

Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik pada Industri Pertambangan PT X

Rhesa Valerio Soyan, Evi Siti Sofiyah, Nurulbaiti Listyendah Zahra

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina

*Corresponding author: es.sofiyah@universitaspertamina.ac.id

Diterima : 5 Juli 2022

Disetujui: 19 Juli 2022

Abstrak

Kegiatan industri pertambangan pada PT X menghasilkan air limbah domestik yang terdiri dari *blackwater* dan *greywater*. Fasilitas di PT X yang menghasilkan air limbah domestik adalah hunian pekerja, kantor, kantin, dan binatu (*laundry*). Sumber *greywater* berasal dari hunian pekerja, kantin, dan binatu. Sedangkan *blackwater* berasal dari toilet hunian pekerja dan kantor. Efluen air limbah masih melebihi baku mutu. Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) dibutuhkan untuk mengolah air limbah domestik agar dapat memenuhi baku mutu. Pada perancangan ini diawali dengan perhitungan debit air limbah domestik dari setiap fasilitas pada PT X, kemudian dilakukan analisis karakteristik *greywater* dan *blackwater*. Data debit dan karakteristik air limbah tersebut dijadikan sebagai dasar acuan dalam perhitungan unit IPALD. Unit IPALD yang digunakan yaitu *oil and grease trap*, bak pengumpul, biofilter anaerob-aerob, bak pengendap, dan desinfeksi. Efisiensi untuk unit *oil and grease trap* adalah 95%, biofilter anaerob 85% untuk BOD dan COD, biofilter aerob 80% untuk BOD dan COD, bak pengendap 90% dan 75% untuk ammonia dan TSS, dan unit desinfeksi 95% untuk total koliform. Berdasarkan perancangan ini air limbah hasil pengolahan nilainya telah memenuhi baku mutu.

Keywords: *Blackwater*, *Greywater*, IPALD, Biofilter Anaerob, Biofilter Aerob

Abstract

Mining industry activities at PT X produce domestic wastewater consisting of blackwater and greywater. The facilities at PT X that produce domestic wastewater are workers' residences, offices, canteens, and laundry. Sources of greywater come from workers' housing, canteens, and laundries. Meanwhile, blackwater comes from toilets for workers and offices. Wastewater effluent still exceeds the quality standard. Domestic Wastewater Treatment Plant (IPALD) is needed to treat domestic wastewater in order to meet quality standards. This design begins with the calculation of the domestic wastewater discharge from each facility at PT X, then an analysis of the characteristics of greywater and blackwater is carried out. The discharge data and wastewater characteristics are used as the basis for the calculation of the WWTP unit. The IPALD units used are oil and grease traps, collection tanks, anaerobic-aerobic biofilters, settling tanks, and disinfection. The efficiency for the oil and grease trap unit was 95%, 85% anaerobic biofilter for BOD and COD, 80% aerobic biofilter for BOD and COD, 90% and 75% settling basin for ammonia and TSS, and 95% disinfection unit for total coliforms. Based on this design, the wastewater treatment value has met the quality standards.

Keywords: Blackwater, Greywater, IPALD, Anaerobic Biofilter, Aerobic Biofilter

Pendahuluan

PT X merupakan perusahaan industri pertambangan mineral emas. Kegiatan operasional di PT X dilakukan dengan mengekstraksi biji emas yang terkandung pada batuan. Dari kegiatan tersebut menghasilkan beberapa jenis limbah salah satunya limbah cair. Limbah ini berasal dari pabrik pengolahan dan fasilitas penunjang, seperti hunian karyawan, kantor, binatu (*laundry*), dan kantin. Limbah cair yang berasal dari fasilitas penunjang digolongkan sebagai air limbah domestik.

Air limbah domestik yaitu bekas yang tidak dapat digunakan kembali karena terdapat kotoran manusia atau dapur didalamnya dengan kuantitas 50 hingga 70% total rata-rata konsumsi air bersih, yakni 120-140 liter/orang (Kodoatie & Sjarief, 2005). Timbulan ini bersumber dari berbagai kegiatan

seperti pemukiman, perkantoran, dan restoran/rumah makan memiliki beberapa karakteristik atau sifat air limbah seperti sifat fisik, kimia, dan biologis. Terdapat parameter penting pada air limbah domestik diantaranya BOD, COD, TSS, pH, Amoniak, Minyak dan Lemak dengan nilai yang terdapat pada air limbah bekisar, BOD 110-400 mg/L, COD 250-1000 mg/L, TSS 100-350 mg/L, pH 4-9, Amoniak 12-50 mg/L, Minyak dan Lemak 50-150 mg/L.

Pada umumnya parameter yang diatur dalam peraturan baku mutu air limbah domestik melebihi nilai baku mutu yang ditentukan. Indikasi parameter melebihi nilai baku mutu dapat dilihat dari terbentuknya endapan, koloid dan zat terlarut dalam bentuk padat. Tanda-tanda ini dapat diidentifikasi melalui pengujian dan observasi. Sesuai peraturan

Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 68 Tahun 2016, kandungan BOD maksimum pada air limbah domestik adalah 30 mg/L, COD 100 mg/l, TSS adalah 30 mg/l, pH 6-9, amonia 10 mg/L, minyak dan lemak 5 mg/L.

PT X menghasilkan air limbah domestik berpotensi untuk mencemari lingkungan sekitar. Pada PT X terdapat unit IPAL yang belum efektif mengolah jenis air limbah *blackwater*, sedangkan untuk jenis air limbah *greywater* belum ada unit pengolahan. Efluen IPAL yang terdapat pada PT X belum dilepaskan ke lingkungan melainkan ditampung pada kolam penampungan. Efluen air limbah domestik yang ditampung pada kolam penampungan dimanfaatkan untuk keperluan pada fasilitas pabrik pengolahan (filter press). Air limbah tersebut kemudian dijadikan sumber air pada kegiatan pabrik pengolahan. Namun apabila hal ini dilakukan secara berkepanjangan maka akan menyebabkan kerusakan pada fasilitas pabrik pengolahan.

Masih sedikitnya perencanaan pengolahan *blackwater* dan *greywater* di lokasi tambang membuat studi ini menjadi penting. Studi ini juga dapat menjadi acuan untuk para akademisi maupun praktisi. Maka dari itu diperlukan perancangan desain unit Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPALD) untuk mengolah air limbah domestik agar efluen yang dihasilkan memenuhi nilai baku mutu. Sehingga air limbah dapat di lepaskan ke lingkungan tanpa perlu memanfaatkannya kembali ke fasilitas pabrik pengolahan.

Tinjauan Pustaka

A. Debit Harian Maksimum Air Limbah Pertambangan adalah bagian dari kegiatan usaha pertambangan untuk menghasilkan mineral dan/atau batubara dan mineral terkait. Selain produk mineral dari kegiatan pertambangan, terdapat produk sampingan lainnya berupa buangan limbah padat, cair, dan gas . Pada PT X terdapat beberapa fasilitas yang menunjang kegiatan operasional seperti hunian untuk pekerja, kantor, kantin, dan binatu (laundry). Untuk kapasitas hunian pekerja dapat menampung hingga 220 pekerja, selanjutnya fasilitas kantor digunakan dapat menampung 300 pegawai, kemudian terdapat fasilitas kantin yang memiliki 100

kursi, dan terakhir fasilitas binatu (laundry) untuk mengolah 40 kg pakaian per hari.

B. Sumber Air Limbah Domestik

Sebagaimana Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014, “Air Limbah Domestik adalah air limbah dari kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perdagangan, apartemen dan asrama”. Pada industri pertambangan, air limbah umumnya berasal dari beberapa fasilitas penunjang, seperti tempat tinggal pekerja, kantor, kantin, dan ruang cuci pakaian. Debit air bersih kawasan yang dihasilkan mengacu pada Lampiran II Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 4 Tahun 2017. Berikut merupakan jumlah pemakaian air bersih kawasan

Tabel 1. Debit Air Bersih Kawasan

No	Penggunaan gedung	Pemakai an air	Satuan
1	Rumah susun	100	Liter/penghu ni/hari
2	Kantor/Pabri k	150	Liter/Pegawai /hari
3	Resto/Kantin	15	Liter/kursi

C. Kuantitas dan Karakteristik Air Limbah Domestik

Bergantung terhadap aktivitas mengkonsumsi air bersih, volume air limbah bervariasi dari waktu ke waktu. Kebutuhan air bersih menjadi air limbah domestik diperkirakan mencapai 70–80%. Greywater merupakan bagian dari limbah cair domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet. Bagian dari *greywater* adalah sekitar 75% dari total volume air limbah domestik, Sedangkan *blackwater* proses pengalirannya berasal dari toilet dengan kuantitas 25% dari total volume air limbah domestic (Eriksson, 2002)

Komposisi air limbah berubah dari tiap tempat, tergantung pada sumbernya. Air dan padatan membentuk sebagian besar air limbah, dengan bahan organik seperti karbohidrat, lipid, dan protein, serta bahan anorganik seperti garam, logam, dan pasir membentuk padatan. Berdasarkan “Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair dari Kegiatan Perhotelan”, berikut ini adalah kualitas kandungan air limbah domestik.

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah

No	Penggunaan gedung	Satuan	Konsentrasi		
			Rendah	Medium	Tinggi
1	BOD	mg/l	110	190	350
2	COD	mg/l	250	430	800
3	TSS	mg/l	120	210	400
4	Minyak & Lemak	mg/l	50	90	100
5	Amoniak (NH ₃)	mg/l	12	25	45
6	Total Coliform	Jml/100mL	10 ⁶ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁹	10 ⁷ – 10 ¹⁰

PT X memiliki fasilitas seperti hunian pekerja, kantor, kantin, dan binatu (laundry). Fasilitas tersebut juga terdapat pada hotel. Dengan demikian dapat membandingkan fasilitas yang ada pada PT X dengan hotel maka dapat diketahui konsentrasi air limbah.

Jumlah konsentrasi air limbah yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah kegiatan yang ada di hotel. Air limbah yang berasal dari hotel non bintang dan hotel bintang satu dapat dikategorikan sebagai air limbah konsentrasi rendah. Kemudian air limbah dari hotel bintang dua dan bintang tiga dapat dikategorikan sebagai air limbah konsentrasi sedang. Air limbah dari hotel bintang empat dan hotel bintang lima dapat dikategorikan sebagai air limbah konsentrasi tinggi. Pada tabel diatas untuk kondisi pada PT X menggunakan nilai konsentrasi sedang atau medium. Hal tersebut dikarenakan fasilitas PT X serupa dengan hotel bintang 3 pada Petunjuk Teknis Pengolahan Limbah Cair Perhotelan.

D. Baku Mutu Air Limbah Domestik

Peraturan yang mengatur tentang nilai baku mutu air limbah diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016.

E. Jenis Pengolahan Air Limbah Domestik

Pengolahan air limbah diterapkan secara fisika, kimia, maupun biologi, guna menyesuaikan dengan parameter karakteristik air yang ingin disisihkan. Penjelasan dari ketiga proses pengolahan tersebut, yaitu:

1) Proses Pengolahan Secara Fisika

Proses pengolahan secara fisika merupakan pengolahan air limbah yang berfungsi untuk menghilangkan padatan tersuspensi dalam air, dilakukan proses penyaringan, pengadukan, flokulasi, sedimentasi, flotasi, dan filtrasi. Komponen yang dapat disisihkan pada proses pengolahan ini antara lain: batuan, pasir, lemak, padatan tersuspensi.

Tabel 3. Baku Mutu Air Limbah

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum*
1	pH	-	6-9
2	BOD	mg/L	30
3	COD	mg/L	100
4	TSS	mg/L	30
5	Minyak & Lemak	mg/L	5
6	Amoniak	mg/L	10
7	Total Coliform	Jumlah/10 OmL	3000
8	Debit	L/orang/ha ri	100

2) Proses Pengolahan Secara Kimia

Proses ini digunakan untuk menyisihkan kontaminan yang ditambahkan bahan atau reaksi kimia dan dapat dilakukan dengan proses presipitasi, transfer gas, adsorpsi, netralisasi, klorinasi, dan desinfeksi. Komponen yang dapat disisihkan oleh proses pengolahan ini adalah nitrogen, fosfat, organisme patogen, padatan terlarut, bau, dan juga mengontrol pH.

3) Proses Pengolahan Secara Biologi

Proses ini merupakan pengolahan air limbah untuk menyisihkan kontaminan yang menggunakan mikroorganisme antara lain: aerobik, anaerobik, lumpur aktif, dan bioreaktor. Komponen yang dapat disisihkan oleh proses pengolahan ini adalah zat organik terlarut yang dapat diuraikan, nitrogen, dan fosfat.

F. Unit Pengolahan

Pengolahan Primer (Primary Treatment)

Pengolahan primer merupakan awal air limbah sebelum masuk ke unit pengolahan sekunder (secondary treatment). Menurut Davis (2010), perlakuan primer bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi (TSS). TSS dapat menyebabkan kandungan organik (BOD5), sehingga penghilangan TSS dapat menurunkan kandungan BOD5. Beberapa manfaat jika kadar TSS dan BOD5 diturunkan adalah berkurangnya kebutuhan oksigen, berkurangnya kebutuhan energi, dan berkurangnya beban pada unit pengolahan biologis.

Pengolahan Sekunder (Secondary Treatment)

Berikut ini adalah tujuan pengolahan air limbah biologis: Dengan kata lain, untuk menangkap padatan koloid tersuspensi dan tidak mengendap dan mengikatnya ke bioflok atau biofilm transformasi atau penghilangan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor, dan dalam beberapa kasus tertentu komponen dan senyawa organik kecil, untuk mengoksidasi komponen terlarut dan partikulat biodegradable yang membuat produk akhir dapat diterima padatan koloid tersuspensi dan tidak mengendap dan mengikatnya ke bioflok atau biofilm transformasi atau penghilangan nutrisi, seperti.

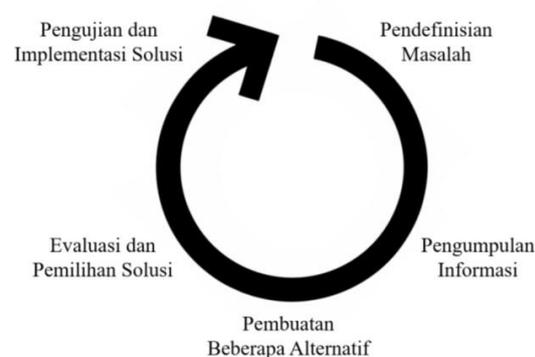
Biofileter anerob-aerob merupakan proses mengalirkan limbah dari bioreaktor yang diisi media penyangga sebagai perkembangbiakan mikroba yang dilakukan dengan atau tanpa aerasi, menggunakan metode biofilm atau biofilter terendam. Media penyaringan biologis direndam di bawah permukaan air. Polutan organik (BOD, COD), amonia, fosfor, dan polutan lainnya meresap ke dalam lapisan biologis pada permukaan. Zat berbahaya ini akan dipecah oleh mikroorganisme dan menghasilkan energi dirubah kedalam biomassa, berkat penggunaan oksigen terlarut dalam air limbah.

Rotating biological contactor (RBC) merupakan modifikasi pengolahan mencakup pertumbuhan. Piringan tipis yang dipasang pada poros baja diputar dalam reaktor yang disesuaikan dengan aliran air limbah sebagai mediana. Pemisah pasir, tangki pengendapan utama, tangki pengontrol aliran, RBC, tangki pengendapan akhir, tangki klorinasi, dan unit pengolahan lumpur adalah bagian dari proses pengolahan air limbah sistem RBC.

Anaerobic baffled reactor (ABR) adalah jenis septik tank yang telah berkembang tiap waktu. Sebuah ruang pengendapan dan banyak penyekat reaktor membentuk ABR. Air diarahkan ke atas melalui banyak putaran reaktor lapisan lumpur menggunakan baffle. Pengaturan ini memungkinkan lebih banyak waktu kontak antara biomassa anaerobik dan air limbah, sehingga menghasilkan hasil pengolahan yang lebih baik. Setiap kompartemen tersebut mengeluarkan gas.

G. Proses Penentan Desain Engginer Unit Pengolahan

Engineering design process atau proses rekayasa desain adalah sistem penemuan buatan manusia untuk sistem yang tidak ada sebelumnya atau untuk meningkatkan sistem yang telah ada. Sistem yang dihasilkan merupakan hasil perpaduan teknologi untuk memenuhi kebutuhan manusia akan pemecahan masalah. Pada Gambar 2.2 terdapat langkah-langkah desain rekayasa untuk mencapai hasil desain secara cepat dan efisien, berikut penjelasan dari setiap langkah dalam proses desain.

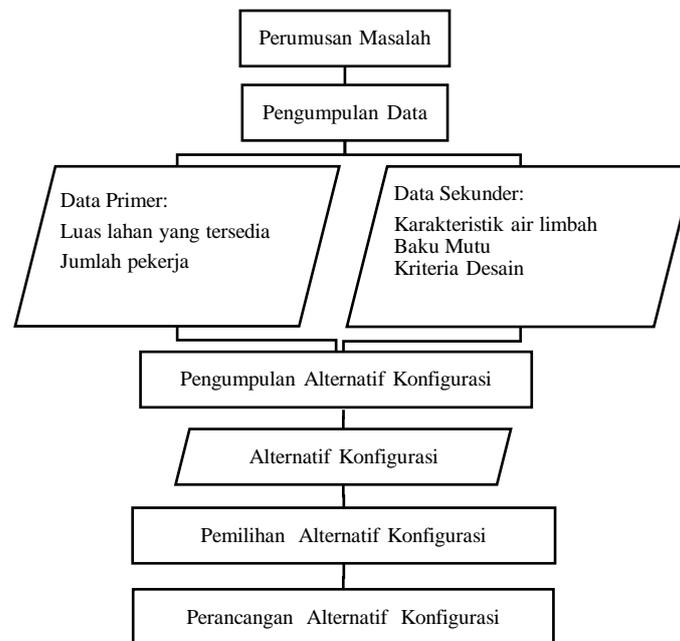


Gambar 1. Proses Perancangan Teknik

Konsep Perancangan

Untuk proses perancangan yang terstruktur dan sistematis, pada bagian ini terdapat diagram alir perancangan yang menjelaskan tahap-tahap yang dilakukan selama perancangan. Secara garis besar, langkah-langkah tersebut dimulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, pembuatan alternatif

konfigurasi, pemilihan alternatif, dan perancangan konfigurasi. Selain itu, dalam melakukan perancangan, digunakan berbagai pertimbangan serta batasan agar hasil rancangan sesuai dengan yang diinginkan. Keberhasilan perancangan dapat diukur melalui analisis teknis. Perancangan dilakukan menggunakan.



Gambar 2. *Flowchart* Penelitian

Diagram alir ini diadaptasi dari Khadani dan disesuaikan dengan kondisi perancangan tugas akhir. Dilakukan perumusan masalah dan didapat permasalahan bahwa air limbah domestik di PT X tidak memenuhi baku mutu sehingga dibutuhkan IPALD yang dapat menghasilkan kualitas efluen yang memenuhi baku mutu. Dari masalah tersebut, dilakukan perancangan IPALD di PT X. Kemudian mulai mengumpulkan data ataupun informasi. Data tersebut berupa data primer ataupun data sekunder. Selanjutnya, dilakukan pembuatan alternatif perancangan agar didapatkan perancangan yang efektif serta efisien. Dari alternatif ini kemudian dilakukan pemilihan sesuai dengan kriteria-kriteria yang diinginkan.

Hasil dan Pembahasan

A. Debit Harian Maksimum Air Limbah
Perhitungan debit maksimum air limbah dilakukan dengan mengumpulkan data primer maupun sekunder. Data primer didapatkan langsung dengan menghitung jumlah pekerja yang berada di PT X. Pengambilan data dilakukan pada bulan maret 2021 dengan mewawancarai divisi HRD. Untuk sumber air limbah seperti hunian pekerja, kantin, dan kantor menggunakan jumlah pekerja saat ini yang berada di PT X, Sedangkan untuk sumber air limbah yang berasal dari binatu (laundry) menggunakan pemakaian harian mesin cuci dengan menghitung persentase jumlah air bersih yang menjadi air limbah berdasarkan literatur. Secara keseluruhan berikut merupakan kondisi IPAL yang berada di PT X.



Gambar 3. Sumber Air Limbah

Debit air limbah domestik diperkirakan sebesar 80% dari penggunaan debit air bersih. Penggunaan air bersih setiap kawasan berbeda-beda untuk hunian pekerja sebesar 100 L/orang/hari, kantor 50 L/pegawai/hari, Kantin 50 L/kursi/hari (Permen PUPR), dan binatu (laundry) berasal dari penelitian. Diketahui komposisi persentase air limbah untuk blackwater sebesar 25% dan greywater sebesar 75%. Debit greywater didapatkan dengan mengalikannya 75% dari nilai total air limbah begitupun dengan blackwater.

Jumlah pekerja yang berada pada hunian sebanyak 220 orang. Untuk kantor jumlah pegawai 30 orang. Untuk kantin kursi sebanyak 100, fasilitas binatu dapat beroperasi membersihkan 40 kg pakaian per hari. Sehingga debit air limbah yang didapatkan terdapat pada tabel di bawah.

Tabel 4. Debit Air Limbah

No	Sumber	Debit (m ³ /hari)	
		Grey water	Black water
1	Hunian pekerja	13,2	4,4
2	Kantor	-	12
3	Kantin	1,2	-
4	Binatu (laundry)	3,1	-
Total		17,5	16,4

Jadi jumlah air limbah greywater sebesar 17,5 m³/hari dan blackwater sebesar 16,4 m³/hari dengan total air limbah yang dihasilkan sebesar 33,9 m³/hari. Data debit yang telah didapatkan kemudian menjadi acuan perancangan unit instalasi pengolahan air limbah.

B. Karakteristik Air Limbah

Kualitas air limbah domestik didapatkan dari pengambilan sampel oleh PT X dan bersumber dari literatur tentang kualitas air limbah domestik. Data tersebut merupakan nilai rata-rata untuk setiap parameter dari limbah domestik. Berikut nilai kualitas greywater dan blackwater:

Tabel 5. Karakteristik Air Limbah

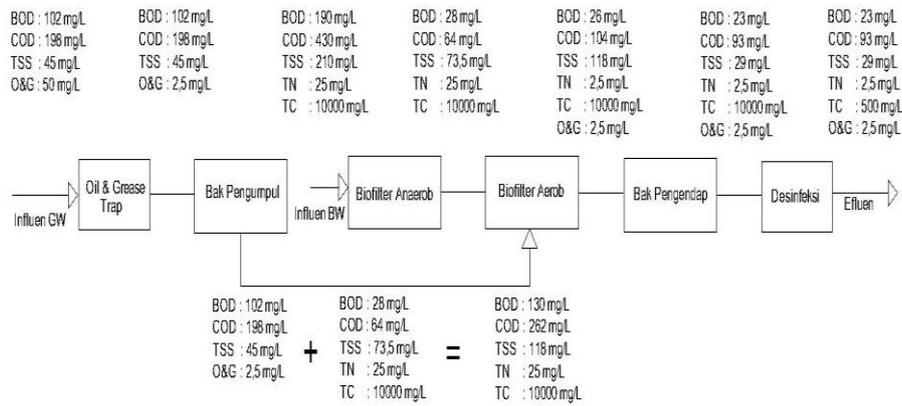
No	Parameter	Karakteristik Air Limbah	
		Grey water	Black water
1	BOD	102 mg/L	190 mg/L
2	COD	198 mg/L	430 mg/L
3	TSS	45 mg/L	120 mg/L
4	pH	6,4	7
5	Minyak dan Lemak	50 mg/L	-
6	Amonia	-	25 mg/L

Dari karakteristik air limbah diatas apabila dibandingkan dengan nilai baku mutu masih melebihi.

C. Pemilihan Rangkaian Alternatif

Pada proses perancangan didapatkan 3 alternatif pengolahan biologis. Alternatif 1 menggunakan anaerobic baffled reactor (ABR), alternatif 2 menggunakan rotating biological contactor (RBC), alternatif 3 menggunakan biofilter anaerob-aerob. Untuk menentukan alternatif yang akan dirancang diperlukan penilaian kriteria pemilihan alternatif diantaranya, penyisihan organik (BOD dan COD), penyisihan ammonia, kebutuhan lahan kecil, dan kebutuhan energi rendah.

Setelah dilakukan evaluasi didapatkan nilai dari setiap alternatif yang terpilih. Alternatif 3 mendapatkan nilai tertinggi sehingga akan dilanjutkan ke tahap perancangan pada alternatif yang telah terpilih. Berikut gambar serta neraca massa alternatif terpilih.



Gambar 4. Neraca Massa Alternatif Terpilih

D. Perancangan Unit IPALD

1) Oil and Grease Trap

Unit pertama yang dirancang adalah oil and grease trap. Grease removal dari perancangan tipe gravitasi sederhana dilakukan. PT X menghasilkan air limbah yang berasal dari kantin dengan debit harian sebesar 1,2 m³/hari. Direncanakan waktu tinggal (Retention time) selama 30 menit

Kemudian melakukan perhitungan untuk mengetahui volume unit dengan persamaan dibawah:

$$\begin{aligned}
 \text{Volume Bak} &= Q \times t_d \quad (1) \\
 &= 1,2 \text{ m}^3/\text{hari} \times (30 \text{ menit} / 1440 \text{ menit}) \\
 &= 0,025 \text{ m}^3 \\
 &= 25.000 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman air} = \frac{V}{P \times L} = \frac{25.000}{50 \times 25} = 20 \text{ cm}$$

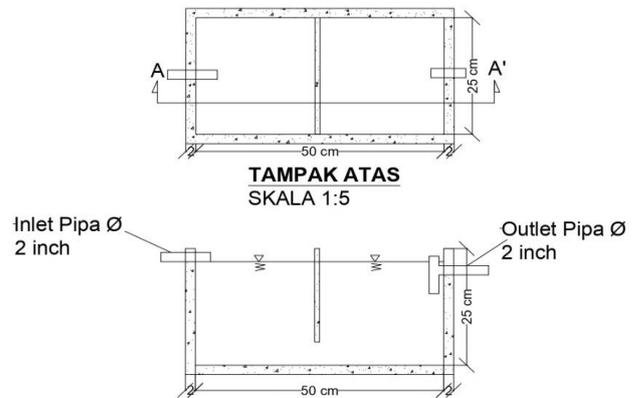
$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman bak} &= H \text{ air} + \text{freeboard} \\
 &= 20 \text{ cm} + 5 \text{ cm} \\
 &= 25 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Lebar} = 25 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= P \times L \times H \text{ bak} \\
 &= 50 \times 25 \times 25 \\
 &= 31.250 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Cek } t_d \text{ (jam)} &= \frac{V}{Q} = \frac{0,031 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,025 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \\
 &= 0,62 \text{ jam} \sim 37 \text{ menit}
 \end{aligned}$$



Gambar 5. Oil and Grease Trap

2) Bak Pengumpul

Unit Selanjutnya yang dirancang adalah bak pengumpul. Unit ini berfungsi untuk mengumpulkan sumber limbah yang terpercay dan memberi kemungkinan mengalirkan gravitasi, sehingga pengumpulan air limbah dilakukan berdekatan. Perancangan unit dilakukan dengan menggunakan data debit harian air limbah dari binatu dan mess. PT X menghasilkan debit greywater sebesar 17,5 m³/hari. Untuk kriteria desain unit bak pengumpul adalah waktu tinggal yaitu 2 – 6 jam (Said, 2006). Direncanakan waktu tinggal retention time (td) selama 3 jam.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume yang diperlukan} &= Q \times t_d \\
 &= 17,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{hari} \\
 &= 2,1 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

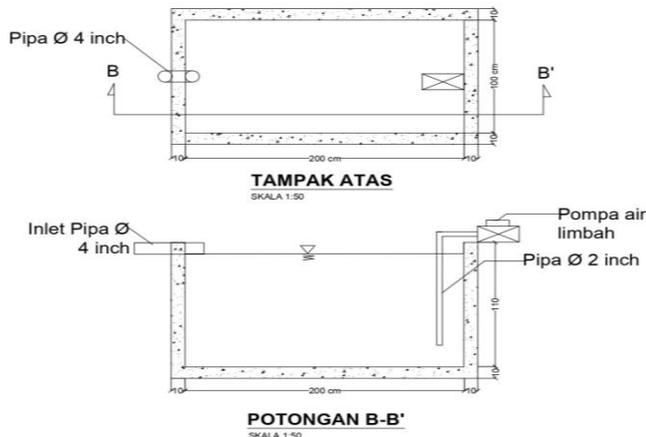
$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman bak} &= H \text{ air} + \text{freeboard} \\
 &= 1 \text{ m} + 0,1 \text{ m} \\
 &= 1,1 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{Panjang} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= P \times L \times H \text{ bak} \\
 &= 2 \times 1 \times 1,1 \\
 &= 2,2 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Cek td (jam)} = \frac{V}{Q} = \frac{2,2 \text{ m}^3}{17,5 \text{ m}^3/\text{hari}} = 0,126 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} = 3 \text{ jam (Sesuai kriteria desain)}$$



Gambar 6. Bak Pengumpul

Pada unit bak pengumpul dilengkapi dengan pompa air limbah untuk mengalirkan air limbah ke unit selanjutny. Struktur inlet bak menggunakan pipa 4 inci, konstruksi pipa outlet menggunakan pipa 2 inci, dan diameter pipa outlet sesuai dengan diameter pompa.

3) Biofilter Anaerob

Unit selanjutnya yang akan dirancang adalah biofilter ananerob. Unit ini berfungsi untuk mengurangi kandungan pencemar pada air limbah. Unit biofilter anaerob berfungsi untuk mengolah air limbah blackwater yang berasal dari hunian pekerja dan kantor dengan debit sebesar 16,4 m³/hari.

Beban BOD di dalam air limbah = 16,4 m³/hari x 190 g/m³ = 3116 g/hari = 3,1 kg/hari

$$\text{Volume media yang diperlukan} = \frac{3,1 \text{ kg/hari}}{1 \text{ kg BOD}/\text{m}^3\text{.hari}} = 3,1 \text{ m}^3$$

Volume media sebesar 60% dari total volume reaktor

$$\text{Volume reaktor yang diperlukan} = \frac{100}{60} \times 4,6 \text{ m}^3 = 5,1 \text{ m}^3$$

Proses selanjutnya adalah mengecek waktu tinggal unit yang harus dipenuhi:

$$\text{Waktu tinggal dalam reaktor} = \frac{5}{16,4} \times 24 \text{ jam/hari} = 7,3 \text{ jam (Sesuai kriteria desain)}$$

Kemudian menentukan volume media di dalam reaktor biofilter, dengan dimensi;

Panjang = 2 meter

Lebar = 1 meter

Kedalaman = 2 meter

Volume = 4 m³

Setelah ditentukan dimensi perancangan perlu diperhatikan kriteria desain perancangan biofilter yang harus terpenuhi salah satunya adalah beban BOD per volume media sebesar 0,5–4 kg BOD/m³.hari. Perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$\text{Beban BOD per volume media} = \frac{3,116 \text{ kg/hari}}{4} = 0,7 \text{ kgBOD}/\text{m}^3\text{.hari (memenuhi kriteria desain)}$$

Pada unit ini terdapat ruang bak pengendap yang berfungsi untuk menyisahkan partikel yang terkandung dalam blackwater. Untuk kriteria desain bak pengendap adalah 3–5 jam (Pedoman Teknis IPAL, 2011). Kemudian dilakukan perhitungan dengan dimensi yang ditetapkan adalah:

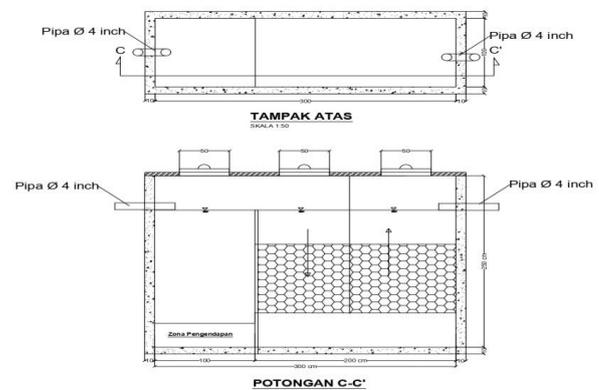
Panjang = 1 meter

Lebar = 1 meter

Kedalaman = 2,5 meter

Volume = 2,5 m³

$$\text{Cek td} = \dots \times 24 \text{ jam/hari} = 3,6 \text{ jam (sesuai kriteria desain)}$$



Gambar 7. Biofilter Anaerob

4) Biofilter Aerob

Unit selanjutnya adalah biofilter aerob dengan proses penguraian polutan yang menerapkan mikroorganisme. Air limbah ini dihembuskan udara dengan bantuan blower sehingga dapat menguraikan polutan dalam air limbah. Unit ini melakukan pengolahan olah pada blackwater dan greywater yang dihasilkan PT X yaitu sebesar 33,9 m³/hari.

Beban BOD di dalam air limbah = 33,9 m³/hari x 130 g/m³ = 4407 g/hari = 4,4 kg/hari

Jumlah BOD yang dihilangkan = 80% x 4,4 kg/hari = 3,5 kg/hari

Beban BOD per volume media yang digunakan = 0,6 kg BOD/m³.hari

$$\text{Volume media yang diperlukan} = \frac{3,5}{0,6} = 5,8 \text{ m}^3$$

Volume media = 50% dari volume reaktor

$$\text{Volume reaktor biofilter yang dibutuhkan} = \frac{100}{50} \times 5,8 = 11,7 \text{ m}^3$$

Proses selanjutnya adalah mengecek waktu tinggal unit yang harus dipenuhi:

$$\text{Cek waktu tinggal} = \frac{12}{33,9} \times 24 = 8 \text{ jam (Sesuai kriteria desain)}$$

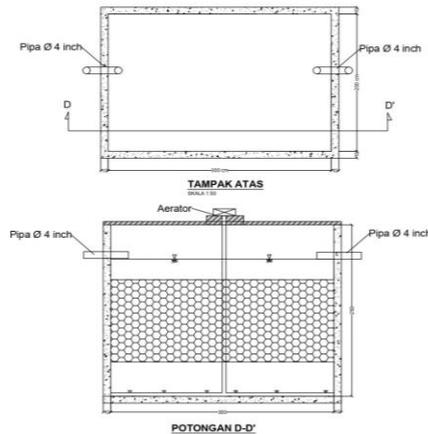
Kemudian menentukan volume media di dalam reaktor biofilter, dengan dimensi;

Panjang = 3 meter

Lebar = 2 meter

Kedalaman = 1,2 meter

Volume = 7,2 m³



Gambar 8. Biofilter Aerob

Beban BOD per volume media = $\frac{4,407 \text{ kg/hari}}{7,2} = 0,6$ kgBOD/m³.hari (memenuhi kriteria desain)

Pada unit biofilter aerob terdiri dari dua ruangan yaitu ruang aerasi dan ruang bed media. menghitung kebutuhan oksigen dan blower udara. Menurut Said & Widayat (2019), kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan.

Kebutuhan oksigen teoritis = Faktor keamanan x BODremoved (kg/hari)

Dengan faktor keamanan ± 2 (Said & Widayat, 2019), maka kebutuhan oksigen teoritis dapat dihitung dengan mempertimbangkan BOD yang tersisihkan pada biofilter aerob.

BODremoved = 33,9 m³/hari x 26 mg/l x $\frac{1}{1000} = 0,881$ kg/hari

Kebutuhan oksigen teoritis = 2 x 1,322 kg/hari = 1,762 kg/hari

Jumlah Kebutuhan Udara = $\frac{\text{Kebutuhan udara teoritis}}{\text{Berat udara x asumsi jumlah oksigen}} = \frac{1,762}{1,17 \times 0,23} = 6,5 \text{ m}^3/\text{hari}$

Efisiensi diffuser = 3 %

Kebutuhan udara aktual = $\frac{\text{Jumlah kebutuhan udara}}{\text{Efisiensi diffuser}} =$

$\frac{6,5}{3\%} = 216 \text{ m}^3/\text{hari} = 150 \text{ L}/\text{menit}$

Blower udara yang diperlukan dengan spesifikasi:

Tipe : HIBLOW 200

Kapasitas Blower : 200 liter/ menit

Head : 2000 mm-aqua (2 meter)

Jumlah : 2 Unit (1 Unit Cadangan)

Power : 200 watt

Pipa outlet : ½ Inch

Kelistrikan : 1 fase

Difuser udara

Total transfer udara = 200 L/menit

Tipe Difuser yang digunakan = Perforated Pipe Diffuser

5) Bak Pengendap:

Unit selanjutnya yang dirancang adalah bak pengendap akhir, yang berfungsi untuk menyisihkan kandungan dari proses pengolahan biofilter aerob. Untuk kriteria desain bak pengendap akhir di dalam bak 1–2 jam dan beban permukaan 20–50 m³/m².hari (Said 2017).

Tahapan pertama untuk menentukan dimensi adalah dengan menghitung volume bangunan yang dapat dihitung berdasarkan pembagian nilai debit dengan waktu detensi yang telah direncanakan.

Volume bak yang diperlukan = $\frac{2}{24} \times 33,9 = 2,8 \text{ m}^3$

Kedalaman bak = H air + freeboard

= 1,5 m + 0,5 m

= 2 m

Panjang = 1,5 m

Lebar = 1 m

Volume bak = P x L x H bak

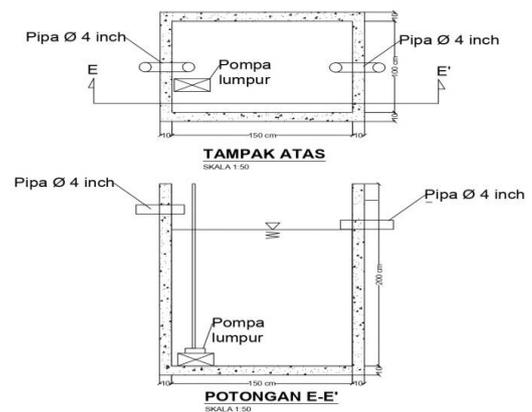
= 1,5 x 1 x 2

= 3 m³

Cek waktu Tinggal = x 24 = 2 jam (Sesuai kriteria desain)

Surface loading = $\frac{\text{Debit}}{\text{Panjang x Lebar}} = \frac{33,9}{1,5 \times 1} = 22,6$

m³/m².hari (Sesuai kriteria desain)



Gambar 9. Bak Pengendap Akhir

Pada bak pengendap akhir dilengkapi pompa resirkulasi untuk mengembalikan lumpur yang terendapkan ke reaktor biofilter anaerob. Rasio resirkulasi lumpur yaitu sebesar 50%. Hal ini bertujuan agar proses penghilangan

kandungan amonia dapat maksimal. Besar kecilnya pompa yang dibutuhkan ditentukan oleh banyaknya air limbah yang dipompa setiap harinya. Air limbah dipompa dari reservoir ke reaktor biofilter anaerob menggunakan pompa ini.

6) Desinfeksi

Unit selanjutnya yang dirancang adalah unit desinfeksi yang bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme patogen yang menyebabkan penyakit.

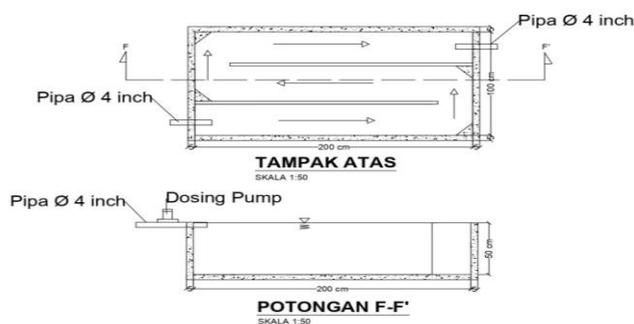
Selanjutnya menghitung dimensi unit desinfeksi dengan kriteria waktu tinggal 15 menit (0,25 jam), maka didapatkan perhitungan volume sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times t_d \\ &= 2,1 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,25 \text{ Jam} \\ &= 0,52 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1 \text{ m}$$



Gambar 10. Desinfeksi

7) Rekapitulasi dan Total Rencana Anggaran Biaya

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan didapatkan jumlah waktu detensi dan kebutuhan luas lahan setiap unit pengolahan pada instalasi pengolahan air limbah domestik pada PT X. Untuk total waktu tinggal IPALD yaitu 21 jam, sedangkan untuk waktu tinggal sebesar 11,6 m². Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan untuk konstruksi IPALD sebesar Rp 60.310.714,00

Kesimpulan

Secara keseluruhan rangkaian unit pengolahan yang terpilih terdiri dari *oil and grease trap*, bak pengumpul, biofilter anaerob, biofilter aerob, bak pengendap, dan bak desinfeksi. Kandungan zat pencemar yang tinggi pada air limbah dapat disisihkan dengan unit pengolahan biologis. Kandungan minyak dan lemak dapat tersisihkan hingga 95%. Untuk kandungan TSS dapat tersisihkan hingga 75%. Kandungan BOD dan COD juga dapat tersisihkan hingga mencapai 85%. Kandungan ammonia yang tersisihkan hingga 95% dan kandungan total coliform dapat tersisihkan hingga 95%. Rangkaian IPAL yang dirancang

dapat menurunkan kandungan pencemar hingga memenuhi baku mutu. Kualitas efluen yang dihasilkan adalah, 23 mg/L untuk BOD, 93 mg/L untuk COD, 29 mg/L untuk TSS, 2,5 mg/L untuk ammonia, 2,5 untuk minyak dan lemak, 500 mg/L untuk total coliform. Secara keseluruhan keenam parameter ini telah memenuhi baku mutu yang diatur pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

Saran yang dapat diberikan terkait dengan perancangan ini adalah:

1. Melakukan pengambilan data primer untuk debit influen air di PT X guna mendapatkan hasil perancangan dimensi yang tepat.
2. Membuat jadwal perawatan unit pengolahan air limbah secara berkala agar dapat bekerja secara optimal
3. Merancang pengolahan tambahan seperti filtrasi karbon untuk menurunkan kadar klor yang masih terkandung dalam air limbah sebelum akhirnya dilepaskan ke perairan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Guntur Adiwinata selaku kepala bagian HSE di PT X yang telah mengizinkan saya untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- Kodoatie, Robert J., & Sjarief, Roestam. (2005). *Pengelolaan Sumber Air Terpadu*. Yogyakarta: Andi.
- Puji dan Nur Rahmi. (2009). *Pengolahan Limbah Cair Domestik Menggunakan Lumpur Aktif Proses Anaerob*.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 2018 tentang Pelaksanaan Peraturan Pertambangan.
- Pratiwi, R. S., dan Purwanti, I. F. (2015). *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Domestik di Kelurahan Keputih Surabaya*. Jurnal Vol. 4 No. 1, Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, ITS, Surabaya.
- Eriksson, E., K. Auffarth., M. Henze., and A. Ledin. (2002). *Characteristics of Grey Wastewater*. Urban Water, Vol. 4, No. 1, PP. 85–104.
- Dinas Lingkungan Hidup Kota Surabaya. (2019). *Petunjuk Teknis Pengelolaan Limbah Cair Kegiatan Perhotelan*.
- Said, Nusa Idaman. (2008). *Pengelolaan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi Pengolahan*. Pusat Teknologi Lingkungan Deputi Bidang Teknologi

Pengembangan Sumberdaya Alam Badan
Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.

Davis, M. (2010). *Water and Wastewater Engineering*.
The McGraw Hill Companies.

Metcalf & Eddy. (2013). *Wastewater Engineering
Treatment and Resource Recovery Civil
Engineering (5th ed)*. Ney York: Mc. Graw – Hill
Education.

Priyanka, Arina. (2012). *Perancangan Instalasi
Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime
Training Center (Studi Perbandingan Dengan
Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung
Pertamina Leraning Center)*.

Khandani, S. (2005). *Engineering Design Process*.
California: Solecton.