikrobiologi merupakan parameter yang paling tinggi nilainya, oleh karena itu diperlukan bagi setiap kegiatan termasuk diantaranya perkantoran dan daerah komersial di DKI Jakarta untuk melakukan pengolahan air limbahnya.

Berdasarkan peraturan tersebut, air bersih yang digunakan sebanyak 80% akan dibuang ke saluran pembuangan sebagai air limbah. Konsentrasi air limbah di atas baku mutu dan tanpa penanganan akan mencemari lingkungan sehingga harus dikumpulkan dan dialirkan menuju Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk kemudian diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Menurut Syafrudin (2014), timbulan air limbah jenis *grey water* (air bekas) berjumlah 75% dari air limbah domestik, sementara *black water* (air kotor/air tinja) berjumlah 25%.

Gedung Badan Pengembangan Infrastruktur Wilayah (BPIW) dan Gedung Utama merupakan gedung-gedung di kawasan kantor pusat Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta Selatan yang merupakan *role model* gedung baru yang menerapkan pembangunan berkelanjutan. Konsep berkelanjutan diterapkan ke dalam strategi perancangan bangunan hijau (green building) yang mencakup manajemen energi dan manajemen air. Dalam pengelolaan airnya, gedung-gedung ini menerapkan sistem daur ulang penggunaan air untuk menghemat konsumsi air, sehingga gedung-gedung ini memiliki sarana pengolahan air limbah berupa Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang menggunakan sistem *Rotating Biological Contactor* (RBC).

Teknologi RBC banyak digunakan untuk mengolah air limbah, terutama untuk kapasitas perkantoran dengan debit yang tidak terlalu besar dan tidak membutuhkan lahan yang luas. Walaupun menggunakan sistem yang sama namun terdapat perbedaan pada jenis air limbah yang diolah, yaitu untuk Gedung BPIW mengolah *grey water* sedangkan Gedung Utama mengolah *grey water* dan *black water*.

Oleh karena itu dilakukan kegiatan evaluasi kinerja IPAL di Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR serta membandingkan hasil efluent yang diperoleh dengan PerMen LHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

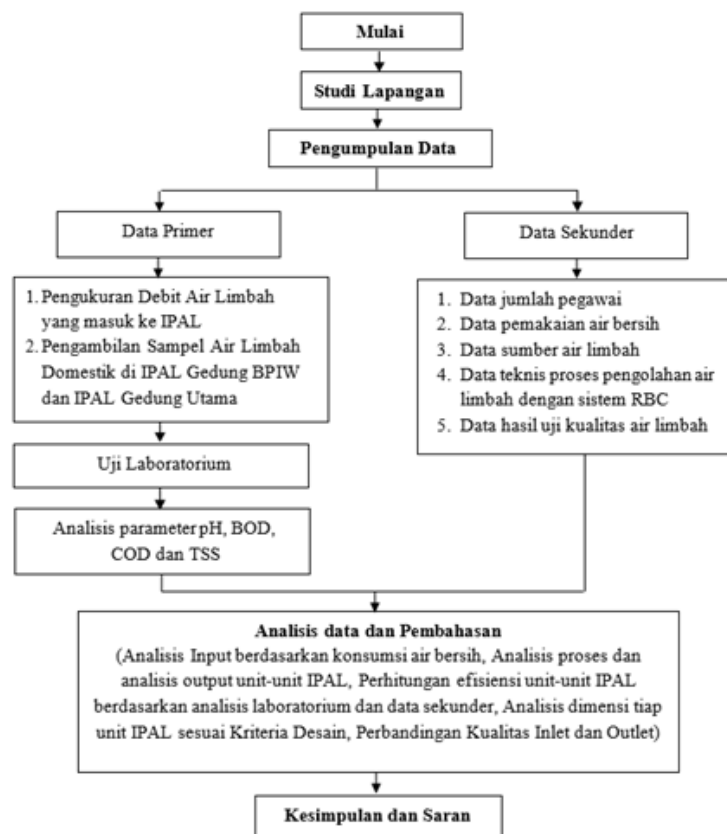
Tujuan penelitian ini adalah melakukan evaluasi kinerja IPAL dengan sistem *Rotating Biological Contactor* (RBC) di Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR dan kualitas efluen pada IPAL sesuai dengan PerMen LHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

METODE PENELITIAN

Metode kajian yang dilakukan pada penelitian ini, menggunakan metode pendekatan komparatif yaitu *mengevaluasi* kinerja unit operasi IPAL yang menggunakan teknologi RBC dan membandingkan hasil olahan limbah tersebut dengan Baku Mutu air limbah domestik yang berlaku yaitu PerMenLHK No.68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.



Gambar 1. Lokasi Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR



Gambar 2. Kerangka penelitian

ANALISIS DAN PEMBAHASAN**Debit Air Limbah Gedung BPIW Kementerian PUPR**

Dari data pemakaian air bersih Gedung BPIW Kementerian PUPR diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 1. Jumlah Pemakaian Air Bersih Gedung BPIW Kementerian PUPR bulan Agustus 2020 s.d Juli 2021

PEMAKAIAN AIR GEDUNG BPIW		
Bulan	Pemakaian Air (m ³)	Pemakaian Air (liter/Orang.hari)
Agustus 2020	391,4	14,34
September 2020	371	13,59
Oktober 2020	375,2	13,74
November 2020	361,6	13,25
Desember 2020	412,3	15,1
Januari 2021	440,6	16,14
Februari 2021	378,2	13,85
Maret 2021	435,6	15,96
April 2021	394,4	14,64
Mei 2021	338,3	12,39
Juni 2021	374,7	13,73
Juli 2021	132,4	4,85
TOTAL	4.405,70	161,58
Rata-rata	367,14	13,46

Sumber : Kementerian PUPR, 2020

Dari hasil evaluasi kebutuhan air bersih, dapat dilakukan beberapa alternatif perhitungan sebagai berikut:

Jika menggunakan perhitungan pemakaian air bersih berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi DKI Jakarta, maka kebutuhan air bersih untuk gedung kantor sebesar 50 liter/orang/hari, dan 80% nya akan dibuang sebagai air limbah. Berdasarkan konsumsi tersebut, maka kebutuhan air untuk gedung kantor BPIW sebagai berikut: Penggunaan Air Bersih = 954 orang x 50 liter/orang/hari, = 47.700 liter/hari atau 47,7 m³/hari atau 1,99 m³/jam; Debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah 80% dari penggunaan air bersih) = 47,7 m³/hari x 80% = 38,16 m³/hari = 1,59 m³/jam

Pemakaian air di atas merupakan total dari penggunaan air di Gedung BPIW yang meliputi *grey water* dan *black water*, maka untuk mengetahui air yang hanya masuk ke IPAL *grey water* BPIW adalah sebesar 75% dari total timbunan air limbah domestik tersebut, maka nilainya adalah sebesar = 38,16 m³/hari x 75% = 28,62 m³/hari = 1,19 m³/jam

Total pemakaian air bersih selama satu tahun dari Agustus 2020–Juli 2021 di gedung BPIW berdasarkan data sekunder pada tabel di atas adalah 367,14 m³/bulan atau 12,24 m³/hari atau setara dengan 0,51 m³/jam. Berdasarkan pemakaian air bulanan ini, maka diperkirakan limbah yang keluar perhari adalah 80% x 12,24 m³/hari = 9,79 m³/hari atau perjam sebesar 0,41 m³/jam. Nilai tersebut merupakan total dari penggunaan air di Gedung BPIW yang meliputi *grey water* dan *black water*, maka untuk mengetahui air yang hanya masuk ke IPAL *grey water* BPIW adalah sebesar 75% dari total timbunan air limbah domestik tersebut, maka air limbah yang masuk ke IPAL tersebut adalah sebesar 75% x 9,79 m³/hari = 7,34 m³/hari atau 0,31 m³/jam.

Dari hasil perhitungan konsumsi air bersih menggunakan jumlah pegawai, debit air limbah sebesar 28,62 m³/hari, nilai ini lebih besar jika dibandingkan dengan data sekunder pada keadaan lapangan yang diperoleh dari pihak Kementerian PUPR yaitu sebesar 7,34 m³/hari. Hal ini terjadi karena perhitungan debit sekunder ini diperoleh pada masa pandemi COVID-19, dimana jumlah pegawai yang masuk kantor/pengguna gedung berkurang sebesar 25-75%. Untuk selanjutnya, debit air limbah yang akan digunakan adalah debit maksimum berdasarkan data konsumsi air bersih dari perhitungan jumlah eksisting pegawai yaitu sebesar 28,62 m³/hari, nilai ini cukup aman digunakan untuk mewakili angka debit berdasarkan data sekunder. Berdasarkan debit konsumsi air bersih yang diperoleh dari Kementerian PUPR diketahui air limbah yang akan masuk ke unit IPAL adalah 7,34 m³/hari, maka $Q_{\text{desain}} > Q_{\text{lapangan}}$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kapasitas IPAL yang tersedia masih mencukupi untuk mengolah timbulan air limbah yang dihasilkan.

Debit Air Limbah Gedung Utama Kementerian PUPR

Tabel 2. Jumlah Pemakaian Air Bersih Gedung Utama Kementerian PUPR bulan Juni 2020 s.d Juli 2021

PEMAKAIAN AIR GEDUNG UTAMA KEMENTERIAN PUPR		
Bulan	Pemakaian Air (m ³)	Pemakaian Air (liter/Orang.hari)
Agustus 2020	1.995,9	29,31
September 2020	1.176,6	17,28
Oktober 2020	776,8	11,41
November 2020	1.199,2	17,61
Desember 2020	1.090,4	16,01
Januari 2021	1.034,7	15,19
Februari 2021	1.087,1	17,10
Maret 2021	1.346,56	21,19
April 2021	1.420,2	22,08
Mei 2021	2.075,6	32,66
Juni 2021	1.815,4	28,56
Juli 2021	998,2	15,70
TOTAL	16.016,66	244,1
Rata-rata	1.334,72	20,34

Sumber : Kementerian PUPR. 2020

Dari hasil evaluasi kebutuhan air bersih, dapat dilakukan beberapa alternatif perhitungan sebagai berikut:

Jika menggunakan perhitungan pemakaian air bersih berdasarkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 122 tahun 2005, maka kebutuhan air untuk gedung perkantoran Utama Kementerian PUPR sebagai berikut:

Penggunaan Air Bersih = 2.000 orang x 50 liter/orang/hari = 100.000 liter/hari atau 100 m³/hari atau 4,17 m³/jam

Debit air limbah (dengan asumsi bahwa debit air limbah 80% dari penggunaan air bersih) = 100 m³/hari x 80% = 80 m³/hari = 3,33 m³/jam

Total pemakaian air bersih selama satu tahun dari Agustus 2020–Juli 2021 di Gedung Utama berdasarkan data sekunder pada tabel di atas adalah 1.334,72 m³/bulan atau 44,5 m³/hari atau setara dengan 1,85 m³/jam. Berdasarkan pemakaian air bulanan ini, maka diperkirakan air limbah yang keluar perhari adalah 80% x 44,5 m³/hari = 35,6 m³/hari atau 1,48 m³/jam.

Sama halnya dengan debit pada IPAL *grey water* Gedung BPIW, dari hasil perhitungan konsumsi air bersih menggunakan jumlah pegawai, debit air limbah sebesar 80 m³/hari, nilai ini lebih besar jika

dibandingkan dengan data sekunder pada keadaan lapangan yang diperoleh dari pihak Kementerian PUPR yaitu sebesar 35,6 m³/hari. Hal ini terjadi karena perhitungan debit sekunder ini diperoleh pada masa pandemi COVID-19, di mana jumlah pegawai yang masuk kantor/pengguna gedung berkurang sebesar 25-75 %. Maka untuk selanjutnya, debit air limbah yang akan digunakan adalah debit maksimum berdasarkan data konsumsi air bersih dari perhitungan jumlah eksisting pegawai yaitu sebesar 3,33 m³/jam, nilai ini cukup aman digunakan untuk mewakili angka debit berdasarkan data sekunder sebesar 1,48 m³/jam. Maka $Q_{\text{desain}} > Q_{\text{lapangan}}$. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kapasitas IPAL yang tersedia masih mencukupi untuk mengolah timbulan air limbah yang dihasilkan. Jadi dapat disimpulkan bahwa kapasitas IPAL *grey water* Gedung BPIW dan IPAL Gedung Utama masih mencukupi untuk mengolah air limbah di Kementerian PUPR.

Kualitas Air Limbah

Tabel 3. Data Primer Karakteristik Air Limbah Inlet IPAL Grey Water Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR

No	Parameter	Satuan	BML (PermenLHK No. 68 Tahun 2016)	Kandungan / Hasil Uji Grey Water Gd. BPIW	Kandungan / Hasil Uji IPAL Gd. Utama
1	pH		6 - 9	7	7,19
2	BOD	mg/L	30	89,43	22,51
3	COD	mg/L	100	418,07	40,77
4	TSS	mg/L	30	31	21,5

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium PD PAL Jaya, 2021

Parameter air limbah yang diuji di laboratorium hanya pH, BOD, COD dan TSS. Berdasarkan hasil uji pada tabel di atas, bahwa karakteristik air limbah pada inlet IPAL *grey water* Gedung BPIW menunjukkan nilai pH 7 dan pada bagian inlet IPAL Gedung Utama menunjukkan nilai pH 7,19, yang artinya bahwa suasana air limbah sama-sama berada dalam kondisi netral, hal ini akan mendukung untuk pengolahan biologis selanjutnya. Tinggi atau rendahnya nilai pH kemungkinan disebabkan oleh bahan-bahan terlarut atau yang terbawa pada aliran limbah yang masuk ke dalam sumur penampung, kondisi terlalu asam atau terlalu basa akan mengganggu keberlangsungan proses kinerja IPAL biologis oleh mikroorganisme.

Nilai parameter BOD dan COD pada IPAL *grey water* Gedung BPIW yang dihasilkan adalah sebesar 89,43 mg/L dan 418,07 mg/L, nilai ini berada jauh di atas baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan pemerintah. Selain itu nilai parameter TSS lebih tinggi dari baku mutu lingkungan yakni sebesar 31 mg/L dari 30 mg/L. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan berikutnya agar nilai pada parameter tersebut masih bisa direduksi sehingga tidak mencemari lingkungan. Sedangkan hasil parameter BOD, COD dan TSS pada inlet IPAL di Gedung Utama yakni sebesar 22,51 mg/L, 40,77 mg/L, 21,5 mg/L, nilai yang dihasilkan tersebut di bawah standar baku mutu lingkungan. Hal ini terjadi karena kadar pencemar yang dihasilkan dari sumber air limbah relatif rendah sehingga parameter yang masuk ke unit IPAL menjadi relatif kecil.

Perbandingan nilai inlet pada kedua IPAL tersebut cukup signifikan, hal ini terjadi karena terdapat perbedaan sumber timbulan yang dihasilkan, yaitu pada bagian inlet di IPAL Gedung Utama terdapat penambahan sumber air limbah yang berasal dari pipa *sump pit* berupa air tanah, walaupun di dalam pengolahan air limbah tidak diperkenankan adanya pengenceran. Hal ini menyebabkan air yang masuk ke IPAL sudah bercampur dan memiliki kualitas air yang baik, sehingga hasil dari uji air pada bagian inlet sudah di bawah baku mutu lingkungan.

Analisis Proses IPAL

a. Bak Ekualisasi

Air limbah yang diolah bersumber dari *clean out*, wastafel toilet, wastafel pantry, kran wudhu pada IPAL *grey water* Gedung BPIW dan air limbah yang bersumber dari toilet, closet/urinoir, wastafel toilet, pantry, dan kran wudhu pada IPAL Gedung Utama secara langsung dialirkan melalui pipa inlet menuju bak ekualisasi.

b. Reaktor RBC

Air limbah dari bak ekualisasi akan langsung masuk menuju bak reaktor RBC setelah dilakukan penyeimbangan debit. Pada bak reaktor terdapat empat kompartemen yang terpisah dengan sekat. Untuk dinamika pertumbuhan mikroba, pada kompartemen akhir terdapat aliran balik menuju unit sebelumnya.

Bak reaktor di IPAL Gedung Utama yang mengolah *grey water* dan *black water* secara bersamaan menyebabkan beban organik pada IPAL tersebut relatif lebih tinggi jika dibandingkan dengan IPAL di Gedung BPIW yang hanya mengolah *grey water*. Oleh karena itu, pada IPAL Gedung Utama terdapat penambahan suplai oksigen dengan dipasang blower sebagai aerator mekanik. Selain itu, dimensi reaktor pada IPAL tersebut dirancang lebih besar.

Tabel 4. Hasil Analisis Inlet Unit RBC
IPAL Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR

Unit	IPAL Gedung BPIW			IPAL Gedung Utama		
	BOD	COD	TSS	BOD	COD	TSS
Inlet RBC	16,36	75,94	13	15,41	34,37	19,5
Outlet RBC	8,89	34,37	5	15,18	21,58	15

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium PD PAL Jaya, 2021

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa pada unit ini terjadi penurunan angka BOD, COD dan TSS yang masing-masing sebesar 45,66%, 54,74% dan 61,54% pada IPAL Gedung BPIW serta 1,49%, 37,21% dan 23,08 % pada IPAL Gedung Utama, dengan perhitungan sebagai berikut:

- Penurunan Parameter pada Inlet dan Outlet RBC di IPAL *Grey Water* Gedung BPIW

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% COD Removal} &= \frac{(75,94 - 34,37)}{75,94} \times 100\% \\ &= 0,5474 \times 100 \% = 54,74 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% TSS Removal} &= \frac{(13 - 5)}{13} \times 100\% \\ &= 0,6154 \times 100 \% = 61,54 \% \end{aligned}$$

- Penurunan Parameter pada Inlet dan Outlet RBC di IPAL Gedung Utama

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% BOD Removal} &= \frac{(15,41 - 15,18)}{15,41} \times 100\% \\ &= 0,0149 \times 100 \% = 1,49 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% COD Removal} &= \frac{(34,37 - 21,58)}{34,37} \times 100\% \\ &= 0,3721 \times 100 \% = 37,21 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ \% TSS Removal} &= \frac{(19,5 - 15)}{19,5} \times 100\% \\ &= 0,2308 \times 100 \% = 23,08 \% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan penyisihan BOD, COD dan TSS pada IPAL *Grey Water* Gedung BPIW di atas dapat disimpulkan bahwa unit ini berjalan dengan baik namun masih belum optimal. Hal ini bisa dilihat

dari angka penurunan kadar pencemar yang masih belum mencapai angka 80%. Sedangkan angka penyisihan pada IPAL Gedung Utama untuk kadar penurunan BOD sangat rendah yaitu sebesar 1,49% sedangkan nilai COD dan TSS sebesar 37,21% dan 23,08%, sehingga dapat disimpulkan bahwa penurunan kadar pada unit ini kurang optimal.

Kurang optimalnya pengolahan pada unit biologis ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti tidak adanya unit sedimentasi dan unit penampungan lumpur, menyebabkan lumpur mengendap di unit ekualisasi dan bahkan di unit RBC sendiri, penumpukan lumpur pada pengolahan biologis akan meningkatkan kebutuhan oksigen air limbah, karena lumpur tersebut akan menggunakan oksigen untuk metabolisme lumpur tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengerukan lumpur secara berkala agar proses pengolahan biologis dengan bantuan mikroorganisme dapat berjalan lebih optimal.

c. Bak Lumpur (*Sludge Collector*)

Bak lumpur hanya terdapat di IPAL Gedung BPIW. Lumpur yang mengendap dari tangki-tangki sebelumnya akan masuk ke bak pengumpul lumpur. Bak ini berbentuk kotak terbuat dari material beton bertulang. Lumpur yang terkumpul di bak lumpur ini setiap 3 bulan akan disedot keluar.

d. Tangki Efluen I / Klorinasi (*Holding Tank and Chlorination*)

Setelah air limbah diolah pada unit RBC kemudian dialirkan menuju tangki efluen I untuk proses klorinasi. Setelah diolah di unit disinfeksi, air limbah langsung dialirkan ke bak efluen II /bak akhir, sebenarnya pada kondisi lapangan di IPAL Gedung Utama terdapat unit filtrasi yang terdiri dari satu carbon filter tank (tangki saringan karbon) yang berfungsi untuk menyaring zat organik seperti bau, warna dan menyerap klor bebas yang tersisa pada air limbah dan satu unit sand filter tank (tangki saringan pasir) sebagai penyaring partikel yang tidak terlarut dalam air limbah. Namun karena mengalami kerusakan unit ini sudah tidak berfungsi sehingga air limbah langsung dialirkan ke bak akhir/efluen.

e. Bak Akhir (Effluent Tank)

Air limbah yang telah mengalami proses klorinasi pada unit disinfeksi akan masuk ke unit bak akhir dan selanjutnya efluen akan di buang ke saluran kota.

Analisis Outlet IPAL

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Parameter Air Limbah *Grey Water* Outlet IPAL Gedung BPIW Berdasarkan Data Sekunder

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji			Kadar Maksimum
			11 Feb 2020	28 Mei 2020	16 Mei 2021	
1	pH		7,5	7,4	7,3	6 - 9
2	TSS	mg/L	4,0	2,0	2,0	30
3	Ammonia	mg/L	<0,15	<0,15	0,26	10
4	Minyak dan Lemak	mg/L	<0,54	<0,54	<0,54	5
5	COD	mg/L	11,0	9,9	<10,0	100
6	BOD	mg/L	4,13	3,69	3,41	30
7	Total Coliform	Jumlah/ 100 mL	0	0	0	3000

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium BPLHD oleh Kementerian PUPR

Berdasarkan data pada tabel di atas, keseluruhan parameter yang diukur pada outlet IPAL berada di bawah baku mutu lingkungan. Berikut hasil analisis laboratorium pada IPAL Gedung Utama:

Tabel 6. Hasil Pemeriksaan Parameter Air Limbah pada Outlet IPAL Gedung Utama Berdasarkan Data Sekunder

No	Parameter	Satuan	Hasil Uji					Kadar Maksimum
			28 Mei 2020	13 Ags 2020	19 Nov 2020	18 Feb 2021	18 Mei 2021	
1	pH		7,6	7,4	7,6	8,0	7,2	6 - 9
2	TSS	mg/L	1,0	5,0	7,0	4,0	5,0	30
3	Ammonia	mg/L	0,66	4,65	3,81	4,24	2,87	10
4	Minyak dan Lemak	mg/L	<0,54	<0,54	0,54	<0,54	<0,54	5
5	COD	mg/L	<4,0	<4,0	<10,0	<10,0	11,0	100
6	BOD	mg/L	1,38	1,41	3,05	3,19	3,93	30
7	Total Coliform	Jumlah/100 mL	0	0	1,2 x 10 ⁴	0	0	3000

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium BPLHD oleh Kementerian PUPR

Tabel 7. Hasil Pemeriksaan Parameter Air Limbah pada Outlet IPAL Gedung BPIW dan Gedung Utama Berdasarkan Hasil analisis Laboratorium

No	Parameter	Satuan	BML (PermenLHK No. 68 Tahun 2016)	Hasil Uji (Gd. BPIW)	Hasil Uji (Gd. Utama)
1	pH		6 - 9	7,17	7,39
2	BOD	mg/L	30	8,89	15,18
3	COD	mg/L	100	34,37	21,58
4	TSS	mg/L	30	5	15

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium PD PAL Jaya, 2021

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilihat bahwa rata-rata keseluruhan parameter pH, BOD, COD dan TSS yang diukur pada outlet IPAL berada dibawah baku mutu lingkungan yang ditetapkan (PermenLHK RI Nomor 68/Menlhk/Setjen/Kum.1/8/2016). Hal ini menunjukkan bahwa kinerja kedua IPAL di Kementerian PUPR tersebut berjalan dengan baik.

Analisis Dimensi Unit IPAL Gedung BPIW dan Gedung Utama

Tabel 8. Dimensi Unit-unit pada IPAL RBC

Bak Pengolahan	Dimensi (m) IPAL Grey Water Gd BPIW			Dimensi (m) IPAL Gd Utama		
	Panjang	Lebar	Kedalaman	Panjang	Lebar	Kedalaman
Bar Screen (Grey Water)	0,45	0,65	0,3	0,9	0,36	0,3
Bar Screen (Black Water)	-	-	-	1,3	0,36	0,3
Bak Ekualisasi	3	2,4	1,2	4,47	2	2
Bak Reaktor	4,66	2,64	0,8	8,1	4,9	1,8
	Diameter disk = 1,23			Diameter disk = 1,58		
Bak Lumpur	0,83	0,53	1,2	-	-	-
Bak Disinfeksi	3,4	1,6	1,8	3,8	3	2
Bak Akhir	3,4	1,2	1,8	3,8	1,5	2

Sumber: Kementerian PUPR 2020

a. Unit Pengolahan Pendahuluan (PreTreatment): Pengolahan Fisik
Pengolahan pendahuluan terdiri dari operasi pemisahan secara mekanis untuk memisahkan benda-benda terapung yang berukuran relatif besar. Pemisahan dilakukan dengan *Bar Screen* yang merupakan penyaring sebelum air limbah masuk ke unit ekualisasi Dimensi *bar screen* pada IPAL Grey Water

Gedung BPIW adalah sebesar 0,45 m x 0,65 m x 0,3 m, sedangkan pada IPAL Gedung Utama *bar screen* yang menampung *grey water* dimensinya sebesar 0,9 m x 0,36 m x 0,3 m dan *bar screen* yang menampung *black water* dimensinya sebesar 1,3 m x 0,36 m x 0,3 m.

b. Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi pada IPAL Gedung BPIW dan Gedung Utama merupakan proses fisik dari pengolahan air limbah sebelum masuk ke unit selanjutnya. Air limbah masuk ke bak ekualisasi dan kemudian dialirkan ke unit berikutnya tergantung debit air limbah yang masuk.

Bak ekualisasi pada IPAL kedua gedung sama-sama mempunyai satu unit bak yang didesain mengelilingi bak reaktor RBC. Pembersihan bak sangat jarang dilakukan karena tidak terdapat penampungan sementara/cadangan. Karena tidak ada bak sedimentasi, lumpur dapat mengendap pada unit ini. Pengerukan lumpur, pembersihan screen dan pengambilan sampah yang terapung dilakukan secara manual oleh operator IPAL. Hal ini sangat penting dilakukan agar unit ini berfungsi dengan baik.

- Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi pada IPAL Gedung BPIW

- Volume bak = 3 m x 2,4 m x 1,2 m = 8,64 m³

- Cek Waktu Tinggal dalam bak:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V}{Q} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{8,64 \text{ m}^3}{28,62 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 7,24 \text{ jam} (> 2 \text{ jam}) \dots\dots \text{tidak sesuai kriteria desain} \\ &\quad (\text{pada tabel 2.2}) \end{aligned}$$

- Cek kedalaman bak:

$$h \text{ bak ekualisasi} = 1,2 \text{ m} (< 2 \text{ m}) \dots\dots \text{tidak sesuai kriteria desain}$$

Dari hasil analisis perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa waktu tinggal bak adalah 7,24 jam, nilai ini di atas kriteria desain optimal (< 2 jam) dan dinilai terlalu lama sehingga dapat menyebabkan terjadinya pengendapan kotoran ditambah tidak adanya bak sedimentasi yang menyebabkan lumpur mengendap lebih tebal lagi di bak ekualisasi, hal ini akan berpengaruh terhadap penyisihan bahan organik. Solusi yang dapat diberikan yaitu memperkecil kedalaman bak dan menambah aerator sehingga pengendapan tidak terjadi. Selain itu, karena bak ini hanya memiliki satu kompartemen sehingga menyulitkan untuk menampung air sementara ketika bak akan dikuras untuk pembersihan unit ekualisasi. Waktu tinggal optimal diperoleh apabila volume unit ekualisasi 2,385 m³. Dengan kedalaman optimal 2 m, perbandingan panjang dan lebar 1:1 maka akan diperoleh dimensi optimal unit ekualisasi dengan dua kompartemen adalah 1,092 m x 1,092 m x 2 m.

- Perhitungan Dimensi Bak Ekualisasi pada IPAL Gedung Utama

- Volume bak = 4,7 m x 2 m x 2 m = 18,8 m³

- Cek Waktu Tinggal dalam bak:

$$\begin{aligned} T_d &= \frac{V}{Q} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= \frac{18,88 \text{ m}^3}{80 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 5,64 \text{ jam} (> 2 \text{ jam}) \dots\dots \text{tidak sesuai kriteria desain} \end{aligned}$$

- Cek kedalaman bak:

$$h \text{ bak ekualisasi} = 2 \text{ m} (\text{sesuai dengan kriteria desain})$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas dapat diketahui bahwa waktu tinggal bak adalah 5,64 jam, nilai ini melebihi kriteria desain optimal (< 2 jam). Seperti halnya bak ekualisasi pada IPAL *grey water* gedung BPIW, bak ini juga hanya memiliki satu unit sehingga menyulitkan ketika waktu pengurasan. Pada IPAL ini juga tidak ada bak sedimentasi yang bisa digunakan sebagai tempat penampungan sementara.

Waktu tinggal optimal diperoleh apabila volume unit ekualisasi $6,67 \text{ m}^3$. Dengan kedalaman optimal 2 m, perbandingan panjang dan lebar 1:1 maka akan diperoleh dimensi optimal unit ekualisasi dengan dua kompartemen adalah $1,826 \text{ m} \times 1,826 \text{ m} \times 2 \text{ m}$.

c. Unit Reaktor RBC

Air limbah dari bak ekualisasi mengalir menuju reaktor RBC ke stage 1 dahulu sampai stage 4 secara bertahap pada IPAL Gedung BPIW memiliki dimensi $4,66 \text{ m} \times 2,4 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}$ dan IPAL Gedung Utama dengan dimensi $8,1 \text{ m} \times 4,9 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$. Pada unit RBC yang terdapat di IPAL Gedung BPIW, tinggi bak adalah 0,8 m. Jika mengacu pada kriteria desain menurut Permen PUPR Nomor 04 Tahun 2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik nilai ini sudah sesuai dengan rentang kriteria desain. Namun jika mengacu pada Tchobanoglous, 2003 nilai ini terlalu kecil dari kriteria desain ($1,2 \text{ m} - 1,44 \text{ m}$). Lebar bak RBC ini adalah 2,64 m dengan panjang 4,66 m, sedangkan media piringan tercelup 40%, nilai ini sudah sesuai dengan kriteria desain. Untuk kecepatan putaran disk, berdasarkan kriteria desain nilainya ada pada rentang 3-6 rpm, keadaan di lingkungan disk ini berputar 15 detik atau 4 rpm, maka nilai ini sudah sesuai dengan kriteria desain tersebut. Untuk diameter cakram RBC adalah 1,23 meter dengan panjang batang horizontal masing-masing 0,45 meter per kompartemen.

Pada unit RBC di IPAL Gedung Utama, tinggi/kedalaman bak adalah 1,8 m, nilai ini sudah sesuai dengan kriteria desain menurut Permen PUPR Nomor 04 Tahun 2017. Namun jika mengacu pada Tchobanoglous, 2003, nilai ini lebih besar dari kriteria desain ($1,2 \text{ m} - 1,44 \text{ m}$). Lebar bak RBC ini adalah 4,9 m dan panjang 8,1 m, sedangkan media piringan tercelup 40%, nilai ini sudah sesuai dengan kriteria desain. Untuk kecepatan putaran disk, berdasarkan kriteria desain nilainya ada pada rentang 3-6 rpm, keadaan di lingkungan disk ini berputar 18 detik atau 3 rpm, maka nilai ini sudah sesuai. Untuk diameter cakram RBC adalah 1,58 m dengan panjang batang horizontal masing-masing 2 meter per kompartemen. Secara sederhana bisa dilihat pada tabel berikut.

Tabel 9. Perbandingan Dimensi IPAL Berdasarkan Kriteria Desain Unit Reaktor RBC dengan Kondisi Eksisting Lapangan

Parameter	Satuan	Kriteria Desain	Kondisi Eksisting (IPAL Gd. BPIW)	Ket.	Kondisi Eksisting (IPAL Gd. Utama)	Ket.
Diameter cakram*	m	1 – 3,6	1,23	Ok	1,58	Ok
Tinggi Bak*	m	0,4 – 1,44	0,8	Ok	1,8	>
Tebal cakram**	cm	1 – 2	1	Ok	1	Ok
Jarak antar cakram**	cm	2 – 3	3	Ok	3	Ok
Panjang batang horizontal**	m	1,52–8,22	4,7	Ok	8	Ok
Kedalaman tenggelam**	%	40	40	Ok	40	Ok
Kecepatan putaran*	rpm	3 – 6	4	Ok	3	Ok

Sumber : * Permen PUPR Nomor 4 Tahun 2017

** Tchobanoglous, et al., 2003

Berdasarkan tabel di atas, dimensi IPAL di Gedung BPIW dan Gedung Utama sudah sesuai dengan kriteria desain, hanya pada tinggi bak pada IPAL Gedung Utama nilainya sedikit lebih besar,

rentang nilai tersebut tidak begitu signifikan sehingga tidak akan berpengaruh pada tingkat efektivitas dari penyisihan kadar pencemar.

Dimensi pada unit RBC begitu penting karena akan berpengaruh pada tingkat efektivitas dari penyisihan kadar pencemar (% removal). Hal ini perlu diperhatikan karena jika dimensi lebih besar atau lebih kecil maka penyisihan kadar pencemar kurang optimal.

d. Bak Disinfeksi/Bak Efluen 1

Tangki Efluen 1 berfungsi sebagai penampung air limbah yang telah diolah dari bak sebelumnya/pengolahan biologis. Pada unit ini dilakukan proses klorinasi agar air yang telah diolah lebih jernih. Berikut volume tangki efluen pada IPAL Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR.

$$\text{- Volume tangki penampung Gedung BPIW} = 3,4\text{m} \times 1,6\text{m} \times 1,8\text{m} = 9,8 \text{ m}^3$$

$$\text{- Volume tangki penampung Gedung Utama} = 3,8\text{m} \times 1,5\text{m} \times 2\text{m} = 11,4 \text{ m}^3$$

Cek waktu kontak

- IPAL Gedung BPIW

$$= \frac{\text{Volume Tangki}}{\text{Debit}} = \frac{9,8 \text{ m}^3}{1,19 \text{ m}^3/\text{jam}} = 8,24 \text{ jam} = 494,4 \text{ menit}$$

- IPAL Gedung Utama

$$= \frac{\text{Volume Tangki}}{\text{Debit}} = \frac{11,4 \text{ m}^3}{3,33 \text{ m}^3/\text{jam}} = 3,42 \text{ jam} = 205,2 \text{ menit}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, waktu kontak pada kedua tangki penampung di kedua IPAL jauh di atas kriteria desain yang dianjurkan yaitu rentang 20-30 menit (Syed R. Qasim). Oleh karena itu, perlu pengurangan waktu tinggal yaitu dengan mengurangi volume tangki atau memperbesar debit air yang masuk ke dalam tangki. Pada IPAL di gedung BPIW untuk volume tangki $9,8 \text{ m}^3$, maka debit maksimum agar waktu tinggal dapat sesuai dengan kriteria desain adalah $29,4 \text{ m}^3/\text{jam}$. Atau jika menaikkan debit tidak dapat dilakukan, maka untuk debit $0,55 \text{ m}^3/\text{jam}$, dengan memperkecil volume tangki seharusnya $0,39 \text{ m}^3$. Sedangkan pada IPAL di Gedung Utama, dengan volume tangki sebesar $11,4 \text{ m}^3$ maka debit maksimum agar sesuai dengan kriteria desain adalah $34,2 \text{ m}^3/\text{jam}$. Atau untuk volume tangki dengan debit $1,68 \text{ m}^3/\text{jam}$, volume tangki seharusnya $1,11 \text{ m}^3$.

KESIMPULAN

Kapasitas IPAL berdasarkan pemakaian air bersih selama satu tahun pada IPAL *Grey Water* Gedung BPIW adalah sebesar Q desain ($28,62 \text{ m}^3/\text{hari}$) $>$ Q lapangan ($7,34 \text{ m}^3/\text{hari}$), sedangkan kapasitas IPAL Gedung Utama adalah sebesar Q desain ($80 \text{ m}^3/\text{hari}$) $>$ Q lapangan ($35,6 \text{ m}^3/\text{hari}$), maka kapasitas IPAL di kedua gedung tersebut masih mencukupi untuk menampung pengolahan air limbah;

Berdasarkan hasil analisis inlet untuk parameter BOD, COD dan TSS yang diuji pada IPAL *Grey Water* di Gedung BPIW nilai yang didapat masih berada di atas baku mutu lingkungan, sedangkan pada IPAL di Gedung Utama nilai yang didapat di bawah baku mutu lingkungan; Berdasarkan hasil analisis outlet, kinerja IPAL *Grey Water* Gedung BPIW dan Gedung Utama Kementerian PUPR dikategorikan baik. Hal ini ditandai dengan kualitas efluen di bawah nilai baku mutu lingkungan yang telah ditetapkan pemerintah;

Penurunan kadar pencemar pada inlet dan outlet unit RBC di IPAL *Grey Water* Gedung BPIW untuk BOD sebesar $45,66\%$, COD sebesar $54,74\%$, dan TSS sebesar $61,54\%$ sedangkan pada IPAL Gedung Utama penurunan kadar BOD sebesar $1,49\%$, COD sebesar $37,21\%$, dan TSS sebesar $23,08\%$;

Penurunan kadar pencemar pada bagian inlet dan outlet IPAL *Grey Water* Gedung BPIW untuk BOD sebesar 90,06%, COD sebesar 91,78%, dan TSS sebesar 83,87%, sedangkan pada IPAL Gedung Utama penurunan kadar BOD sebesar 32,56%, COD sebesar 47,07%, dan TSS sebesar 30,23%;

Kinerja IPAL *Grey Water* Gedung BPIW yang hanya mengolah *grey water* dinilai lebih efektif jika dibandingkan dengan kinerja IPAL Gedung Utama yang menggabungkan pengolahan *black water* dengan *grey water*. Hal ini dapat dilihat dari hasil analisis efisiensi dan presentase pengurangan bahan pencemar (yang ditandai dengan % removal) pada unit RBC yang relatif baik, mencapai nilai rata-rata di atas 80 % sedangkan penyisihan efisiensi pada IPAL Gedung Utama rata-rata nilainya masih di bawah 50 %. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat efektivitas kinerja untuk IPAL Gedung BPIW lebih tinggi jika dibandingkan dengan IPAL Gedung Utama;

Dimensi bak reaktor RBC pada IPAL *Grey Water* Gedung BPIW dan IPAL Gedung Utama sudah sesuai dengan kriteria desain;

Berdasarkan dimensi bak ekualisasi, diketahui perhitungan waktu tinggal terlalu lama. Pada IPAL *Grey Water* Gedung BPIW waktu tinggal mencapai 7,24 jam dan pada IPAL Gedung Utama waktu tinggal mencapai 5,64 jam. Nilai ini jauh lebih tinggi dari kriteria desain yaitu 2 jam.

Berdasarkan dimensi tangki penampung pada unit desinfeksi, perhitungan waktu tinggal berada jauh di atas kriteria desain optimal (20-30 menit) yaitu waktu tinggal pada gedung BPIW mencapai 494,4 menit dan pada Gedung Utama mencapai 205,2 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. 2016. *Buku 3 Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik-Terpusat Skala Permukiman*. Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, Jakarta.
- Direktorat Pengembangan Penyehatan Lingkungan Permukiman. 2018. *Buku B Pedoman Perencanaan Teknik Terinci Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik Terpusat*. Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, Jakarta.
- Gubernur DKI Jakarta. 2005. *Peraturan Gubernur DKI Jakarta Nomor 122 Tahun 2005 tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik di Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta*. Jakarta.
- Kampschreur, M. J., Temmink, H., Kleerebezem, R., Jetten, M. S. M., & van Loosdrecht, M. C. M. (2009). Nitrousoxide emission during wastewater treatment
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2016. *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik*. Jakarta.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2017. *Lampiran II Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 04/PRT/M/2017 tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik*. Jakarta.
- Metcalf, Eddy. 2014. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. Mc. 5th Edition, McGraw-Hill*, New York.
- Peavy Howard S. & Rowe. Donald R. 1985. *Environmetal Engineering*. Mc Graw Hill. Singapore.
- Qasim, Syed. 1991. *Waste Water Treatment Plans Planning, Design and Operations*. USA : Cbs College Publishing.

Reynold, Tom D. & Richard, Paul A. (1995). *Unit Operational And Process In Environmental Engineering (2nd Ed)*. USA : International Thompson Publishing.

SNI 06-6989.3-2004. *Air dan Air Limbah - Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

SNI 6989.59:2008. *Air dan Air Limbah - Bagian 59: Metode Pengambilan Contoh Air Limbah*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

SNI 6989.72:2009. *Air dan Air Limbah - Bagian 72: Cara Uji Kebutuhan Oksigen Biokimia (COD dan BOD)*. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.

Sugiharto. (2008). *Dasar Dasar Pengolahan Air Limbah*. Jakarta : UI-Press

Yenti, Sefni. 2011. *Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (studi kasus: Rumah Sakit ST. Carolus Jakarta)*. Teknik Sipil, Universitas Indonesia. Jakarta, Skripsi.