

Desain Unit Instalasi Pengelolaan Air Limbah Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri UNSRAT Manado Menggunakan Metode Biofilter Anaerobic-Aerobic

Hunayah Izmi Azifah^{#1}, Hendra Riogilang^{#2}, Herawaty Riogilang^{#3}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus UNSRAT Kelurahan Bahu, Manado, Indonesia, 95115

¹hunayahizmi7@gmail.com; ²riogilanghendra@gmail.com; ³hera28115@gmail.com

Abstrak

Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri Universitas Sam Ratulangi Manado (RS Unsrat) ditetapkan menjadi RS dengan klasifikasi kelas B karena telah memenuhi persyaratan sebagai mana disebutkan pada PP RI No. 47 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Perumhaskitan. Rumah sakit tersebut menghasilkan limbah cair yang berbahaya (B3) medis dan non medis. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perencanaan terhadap Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) rumah sakit dalam mengurangi beban pencemar yang terkandung dalam limbah cair yang dihasilkan sehingga memenuhi baku mutu dan aman untuk dilepas ke badan air dimana data awal berupa data hasil uji laboratorium Rumah Sakit Prof. Dr. R. D. Kandow Manado. Metode yang digunakan adalah menggunakan metode biofilter anaerobic-aerobic. Berdasarkan pedoman teknis terperinci sub-sistem pengelolaan terpusat yang digunakan sebagai acuan pada desain IPAL kali ini diperoleh hasil dimensi unit bak grease trap (2 m x 2 m x 1 m), bak ekualisasi (5.5 m x 2.7 m x 2 m), tangki septik (3,3 m x 3 m x 2 m), anaerobic biofilter (3 m x 3 m x 2,5 m), aerobic biofilter (2 m x 3 m x 2,5 m) bak penampung (2,5 m x 2,5 m x 2 m), filter dengan diameter 1 m dan tinggi 1,5 m. Untuk kemampuan mendegradasi kandungan polutan, Anaerobic biofilter memiliki efisiensi removal 71% BOD, 65% COD dan 69% TSS, untuk Aerobic biofilter memiliki efisiensi removal sebesar 68% BOD, 62% COD, dan 69% TSS.

Kata kunci - RS Unsrat, perencanaan, IPAL, biofilter anaerobic-aerobic

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Rumah sakit merupakan lembaga pelayanan kesehatan dengan bidang pencegahan, pengobatan, rehabilitative atau rawat jalan maupun promotif. Berdasarkan undang-undang No. 44 Tahun 2009 tentang rumah sakit yang dimaksudkan adalah institute

pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat.

Universitas Sam Ratulangi Manado adalah salah satu lokasi terpilih menjadi Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN). Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri (RSPTN) merupakan rumah sakit milik Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemristek-Dikti) yang dikelola oleh Badan Layanan Umum Universitas Sam Ratulangi Manado (UNSRAT). Pembangunan rumah sakit ini bertujuan untuk mewujudkan aspirasi dan harapan dalam menyelenggarakan pelayanan pendidikan kesehatan bagi civitas akademika UNSRAT Manado dan tidak menutup kemungkinan penduduk yang ada di wilayah Kota Manado dan sekitarnya.

Rumah Sakit Perguruan Tinggi Negeri Universitas Sam Ratulangi Manado ditetapkan menjadi RS dengan klasifikasi kelas B karena telah memenuhi persyaratan sebagai mana disebutkan pada PP RI No. 47 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Bidang Perumhaskitan, dalam Pasal 16 Huruf A bagian 3 dari Ketersediaan tempat tidur rawat inap sebagaimana dimaksud kelas B paling sedikit 200 (dua ratus) tempat tidur karena terdapat potensi minimal 221 tempat tidur. Hal ini juga sesuai dengan syarat akreditasi RS Pendidikan kelas B.

Sebagai salah satu lembaga kesehatan, rumah sakit menghasilkan limbah cair yang berbahaya (B3). Limbah cair yang dihasilkan rumah sakit kelas B berupa limbah cair medis dan non medis. Limbah cair medis berasal dari ruang operasi, laboratorium rumah sakit, laboratorium akademi perawatan dan radiologi gedung rumah sakit. Limbah farmasi juga merupakan salah satu jenis limbah yang berasal dari kegiatan rumah sakit. Air limbah medis pada umumnya bersifat toksik bahkan tergolong dalam bahan limbah berbahaya dan beracun (B3), sedangkan air limbah domestik tidak bersifat toksik terhadap mikroorganisme

Perencanaan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) merupakan langkah untuk mengurangi kadar pencemar yang terkandung dalam limbah cair, sehingga memenuhi baku mutu agar dapat dilepas ke badan air. Oleh karena itu pengolahan air limbah rumah

sakit harus memenuhi standar kualitas yang baik serta memenuhi hasil uji laboratorium terlebih dahulu sebelum di buang ke badan air. Alternatif yang dapat digunakan dalam pengelolaan instalasi pengelolaan air limbah RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado dengan menggunakan metode *Biofilter Anaerobic-Aerobic*.

Untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa organik biasanya menggunakan teknologi pengelolaan secara biologis atau gabungan dari beberapa proses. *Biofilter anaerobic-aerobic* adalah salah satu metode yang umum digunakan untuk menurunkan kadar pencemar pada limbah cair rumah sakit karena pada proses ini dilakukan pada kondisi *aerobic* atau menggunakan udara dan mengkombinasikan menggunakan metode *anaerobic* atau tanpa udara.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan teknologi *biofilter anaerobic-aerobic* dapat digunakan sebagai teknologi untuk instalasi pengelolaan air limbah rumah sakit. Oleh karena itu, bagaimana cara menentukan desain yang optimal untuk instalasi pengelolaan limbah cair RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado?

C. Batasan Penelitian

- Dalam perencanaan ini dilakukan perhitungan kapasitas ipal yang sesuai dengan klasifikasi rumah sakit

- Desain instalasi pengolahan air limbah rumah sakit menggunakan perencanaan *biofilter anaerobic-aerobic* untuk RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado
- Peninjauan penggunaan air bersih pada perencanaan kali ini hanya menggunakan jumlah bed atau tempat tidur
- Debit air limbah yang didapatkan berdasarkan hasil perhitungan kapasitas dengan asumsi 80%.
- Lokasi perencanaan berada didalam Universitas Sam Ratulangi.
- RAB IPAL tidak ditinjau dalam penelitian.
- Ilustrasi layout instalasi pengolahan air limbah (IPAL) berupa gambar teknik menggunakan autocad.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam perencanaan ini adalah untuk menentukan desain bangunan pengolahan air limbah menggunakan perencanaan *biofilter Anaerobic-aerobic* untuk RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan dicapai dari perencanaan ini adalah mengurangi beban pencemar lingkungan sesuai dengan peraturan yang berlaku serta untuk memberika informasi mengenai alternatif pengelolaan air limbah yang efektif dan efisien untuk RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

II. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di RS. Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado. Yang berada di dalam lokasi Universitas Sam Ratulangi Manado. Prosedur penelitian digambarkan dalam bagan alir pada Gambar 1.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tugas akhir ini dilakukan perencanaan instalasi pengelolaan air limbah untuk RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado, dimana Ipal yang berada di rumah sakit ini belum beroperasi sehingga data yang digunakan berupa data yang di ambil dari laporan akhir perencanaan RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado yang akan dihitung melalui jumlah bed atau tempat tidur yang akan tersedia.

A. Penentuan Debit Air Limbah

Debit air limbah merupakan hal yang penting dalam perencanaan sebuah unit instalasi pengelolaan air limbah. Debit air limbah yang digunakan pada perencanaan ini merupakan debit yang diperoleh dari perhitungan produksi air limbah dari pemakaian air bersih. Air limbah dihitung berdasarkan asumsi air limbah sebagai 80% pemakaian air bersih. Berdasarkan data laporan akhir RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado, diketahui memiliki bed (tempat tidur) 221 bed, perhitungan lebih rinci dari debit air limbah

dapat dilihat pada contoh perhitungan debit dibawah ini:

Perhitungan konsumsi air bersih
 Bed (Tempat tidur) = 221 bed
 $Q_{\text{air bersih}} = 500 \text{ l/bed/hari} \times 221 \text{ bed}$
 $= 110.500 \text{ l/bed/hari}$
 $= 110.5 \text{ m}^3/\text{bed/ hari}$

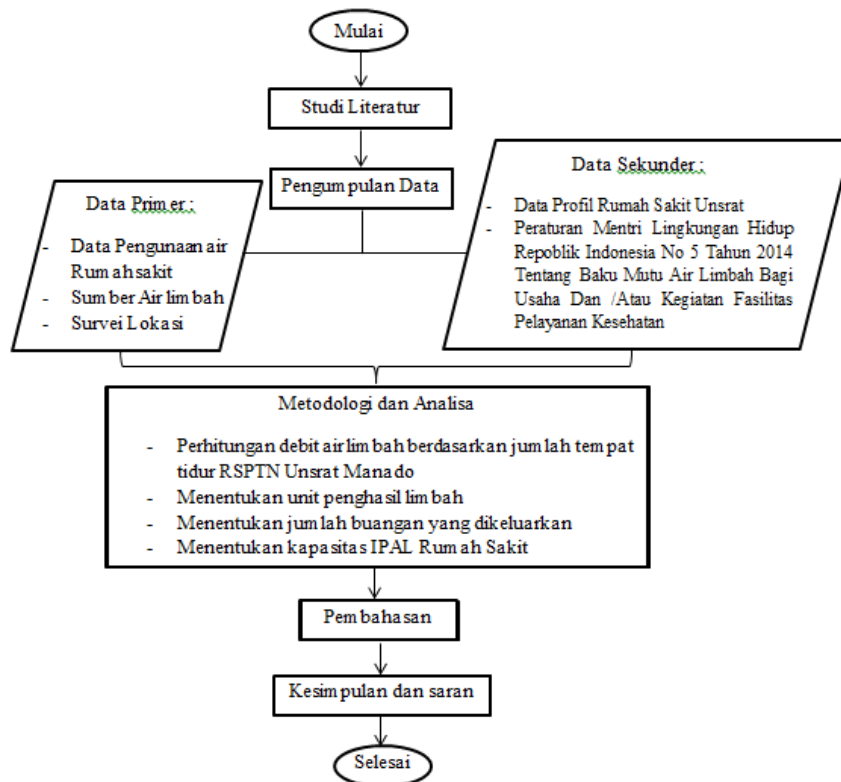
Perhitungan $Q_{\text{air limbah}}$ RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado

$Q_{\text{air limbah}} = 80\% \times \text{total air bersih}$
 $= 80\% \times 110.5 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 88,4 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $= 89 \text{ m}^3/\text{hari}$

Dari hasil perhitungan maka didapatkan debit air limbah RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado sebesar $89 \text{ m}^3/\text{hari}$.

B. Karakteristik Air Limbah RS kelas B

Limbah cair yang diambil untuk dianalisis di laboratorium diambil langsung dari effluent saluran pembuangan air limbah. Hasil uji LRumah Sakit Umum Pusat Prof. Dr. R. D. Kandou Manado dikarenakan rumah sakit kelas B di Sulawesi Utara tidak memberi izin dalam pengambilan sampel juga dalam pengambilan data hasil uji laboratorium air limbah, sehingga pada perencanaan ini menggunakan data air limbah dari rumah sakit kelas A. Hasil dari uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2. Bagan Alur Penelitian

TABEL 1
Hasil Uji Laboratorium Rumah Sakit Umum Pusat Prof. Dr. R. D. Kandou Manado

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil
Temperatur	°C	30	25
pH	-	6-9	7.63
BOD	mg/L O ₂	30	76
COD	mg/L O ₂	80	79
TSS	mg/L	30	28
NH ₃ -N	mg/L NH ₃ -N	10	72
PO ₄ -P	mg/L PO ₄ -P	2	3.08
Minyak dan Lemak	mg/L	5	1.4

Sumber : Laboratorium BTKL 2019

C. Perhitungan Desain IPAL Biofilter Anaerobik-Aerobik

Berikut merupakan perhitungan dimensi dari masing-masing unit IPAL yang akan digunakan dalam perencanaan ini:

• Perhitungan Bak Ekualisasi

Dalam perencanaan ini pertama-tama direncanakan sumur pengumpulan berupa bak ekualisasi dan di ikuti dengan pomp. Berikut ini perhitungan volume bak ekualisasi yang dibutuhkan untuk proses pengelolaan. Direncanakan:

- Debit masuk (Qin) = 89 m³/hari
- Jumlah bak = 1 unit
- Waktu detensi (td) = 6-10 jam
- Kedalaman = 2 m
- Rasio P x L = 2:1

Perencanaan pipa Influen dan Effluen bak Ekualisasi Diketahui debit rata-rata terbesar yaitu 0,00103 m³/detik dan kecepatan air pada pipa sebesar 0.6 m/s. Tujuan dari pada perencanaan pompa ini adalah untuk mengalirkan air limbah dari bak ekualisasi menuju IPAL.

Sehingga :

$$A = Q / V$$

$$= 0,00103 \text{ m}^3 / \text{detik} / 0.6 \text{ m/s}$$

$$= 0.0017 \text{ m}^2$$

Diameter pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$0.0017 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2$$

$$D = 0.047 \text{ mm} \rightarrow 47 \text{ mm}$$

Diameter yang di aplikasikan 60 mm

$$\text{Cek } v = Q / (\frac{1}{4} \times \pi \times D^2)$$

$$= 0.00103 / (\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.060^2)$$

$$= 0.4 \text{ m/s}$$

Volume bak ekualisasi direpresentasikan oleh garis tegak lurus pada grafik volume air limbah terendah pada 12 m³ dan debit tertinggi berada pada 40 m³. Sehingga bak ekualisasi sebesar 30 m³.

$$\text{Lebar} = (\text{Luas}/2)^{0.5}$$

$$= 2.7 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 2 \times \text{Lebar}$$

$$= 5.4 \text{ m} \rightarrow 5.5 \text{ m}$$

$$\text{Freeboard} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Cek } td = V/Q$$

$$= 30 \text{ m}^3 / 89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 8 \text{ Jam}$$

Perhitungan Pompa

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statik}} + H_{\text{f mayor}} + H_{\text{f minor}}$$

$$H_{\text{statik}} = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{discharge}} = 3.3 \text{ m}$$

$$H_{\text{discharge}} = H_{\text{f mayor}}$$

$$= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L$$

$$= \left(\frac{1.03}{0.00155 \times 120 \times 6^{2.63}} \right)^{1.85} \times 3.3$$

$$= 0.013 \text{ m}$$

$$H_{\text{f minor}} = K \times \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

$$H_{\text{f minor tee}} (K = 0.9) = 0.0165 \text{ m}$$

$$H_{\text{f minor bend } 90^\circ} (K = 0.5) = 0.0091 \text{ m}$$

$$H_{\text{f minor get valve}} (K=0.19) = 0.0034 \text{ m}$$

$$H_{\text{f jatuhan}} = \left(\frac{v \times n}{1 \times R^{2/3}} \right) \times L$$

$$= \left(\frac{0.6 \times 0.015}{1 \times 0.013^{2/3}} \right) \times 1$$

$$= 0.1627 \text{ m}$$

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statik}} + H_{\text{f mayor}} + H_{\text{f minor}}$$

$$= 1 + 0.013 + (0.0165 + 0.0091 + 0.0045 + 0.0034 + 0.1627)$$

$$= 1.2092 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan head ompa yang diperlukan adalah 1.2092 m, jenis pompa yang digunakan submesible.

• Perencanaan Bak Pengendapan Awal Biofilter

Diketahui

$$\text{- Debit} = 89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{- BOD in} = 76 \text{ mg/L}$$

$$\text{- COD in} = 79 \text{ mg/L}$$

$$\text{- TSS in} = 28 \text{ mg/L}$$

Direncanakan

$$\text{- Waktu pengurasan} = 24 \text{ bulan}$$

$$\text{- HRT tangki septik} = 2 \text{ jam}$$

$$\text{- Jumlah kompartemen} = 2 \text{ buah}$$

$$\text{- Lebar} = 3 \text{ m}$$

$$\text{- H air} = 1.5 \text{ m}$$

Akumulasi lumpur

$$= 0.005 \times (1\text{-waktu pengurasan} \times 0.014)$$

$$= 0.005 \times (1\text{-}24\text{bulan} \times 0.014)$$

$$= 0.00332 \text{ L/Kg BODrem}$$

Volume
 = Akumulasi lumpur x (BOD_{in}-BOD_{eff})/1000 x Q
 x 30 hari x 24 bulan + (HRT x Q per jam)
 = 11.3 m³ → 15 m³
 Perhitungan lumpur
 Volume lumpur 24 bln = 5.62 m³ / 24 Bulan
 Volume lumpur / hari = 5.62 m³/ 24 bulan x 24
 bulan/365 hari
 = 0.0154 → 0.015 m³/hari
 Perhitungan produksi biogas
 = (COD_{in} - BOD_{eff}) x Q_{in} x 0.35 / 1000 / 0.7 / 0.5
 = (76- 57.76) mg/L x 89 m³/hari x 0,35 / 1000 / 0.7 /
 0.5
 = 1.8903 m³/hari
 Panjang tangki septik pertama
 = 2/3 x Vtangki septik / lebar tangki septik / h air
 Inlet
 = 2/3 x 15 m³ / 3 m / 1.5 m
 = 2.22 m
 Panjang tangki septik kedua
 = Panjang tangki septik pertama / 2
 = 1.11 m
 Volume tangki septik
 = (Panjang tangki septik pertama + kedua) x H air x
 lebar tangki septik
 = (2.2 m + 1.1 m) x 1.5 m x 3m
 = 14.85 → 15 m³

• Perencanaan *Anaerobic Biofilter*

Bak *anaerobic biofilter* merupakan unit biolois setelah bak pengendapan awal biofilter dan disusun secara seri. Berdasarkan kriteriadesain (Sasse, 2009), maka berikut adalah perencanaan unit *anaerobic biofilter*.

Debit air = 89 m³/hari → 0.00103 m³/s
 COD_{in} = 60.83 mg/L
 BOD_{in} = 57.76 mg/L
 TSS_{in} = 12.6 mg/L
 Temperatur = 25°C
 Permukaan spesifik media filter = 200 m²/m³
 Pororitas = 0.95 (95%)
 Kedalaman bak filter = 2.5 m (1.5 m – 2.5 m)
 Panjang bak filter= 1.25 m
 Lebar bak filter = 3 m
 Jumlah bak = 2 unit
 HRT bak anaerobic = 20 jam
 Voids In filter mass = 45 % (30% - 45%)
 Dimensi Anaerobic Biofilter
 Panjang = 1.25 m
 Tinggi media filter = Hair - Lcb - 0.4 - 0.05
 = 2.5 – 0.6- 0.4 – 0.05
 = 1.45 m
 Luas Permukaan Bak = P_{komp} x L_{bak}
 = 2.5 x 1.25
 = 7.5 m²
 Volume media filter = A_s x H_{filter}
 = 7.5 x 1.45
 = 10.9 m³

Perhitungan pipa effluent
 Diketahui :

Kecepatan air di pipa = 0.6 m/s
 Q air limbah = 89 m³/hari
 A = Q / V
 = 0,00103 m³/detik / 0.6 m/s
 = 0.0017 m²
 Diameter pipa
 A = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 0.0017 = $\frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2$
 D = 0.047 mm → 47 m
 Diameter yang di aplikasikan 60 mm
 Cek v = $Q / (\frac{1}{4} \times \pi \times D^2)$
 = 0.00103 / ($\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.060^2$)
 = 0.4 m/s

• Perencanaan *Aerobic Biofilter*

Debit air = 89 m³/hari → 0.00103 m³/s
 COD_{in} = 21.29 mg/L
 BOD_{in} = 16.75 mg/L
 TSS_{in} = 3.90 mg/L
 Temperatur = 25°C
 Permukaan spesifik media filter = 200 m²/m³
 Pororitas = 0.95 (95%)
 Kedalaman bak filter = 2.5 m (1.5 m – 2.5 m)
 Panjang bak filter= 1.25 m
 Lebar bak filter = 3 m
 Jumlah bak = 1 unit
 HRT bak aerobic = 20 jam
 Voids In filter mass = 45 % (30% - 45%)
 Dimensi Aerobic Biofilter
 Panjang = 1.25 m
 Tinggi media filter = Hair - Lcb - 0.4 - 0.05
 = 2.5 – 0.6- 0.4 – 0.05
 = 1.45 m
 Luas Permukaan Bak = P_{komp} x L_{bak}
 = 2.5 x 1.25
 = 7.5 m²
 Volume media filter = A_s x H_{filter}
 = 7.5 x 1.45
 = 10.9 m³

Perhitungan pipa effluent

Diketahui :
 Kecepatan air di pipa = 0.6 m/s
 Q air limbah = 89 m³/hari
 A = Q / V
 = 0,00103 m³/detik / 0.6 m/s
 = 0.0017 m²
 Diameter pipa
 A = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 0.0017 = $\frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2$
 D = 0.047 mm → 47 m
 Diameter yang di aplikasikan 60 mm
 Cek v = $Q / (\frac{1}{4} \times \pi \times D^2)$
 = 0.00103 / ($\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.060^2$)
 = 0.4 m/s

D. Kebutuhan Udara Aerobic Biofilter

Efisiensi removal udara pada unit aerobic biofilter belum memenuhi baku mutu limbah cair yang telah diwajibkan. Menurut Said (2008) penentuan kebutuhan udara dalam IPAL ini direncanakan mampu mengurangi konsentrasi BOD, COD, dan TSS

Diketahui :

$$\begin{aligned} Q_{ave} &= 89 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{BOD in} &= 16.75 \text{ mg/L} \\ \text{Efisiensi removal} &= 95\% \text{ (Removal maksimal 98\%)} \\ \text{BOD yang dihilangkan} &= \text{Efisiensi Removal} \times \text{BOD in} \\ &= 95\% \times 16.75 \text{ mg/L} \\ &= 15.91 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban BOD yang dihilangkan} &= \text{BOD yang dihilangkan} \times Q_{ave} \\ &= 15.91 \text{ mg/L} \times 89 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 1.40 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Kebutuhan teoritis = Beban BOD dihilangkan

$$\text{Faktor keamanan} = 1.5 \text{ (1.5 - 2)}$$

Kebutuhan udara teoritis = Beban BOD dihilangkan x Faktor Keamanan

$$\begin{aligned} &= 1.40 \text{ kg/hari} \times 1.5 \\ &= 2.1 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\text{Berat jenis udara} = 1.1725 \text{ (suhu } 28^\circ\text{C)}$$

$$\% \text{ oksigen dalam udara} = 21 \%$$

$$\text{Kebutuhan } O_2 \text{ teoritis} = \left(\frac{2.1 \text{ kg/hari}}{1.15 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 0.232} \right)$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\text{kebutuhan udara teoritis}}{\text{beban BOD dihilangkan} \times 0.232} \right) \\ &= 0.348 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\text{Efisiensi suplai } O_2 = 5\%$$

Kebutuhan udara actual

$$= \left(\frac{\text{kebutuhan oksigen teoritis}}{\text{efisiensi suplai oksigen}} \right)$$

$$= 167.04 \text{ m}^3/\text{hari}$$

• Perencanaan Bak Penampung Akhir

Bak penampung ini digunakan untuk menampung air limbah hasil olahan biologis yang kemudian akan dipompa menuju karbon filter.

Direncanakan :

$$\text{Debit air} = 89 \text{ m}^3/\text{hari} \rightarrow 0.00103 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$T_d = 2 \text{ jam}$$

$$\text{Kedalaman air} = 1.5 \text{ m}$$

$$P : L = 1 : 1$$

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times T_d \\ &= 89 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \times \text{hari}/24 \text{ jam} \\ &= 7.4 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan } A &= V \times h \\ &= 7.4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1.5 \text{ m} \\ &= 4.9 \text{ m}^2 \rightarrow 5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$A = P \times L$$

$$5 \text{ m}^2 = L^2$$

$$L = 2.5 \text{ m}^2$$

$$P = 2.5 \text{ m}^2$$

$$F_b = 0.3 \text{ m}$$

Perhitungan pipa effluent

Diketahui :

$$\text{Kecepatan air di pipa} = 0.6 \text{ m/s}$$

$$Q \text{ air limbah} = 89 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$A = Q / V$$

$$= 0.00103 \text{ m}^3/\text{detik} / 0.6 \text{ m/s}$$

$$= 0.0017 \text{ m}^2$$

Diameter pipa

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$0.0017 = \frac{1}{4} \times 3.14 \times D^2$$

$$D = 0.047 \text{ mm} \rightarrow 47 \text{ m}$$

Diameter yang di aplikasikan 60 mm

$$\text{Cek } v = Q / \left(\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \right)$$

$$= 0.00103 / \left(\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.060^2 \right)$$

$$= 0.4 \text{ m/s}$$

Perhitungan pompa

$$\text{Debit air limbah (Q)} = 89 \text{ m}^3/\text{hari} \rightarrow 0.00103 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L_{\text{suction}} = 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{discharge}} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah pompa} = 1 \text{ unit}$$

$$Q \text{ tiap pompa} = 0.00103 \text{ m}^3/\text{s} / 1 \text{ unit}$$

$$= 0.00103$$

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} + h_v$$

Perhitungan pipa suction

$$H_{\text{statik}} = 4 \text{ m}$$

$$H_{\text{suction}} = H_{\text{fmayor}}$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \\ &= \left(\frac{1.03}{0.00155 \times 120 \times 6^{2.63}} \right)^{1.85} \times 1 \\ &= 0.004 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{discharge}} = H_{\text{fmayor}}$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{Q}{0.00155 \times C \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \\ &= \left(\frac{1.03}{0.00155 \times 120 \times 6^{2.63}} \right)^{1.85} \times 3 \\ &= 0.012 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_f \text{ minor} = K \times \left(\frac{v^2}{2 \times g} \right)$$

$$H_f \text{ minor tee (K = 0.9)} = 0.0165 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor bend } 90^\circ \text{ (K = 0.5)} = 0.0091 \text{ m}$$

$$H_f \text{ minor get valve (K=0.19)} = 0.0034 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= H_{\text{statik}} + H_f \text{ mayor} + H_f \text{ minor} \\ &= 4 + (0.004 + 0.012) + (0.0034 + 0.0091 + 0.0165) + 0.018 \\ &= 4.0936 \text{ m} \end{aligned}$$

• Perencanaan Bak Filtrasi

Direncanakan :

$$PO_4\text{-P} = 3.08 \text{ mg/L}$$

$$q_0 = 0.6777 \text{ mg/g}$$

$$\% \text{efisiensi} = 54.75\%$$

$$T = 1 \text{ hari}$$

Dimensi Filter

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

$$\text{Tinggi} = 1.5 \text{ m}$$

$$\text{Volume} = 0.4 \text{ m}^3$$

Jumlah bak perhari = $0.4 \text{ m}^3/\text{hari} / 0.4 \text{ m}^3$
 = 1 bak

Densitas klor = $1.2 \text{ kg/L} \rightarrow 1200 \text{ kg/m}^3$

Sisa klor = 0.2 mg/L

Dosis klor optimum (BPC)= 2.0 mg/L

Dihitung :

Dosis klor yang dibutuhkan= dosis klor optimum +
 sisa klor

= $2.5 \text{ mg/L} + 0.2 \text{ mg/L}$

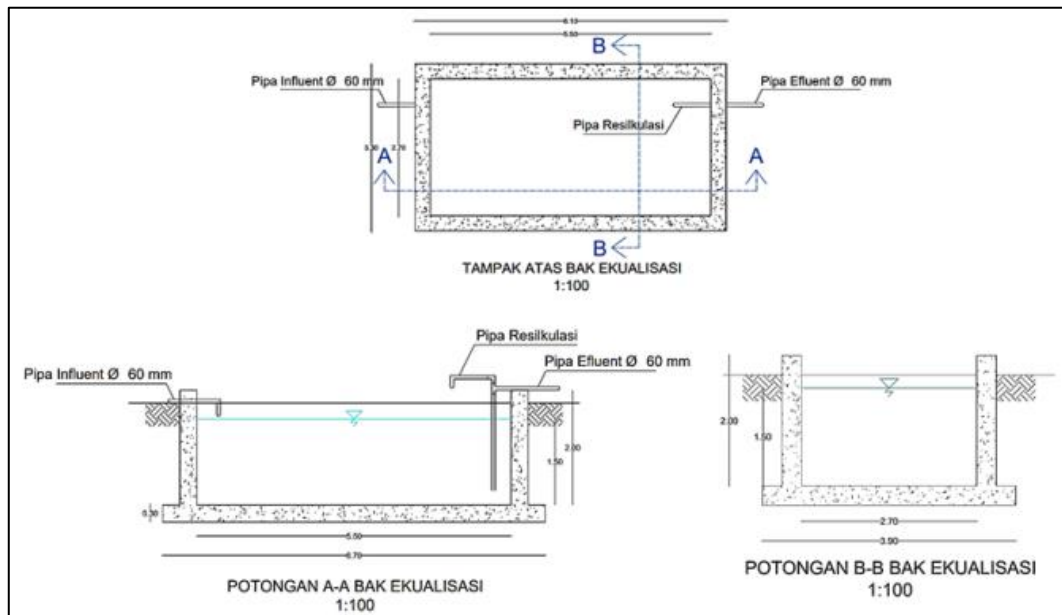
= 2.7 mg/L

• Perencanaan Bak Filtrasi

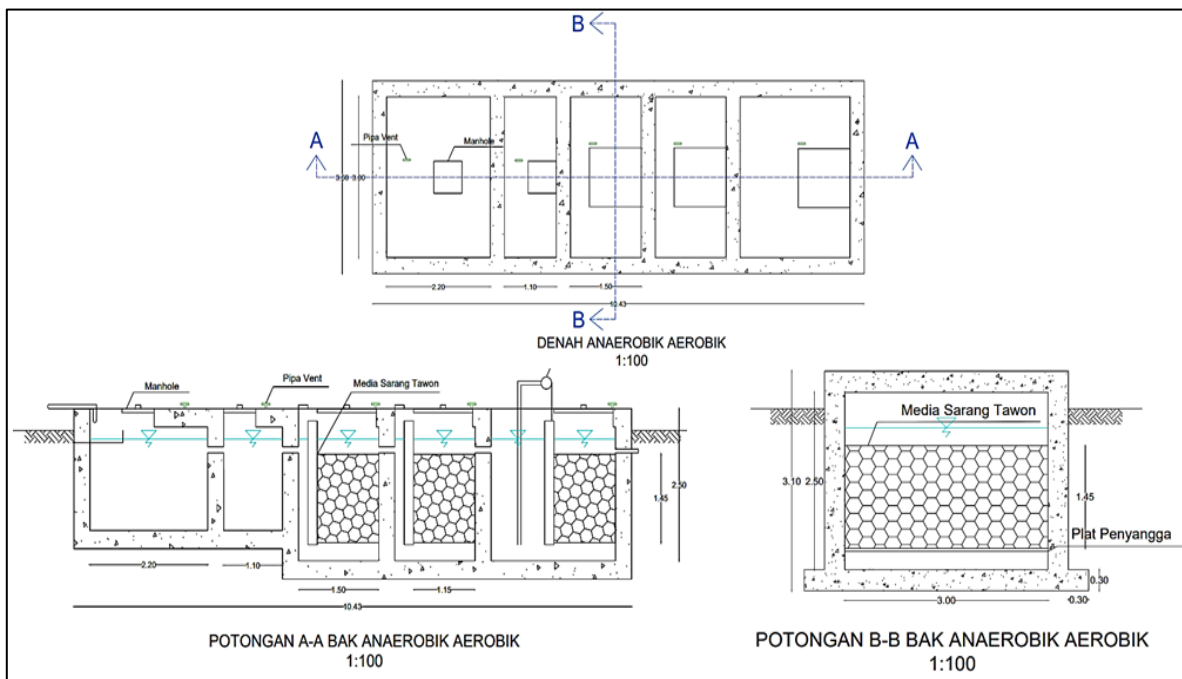
Direncanakan :

Q = $89 \text{ m}^3/\text{hari}$

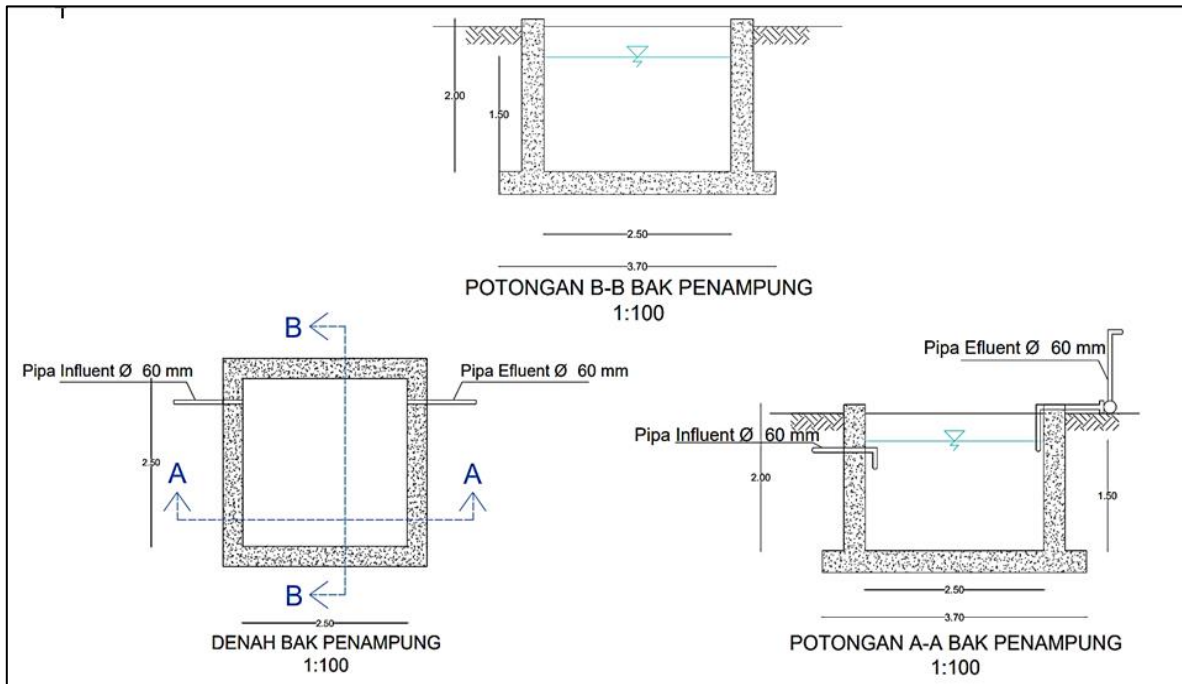
Kapasitas tabung klor = 100 kg



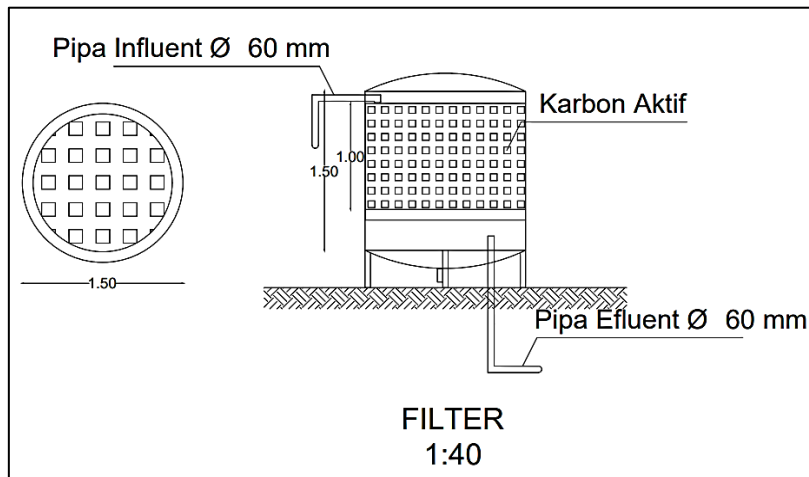
Gambar 3. Detail Engineering Design Bak Ekualisasi



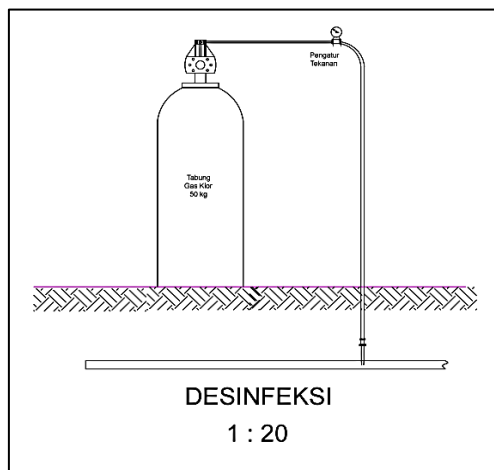
Gambar 4. Detail Engineering Design Pengelolaan Anaerobic-Aerobic



Gambar 5. Detail Engineering Design Bak Penampung Akhir



Gambar 6. Detail Engineering Design Bak Filtrasi



Gambar 7. Desinfeksi

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Perencanaan dimensi bangunan instalasi pengelolaan air limbah menggunakan perencanaan *biofilter Anaerobic-aerobic* untuk RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado sudah selesai didesain.
2. Desain untuk unit IPAL pada RS Perguruan Tinggi Negeri Unsrat Manado adalah : bak grease trap (2 m x 2 m x 1 m), bak ekualisasi (5.5 m x 2.7 m x 2 m), tangki septik (3,3 m x 3 m x 2 m), anaerobic biofilter (3 m x 3 m x 2,5 m), aerobic biofilter (2 m x 3 m x 2,5 m) bak penampung (2,5 m x 2,5 m x 2 m), filter dengan diameter 1 m dan tinggi 1.5 m.

B. Saran

1. Pada perencanaan selanjutnya agar dilakukan pengukuran debit effluent yang lebih akurat untuk mengetahui fluktuasi air limbah yang dihasilkan.
2. Pada perencanaan selanjutnya agar dilakukan perhitungan RAB dan perhitungan biaya yang dibutuhkan dalam pemeliharaan unit-unit yang digunakan dalam IPAL.
3. Melakukan pengkajian lebih lanjut terhadap removal untuk parameter N dan P
4. Hasil dari penelitian ini bisa dijadikan sebagai alternatif dalam perencanaan selanjutnya.

KUTIPAN

- [1] Adisasmito, W. (2009). Sistem Manajemen Rumah Sakit. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- [2] Ammary, Y. 2004. "Nutrients Requirements in Biological Industrial Waste Water Treatment". African Journal of Biotechnology. Vol.3 (4), pp. 236-238.
- [3] Asmadi (2013). Pengelolaan Limbah medis Rumah sakit. Gosyen Publishing
- [4] Atmadja, A. R. (2017). Perencanaan Pengolahan Air Limbah Non Medis Rumah Sakit Kelas B Dengan Alternatif Anaerobic Baffle Reactor Dan Anaerobic Biofilter (Doctoral Dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember). ASTM D3441 – 98. Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil.
- [5] Awaluddin, N. 2007. Teknologi Pengolahan Air Tanah sebagai Sumber Air Minum pada Skala Rumah Tangga: Peran Mahasiswa dalam Aplikasi Keteknikkan Menuju Globalisasi Teknologi. Jakarta: Pekan Apresiasi LEM – FTSP UII. 17 – 18 Desember.
- [6] Ayuningtyas, R. D. 2009. Proses Pengolahan Air limbah di RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Tugas Akhir. Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Suarakarta.
- [7] Depkes RI. (2009). Undang-Undang Republik Indonesia No. 44 tentang Rumah Sakit.
- [8] Environmental Protection Agency (EPA). 1999. "Subsurface flow constructed wetlands for wastewater treatment". United States.
- [9] Hartaja, D. R. K. (2017). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Kapasitas 40 M3/Hari. Jurnal Rekayasa Lingkungan, 10(2).
- [10] Hendra Riogilang dkk (2015) Penerapan Bentuk Geometri pada Arsitektur Bangunan.
- [11] Herawaty R, El Lumunon dan CJ Supit (2021) Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano
- [12] Hanum, A. (2013). Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Rumah Sakit Onkologi Surabaya (Doctoral Dissertation, Universitas Airlangga).
- [13] Hifny, N. W. (2007). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domestik Rumah Sakit Umum Risa Sentra Medika Mataram.
- [14] Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 129/Menkes/Sk/I/2008 Tentang Standar Pelayanan Minimal Rumah Sakit Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta
- [15] Madik, K. R. (2021). Skripsi Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Cair Di Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Saiful Anwar Karmelinda Rambu Madik 1307. 13251. 104 Ota Malang Provinsi Jawa Timur.
- [16] Menteri Kesehatan. 2011. Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan. Jakarta
- [17] Menteri Lingkungan Hidup. 1995. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 58 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Rumah Sakit. Jakarta
- [18] Pemerintah Daerah Provinsi Jawa Timur. 2013. Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Surabaya.
- [19] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah. Jakarta
- [20] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 47 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Bidang Perumaskitan
- [21] Peraturan Menteri Kesehatan Kementerian Kesehatan Nomor 147/MENKES/PER/1/2010 tentang Peraturan Menteri Kesehatan tentang Perizinan Rumah Sakit
- [22] Putri, A. R, Ganjar, S dan Dwi, S, H. 2013. Penentuan Rasio BOD/COD Optimal pda Reaktor Aerob, Fakultatif da Anaerob. Thesis. Universitas Dipenogoro.
- [23] Rosidi, M. 2017. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Lingkungan.
- [24] Said, N. I dan Wahjono, H. D. 1999. Teknologi Pengolahan Air Limbah RUMah Sakit dengan Sistem "Biofilter AnaerobAerob".
- [25] Sasse, L. ; BORDA (Editor). 2009. DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- [26] Sasse, L., 1998. DEWATS. Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries. Bremen: Bremen Overseas Research and Development Association (BORDA).
- [27] Tchobanoglous, G dan Shroeder E. D. 2003. Water Quality: Characteristics, Modeling, Modification. Addison-Wesley Publishing Company, United States of America
- [28] Tristiana, D. S., & Sugito, S. (2016). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit Dengan Biofilter. WAKTU: Jurnal Teknik UNIPA, 14(2), 1-11.