

Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah di Gedung Perkantoran Menara Rajawali

Evaluation of Wastewater Treatment Plant in Menara Rajawali Building

Muhammad Zihat Abi Manyu^{1*}, Sophia Shanti Meilani², Reni Masrida³

^{1,2,3}Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya, Bekasi, Indonesia

*Penulis korespondensi: 202010245001@mhs.ubharajaya.ac.id

Abstrak

Limbah domestik adalah semua buangan yang berasal dari kamar mandi, jamban, dapur, tempat cuci pakaian, cuci peralatan rumah tangga, apotek, rumah sakit, rumah makan dan sebagainya yang secara kuantitatif limbah tadi terdiri dari zat organik baik berupa zat padat ataupun cair; bahan berbahaya, dan beracun, garam terlarut, lemak dan bakteri terutama golongan fekal coli, jasad pathogen, dan parasit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan, mengevaluasi kondisi eksisting IPAL, serta menghitung efisiensi removal masing-masing unit dan efisiensi total IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali. Metode yang digunakan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Hasil yang diperoleh berdasarkan uji laboratorium dari 7 parameter yang diuji terdapat beberapa parameter yang memiliki hasil diatas standar baku mutu, diantaranya: TSS amoniak dan total coliform sebesar 51, BOD sebesar 24, COD sebesar 86, dan pH sebesar 8. Efisiensi removal total IPAL terbilang sangat efisien, penghilangan kadar parameter sudah diatas 80% dengan presentase removal TSS sebesar 23%, BOD 71,%, dan COD 72%.

Kata kunci: Activity Sludge, Air Limbah, Gedung Perkantoran Rajawali, IPAL

Abstract

Domestic waste is all waste that comes from bathrooms, latrines, kitchens, clothes washing, washing household appliances, pharmacies, hospitals, restaurants and so on which quantitatively consists of organic substances in the form of solids or liquids, hazardous and toxic substances, dissolved salts, fats and bacteria, especially fecal coli, pathogenic bodies, and parasites. This study aims to determine the quality of wastewater produced, evaluate the existing condition of the WWTP, and calculate the removal efficiency of each unit and the total efficiency of the Menara Rajawali Office Building WWTP. The method used is quantitative descriptive research. The results obtained based on laboratory tests of the 7 parameters tested there are several parameters that have results above the quality standards, including: TSS ammoniac and total coliform of 51, BOD of 24, COD of 86, and pH of 8. The total removal efficiency of the WWTP is very efficient, the removal of parameter levels is above 80% with a TSS removal percentage of 23%, BOD 71,%, and COD 72%.

Keywords: Activity Sludge, Wastewater, Rajawali Office Building, WWTP

1. Pendahuluan

Pembangunan tower dan gedung-gedung bertingkat yang umumnya digunakan sebagai perkantoran, mall dan hotel merupakan bukti nyata adanya kegiatan pembangunan yang terus berkembang mengikuti tren kebutuhan. Kawasan-kawasan strategis dan jalan protokol berkembang menjadi kawasan niaga. Fungsi daerah pemukiman yang nyaman sedikit demi sedikit berubah menjadi sentra-sentra bisnis. Kawasan perkantoran, perhotelan dan yang dilengkapi dengan pertokoan-pertokoan skala besar telah menjadi model dari proses modernisasi kota tua. Gedung-gedung perkantoran tersebut berimplikasi pada meningkatnya jumlah kebutuhan air bersih dan sekaligus juga meningkatnya jumlah air limbah domestik yang diproduksi di wilayah perkotaan (Rajanny, 2016).

Air limbah domestik berasal dari air sisa kegiatan rumah tangga, pemukiman, gedung perkantoran, pusat perniagaan termasuk hotel dan rumah makan, yang berasal dari kamar mandi, tempat cuci, tempat memasak dan pencucian peralatan lainnya (Fitriyanti, 2020). Air limbah tersebut mengandung bahan atau zat-zat yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan mengganggu lingkungan hidup, sehingga harus diolah terlebih dahulu sampai memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini

tentunya wajib diterapkan oleh penanggung jawab usaha gedung perkantoran yang menghasilkan limbah (Rajanny, 2016). Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 9 Tahun 2023, limbah diartikan sebagai sisa dari usaha atau kegiatan manusia yang menimbulkan penurunan kualitas lingkungan karena pembuangan air limbah yang tidak terkelola dengan baik. Keseimbangan lingkungan akan terganggu jika limbah yang dihasilkan melebihi ambang toleransi lingkungan, sehingga jika terjadi akan menyebabkan lingkungan tercemar untuk kesehatan manusia. Oleh karena itu, perlu adanya dilakukan pengelolaan limbah (Sugihartono, 1987). Limbah berdasarkan wujudnya dibagi menjadi tiga yaitu padat, cair dan gas. Limbah dalam berbagai wujudnya dapat memberikan dampak negatif bagi kesehatan (Tamara et al., 2020). Gedung Menara Rajawali merupakan salah satu gedung perkantoran yang berlokasi strategis di distrik bisnis Jakarta, bergerak di bidang usaha yang beragam mulai dari media, telekomunikasi, periklanan, transportasi, properti, pertambangan, perkebunan, hingga yayasan, memiliki luas gedung 30.949 m², terdiri dari 26 lantai dan satu lantai basement. Aktivitas pada perkantoran tersebut memiliki potensi untuk menghasilkan limbah domestik sehingga diperlukan pengolahan sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Dalam regulasi tersebut menyatakan bahwa setiap penanggung jawab usaha gedung perkantoran wajib melakukan pengolahan air limbah domestik sehingga mutu air limbah domestik aman untuk lingkungan serta tidak melampaui baku mutu air limbah domestik yang telah ditetapkan (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2016). Proses pengolahan air limbah domestik di Gedung Menara Rajawali menggunakan sistem *activated sludge* yaitu instalasi pengolahan limbah domestik yang bertujuan menghilangkan kandungan organik yang terkandung di dalam air seperti *biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD), *suspended solid* (SS), zat amonia serta patogen. Instalasi STP di Gedung Menara Rajawali memiliki 7 komponen pengolahan limbah yang terdiri dari *screen chamber*, *equalization tank*, *aeration tank*, *sedimentation tank*, *effluent tank*, *sludge tank*. Dalam upaya memperoleh pengolahan air limbah domestik yang efisien dan berkualitas, setiap unit proses pada instalasi pengolahan air limbah menggunakan sistem *activated sludge* harus sudah sesuai kriteria yang dibutuhkan pada gedung (Nugraha et al., 2020). Evaluasi yang dilakukan pada penelitian ini berfokus pada kualitas *Effluent* yang dihasilkan dari IPAL di Gedung perkantoran Menara Rajawali, pada penelitian ini adalah instalasi pengolahan air limbah menggunakan sistem *activated sludge* di Gedung perkantoran Menara Rajawali. Kegiatan evaluasi dilakukan dengan pengujian sampel *inlet* dan *outlet* serta membandingkan hasil *effluent* yang diperoleh dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik.

Penelitian ini membahas salah satu upaya sanitasi dasar yaitu sarana pembuangan air limbah dan saluran yang menampung air hasil kegiatan domestik. Adapun karakteristik air limbah domestik terbagi menjadi dua yaitu *grey water* berupa air hasil kegiatan mencuci hingga mandi dan *black water* yaitu air limbah kakus. Air limbah atau air hasil kegiatan yang dibuang langsung ke lingkungan tanpa proses pengolahan untuk mencapai standar kualitas yang ditetapkan dapat berdampak bagi lingkungan. Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan sistem *activated sludge* merupakan salah satu solusi untuk masalah sanitasi.

Penelitian terdahulu mengenai IPAL sudah dilakukan oleh Debora pada tahun 2019 yang penelitiannya berjudul "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pasar Tradisional Padang Bulan di Kecamatan Medan Baru, Kota Medan" dengan hasil akhir berupa kesimpulan yaitu debit air limbah yang diperlukan adalah 22,5 m³/hari dan menggunakan teknologi sistem *activated sludge* (pengolahan lumpur aktif), bar screen, hingga bak clarifier. Penelitian terdahulu dapat dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini, dimana tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan pada IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali, mengevaluasi kondisi eksisting IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali, serta menghitung efisiensi removal masing-masing unit IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode penelitian deskriptif untuk menjelaskan dan menggambarkan keadaan limbah cair pada objek penelitian. Penelitian ini memberikan gambaran hasil evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan parameter uji pH, kadar BOD, dan TSS sebelum dan sesudah air limbah diolah. Tahap pelaksanaan penelitian dilakukan dengan studi literatur, serta pengumpulan data primer dan data sekunder.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan pengambilan data secara langsung dilapangan dengan cara observasi langsung di lokasi terhadap kondisi saat ini atau kondisi fisik IPAL yang akan diteliti yang bertujuan untuk mendapatkan data primer yang terdiri dari teknologi pengolahan, gambar dan data teknis IPAL, data kualitas air hasil olahan, dan data parameter desain (debit, waktu tinggal, beban permukaan). untuk kemudian dilakukan analisis laboratorium terhadap parameter laju beban COD, BOD, dan amonia. Pengumpulan data sekunder didapat melalui pencarian data dari instansi terkait yaitu arsip pengolahan air limbah gedung perkantoran Menara Rajawali. Kualitas air limbah hasil effluent IPAL yang didapatkan dari data arsip IPAL Menara Rajawali dan dibandingkan dengan Baku Mutu PermenLHK No. P 68 Tahun 2016 tentang air limbah, sehingga didapat nilai perbandingannya yang memenuhi baku mutu atau tidak.

Tahapan pengambilan sampel dilakukan pada inlet dan outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Menara Rajawali, pengambilan sampel perlu mempersiapkan instrumen dan bahan yang akan digunakan. Tempat dari pengambilan sampel pada titik inlet (influen) dimana air limbah sebelum melewati proses pengolahan dan outlet (air limbah setelah proses pengolahan) dimana air limbah yang telah melewati proses pengolahan dan mengalir menuju badan air penerima. Kemudian sampel diambil untuk dilakukan pengujian parameter air limbah di laboratorium. Sampel limbah cair diambil menurut metode grab sample (sesaat), berarti limbah cair diambil sesaat dalam waktu yang ditentukan (SNI i6989.59:2008). Sampel diambil dengan memperhatikan waktu detensi/retensinya sebab debit dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah fluktuasi atau tidak menentu/terduga. Waktu detensi/retensi Instalasi Pengolahan Air Limbah yang memakai sistem biofilter aerobik dan anaerobic maupun kombinasi dari kedua sistem tersebut yaitu 6 hingga 8 jam (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik, 2017). Oleh karena itu, pengambilan sampling dibagi menjadi 2 (dua) waktu yaitu pada pagi hari jam (09.00) untuk pengambilan di titik inlet dan sore hari jam (17.00) untuk pengambilan di titik outlet. Parameter yang ditinjau pada penelitian ini adalah sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68, (2016) tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, meliputi pH, COD, dan TSS diuji di Laboratorium, adapun BOD, Total coliform, Amoniak, Minyak dan Lemak diuji di Laboratorium.

Perhitungan debit air limbah eksisting menggunakan asumsi tingkat penggunaan air bersih untuk Kantor/p 50 liter/pegawai/hari yang bersumber dari (SNI 03-7065-2005) karena tipe bangunan yang terhubung dengan IPAL Menara Rajawali adalah kantor. Jumlah air bersih yang akan menjadi air limbah diperkirakan mencapai 70% - 80% (Buku SPAL DT, 2018). Oleh karena itu, asumsi untuk menghitung debit air limbah didasarkan pada persamaan:

$$Q_{ww} = (60 - 85) \% \times Q_w \quad (1)$$

Keterangan :

Q_{ww} = Debit air limbah (liter/orang.hari)

Q_w = Debit rata-rata air bersih (liter/orang.hari) (Rahmanisa, 2017)

Perhitungan debit air limbah puncak (puncak (Q_{peak}) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{ave} \quad (2)$$

Keterangan :

Q_{peak} = Debit air limbah puncak (l/detik)

f_{peak} = Faktor puncak

Q_{ave} = Debit air limbah rata-rata (l/detik) (Rahmanisa, 2017)

Faktor puncak merupakan rasio antara debit puncak dengan debit rata rata. Menurut Fair dan Geyer, 1954 dalam Mahayanta 2016 penentuan faktor puncak dapat dicari dengan persamaan:

$$f_{peak} = (18 + p0.5) / (4 + p0.5) \quad (3)$$

Keterangan : P = jumlah penduduk (jiwa) (Rahmanisa, 2017)

Debit air limbah minimum juga dapat terjadi ketika pemakaian air tidak terlalu banyak. Menurut Fair dan Geyer (1954) penentuan debit minimum dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{min} = 1/5 \times (P)^{1/6} \times Q_{ave} \quad (4)$$

Keterangan :

Q_{min} = debit air limbah minimum (l/detik)

P = Jumlah penduduk

Q_{ave} = Debit air limbah rata-rata (l/detik) (Rahmanisa, 2017)

Tahap pengolahan dan analisis data dilakukan untuk membandingkan hasil uji laboratorium, influent dan air limbah setelah proses pengolahan dari IPAL dengan baku mutu air limbah domestik yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.68, (2016) untuk mengetahui apakah air limbah setelah proses pengolahan dari IPAL Menara Rajawali memenuhi baku mutu atau tidak. Kemudian dilakukan uji efisiensi IPAL untuk mengetahui tingkat efisiensi penyisihan pada penguraian limbah cair dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Penyisihan} = \frac{a - b}{a} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

a = konsentrasi air limbah pada titik inlet (mg/L)

b = konsentrasi air limbah pada titik outlet (mg/L)

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan di IPAL Menara Rajawali, yang unit pengolahannya terdiri dari unit *screen chamber*, *oil water separator*, unit *equalizing tank*, unit *presedimentation tank*, unit *aeration tank*, unit *sedimentation tank*, unit *chlorine tank*, unit *effluent tank*, dan unit *sludge tank*.

3.1 Debit Air Limbah

Debit air limbah yang didapatkan dari hasil pengukuran secara manual yaitu dengan menggunakan volume saluran dibagi dengan lamanya benda mengalir pada jarak yang telah ditentukan. Volume saluran didapatkan dengan pengukuran secara manual panjang, lebar, dan tinggi saluran menggunakan roll meter. Pengukuran debit dilakukan pada pukul 07.00-15.00 selama satu minggu.

3.1.1 Perhitungan Debit

Debit air limbah ditetapkan dari 80% pemakaian air bersih, hal ini berdasarkan SK SNI Air Minum dari Kementerian pekerjaan Umum. Setiap lantai di Menara terdiri dari 5 s.d 6 kantor dengan masing-masing kantor memiliki 12 s.d 15 karyawan. Oleh karena itu, setiap lantai akan menampung 60 s.d 90 karyawan. Menyikapi hal tersebut, diambil lah nilai tipikal antara 60 dengan 90. Maka, diperolehlah nilai tipikal sebesar 75 untuk digunakan sebagai asumsi jumlah karyawan tiap lantai. Perhitungan jumlah karyawan sebagai berikut:

Jumlah yang dilayani	= 28 lantai
Satu gedung	= 75 orang = $75 \times 28 = 2100$ orang
Debit air bersih	= 2.100×50 l/orang/hari (SNI 03-7065-2005) = 105.000 l/hari = 105 m ³ /hari
Debit air limbah/hari	= 105 m ³ /hari x 80% = 84 m ³ /hari
Durasi kerja dalam 1 hari	= 8 jam kerja/hari
Debit air limbah/jam	= $10,5$ m ³ /jam
Debit air limbah/menit	= $0,175$ m ³ /menit
Debit air limbah/detik	= $0,002916$ m ³ /detik

Perhitungan debit air limbah didasarkan pada debit air bersih. Data penggunaan air bersih didapatkan dari data penggunaan air bulanan Gedung Perkantoran Menara Rajawali pada bulan Desember 2023. Data yang diperoleh dari arsip pada Gedung Perkantoran Menara Rajawali. Kebutuhan air bersih rata-rata selama Bulan Desember 2023 adalah 105 m³/hari Berdasarkan data tersebut, dapat dihitung debit air limbah yang dihasilkan yaitu 80% dari debit air bersih.

Debit rata-rata air limbah	= $80\% \times 105$ m ³ /hari = 84 m ³ /hari = $10,5$ m ³ /jam = $0,175$ m ³ /menit = $0,0029$ m ³ /detik (8jam kerja)
----------------------------	---

3.1.2 Hasil Uji Karakteristik Air Limbah

Uji karakteristik air limbah ini dilakukan pada tanggal 5 Januari 2024. Data kualitas air limbah didapatkan dari data primer dan data sekunder. Untuk data kualitas didapatkan dari sampling langsung di *effluent* Gedung Perkantoran Menara Rajawali yaitu, lalu sampel tersebut dianalisis di laboratorium.

Berdasarkan data hasil pengujian kualitas sampel *outlet* air limbah didapatkan hasil bahwa parameter TSS, Amonia, dan Total Coliform masih memiliki nilai di atas baku mutu (PermenLHK No.68 Tahun 2016). Berdasarkan data tersebut, perlu adanya evaluasi terhadap unit pengolahan TSS, Ammonia, dan Total Coliform agar dihasilkannya kualitas buangan air limbah yang sesuai baku mutu. Terkhusus pada unit pengolahan TSS, Ammonia, dan Total Coliform.

Diketahui:

Kadar TSS = 67 mg/l

Debit air limbah Menara Rajawali= 84 m³/hari

Maka didapatkan beban TSS per hari yaitu = TSS x Debit air limbah
= 67 mg/l x 84.000 l/hari
= $5.628.000$ mg/hari
= $5,63$ kg/hari Diketahui:

Kadar BOD = 83 mg/l

Debit air limbah Menara Rajawali= 84 m³/hari

Maka didapatkan beban BOD per hari yaitu = BOD x Debit air limbah
= 83 mg/l x 84.000 L/hari
= $6.972.000$ mg/hari
= $6,97$ kg/hari

3.2 Evaluasi Kinerja Keseluruhan IPAL

Perhitungan efisiensi removal total dilakukan untuk mengetahui kemampuan IPAL secara keseluruhan dalam menurunkan kadar pencemar. Data yang dilakukan dalam perhitungan efisiensi removal total yakni data sampel karakteristik air limbah pada inlet dan outlet IPAL. Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi penghilangan dari tiap parameter:

$$\% \text{ Removal} = \frac{\text{Nilai} \text{-----} \text{Kualitas Inlet} - \text{Kualitas Outlet}}{\text{Nilai Kualitas Inlet}} \times 100\% \quad (6)$$

Nilai efisiensi removal IPAL total dengan parameter pH, BOD, COD, TSS, Minyak & Lemak, Ammonia, dan Total Coliform dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai efisiensi removal IPAL

No	Parameter	Satuan	Inlet	Outlet	Removal (%)	Hasil
1	pH	-	8	8	-	
2	BOD	mg/l	83	24	71,08%	Efisien
3	COD	mg/l	312	86	72,43%	Efisien
4	TSS	mg/l	67	51	23,88%	Kurang efisien
5	Minyak dan Lemak	mg/l	1823	1,8	99,90%	Sangat efisien
6	Amonia	mg/l	158	56	64,55%	Efisien
7	Total Coliform	MPM/100ml	16000	5400	66,25%	Efisien

Menurut (Afrianisa, 2022), tingkat efisiensi IPAL dikelompokkan sebagai berikut:

Sangat efisien = $x > 80\%$

Efisien = $60\% < x \leq 80\%$

Cukup efisien = $40\% < x \leq 60\%$

Kurang efisien = $20\% < x \leq 40\%$

Tidak efisien = $x \leq 20\%$

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui bahwa efisiensi removal total IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali terbilang cukup efisien dimana untuk penghilangan kadar 5 parameter sudah diatas 60 yaitu BOD, COD, TSS, Minyak dan Lemak, Ammonia, serta Total Colifom. Akan tetapi, pada parameter TSS, Ammonia, dan Total Coliform masih belum mencapai standar baku mutu (PermenLHK No.68 Tahun 2016). Berdasarkan hasil, terjadi penurunan yg belum maksimal sehingga beberapa parameter air limbah (TSS, Ammonia, dan Total Coliform) dari outlet masih memiliki nilai dibawah baku mutu. Sehingga, perlu adanya peningkatan kualitas unit pengolahan terhadap parameter TSS, Ammonia, dan Total Coliform.

3.3 Dimensi Unit Eksisting IPAL

Dimensi eksisting unit-unit Instalasi Pengolahan Air Limbah didapatkan dari pengukuran langsung di IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali menggunakan roll meter. Hasil pengukuran dimensi terdapat pada Tabel 2, dimana (P) adalah panjang, (L) adalah lebar, (D) adalah diameter, dan (H) adalah kedalaman.

Tabel 2. Hasil pengukuran dimensi eksisting unit IPAL

No	Unit	Dimensi				Volume
		P (m)	L (m)	D (m)	H (m)	
1	Screen Chamber		2			
2	Equalizing Tank	6	4	-	3	72
3	Pre Sedimentation Tank		6	4		3
4	Aeration Tank	6	4		3	72
5	Sedimentation	4	2,5		3	30
6	Klorin Tank	3	2	3		18
7	Effluent Tank	4	2,5		3	30
8	Sludge Tank	6	3		3	54

3.4 Perhitungan Berdasarkan Kriteria Desain IPAL

Perhitungan desain IPAL di Gedung Perkantoran Menara Rajawali memiliki kapasitas debit 84 m³/hari atau 0,002916 m³/detik (8jam kerja). Debit tersebut akan ditambah dengan *safety factor*, perhitungan desain ipal sebagai berikut:

Q rata-rata

$$\begin{aligned}
 Q \text{ rata - rata} &= 84 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,00292 \text{ m}^3/\text{detik (8jam kerja)} \\
 \text{Safety factor} &= 10\% \text{ (Tyler G. Hicks \& Chohey, 2012)} \\
 Q \text{ rata - rata x safety factor} &= \text{Debit rata - rata} + (10\% \times \text{Debit rata - rata}) \\
 &= 84 \text{ m}^3/\text{hari} + (84 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10\%) = 92,4 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Maka Q (dibulatkan)} &= 92,4 \text{ m}^3/\text{hari atau } 0,003208 \text{ m}^3/\text{detik (dalam waktu 8jam kerja)}.
 \end{aligned} \tag{7}$$

Q hari maksimum (Q_{md})

$$\begin{aligned}
 F_{md} &= 1,25 \text{ (Prasasti \& Samudro, 2018)} \\
 \text{Rumus: Q hari maksimum} &= f_{md} \times Q \\
 Q \text{ hari maksimum} &= 1,25 \times 0,0032 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,0040 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Maka } Q_{md} &= 0,0040 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned} \tag{8}$$

Q jam puncak (Q_{ph})

$$\begin{aligned}
 F_{ph} &= 1,64 \text{ (Prasasti \& Samudro, 2018)} \\
 \text{Rumus: Q jam puncak} &= f_{ph} \times Q \\
 Q \text{ jam puncak} &= 1,64 \times 0,0032 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,0052 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Maka } Q_{ph} &= 0,0052 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned} \tag{9}$$

Q Minimum (Q_{min})

$$\begin{aligned}
 F_{min} &= 0,78 \text{ (Prasasti \& Samudro, 2018)} \\
 \text{Rumus: Q minimum} &= f_{min} \times Q \\
 Q \text{ minimum} &= 0,78 \times 0,0032 \text{ m}^3/\text{detik} = 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Maka } Q_{min} &= 0,0025 \text{ m}^3/\text{detik}
 \end{aligned} \tag{10}$$

3.5 Perhitungan Unit Pengolahan Secara Teori

Pengolahan air limbah secara fisika ini adalah untuk menghilangkan padatan yang tersuspensi pada air. Pengolahan limbah secara fisik sebenarnya adalah proses pemisahan bagian-bagian limbah yang tidak larut dalam limbah sehingga tidak mengganggu proses pengolahan berikutnya. Berdasarkan hasil analisa alternatif unit instalasi pengolahan air limbah yang terpilih, maka unit pengolahan air limbah pengolahan fisik yang diperlukan perhitungan dimensi tiap unit seperti bak pengumpul, *bar screen*, *grit chamber* dan bak ekualisasi.

3.5.1 Bak Pengumpul Teori Hasil Perhitungan

Bak pengumpul berfungsi untuk menampung air limbah dari saluran induk sebelum dilakukan pemompaan. Perencanaan saluran pengumpul tergantung pada sistem pemompaan yang berkaitan dengan adanya fluktuasi air limbah dan waktu detensi atau lamanya air limbah berada dalam sumur tersebut.

Tabel 3. Kriteria desain unit bak pengumpul

No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
1	<i>Slope</i>	m/m	0,7 – 0,8	Metcalf & Eddy,

2	Faktor Hari Max		1,2	2003
3	Faktor Jam Puncak		1,5 – 1,8	
4	Faktor Hari Min		0,78	
5	Slope Bak	m/m	1 : 1	Qasim, 1986
6	Koefisien Kekasaran Manning		0,011-0,015	Hammer,1997
7	Waktu Detensi	waktu	10	Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2017

Perhitungan unit bak pengumpul diperoleh dengan menghitung volume, luas bak pengumpul, dimensi bak pengumpul, dan waktu detensi dengan rumus:

Volume (V)

$$\text{Rumus : } V = Qph \times Td \quad (11)$$

$$\text{Hasil : } V = 3,15 \text{ m}^3$$

Luas Bak Pengumpul (A)

$$\text{Rumus : } A = \frac{\text{Volume (v)}}{\text{Tinggi Bak (t)}} \quad (12)$$

$$\text{Hasil : } A = 0,79 \text{ m}^2$$

Dimensi Bak Pengumpul

$$\text{Rumus : } \text{Luas Bak (A)} = P \times L \quad (13)$$

Jika sekala perbandingan panjang dengan lebar adalah 3:2, maka dilakukan perhitungan dengan P : L = 2 : 3, sehingga diperoleh hasil P = 0,725 m dan lebar 1,088 m.

Waktu Detensi

$$\text{Rumus : } Td = \frac{\text{volume (v)}}{Qph} \quad (14)$$

$$\text{Hasil : } Td = 600 \text{ detik (10 menit)}$$

(memenuhi 10 menit, Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, No 4 Tahun 2017)

3.5.2 Unit Screen Chamber Teori Hasil Perhitungan

Screen Chamber digunakan untuk menyaring air limbah dari benda yang tergabung agar tidak mengganggu unit selanjutnya. Bar screen terbagi menjadi 2 tipe, yaitu mekanis dan manual. kriteria desain pada Tabel 4 yang menjadi dasar dalam perencanaan dan harus dipenuhi sehingga unit pengolahan dapat bekerja secara efektif dan efisien.

Tabel 4. Kriteria desain saringan sampah dari pembersihan

No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
1	Kecepatan melalui screen (V)	m/det	0,3 - 0,6	Metcalf & Eddy, 2003
2	Ukuran Bar Lebar Bar (L)	mm	5,0 - 15	
3	Kedalaman (H)	mm	50 - 75	Qasim, 2000
4	Jarak Antar Bar (x)	mm	15 - 75	Metcalf & Eddy, 2003
5	Slope Horizontal (S)	m/m	75 - 85	
6	Hl _{min} saat Clogging (Hl _{min})	mm	150 - 600	Qasim, 2000
7	Hl _{max} saat Clogging (Hl _{max})	mm	800	

Luas Bersih Melalui Rak

$$\text{Rumus : } A = \frac{Q_{ph}}{V_{bar}} \quad (15)$$

$$\text{Hasil : } A = 0,0105 \text{ m}^2$$

Lebar Saluran

$$\text{Rumus : } \frac{\text{Luas Saluran}}{\text{kedalaman aliran}} \quad (16)$$

$$\text{Hasil : } 0,175 \text{ m}$$

Jumlah Spasi

$$\text{Rumus : } \frac{\text{Lebar Saluran}}{\text{Jarak antar bar}} \quad (17)$$

$$\text{Hasil : } 4$$

Total Lebar Spasi

$$\text{Rumus : } \text{Jumlah Spasi} \times \text{Jarak Antar Bar} \quad (18)$$

$$\text{Hasil : } 0,18 \text{ m}$$

Total Jumlah Bar

$$\text{Jumlah Bar} = \text{Jumlah spasi} - 1 = 4 \text{ spasi} - 1 = 3 \text{ bar} \quad (19)$$

$$\text{Total Lebar Bar} = \text{Jumlah Bar} \times \text{Lebar Bar} = 3 \times 0,01\text{m} = 0,03\text{m} \quad (20)$$

Lebar Chamber

$$\text{Rumus : } (\text{jumlah spasi} \times \text{jarak antar spasi}) + (\text{jumlah bar} \times \text{lebar bar}) \quad (21)$$

$$\text{Hasil : } 0,21 \text{ m}$$

Koefisien Efisiensi

$$\text{Rumus : } \frac{\text{Total } \text{lebar spasi} \times 100\%}{\text{Lebar chamber}} \quad (22)$$

$$\text{Hasil : } 85,71\%$$

3.5.3 Equalizing Tank Hasil Perhitungan

Bak ekualisasi adalah bak penampungan yang berfungsi untuk meminimumkan dan mengendalikan fluktuasi aliran air limbah baik kuantitas maupun kualitas yang berberda dan menghomogenkan konsentrasi air limbah (Metcalf and Eddy, 2003). Pada Tabel 5 diperoleh data perencanaan kriteria desain bak ekualisasi.

Tabel 5. Data kriteria desain bak ekualisasi

No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
1	Slope Bagian Dalam Bak	m/det	3:1 – 2:1	
2	Kedalaman Air Minimum	m	1,5 – 2,0	
3	Freeboard	m	1	Metcalf & Eddy, 2003
4	V Inlet = V Outlet	m/det	20% - 25% x Luas Atas	
5	Kedalaman	m	< 4	
6	Luas Bawah	% Luas atas	0,3 – 0,6	Metcalf & Eddy, 1991

Diketahui

$$P : L = 1 : 1$$

$$\text{Panjang (P)} = 6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 3 \text{ m}$$

Perhitungan

$$A_{\text{surface}} = P \times L \quad (23)$$

$$= 6 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{cross}} = L \times T \quad (24)$$

$$= 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{bak}} = P \times L \times T \quad (25)$$

$$= 6 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 72 \text{ m}^3$$

Cek Waktu Tinggal

$$\text{HRT di dalam Bak} = \frac{84 \text{ m}^3 \times 72 \text{ m}^3}{\text{hari} \times 1 \quad 8 \text{ jam}} = 0,107 \text{ Jam} \quad (26)$$

Laju Pemompaan yang dibutuhkan

$$= \text{Laju pemompaan} \times \text{Volume bak} \quad (27)$$

$$= 0,01 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{menit} \times 72 \text{ m}^3 = 3 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Dari hasil perhitungan di atas, td yang didapatkan sebesar 6,1 jam dan laju pemompaan yang dibutuhkan sebesar 0,72 m³/menit. Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan unit ekualisasi merupakan bak pengendap awal mengendalikan fluktuasi aliran air limbah cair unit ini memiliki blower udara yang berfungsi sebagai pengadukan air limbah *grey water* dan *black water* serta menghomogenkan konsentrasi air limbah sebelum dialirkan ke bak selanjutnya, waktu detensi pada unit ekualisasi ini berdasarkan hasil perhitungan sebesar 6,1 jam akan tetapi waktu detensi pada ekualisasi ini tidak memenuhi dengan standar yang ditetapkan, hal ini dikarenakan kedalaman pada unit ini terlalu dalam sehingga pada waktu proses pengadukan air limbah tidak diaduk secara merata hingga ke dasar unit ekualisasi, untuk dapat mengoptimalkan waktu detensi pada unit ekualisasi ini perlu dilakukan perancangan Kembali dimensi pada kedalaman unit bak ekualisasi.

3.5.4 Pre Sedimentation Tank Teori Hasil Perhitungan

Fungsi utama *Pre Sedimentation Tank* atau bak pengendap adalah mengendapkan partikel diskret. Bak pengendap I juga berfungsi menurunkan BOD atau COD dalam aliran sehingga menurunkan beban pengolahan biologis pada tahapan pengolahan berikutnya. Pada Tabel 6 merupakan data kriteria pada bak unit ini.

Tabel 6. Data kriteria bak unit *pre sedimentation tank*

No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
1	Rasio Panjang: Kedalaman	m/m	5:1-30:1	
2	Rasio Panjang: Lebar <i>Overflow</i>	m/m	3:1-30:1	Metcalf & Eddy, 2003
3	<i>Rate</i>	m ³ /m ² .hari	70	
4	<i>Weir Loading</i>	m ³ /m ² .hari	125-500	

Diketahui :

Influent Debit yang masuk bak pengendapan awal

Debit limbah (Q): 84 m³/hari = 0,00292 m³/detik (8jam kerja).

Kadar senyawa organik yang masuk ke bak dengan parameter:

BOD *influent*: 83 mg/L
COD *influent*: 312 mg/L
TSS *influent*: 67 mg/L

Perhitungan dimensi

Waktu tinggal dalam reaktor Waktu tinggal = (td): 5 jam (Said dkk, 2011)

Volume bak yang diperlukan di dalam reaktor Volume

$$= \frac{17,5 \text{ m}^3}{5 \text{ jam}} \times 24 \text{ jam} = 84 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dimensi unit =

$$\begin{aligned} V \text{ pengendap awal} &= A \times h & (28) \\ 17,5 \text{ m}^3 &= A \times 3 \text{ m} \\ A &= 17,5 \text{ m}^3 / 3 \text{ m} = 5,83 \text{ m}^2 \\ \text{Rasio P: L} &= 2:1 \\ A &= P \times L \\ 5,83 \text{ m}^2 &= 2L^2 \\ L &= \sqrt{\frac{5,83 \text{ m}^2}{2}} = 1,707 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 1,71 \text{ m} \\ \text{Panjang} &= 3,41 \text{ m} \end{aligned}$$

Pada bagian dasar bak juga dilengkapi dengan *slope* 0,02 untuk pengumpulan lumpur. Tinggi jagaan atau ruang bebas yang direncanakan yaitu 0,5 m, sehingga total kedalaman bak yang diperlukan sebesar 3 m.

Cek waktu tinggal

Waktu tinggal (*retention time*) rata-rata (T) td

$$\begin{aligned} &= \frac{17,5 \text{ m}^3}{84 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari} \\ &= 5 \text{ jam} \end{aligned}$$

Beban permukaan (*surface loading*)

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{84 \text{ m}^3/\text{hari}}{5,83 \text{ m}^2} \\ &= 14,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Hari} \end{aligned}$$

Effluent

Pada unit bak pengendapan awal tidak terjadi penyisihan BOD dan COD yang signifikan, sehingga konsentrasi *Effluent* dianggap sama dengan konsentrasi *influentnya*. Sedangkan TSS terjadi penyisihan dengan efisiensi sebesar 80% (Hidayati, 2017). Maka kadar senyawa *Effluent* air limbah adalah:

$$\begin{aligned} \text{TSS effluent} &= 20\% \times \text{TSS influent} & (29) \\ &= 20\% \times 51 \text{ mg/L} = 10,2 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Maka kadar senyawa yang tersisihkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{TSS tersisihkan} &= \text{TSS influent} - \text{TSS effluent} & (30) \\ &= 51 \text{ mg/L} - 10,2 \text{ mg/L} \\ &= 40,8 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3.5.5 Aeration Tank Teori Hasil Perhitungan

Aeration tank adalah media yang digunakan untuk metode activated sludge atau lumpur aktif. Metode lumpur aktif adalah salah satu metode pengolahan air limbah secara biologis yang bertujuan untuk mereduksi kadar pencemar seperti COD dan BOD dengan bantuan mikroba yang tersuspensi dalam

MLSS. Pada Tabel 7 merupakan data kriteria bak unit *aeration tank* untuk perhitungan perancangan unit tersebut.

Tabel 7. Data kriteria bak unit *aeration tank*

No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
1	Kedalaman	m	3-5	(Qasim,1985)
2	Freeboard	m	0,3-0,6	
3	Lebar : Kedalaman	m	1 : 1 – 2,2 : 1	
4	Lebar	m	3,0 – 11,0	
No.	Parameter	Satuan	Nilai Kriteria	Sumber
5	Beban BOD	kg	0,3-0,8	Nusa Idaman Said

Hasil perhitungan dimensi unit ini diperoleh:

Dimensi unit *aerob tank* 1

Lebar = 4 m

Kedalaman Efektif = 3 m

Panjang = 6 m

Tinggi Ruang Bebas = 0,1 m

Dimensi unit *aerob tank* 2

Lebar = 4 m

Kedalaman Efektif = 3 m

Panjang = 6 m

Tinggi Ruang Bebas = 0,1 m

Total Volume Efektif *aerob tank* = 4 m x 3 m x 6 = 72 m³

Bahan = Beton bertulang

Tinggi Bed media = 1,8 m

Jumlah Ruangan = 2 unit

Waktu Tinggal = 4,64 Jam

3.5.6 Sedimentation Tank Teori Hasil Perhitungan

Tangki pengendapan untuk menghilangkan padatan secara terus menerus. Unit ini umumnya digunakan untuk menghilangkan partikulat padat atau padatan tersuspensi dari cairan untuk klarifikasi dan pengentalan. proses pemisahan padatan yang terkandung dalam limbah cair dengan gaya gravitasi, pada umumnya proses sedimentasi dilakukan setelah proses koagulasi dan flokulasi dimana tujuan untuk memperbesar partikel padatan sehingga menjadi lebih berat dan dapat tenggelam dalam waktu lebih singkat. Diketahui :

Debit air limbah = 84 m³/hari = 0,0029 m³/detik (8jam kerja)

BOD *inlet* = 83 mg/L

Efisiensi = 71%

BOD *outlet* = 24 mg/L

Waktu tinggal di dalam bak = 2 - 4 jam

Ditetapkan: waktu tinggal (td) limbah di dalam bak *equalisasi* = 4 jam

Volume bak yang diperlukan = 4/24 x 84 m³/hari = 14 m³

Dimensi Bak Sedimentation

Panjang = 3,5 m

Kedalaman = 2 m

Lebar = 2 m

Volume Efektif = 14 m³

Kedalaman air efektif = 2,5 m

Tebal dinding = 10 cm,

Cek :

$$T_d \text{ Jam} = \frac{\text{Volume Efektif (3m}^3\text{)}}{\text{Debit air limbah (m}^3\text{/hari)}} \quad (31)$$

$$T_d = \frac{14 \text{ m}^3}{84 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,16 \text{ hari (8 jam kerja)} \times 8 \text{ jam} = 1,33 \text{ jam}$$

Beban permukaan

$$= \frac{84 \text{ m}^3/\text{hari}}{3,5 \text{ m} \times 2 \text{ m}} = 12 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Berdasarkan kondisi eksisting di lapangan unit sedimentasi merupakan proses pemisahan padatan yang terkandung dalam limbah cair dengan gaya gravitasi, dimensi pada unit sedimentasi Panjang 3,5 m, lebar 2 m dan kedalaman efektif 2 m sehingga waktu tinggal pada unit sedimentasi ini 1,3 jam, dan beban permukaan yang dihasilkan sebesar 12 m²/hari.

3.5.7 Chlorin Tank Teori Hasil Perhitungan Kriteria

Desain:

Dosis desinfeksi yang diberikan = 2-8 mg/L

Waktu kontak 15-45 menit

Kadar klor dalam kaporit 70%

Perhitungan:

Besar debit (Q) = 84 m³/hari (8 jam kerja) = 10,5 m³/jam, adapun dosis yang diberikan = 7 mg/l

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan kaporit} &= Q \text{ air buangan} \times \text{kadar kaporit} \times \text{dosis kaporit} \\ &= 100/60 \times 84 \text{ m}^3/\text{hari} \times (7 \text{ mg/L} \times 1 \text{ kg}/1000000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/\text{m}^3) \\ &= 100/60 \times 84 \text{ m}^3/\text{hari} \times (7000/1000000)/\text{kg}/\text{hari} \\ &= 1,67 \times 84 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,007 \text{ kg}/\text{hari} \\ &= 0,982 \text{ kg}/\text{hari} \end{aligned}$$

Dimensi bak kontak pada Q Peak

$$\begin{aligned} V_{\text{bak}} &= Q \times t = 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 30 \text{ menit} = (0,175 \text{ m}^3/\text{menit}) \times 30 \text{ menit} \\ &= 5,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Ditetapkan panjang (p) ruang kontak sebesar 2 meter dengan lebar (l) 1,5 meter.

Maka, kedalaman bak ialah: $h = V / (p \times l)$ $h = 5,25 \text{ m}^3 / (2 \text{ m} \times 1,5 \text{ m})$ $h = 1,75 \text{ m}$

Waktu (t) Kontak pada Qpeak

$$\begin{aligned} (t) \text{ peak} &= V_{\text{bak}} / Q_{\text{peak}} \\ &= 5,25 \text{ m}^3 / (2,34 \text{ m}^3/\text{jam}) \text{ "Waktu kerja 8 jam"} \\ &= 2,24 \text{ jam} \end{aligned}$$

3.5.8 Effluent Tank Teori Hasil Perhitungan

Effluent tank merupakan bak proses akhir sebelum air olahan IPAL disalurkan ke aliran pembuangan di dorong menggunakan pompa *submersible*. Pada *effluent tank*, sampel air diambil berkala untuk dilakukan pengujian kualitas buangan air *effluent*. Pengujian tersebut dilakukan oleh pihak laboratorium eksternal untuk mengetahui kualitas air *effluent* terkini. *Effluent tank* terbuat dari bahan tahan korosi. *Effluent tank* memiliki mekanisme pemisahan untuk memisahkan lumpur dari air yang sudah diolah. Air

limbah akan keluar melalui pipa *effluent*. Sedangkan lumpur akan dipisahkan melalui saluran *blowdown* dari bawah saluran *Effluent tank* maupun pengerukan jika terjadi kendala pada saluran *blowdown*.

3.5.9 Sludge Tank Teori Hasil Perhitungan

Sludge Tank berperan sebagai tempat penampungan sedangkan *sludge* buat meneruskan cara pengerjaan lumpur yang ada di bagian dasar tong wajib dibuang tiap selang durasi khusus ataupun tiap hari.

Diketahui:

Debit air limbah = $84 \text{ m}^3/\text{hari} = 0,00292 \text{ m}^3/\text{detik}$ (8 jam kerja)

Dimensi bak *sludge tank*

Panjang = 1,65 m

Lebar = 1,5 m

$A = (3 \times 2) \text{ m} = 2,47 \text{ m}^2$

Kedalaman Bak

Panjang + tinggi material penyaring

= $6 \text{ m} + 2,47 \text{ m} = 8,47 \text{ m}$

Jumlah lumpur aktif yang harus dihilangkan dapat dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut.

$P = Q \times Y_{\text{obs}} (S_0 - S)$ (1 kg/1000g) Ket:

Q = laju alir air limbah m^3/hari

Y_{obs} = yield biomassa, kg vss/kg BOD

S_0 = konsentrasi BOD inlet, mg/L

S = konsentrasi BOD outlet, mg/L

P = jumlah lumpur aktif yang harus dihilangkan dari bak sebelumnya, kg/hari.

Nilai solid biomassa (Y_{obs}) didapat dari grafik antara nilai solid retention time terhadap produksi lumpur, yang didapatkan nilai Y_{obs} sebagai berikut:

$P = 84 \text{ m}^3/\text{hari} \times 0,5 (24 - 12) \times (1 \text{ kg}/1000\text{g}) = 0,504 \text{ kg}/\text{hari}$ (berat kering)

Konsentrasi lumpur yang disirkulasi (*recycle active sludge*) berkisar antara 8000 – 10000 mg/L (8-10 gram/liter).

Maka jika diasumsikan konsentrasi lumpur = 504 mg/L diperoleh:

Jumlah lumpur yang harus dibuang = 0,504 kg/hari jumlah

lumpur yang harus dibuang $0,504 \text{ kg}/\text{hari}/\text{m}^3$

Berdasarkan kondisi eksisting dilapangan unit *sludge tank* merupakan tempat penampungan lumpur, proses ini disebut dengan proses lanjutan dari pengolahan lumpur aktif dan penguraian zat organik, pada air limbah sehingga jumlah lumpur yang dihasilkan pada per harinya sebesar 0,504 kg/hari, sehingga konsentrasi lumpur yang disirkulasi berkisar 8000 – 10000 mg/L, hingga jumlah lumpur yang harus dibuang $0,504 \text{ kg}/\text{hari}/\text{m}^3$.

3.6 Hasil Evaluasi IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali

Hasil evaluasi dilakukan dengan hasil perbandingan data perhitungan dan hasil kondisi eksisting. Pada unit bak pengumpul antara lain: [1] *Slope* tidak sesuai; [2] Faktor hari max sesuai; [3] Faktor jam puncak sesuai; [4] Faktor hari min sesuai; [5] *Slope* bak sesuai; [6] Koefisien kekasaran manning tidak sesuai; [7] Waktu detensi sesuai. Pada unit *screen chamber*, hasil evaluasinya adalah seluruh parameter sesuai yaitu meliputi kecepatan melalui *screen*, lebar bar, kedalaman, jarak antar bar, *slope* horizontal, dan H1min saat *clogging*. Pada unit *equalizing tank*, hasil evaluasinya adalah seluruh parameter sesuai yaitu meliputi *freeboard* dan kedalaman. Pada *pre sedimentation tank*, hasil evaluasinya adalah seluruh parameter tidak sesuai yaitu meliputi rasio panjang dan kedalaman, rasio panjang dan lebar, serta *overflow rate*. Hasil evaluasi pada *aeration tank* antara lain: [1] Kedalaman sesuai; [2] *Freeboard* sesuai; [3] Lebar: kedalaman tidak sesuai; [4] Lebar sesuai; [5] Beban BOD tidak sesuai. Pada *sedimentation tank* hasil evaluasi pada parameter waktu detensi adalah sesuai, sedangkan pada parameter rasio panjang

terhadap lebar dan *overflow rate* tidak sesuai. Pada unit *chlorine tank*, hasil evaluasinya antara lain [1] Kedalaman sesuai; [2] Lebar:kedalaman tidak sesuai; [3] Lebar tidak sesuai.

4. Simpulan

Dari 7 parameter air limbah yang di uji sesuai dengan PERMEN LHK No 68 2016, Ada 4 parameter yang memenuhi baku mutu yaitu, pH 8, BOD 24mg/L, COD 86 mg/L, Minyak dan Lemak 1,8 mg/L, dan ada 3 parameter yang tidak memenuhi baku mutu yaitu, TSS 51 mg/L, Amonia 56 mg/L, dan Total Coliform 5400 MPM/100 ml. Penggunaan blower yang di batasi hanya 12 jam kerja dengan alasan penghematan biaya pengeluaran listrik gedung mengakibatkan tingginya parameter amonia pada unit aeration tank sebesar 56 mg/l dengan baku mutu 10 mg/l. Selain itu, perbaikan pada unit chlorin menyebabkan terjadinya penurunan total coliform yang tidak maksimal sebesar 5400 MPM/100ml dengan baku mutu 3000 MPM/100ml. Adapun unit pada IPAL dievaluasi dengan kriteria desain secara teoritis diantaranya: Bak Pengumpul meliputi *Slope* [Tidak Sesuai], Faktor Hari Max [Sesuai], Faktor Jam Puncak [Sesuai], Faktor Hari Min [Tidak Sesuai] (Metcalf & Eddy), *Slope* Bak [Sesuai] (Qasim,1986), *Screen Chamber*, Lebar Bar [Sesuai], Jarak Antar Bar [Sesuai] (Metcalf & Eddy), Kedalaman [Sesuai], *Slope* Horizontal [Sesuai] (Qasim,2000), Unit *equalizing tank* meliputi Kedalaman [Sesuai], *Freeboard* [Sesuai] (Metcalf & Eddy), *Pre Sedimentation Tank* meliputi Rasio Panjang : Kedalaman [Tidak Sesuai], Rasio Panjang : Lebar [Tidak Sesuai] *Overflow Rate* [Tidak Sesuai] (Metcalf & Eddy), *Aeration tank* meliputi Kedalaman [Sesuai], *Freeboard* [sesuai] lebar:kedalaman [Sesuai], lebar [Sesuai], dan Beban BOD [Belum sesuai] pada (Qasim dan Nusa Idaman Said), *Sedimentation Tank* Waktu Detensi [Sesuai], Rasio Panjang : Lebar [Tidak Sesuai], *Overflow Rate* [Tidak Sesuai] (Crishtoper And Okun,1991), *Chlorin Tank*, Kedalaman [Sesuai], Lebar : Kedalaman [Tidak Sesuai], Lebar [Tidak Sesuai] (Qasim,1985). Efisiensi removal tiap unit IPAL Gedung Perkantoran Menara Rajawali dengan presentase removal TSS sebesar 23%, BOD 71,%, dan COD 72%, Minyak dan Lemak 99%, Amonia 64%.

Daftar Pustaka

- Afrianisa, R. D. (2022). Efisiensi Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Indah Kiat Pulp And Paper Tbk Tangerang Mill. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(3), 313–320. Available at: <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i3.560>
- Baeti, M. K., Raharjo, M., Astorina, N., Sulistiyani, S., Lingkungan, P. K., Kesehatan, F., Universitas, M., Lingkungan, B. K., Kesehatan, F., & Universitas, M. (2022). *EFEKTIVITAS INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) RUMAH SAKIT UMUM*. 10, 281–289. Available at: <https://doi.org/10.14710/jkm.v10i3.32736>
- Darwin, D., Prajati, G., Adicita, Y., Suryawan, I. W. K., & Sarwono, A. (2021). *Darwin Darwin, Gita Prajati, Yosef Adicita, I Wayan Koko Suryawan, Ariyanti Sarwono EVALUATION OF WASTEWATER TREATMENT IN NUSA DUA TOURISM AREA AND THEIR CHALLENGES TO ALGAE BLOOM*. 346–351.
- Effendi, Z., & Wahyuni, S. (2022). Application Design Of Calculation Fresh Fruit Palmoil Material Balance Based on Android. *Proceedings The 1st Annual Dharmawangsa Islamic Studies International Conference*, 116–130.
- Fitriyanti, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik Di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. *Jurnal Redoks*, 5(2), 72. Available at: <https://doi.org/10.31851/redoks.v5i2.4305>
- Hanum, K. (2021). *EVALUATION OF WWTP WITH ACTIVATED SLUDGE TECHNOLOGY COMBINED WITH MICROORGANISM*. 03(01).
- idaman said, N. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah Dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(2), 101–113.
- Iryani, A., Soraya, D., & Mulyati, A. (2012). *WASTEWATER TREATMENT AT PT. X BY ACTIVE SLUDGE (Pengolahan Limbah Cair PT. X Secara Lumpur Aktif)*.
- Kautsar, M. L., Hartono, D. M., & Dahlan, A. V. (2021). *PENGARUH DEBIT TERHADAP KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK : STUDI KASUS GEDUNG A DI JAKARTA*. 6(August 2019), 220–230.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2016). Peraturan Menteri LHK No.68 th 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. *Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan*, 68, 1–13.
- Kodavasal, D. A. S. (1971). Design, operation and maintenance — the user. *Production Engineer*, 50(3), 98. Available at: <https://doi.org/10.1049/tpc.1971.0016>
- Kurniawan, Y. (2016). *SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PADA IPAL*. 03(02), 17–26.
- Mujahid, N. (2017). *Evaluasi Kinerja Sewage Treatment Plants (STP) Gedung di Kampus Teknik Gowa*.
- Muslih, G., & Iswarini, H. (2022). Analisis Manajemen Produksi Agribisnis Pabrik Kelapa Sawit Pt. Buluh Cawang Plantation Dabuk Rejo Kecamatan Lempuing Kabupaten Ogan Komering Ilir. *Societa: Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*, 11(1), 50. <https://doi.org/10.32502/jsct.v11i1.4718>
- Nusa Idaman Said dan Kristianti Utomo. (2010). *PENGOLAHAN AIR LIMBAH DOMESTIK DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF*. 3(2), 160–174.
- Pranoto, K., Pahilda, W. R., Abfertiawan, M. S., Elistyandari, A., & Sutikno, A. (2019). *TEKNOLOGI LUMPUR AKTIF DALAM PENGOLAHAN AIR Activated Sludge Technology to Treat Wastewater from Offices and Residential*. 1(November), 61–66.
- Putri Arum Puspitasari1, S. K. S. dan J. F. (2022). Perancangan Sewage Treatment Plant (STP) sebagai Implementasi Aspek Green Building pada Apartemen Samasta Mahata Margonda Depok. *Jurnal Teknik Sipil Dan Lingkungan*, 7(3), 211–220. <https://doi.org/10.29244/jsil.7.3.211-220>
- Quraini, N., Busyairi, M., & Adnan, F. (2022). *EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL BERBASIS MASYARAKAT KELURAHAN MASJID SAMARINDA SEBERANG*. 6(1), 1–11.
- SUGIHARTO. (1987). *Dasar-dasar pengelolaan air limbah Sugiharto*. 1(Bibliografi : hlm. 184-186 Indeks).
- Supriyatno. (2000). *PENGELOLAAN AIR LIMBAH YANG BERWAWASAN Abstrak. Teknologi Lingkungan*, 1(1), 17–26.
- Tamara, A. K., Mulyani, H., Kamal, I., & Dahlan, D. (2020). Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Stasiun Moda Raya Terpadu Dukuh Atas. *Jurnal Teknik Transportasi*, 1(2), 129. Available at: <https://doi.org/10.54324/jtt.v1i2.539>
- Wahjono, H. D. (2018). Disain Sistem Scada Di Instalasi Pengolahan Air Bersih Untuk Kebutuhan Domestik Di Suatu Kawasan Industri. *Jurnal Air Indonesia*, 4(1), 56–68. Available at: <https://doi.org/10.29122/jai.v4i1.2395>
- Willy, T. A. E. D., & Mukono, J. (2023). *Pengolahan Air Limbah Proses Utama Menggunakan Wastewater Treatment Plant pada PT . Indonesia Power Grati POMU Main Process Wastewater Treatment Using Wastewater Treatment Plant at*. 66–74.