

Bab II Perencanaan Keairan

2.1 Tinjauan Umum

Aspek keairan dalam perencanaan suatu bangunan diperlukan untuk menunjang utilitas bangunan tersebut. Fungsinya adalah untuk menganalisis penyediaan dan penyaluran air bersih, dan air limbah. Selain itu, dalam mendirikan suatu bangunan juga perlu diperhitungkan dampak-dampak bagi lingkungan sekitar seperti resapan air. Adanya bangunan di atas tanah tentunya mengurangi jumlah lahan resapan air, maka perlu di rencanakan sistem drainase agar tidak merugikan lingkungan sekitar.

Pada laporan ini penulis meninjau perencanaan untuk pengolahan air limbah di Proyek Rumah Sakit Ibu dan Anak di Kecamatan Seberuang, Kalimantan Barat. Air limbah rumah sakit adalah hasil buangan dari kegiatan pelayanan kesehatan yang terdiri dari air limbah domestik (buangan kamar mandi dapur, dan bekas cuci pakaian), air limbah klinis, limbah laboratorium dan lainnya. Limbah rumah sakit tersebut mengandung bakteri dan mikroorganisme lainnya yang berbahaya bagi lingkungan. Maka dari itu perlu cara khusus dalam pembuangan air limbah rumah sakit. Sebelum dilakukan pengolahan oleh sistem IPAL perlu direncanakan sistem jaringan pipa yang menyalurkan air limbah

2.2 Perencanaan Jaringan Pipa Air Limbah

2.2.1 Debit air limbah

Debit air limbah yang dihasilkan ditentukan berdasarkan Unit Beban Alat Plambing (UBAP). Berikut adalah nilai pembebanan yang digunakan untuk alat plambing yang digunakan :

Tabel 2.1 Pembebanan UBAP

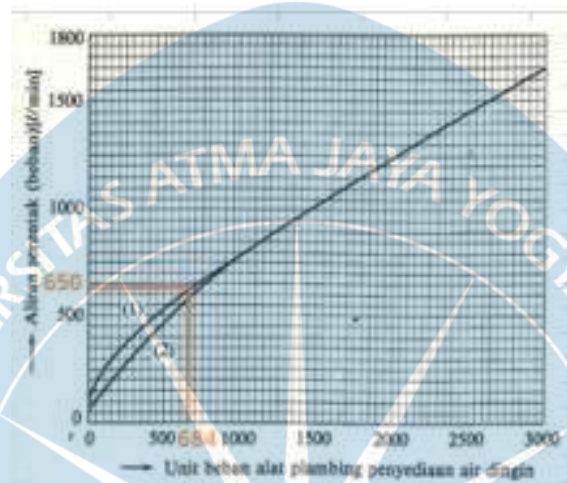
No.	Jenis alat plambing	UBAP Umum	Keterangan
1	Bak Mandi	4	SNI 03-7065-2005
2	Bak Cuci Tangan	2	SNI 03-7065-2005
3	Kloset dengan tangki penggelontor	5	SNI 03-7065-2005
4	Bak Cuci Pakaian	4	SNI 03-7065-2005
5	<i>Service Sink</i>	4	SNI 03-7065-2005
6	Bak Cuci Dapur	2	SNI 03-7065-2005
7	<i>Shower</i>	4	Noerbambang, S. & Morimura, T.
8	Pencuci Pakaian	4	Noerbambang, S. & Morimura, T.

Alat plambing yang digunakan dihitung menggunakan konversi nilai yang terdapat pada Tabel 2.1. Hasil perhitungan pembebanan seluruh alat plambing pada rumah sakit sebagai berikut :

Tabel 2.2 Hasil perhitungan berdasarkan UBAP

No.	Jenis alat plambing	Jumlah	UBAP Umum	Jumlah unit beban
1	Bak Mandi	62	4	248
2	Bak Cuci Tangan	83	2	166
3	Kloset dengan tangki penggelontor	62	2.5	155
4	Bak Cuci Pakaian	3	2	6
5	<i>Service Sink</i>	4	4	16
6	Bak Cuci Dapur	13	5	65
7	<i>Shower</i>	3	4	12
8	Pencuci Pakaian	4	4	16
Total nilai UBAP				684

Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai pembebanan sebesar 684. Nilai tersebut di proyeksikan pada grafik yang kemudian dilanjutkan dengan perhitungan untuk mendapatkan debit air limbah. Hasil proyeksi pada grafik sebagai berikut :



Gambar 2.1 Grafik UBAP

Berdasarkan proyeksi yang dilakukan diperoleh $Q_{m \text{ max}}$ sebesar 650 l/menit. Berdasarkan rumus dari buku Noerbambang, S. & Morimura, T. (2000) debit rata-rata limbah seluruh rumah sakit dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q_{m\text{-max}} = 650 \text{ l/menit} = 0,65 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_h = \frac{Q_{m\text{-max}}}{C_2} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$Q_h = \frac{0,65 \text{ m}^3/\text{menit}}{4} \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}} = 9,75 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_d = Q_h \times T =$$

$$Q_d = 9,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} = 97,5 \text{ m}^3/\text{hari}$$

kemudian untuk limbah dapur :

$$Q_{m\text{-max}} = 125 \text{ l/menit} = 0,125 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_h = \frac{Q_{m-max}}{C_2} \times 60 \text{ menit/jam}$$

$$Q_h = \frac{0,125 \text{ m}^3/\text{menit}}{4} \times 60 \frac{\text{menit}}{\text{jam}} = 1,875 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_d = Q_h \times T$$

$$Q_d = 1,875 \text{ m}^3/\text{jam} \times 10 \text{ jam/hari} = 18,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2.2.2 Dimensi pipa

Penyaluran air limbah di bangunan rumah sakit menggunakan pipa PVC. Penentuan dimensi pipa mengacu pada panjang pipa dan pembebanan alat plambing berdasarkan SNI 8153-2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung.

Tabel 2.3 Beban dan panjang maksimum dari perpipaian air limbah

Ukuran pipa (inci)	1½	1¾	2	2½	3	4	5	6	8	10	12
Maksimum Unit											
Pipa air limbah ¹											
Vertikal/tegak (UBAP)	1	2 ²	16 ³	32 ³	48 ⁴	256	600	1380	3600	5600	8400
Horizontal (UBAP)	1	1	8 ²	14 ²	35 ⁴	216 ⁶	428 ⁶	720 ⁶	2640 ⁶	4680 ⁶	8200 ⁶
Panjang maksimum											
Pipa air limbah											
Vertikal/tegak (m)	14	18	37	55	65	91	119	155	229	-	-
Horizontal (tidak terbatas)											
Pipa ven											
Horizontal dan vertikal ²											
Maksimum Unit (UBAP)	1	8 ³	24	48	84	256	600	1380	3600	-	-
Panjang maksimum (m)	45	60	120	180	212	300	390	510	750	-	-

Sumber: UPC 2012 - IAPMO Tabel 703.2

Sumber : UPC 2012 – IAPMO Tabel 703.2

Dalam penentuan diameter, setiap pipa diberi notasi segmen berdasarkan akumulasi beban UBAP. Berikut sistem penentuan dimensi pipa yang dipakai :

Tabel 2.4 Penentuan dimensi pipa

Segmen Pipa	Beban UBAP	Akumulasi Beban Segmen	Ukuran Minimum (inci)	Ukuran Pipa (inci)
A	4	4	2	3
B	2	6	2	3

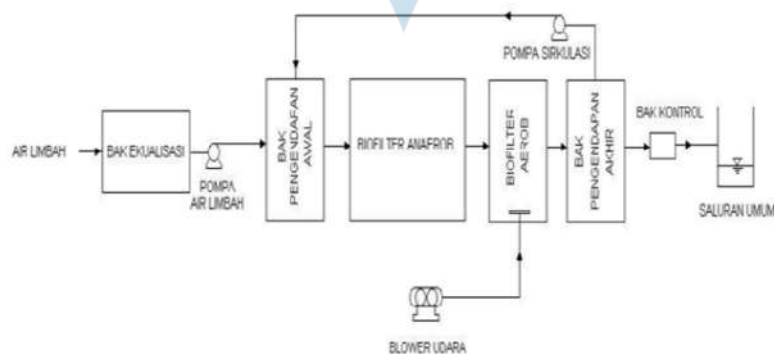
Lanjutan Tabel 2.4 Penentuan dimensi pipa

C	2	8	2	3
D	4	12	2.5	3
E	2	14	2.5	3

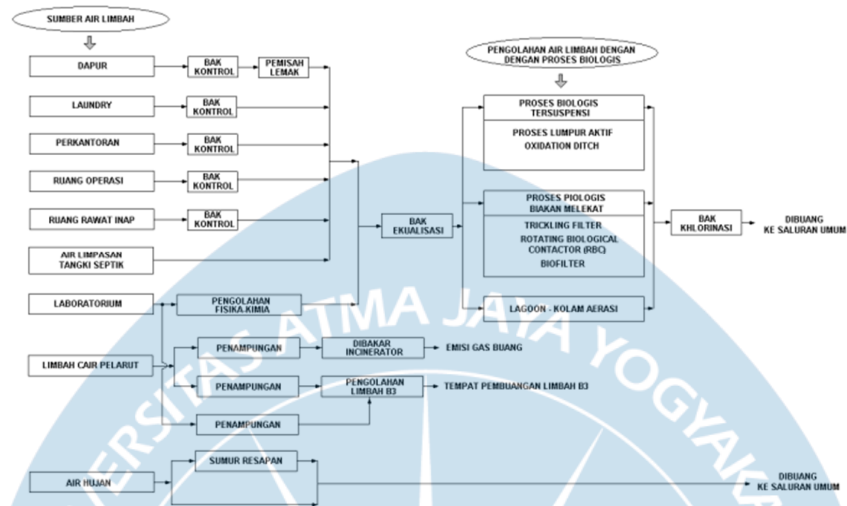
2.3 Kriteria Perencanaan IPAL

Limbah rumah sakit perlu diolah karena berpotensi mencemari lingkungan karena mengandung zat pencemar kimiawi dan bakteriologi. Berdasarkan hasil analisis parametrik dan SWOT jenis IPAL ABR dan biofilter aerobik dan anaerobik dapat disimpulkan bahwa IPAL biofilter aerobik dan anaerobik lebih ekonomis serta memungkinkan untuk digunakan pada proyek kali ini.

Penulis menggunakan kriteria perencanaan dari “Pedoman Teknis Instalasi Pengolahan Air Limbah Dengan Sistem Biofilter Anaerob dan Aerob Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan” yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan RI pada 2011 sebagai panduan utama perencanaan IPAL. Penulis menggunakan gambar 2.2 sebagai rencana *layout* saluran IPAL biofilter anaerob-aerob. Semua limbah cair yang berasal dari berbagai unit rumah sakit disalurkan ke bak ekuilisasi dan selanjutnya masuk dalam sistem IPAL biofilter anaerob-aerob. Sedangkan untuk skema sistem IPAL penulis menggunakan skema yang terdapat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Skema proses pengolahan air limbah dengan sistem biofilter anaerob-aerob



Gambar 2.3 Diagram proses pengelolaan air limbah rumah sakit

Kriteria diagram proses pengelolaan yang menerangkan unit bak apa saja yang perlu ada pada rangkaian proses pengolahan limbah hingga media yang umumnya dipakai pada biofilter terdapat pada lampiran Kriteria Biofilter Anaerob dan Aerob.

Dalam merencanakan IPAL perlu diperkirakan karakteristik air limbah pada rumah sakit yang akan dibangun. Salah satu cara untuk memperkirakan karakteristik air limbah adalah dengan menggunakan data dari proyek serupa. Penulis menggunakan referensi penelitian (Dyanto, 2015) dalam menentukan karakteristik air limbah.

Tabel 2.5 Karakteristik Air Limbah RSIA

Parameter	Nilai	Satuan
Minyak _{influent}	50	mg/L
BOD _{influent}	186	mg/L
COD _{influent}	546	mg/L
TSS _{influent}	81	mg/L
PO ₄	1.61	mg/L
Coliform _{influent}	2.2E+08	/100 mL
Suhu	30°C	

Sumber : Dyanto, Rachmat (2015)

2.3.1 Grease trap

Grease trap adalah bak yang memiliki fungsi untuk memisahkan minyak serta lemak dari air limbah dapur. Cara kerja *grease trap* memanfaatkan sifat minyak yang cenderung naik ke permukaan air karena berat jenisnya lebih kecil dibandingkan air. Sehingga pada *grease trap* akan terbentuk lapisan minyak dan lemak dan dapat dikuras dalam periode tertentu.

Dalam perencanaan *grease trap* penulis menggunakan pedoman Petunjuk Teknis Pengolahan Limbah Cair Kegiatan Perhotelan yang diterbitkan oleh Pemerintah Kota Surabaya Dinas Lingkungan Hidup (2011), berikut langkah-langkah yang digunakan untuk merencanakan *grease trap*.

1. Mengidentifikasi karakteristik air limbah yang masuk ke dalam *grease*. Air limbah berasal dari dapur sehingga memiliki debit dan karakteristik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{intake\ dapur} &= 18,75 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Beban minyak} &= 50 \text{ mg/L} \\ \rho_{minyak} &= 0,8 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

2. Menentukan parameter waktu dan interval pengurasan. Berdasarkan Pedoman Teknis IPAL Rumah Sakit 2011, ditentukan parameter waktu tinggal (HRT) dan interval pengurasan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{HRT} &= 60 \text{ menit} \\ \text{Interval Pengurasan} &= 7 \text{ Hari} \end{aligned}$$

3. Kemudian menentukan karakteristik limbah yang keluar. Berdasarkan Juknis IPAL 2011 hotel, *grease trap* memiliki persentase *removal* sebesar 95% sehingga karakteristik limbah yang keluar memiliki beban minyak sebesar:

$$\text{Beban Minyak} = 50 \text{ mg/L} \times (100\% - 95\%) = 2,5 \text{ mg/L}$$

Selanjutnya ditentukan *grease trap* dengan dimensi tampang sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 70 \text{ cm} \\ \text{Lebar} &= 70 \text{ cm} \\ H_{\text{freeboard}} &= 20 \text{ cm} \end{aligned}$$

4. Dari dimensi tampang tersebut dicari dimensi panjang *grease trap*:

Masa minyak setiap 7 hari interval pengurasan:

$$\text{Masa minyak} = 50 \text{ mg/L} \times 18,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 7 \text{ hari} = 6562,5 \text{ gr}$$

Volume setiap 7 hari interval pengurasan:

$$\text{Volume minyak} = \frac{6562,5 \text{ gr}}{0,8 \text{ gr/cm}^3} = 8203,13 \text{ cm}^3$$

Tinggi lapisan minyak pada *grease trap*:

$$H_{\text{minyak}} = \frac{8203,13 \text{ cm}^3}{70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}} = 1,67 \text{ cm}$$

5. Jumlah bak *grease trap* ditentukan berjumlah tiga, sehingga tinggi bak *grease trap* yang diperlukan untuk menampung kebutuhan debit limbah dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Volume air} = \frac{18,75 \text{ m}^3/\text{hari} \times 60 \text{ menit}}{1440} \times 10^6 = 781250 \text{ cm}^3$$

$$\text{Tinggi air} = \frac{781250 \text{ cm}^3}{70 \text{ cm} \times 70 \text{ cm}} = 53,15 \text{ cm}$$

6. Sehingga dengan memperhitungkan ketinggian *freeboard* setinggi 20 cm dan tinggi lapisan minyak maka diperlukan tinggi bak *greas trap* setidaknya setinggi:

$$\text{Tinggi grease trap} = 53,15 \text{ cm} + 1,67 \text{ cm} + 20 \text{ cm} = 74,90 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

2.3.2 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi memiliki fungsi untuk menampung sementara air limbah dan mengatur laju debit air yang mengalir ke sistem IPAL. Pengaturan pompa dilakukan

dengan menggunakan pompa yang ada pada bak ekualisasi. Berikut langkah-langkah perencanaan bak ekualisasi.

1. Mengidentifikasi karakteristik aliran *influent* limbah yang masuk ke dalam bak ekualisasi berasal dari seluruh limbah cair rumah sakit memiliki karakteristik sebagai berikut:

Debit Limbah rata-rata per jam	=	9,75	m ³ /jam
Debit Limbah rata-rata per menit	=	162,5	L/menit
Debit Limbah rata-rata hari jam	=	97,5	m ³ /hari
BOD _{influent}	=	186	mg/L
COD _{influent}	=	546	mg/L
TSS _{influent}	=	81	mg/L

2. Berdasarkan pedoman teknis IPAL rumah sakit 2011 ditentukan kriteria perencanaan sebagai berikut:

$$\text{HRT} = 6 \text{ jam}$$

Dimensi bak ekualisasi yang diperlukan untuk menampung rata-rata harian limbah dapat dihitung sebagai berikut dengan asumsi rumah sakit beroperasi 7 jam per hari

$$\text{Volume air} = Q_{\text{maximum}} \times \text{jam operasi}$$

$$\text{Volume air} = 9,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7 \text{ jam} = 58,5 \text{ m}^3$$

3. Karena keterbatasan lahan, maka ditentukan dimensi dengan lebar 2,5 meter dan kedalaman air 3 meter sehingga dimensi panjang bak dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Panjang Bak Ekualisasi} = \frac{58,5 \text{ m}^3}{3 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}} = 7,8 \text{ m}$$

4. Ditentukan ruang bebas (*free board*) setinggi 1 meter sehingga volume total bak keseluruhan:

$$\text{Volume Bak} = (7,8 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times 2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 78 \text{ m}^3$$

5. Pada bak ekualisasi tidak terdapat perubahan karakteristik air limbah, sehingga karakteristik aliran *enfluentt* yang keluar dari bak ekualisasi sama dengan karakteristik *influentt*.

$$\text{BOD}_{\text{enfluent}} = 186 \quad \text{mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{enfluent}} = 546 \quad \text{mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{enfluent}} = 81 \quad \text{mg/L}$$

6. Dari bak ekualisasi limbah perlu dipompa ke bak pengendap awal menggunakan pompa yang mampu memenuhi debit rata-rata air limbah.

$$\text{Kapasitas pompa} > Q_{\text{rata-rata per jam}} \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Kapasitas pompa} > 9,75 \text{ m}^3/\text{jam} = 2,7 \text{ liter/detik}$$

Sehingga dipilih pompa GRUNDFOS UNILIFT KP250-AV-1 yang memiliki kapasitas 3,11 liter/detik.

2.3.3 Pengendap Awal

Bak pengendap awal memiliki fungsi untuk mengendapkan partikel kecil menggunakan gaya gravitasi. Partikel yang mengendap memiliki berat jenis relatif lebih besar dari berat jenis air. Seberapa banyak partikel yang mengendap tergantung pada besar partikel dan berat jenisnya. Perencanaan pengendap awal direncanakan berdasarkan kriteria desain “*Decentralised Wastewater Treatment in Developing Countries*”(DEWATS 2009) oleh Sasse serta Pedoman Instalasi IPAL 2011 oleh Kementerian Kesehatan RI. Berikut langkah-langkah yang digunakan untuk merencanakan bak pengendap awal.

1. Pertama, mengidentifikasi karakteristik limbah *enfluent* bak pengendap awal berasal dari bak ekualisasi dengan karakteristik sebagai berikut :

$$\text{BOD}_{\text{influent}} = 186 \quad \text{mg/L}$$

$$\text{COD}_{\text{influent}} = 546 \text{ mg/L}$$

$$\text{TSS}_{\text{influent}} = 81 \text{ mg/L}$$

$$Q_{\text{rata-rata jam}} = \frac{Q_{\text{rata-rata hari}}}{24 \text{ jam/hari}}$$

$$Q_{\text{rata-rata jam}} = \frac{97,5 \text{ m}^3/\text{hari}}{24 \text{ jam/hari}} = 4,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. Berdasarkan Pedoman Instalasi IPAL 2011 dan DEWATS ditentukan kriteria perencanaan sebagai berikut:

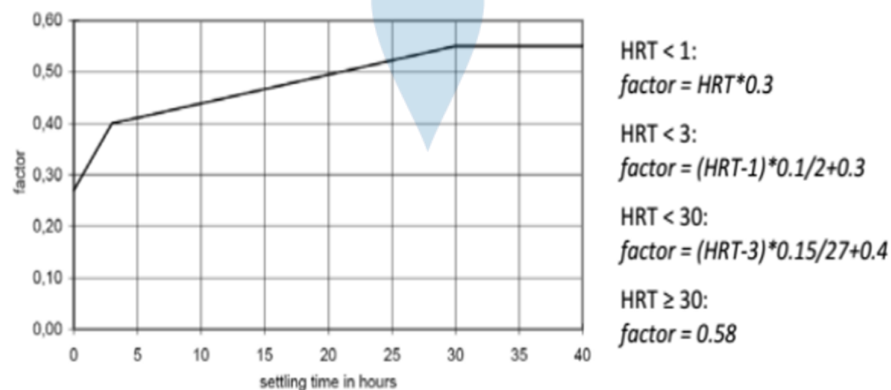
$$\begin{aligned} \text{HRT} &= 3 \text{ jam} \\ \text{Interval pengurasan} &= 6 \text{ bulan} \\ \text{Rasio}_{\text{ss}/\text{COD}} &= 0,42 \end{aligned}$$

3. Menghitung rasio kandungan COD terhadap BOD

$$\text{Rasio}_{\text{COD}/\text{BOD}} = \frac{\text{COD}_{\text{influent}} \text{ mg/L}}{\text{BOD}_{\text{influent}} \text{ mg/L}}$$

$$\text{Rasio}_{\text{COD}/\text{BOD}} = \frac{546 \text{ mg/L}}{186 \text{ mg/L}} = 2,93$$

4. Menghitung persentase laju penyisihan COD menggunakan grafik hubungan HRT dan COD removal in settler.



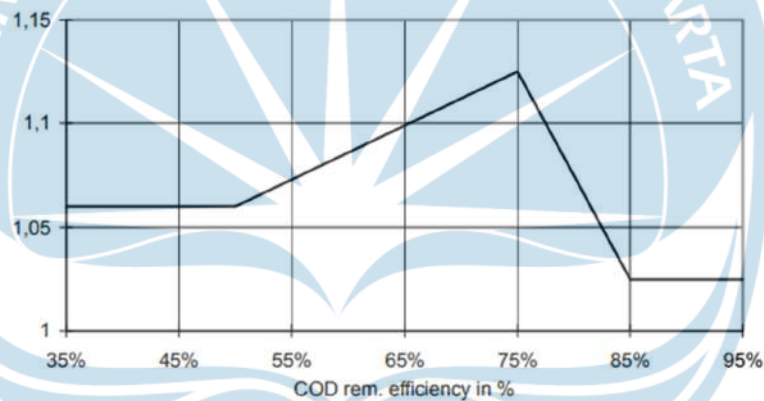
Gambar 2.4 COD removal in settler

Karena HRT ditentukan 3 jam maka laju penyisihan COD dapat dihitung sebagai berikut:

$$\%COD_{removal} = \frac{Rasio_{ss/COD}}{0,6} \times (HRT - 3) \times \frac{0,15}{27} + 0,4 = 28\%$$

$$\%COD_{removal} = \frac{0,42}{0,6} \times (3 - 3) \times \frac{0,15}{27} + 0,4 = 28\%$$

5. Menghitung $BOD/COD_{removal\ factor}$ dengan cara menginterpolasi grafik *simplified curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal*.



Gambar 2.5 Grafik *simplified curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal*

Sehingga didapatkan $BOD/COD_{removal\ factor} = 1,06$

6. Menghitung persentase laju penyisihan BOD dengan mengalikan persentase laju penyisihan COD dan rasio kandungan COD terhadap BOD.

$$\%BOD_{removal} = \%COD_{removal} \times BOD/COD_{removal\ factor}$$

$$\%BOD_{removal} = 28\% \times 1,06 = 29,68\%$$

7. Menghitung kandungan BOD dan COD yang keluar dari bak pengendap awal.

$$BOD_{effluent} = (100\% - \%BOD_{removal}) \times BOD_{influent}$$

$$BOD_{enfluent} = (100\% - 28\%) \times 186 \text{ mg/liter} = 133,92 \text{ mg/liter}$$

$$COD_{enfluent} = (100\% - \%COD_{removal}) \times COD_{influent}$$

$$COD_{enfluent} = (100\% - 29,68\%) \times 546 \text{ mg/liter} = 383,95 \text{ mg/liter}$$

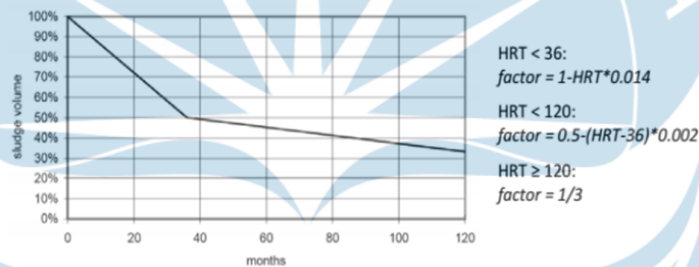
Sehingga karakteristik air limbah *enfluent* sebagai berikut :

$$BOD_{enfluent} = 133,92 \text{ mg/L}$$

$$COD_{enfluent} = 383,95 \text{ mg/L}$$

$$TSS_{enfluent} = 81 \text{ mg/L}$$

8. Menghitung dimensi panjang bak pengendap awal dengan mempertimbangkan debit rata-rata air limbah, waktu tinggal air limbah, dan volume lumpur yang terakumulasi selama proses pengendapan.



Gambar 2.6 Faktor penyisihan lumpur pada bak biofilter

$$Q_{\text{rata-rata jam}} = 4,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Lebar} = 2,5 \text{ meter}$$

$$\text{Tinggi air} = 3 \text{ meter}$$

$$\text{Faktor penyisihan lumpur} = 0,00458$$

$$\text{Volume yang dibutuhkan} = 117 \text{ m}^3$$

Bak pengendap awal direncanakan terdiri dari dua bak, sehingga dari parameter di atas dan perhitungan dimensi didapatkan dimensi panjang tiap bak sebagai berikut.

$$\text{Panjang Bak Pengendap 1} = 10,4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang Bak Pengendap 2} = 5,2 \text{ m}$$

2.3.4 Biofilter Anaerob

Bak biofilter anaerob berfungsi untuk menghilangkan kandungan fosfat, kandungan organik, dan partikel sangat kecil dengan memanfaatkan mikroorganisme. Seperti perencanaan sebelumnya, perencanaan biofilter anaerob direncanakan menggunakan kriteria oleh Sasse dan Kementrian Kesehatan RI 2011.

1. Karakteristik limbah yang masuk ke dalam bak biofilter anaerob dari bak pengendap awal. Suhu air rata-rata dalam bak biofilter anaerob diambil dari referensi RSIA Anugerah Bunda Khatulistiwa Kota Pontianak.

$BOD_{influent}$	=	133,92	mg/L
$COD_{influent}$	=	383,95	mg/L
$TSS_{influent}$	=	81	mg/L
Suhu	=	30	°C
$Q_{rata-rata\ jam}$	=	4,06	m ³ /jam

2. Berdasarkan Pedoman Instalasi IPAL 2011 dan DEWATS ditentukan kriteria perencanaan sebagai berikut:

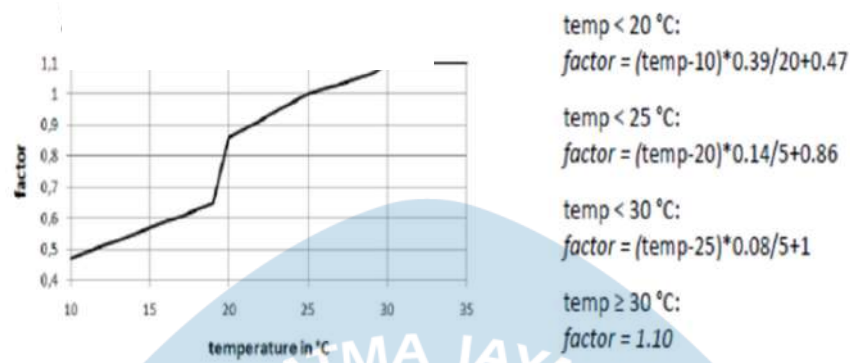
HRT	=	6	jam
$Rasio_{SS/COD}$	=	0,42	
Void in filter mass	=	35%	
Specific surface of filter medium	=	100	m ² /m ³

3. Menghitung rasio kandungan COD terhadap BOD

$$Rasio_{COD/BOD} = \frac{COD_{influent} \text{ mg/L}}{BOD_{influent} \text{ mg/L}}$$

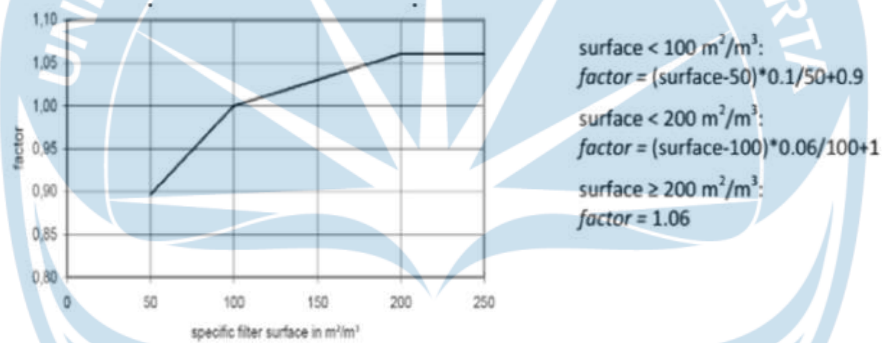
4. Menentukan faktor temperatur, faktor *strength*, faktor *load*, faktor *surface*, dan faktor HRT berdasarkan kriteria perencanaan.

Faktor Temperatur



Gambar 2.7 Faktor temperatur bak biofilter

$$f_{temp} = 1,10$$

Faktor *Strength*

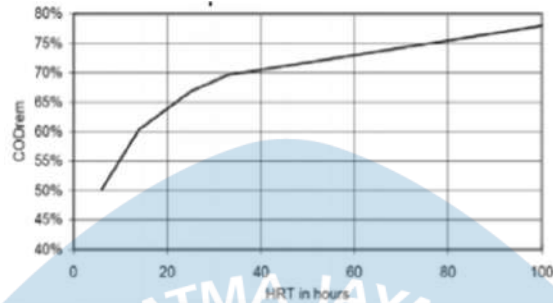
Gambar 2.8 Faktor strength bak biofilter

$$f_{strength} = (100 - 100) \times \frac{0,06}{100} + 1 = 0,9$$

Faktor *Surface Area*

Ditentukan dari jenis media sarang tawon dengan material PVC yang memiliki luas permukaan filter spesifik 100 m²/m³ dan factor *surface area* sebesar 1.

Faktor HRT



Gambar 2.9 Faktor HRT bak biofilter

$$f_{HRT} = 0,5$$

5. Menghitung persentase laju penyisihan COD dengan menggunakan faktor yang telah ditentukan

$$\%COD_{removal} = f_{temp} \times f_{strength} \times f_{surface\ area} \times f_{HRT}$$

$$\%COD_{removal} = 1,1 \times 0,9 \times 1 \times 0,5 = 53,62\%$$

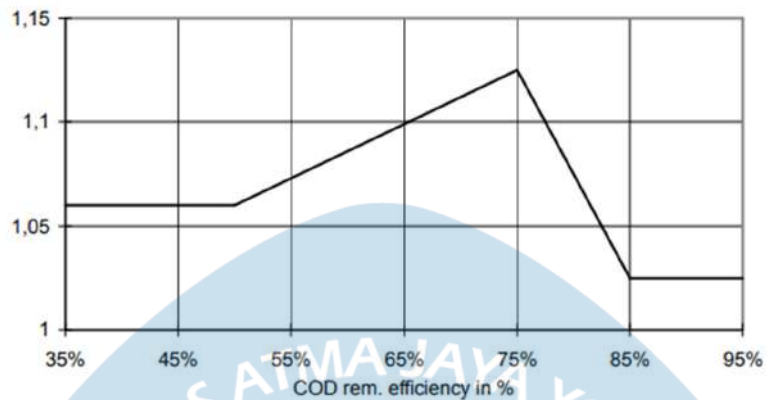
$$COD_{enfluen} = (100\% - \%COD_{removal}) \times COD_{influen}$$

$$COD_{enfluen} = (100\% - 53,62\%) \times 383,95\ mg/l = 178,1\ mg/l$$

Sehingga $\%COD_{removal}$ total dari sistem bak pengendap awal dan bak biofilter anaerob adalah:

$$\%COD_{removal\ total\ system} = 100\% - \frac{178,1\ mg/l}{546\ mg/l} = 67,38\%$$

6. Menghitung BOD/COD_{removal factor} dengan cara menginterpolasi grafik *simplified curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal*.



Gambar 2.10 Grafik *simplified curve of ratio of efficiency of BOD removal to COD removal*

Sehingga didapatkan $BOD/COD_{removal\ factor} = 1,1$

7. Menghitung persentase laju penyisihan BOD dengan mengalikan persentase laju penyisihan COD dan rasio kandungan COD terhadap BOD.

$$\%BOD_{removal} = 67,38\% \times 1,1 = 74,47\%$$

8. Menghitung kandungan BOD, COD, dan TSS yang keluar dari bak pengendap awal.

$$BOD_{enfluent} = (100\% - \%BOD_{removal}) \times BOD_{influent}$$

$$BOD_{enfluent} = (100\% - 74,47\%) \times 133,92\ mg/l = 34,19\ mg/l$$

$$COD_{enfluent} = 178,1\ mg/l$$

$$\%TSS_{removal} = Rasio_{ss/COD} \times COD_{influent} = 0,42 \times 383,95\ mg/l$$

$$= 161,26\ mg/l$$

$$\%TSS_{enfluent} = 0\ mg/l$$

Sehingga karakteristik air limbah *enfluent* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} BOD_{enfluent} &= 34,19\ mg/L \\ COD_{enfluent} &= 178,1\ mg/L \\ TSS_{enfluent} &= 0\ mg/L \end{aligned}$$

9. Menghitung dimensi panjang bak biofilter anaerob dengan mempertimbangkan debit rata-rata air limbah, waktu tinggal air limbah, volume filter bak biofilter anaerob, dan volume lumpur yang terakumulasi selama proses pengendapan.

Jumlah bak filter	=	1
Volume bak total	=	24.375 m ³
Lebar	=	2.5 m
Kedalaman Air	=	3 m
Tinggi penahan berpori	=	0.05 m
Tinggi Air di Atas Media	=	0.4 m
Tinggi media	=	1.95 m
Ruang di bawah	=	0.6 m
Panjang saluran	=	0.75 m
Volume Saluran	=	5.625 m ³
Volume Bak Media	=	18.75 m ³
Panjang Bak Media	=	11 m

Penulis merencanakan bak biofilter dengan jumlah bak filter sejumlah satu agar dapat memenuhi kriteria *maximum up-flow velocity inside filter voids* 2 meter/jam. Rekap perhitungan dan gambar teknik dimensi bak pengendap awal ada pada lampiran.

2.3.5 Biofilter Aerob

Biofilter aerob beroperasi dengan tambahan pasokan oksigen melalui pompa *blower*. Biofilter aerob diletakan setelah proses anaerob karena memiliki kriteria beban pengolahan yang lebih rendah. Berikut langkah perencanaan bak biofilter aerob.

1. Mengidentifikasi karakteristik limbah yang masuk ke dalam bak biofilter aerob dari bak biofilter anaerob.

$BOD_{influent}$	=	34,19 mg/L
$COD_{influent}$	=	178,1 mg/L
$TSS_{influent}$	=	0 mg/L

2. Menghitung dimensi panjang bak dan media biofilter aerob sehingga memenuhi kriteria beban BOD dan COD pada media biofilter aerob. Dimensi lebar dan tinggi bak serta media biofilter aerob mengikuti dimensi bak biofilter anaerob karena keterbatasan lahan dan mempertimbangkan kemudahan dalam pekerjaan.

HRT	=	7 jam
Ruang Aerasi		
Lebar	=	2.5 m
Kedalaman air	=	3 m
Ruang Media		
Lebar	=	2.5 m
Kedalaman air	=	3 m
Tinggi Ruang Lumpur	=	0.6 m
Tinggi Bed Media	=	1.95 m
Tinggi Air di Atas Media	=	0,4 m

Beban BOD dan COD

$$\text{beban BOD} = Q_{\text{rata-rata hari}} \text{ m}^3/\text{hari} \times \text{BOD}_{\text{influent}} \text{ mg/l} \times 10^{-3}$$

$$\text{beban BOD} = 97,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 34,19 \text{ mg/l} \times 10^{-3} = 3,33 \text{ kg/hari}$$

$$\text{beban COD} = Q_{\text{rata-rata}} \times \text{COD}_{\text{influent}}$$

Volume biofilter aerob

$$V_{\text{filter abioerob}} = Q_{\text{rata-rata jam}} \times \text{HRT}$$

$$V_{\text{filter abioerob}} = 9,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam} = 58,5 \text{ m}^3$$

Volume bak aerasi ditentukan sebesar 40% dari volume bak aerob

$$V_{\text{aerasi}} = V_{\text{filter abioerob}} \times 40\%$$

$$V_{\text{aerasi}} = 58,5 \text{ m}^3 \times 40\% = 23,4 \text{ m}^3$$

Dimensi Panjang masing-masing bak

$$L_{\text{filter abioerob}} = \frac{V_{\text{filter abioerob}}}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}$$

$$L_{\text{filter abioerob}} = \frac{58,5 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 4,8 \text{ m}$$

$$L_{\text{aerasi}} = \frac{V_{\text{aerasi}}}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}$$

$$L_{\text{aerasi}} = \frac{23,4 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 3 \text{ m}$$

3. Karena keterbatasan data terkait hubungan persentase *removal* BOD dan COD terhadap parameter perencanaan bak biofilter maka penulis menggunakan persentase *removal* dari penelitian yang dilakukan oleh Hidayati, 2017.

$$BOD_{\text{effluent}} = (100\% - \%BOD_{\text{removal}}) \times BOD_{\text{influent}}$$

$$BOD_{\text{effluent}} = (100\% - 90\%) \times 34,19 \text{ mg/l} = 3,419 \text{ mg/l}$$

$$COD_{\text{effluent}} = (100\% - \%COD_{\text{removal}}) \times COD_{\text{influent}}$$

$$COD_{\text{effluent}} = (100\% - 90\%) \times 178,1 \text{ mg/l} = 17,8 \text{ mg/l}$$

Sehingga karakteristik air limbah *effluent* sebagai berikut :

$$BOD_{\text{effluent}} = 3,419 \text{ mg/L}$$

$$COD_{\text{effluent}} = 17,81 \text{ mg/L}$$

$$TSS_{\text{effluent}} = 0 \text{ mg/L}$$

4. Bak biofilter aerob membutuhkan *supply* udara sebanyak 90% dari beban BOD media biofilter aerob. Sehingga kapasitas kebutuhan pompa dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kebutuhan teoritis} = \text{beban BOD kg/hari} \times 90\%$$

$$\text{Kebutuhan teoritis} = 3,33 \text{ kg/hari} \times 90\% = 3 \text{ kg/hari}$$

$$\rho_{\text{udara}} = \frac{P \times M}{R \times T} = \frac{101325 \text{ N/m}^2 \times 28,97 \text{ kg/kg - mol}}{8314 \text{ N.m/kg - mol.K} \times 303,15 \text{ K}} = 1,16 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \frac{\text{Kebutuhan teoritis} \times \text{Safety Factor}}{\rho_{\text{udara}} \times \% \text{oksigen dalam udara}}$$

$$\text{Kebutuhan udara aktual} = \frac{3 \text{ kg/hari} \times 1,6}{1,16 \text{ kg/m}^3 \times 23,18\%} = 17,85 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = \text{Kebutuhan udara aktual} \times \text{Efisiensi pompa}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 17,85 \text{ m}^3/\text{hari} \times 13\% = 137,32 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 100 \text{ l/menit}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} P &= 101325 \text{ N/m}^2 \\ M &= 28,97 \text{ kg/kg-mol} \\ R &= 8314 \text{ N.m/kg-mol.K} \\ T &= (273,15 + 30^\circ\text{C}) \text{ K} \\ \text{Safety factor} &= 1,6 \end{aligned}$$

Penulis memilih dua pompa Airpump aerator pompa udara YAMANO ACO 008 yang memiliki kapasitas 125 liter/menit. Dua pompa tersebut direncanakan bekerja secara bergantian agar memperpanjang masa waktu penggunaan.

2.3.6 Bak Pengendap Akhir

Bak pengendap akhir berfungsi mengendapkan partikel yang terbentuk akibat terlepas dari media biofilter. Sehingga untuk mengatasi tersebut air limpasan perlu melalui proses pengendapan lagi. Berikut langkah perencanaan bak pengendap akhir.

1. Mengidentifikasi karakteristik limbah yang masuk ke dalam bak pengendap akhir dari bak biofilter anaerob.

$$\begin{aligned} \text{BOD}_{\text{effluent}} &= 3,419 \text{ mg/L} \\ \text{COD}_{\text{effluent}} &= 17,81 \text{ mg/L} \\ \text{TSS}_{\text{effluent}} &= 0 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Menghitung dimensi panjang bak pengendap akhir dengan parameter debit rata-rata per jam dan waktu tinggal sebagai penentu.

$$V_{\text{pengendap akhir}} = Q_{\text{rata-rata per jam}} \times \text{HRT}$$

$$V_{\text{pengendap akhir}} = 9,75 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ jam} = 19,5 \text{ m}^3$$

$$L_{\text{pengendap akhir}} = \frac{V_{\text{pengendap akhir}}}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}$$

$$L_{\text{pengendap akhir}} = \frac{19,5 \text{ m}^3}{2,5 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 2,6 \text{ m}$$

3. Karena keterbatasan data terkait hubungan persentase *removal* BOD, COD, dan TSS terhadap parameter perencanaan bak biofilter maka penulis menggunakan persentase *removal* penelitian yang dilakukan oleh Hidayati, 2017.

$$BOD_{\text{effluent}} = (100\% - \%BOD_{\text{removal}}) \times BOD_{\text{influent}}$$

$$BOD_{\text{effluent}} = (100\% - 10\%) \times 3,418 \text{ mg/l} = 3,08 \text{ mg/l}$$

$$COD_{\text{effluent}} = (100\% - \%COD_{\text{removal}}) \times COD_{\text{influent}}$$

$$COD_{\text{effluent}} = (100\% - 10\%) \times 17,81 \text{ mg/l} = 16,03 \text{ mg/l}$$

4. Pada bak pengendap akhir terdapat pompa yang berfungsi untuk menyalurkan air dari bak pengendap akhir ke bak pengendap awal dengan rasio 50% m³/hari sehingga kebutuhan kapasitas pompa dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Kapasitas pompa} = Q_{\text{rata-rata per hari}} \times 50\%$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 97,5 \text{ m}^3/\text{hari} \times 50\% = 38,75 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Kapasitas pompa} = 33,85 \text{ l/menit}$$

Penulis memilih satu pompa MP-4500-12 12V/24V Dc Limbah Macerator Pompa yang memiliki kapasitas 45 liter/menit

2.3.7 Bak Klorinasi

Bak klorinasi berfungsi untuk menghilangkan mikroorganisme patogen secara kimia dengan menggunakan klorin. Proses kimiawi menggunakan klorin dipilih karena ekonomis, pengoperasiannya lebih mudah, dan bahan klorin mudah untuk didapatkan. Berikut langkah perencanaan bak klorinasi.

1. Mengidentifikasi karakteristik limbah yang masuk ke dalam bak klorinasi

BOD _{enfluent}	=	3,419	mg/L
COD _{enfluent}	=	17,81	mg/L
TSS _{enfluent}	=	0	mg/L
Coliform _{influen}	=	2.200E+08	/100 mL

2. Menentukan kriteria perencanaan bak klorinasi

Lebar bak	=	2.00	m
Tinggi air	=	2.00	m
H freeboard	=	1.00	m
Cl ₂ enfluent	=	0.03	mg/L
Residual Cl ₂ dalam air	=	0.50	mg/L
Waktu kontak	=	120.00	menit
Coliform _{enfluent}	=	1000	/100 mL
ρ _{klorin}	=	3,12	g/cm ³

3. Menghitung dosis klorin yang dibutuhkan agar mencapai kadar coliform rencana.

$$\text{kadar } Cl_2 = \left(\frac{2.200E + 08}{100} \right)^{\frac{-1}{2,8}} \times \frac{4}{120 \text{ menit}} = 2,7 \text{ mg/l}$$

$$Cl_{2 \text{ influent}} = \text{kadar } Cl_2 + Cl_{2 \text{ enfluent}} + \text{Residual } Cl_2$$

$$Cl_{2 \text{ influent}} = 2,7 \text{ mg/l} + 0,03 \text{ mg/l} + 0,05 \text{ mg/l} = 3,23 \text{ mg/l}$$

$$\text{kebutuhan dosis klorin} = \frac{Cl_{2 \text{ influent}} \times Q_{\text{rata-rata per jam}}}{12\%}$$

$$\text{kebutuhan dosis klorin} = \frac{Cl_{2 \text{ influent}} \times 9,75 \text{ m}^3/\text{jam}}{12\%} = 83,39 \text{ gr/jam}$$

$$\text{debit pembubuhan} = \frac{\text{kebutuhan dosis klorin}}{\rho_{\text{klorin}}}$$

$$\text{debit pembubuhan} = \frac{83,39 \text{ gr/jam}}{3,12 \text{ gr/cm}^3} = 83,93 \text{ cm}^3/\text{jam}$$

4. Menghitung dimensi panjang bak klorin dengan debit rata-rata sebagai penentu dan dapat memenuhi kriteria waktu kontak.

$$V_{\text{bak klorinasi}} = \frac{Q_{\text{rata-rata per jam}}}{60} \times \text{waktu kontak}$$

$$V_{\text{bak klorinasi}} = \frac{9,75 \text{ m}^3/\text{jam}}{60} \times 120 \text{ menit} = 19,5 \text{ m}^3$$

$$L_{\text{bak klorinasi}} = \frac{V_{\text{bak klorinasi}}}{\text{Lebar} \times \text{Tinggi}}$$

$$L_{\text{bak klorinasi}} = \frac{19,5 \text{ m}^3}{2 \text{ m} \times 2 \text{ m}} = 4,9 \text{ m}$$

2.3.8 Baku Mutu

Dari hasil perhitungan *removal* pada kandungan minyak, BOD, COD, TSS, dan *coliform* dalam air limbah maka didapatkan hasil sebagai berikut. Berdasarkan peraturan daerah kadar tersebut memenuhi syarat baku mutu sehingga dapat disalurkan ke saluran kota.

Tabel 2.6 Karakteristik air limbah hasil pengolahan IPAL

Parameter	Influent	Effluent	Baku Mutu	Keterangan	Satuan
[Minyak dan Lemak] in	50	2.50	10	OK	mg/L
[BOD] in	186	3.08	30	OK	mg/L
[COD] in	546	16.03	80	OK	mg/L
[TSS] in	81	0	30	OK	mg/L
PO4	1.61	1.61	2	OK	mg/L
[Coliform] in	2.200E+08	1000	3000	OK	/100 mL

2.4 Perancangan Sistem Drainase

2.4.1 Analisis Frekuensi

Dalam pelaksanaan analisis frekuensi diperlukan penentuan jenis tipe distribusi yang akan dipakai untuk menganalisis. Data yang akan dipakai adalah data curah hujan maksimum yang telah dicari per tahun pada subbab sebelumnya. Untuk menentukan tipe distribusi yang akan dipakai perlu adanya parameter-parameter yang harus ditentukan.

1. Curah hujan rata-rata dari data maksimum tahunan

Merupakan nilai rata-rata dari nilai curah hujan rata-rata maksimum per tahun dalam 10 tahun. Dapat dihitung dengan rumus:

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad (2.1)$$

Keterangan :

\bar{p} = curah hujan rata-rata 10 tahun

p_i = data curah hujan di stasiun i

n = banyak data curah hujan yang dipakai

Didapatkan nilai $\bar{p} = 63,95\text{mm/hari}$

2. Standar deviasi

Merupakan besaran perbedaan dari nilai sampel terhadap nilai rata-rata. Dapat dihitung dengan rumus

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^2}{n - 1}} \quad (2.2)$$

Keterangan :

\bar{p} = curah hujan rata-rata 10 tahun

p_i = data curah hujan di stasiun i

S = Standar deviasi

Didapatkan nilai (S) = 15,75 mm/hari

3. Koefisien variasi

Merupakan nilai perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata, yang memiliki bentuk :

$$Cv = \frac{S}{\bar{p}} \quad (2.3)$$

Keterangan :

Cv = koefisien variasi

\bar{p} = curah hujan rata-rata 10 tahun

S = Standar deviasi

Didapatkan nilai (Cv) = 0.2463

4. Koefisien kemiringan

Digunakan untuk mengetahui besar derajat kesimetrisan bentuk distribusi. Dapat dihitung dengan rumus :

$$Cs = \frac{a}{S^3} \quad (2.4)$$

$$a = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^3 \quad (2.5)$$

Keterangan :

Cs = koefisien kemiringan

S = standar deviasi

\bar{p} = curah hujan rata-rata 10 tahun

p_i = data curah hujan di stasiun i

n = banyak data curah hujan yang dipakai

Didapatkan nilai (a) = 4115,11mm³/hari

Didapatkan nilai (Cs) = 1,05

5. Koefisien kurtosis

Merupakan tingkat kepuncakkan dari sebuah distribusi yang biasanya diambil secara relatif terhadap suatu distribusi normal. Dapat dihitung menggunakan rumus :

$$Ck = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \sum_{i=1}^n (pi - \bar{p})^4 \quad (2.6)$$

Keterangan :

Ck = koefisien kurtosis

S = standar deviasi

\bar{p} = curah hujan rata-rata 10 tahun

pi = data curah hujan di stasiun i

n = banyak data curah hujan yang dipakai

Didapatkan nilai (Ck) = 6,26

Dengan syarat sebagai berikut :

Tabel 2.7 Syarat uji analisis frekuensi

Jenis	Syarat
Normal	Cs ≈ 0
	Ck ≈ 3
	± S = 68.27 %
	± 2S = 95.44 %
Log-normal	Cs = Cv ³ + 3Cv
	Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3
Gumbel	Cs ≈ 1.1396
	Ck ≈ 5.4002

Jika dari ketiga jenis di atas tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan, maka tipe distribusi yang digunakan adalah tipe distribusi log-Pearson III.

2.4.2 Uji Sebaran Data

Pengujian sebaran data curah hujan diperlukan untuk menentukan kecocokan analisis frekuensi yang dilakukan terhadap sebaran data yang mewakili suatu distribusi curah hujan yang akan digunakan sebagai data selanjutnya. Pengujian dilakukan dengan dua metode uji sebaran data.

1. Smirnov-Kolmogorov

Merupakan alat uji statistik yang digunakan untuk menentukan suatu sampel berasal dari populasi yang memiliki sebaran data tertentu. Distribusi statistik yang sering diuji menggunakan uji distribusi normal, uji ini tersaji menggunakan data yang diurutkan. Uji ini diterima jika nilai D maksimum data lebih kecil dari D kritis pada tabel sebagai berikut.

Tabel 2.8 Nilai D kritis pada uji Smirnov-Kolmogorov

$n \backslash \alpha$	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000	0.92500	0.90000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.68887	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731

Lanjutan Tabel 2.8 Nilai D kritis pada uji Smirnov-Kolmogorov

20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939	0.17610	0.16601
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881	0.16626	0.15673
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982	0.15790	0.14886
OVER 50	1.94947	1.62762	1.51743	1.35810	1.22385	1.13795	1.07275
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

Untuk menentukan D_{maks} diperlukan beberapa langkah sebagai berikut :

1. Mengurutkan data curah hujan yang dipakai dari yang terbesar ke terkecil
2. Menghitung parameter $P(x)$
3. Menghitung parameter $P'(x)$
4. Dari kedua parameter di atas dapat dicari nilai D maks dengan rumus

$$D = P(x) - P'(x) \quad (2.7)$$

Tabel 2.9 Tabel uji Smirnov-Kolmogorov

Tahun	n	Hujan	Urutan Data Terbesar	P (x)	P (x<)	P'(x)	P'(x<)	D
				(n/m +1)	(1-P(x))	(n/m-1)	(1-P'(x))	
1998	1	39.41	99.10	0.09	0.91	0.11	0.89	0.02
1999	2	62.56	77.79	0.18	0.82	0.22	0.78	0.04
2000	3	99.10	65.84	0.27	0.73	0.33	0.67	0.06
2001	4	55.23	64.50	0.36	0.64	0.44	0.56	0.08
2002	5	65.84	62.56	0.45	0.55	0.56	0.44	0.10
2003	6	64.50	61.97	0.55	0.45	0.67	0.33	0.12
2004	7	58.62	58.62	0.64	0.36	0.78	0.22	0.14
2005	8	77.79	55.23	0.73	0.27	0.89	0.11	0.16
2006	9	54.52	54.52	0.82	0.18	1.00	0.00	0.18
2007	10	61.97	39.41	0.91	0.09	1.11	-0.11	0.20

Dari hasil penghitungan di atas didapatkan nilai D maksimum sebesar 0.2020, sedangkan pada tabel (2.8) didapatkan nilai D kritis sebesar 0.41. Jika $D_{maks} < D_{kritis}$ maka hipotesis dapat diterima.

2. Chi-kuadrat (Chi-square)

Uji ini biasa juga disebut metode X^2 , uji ini dilakukan dengan pendekatan penjumlahan dari penyimpangan data yang terbagi menjadi tiap-tiap kelas dengan nilai yang diharapkan. Data dapat diterima jika pengujian Chi-square yang dihitung lebih kecil dari Chi-square kritis sebagai berikut

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (2.8)$$

X^2 = nilai Chi-kuadrat

f_o = frekuensi observasi/pengamatan

f_e = frekuensi harapan

Tabel 2.10 Tabel Perhitungan Chi-square

Nomor	Nilai Batasan			Of	Ef	(Of-Ef) ²	(Of-Ef) ² / Ef
1	31.95	< X <	46.87	1	1.8	0.64	0.36
2	46.87	< X <	61.80	3	1.8	1.44	0.80
3	61.80	< X <	76.72	4	1.8	4.84	2.69
4	76.72	< X <	91.64	1	1.8	0.64	0.36
5	91.64	< X <	106.56	1	1.8	0.64	0.36
				10	9		
X^2							4.5556

Didapatkan nilai Chi-square sebesar 4.5556, hipotesis ini diterima karena nilai Chi-square hitungan < nilai Chi-square kritis sebesar 5.991

3. Pengolahan Statistik

Jika pengujian sampel telah dilakukan dan hasilnya dapat diterima, maka pengolahan data statistik dapat dilakukan. Sesuai dengan tabel (2.11) maka data akan diolah menggunakan metode distribusi Log-Pearson tipe III dengan penghitungan sebagai berikut.

Tabel 2.11 Tabel Perhitungan Log-Pearson tipe III

Tahun	n	Hujan (Xi)	Log (X)	Log (Xrt)	(Log X - Log Xrt)	(Log X - Log Xrt) ²	(Log X - Log Xrt) ³	(Log X - Log Xrt) ⁴
1998	1	39.41	1.60	1.79	-0.19895	0.03958	-0.00787	0.001567
1999	2	62.56	1.80	1.79	0.00173	0.00000	0.00000	0.000000
2000	3	99.10	2.00	1.79	0.20149	0.04060	0.00818	0.001648
2001	4	55.23	1.74	1.79	-0.05245	0.00275	-0.00014	0.000008
2002	5	65.84	1.82	1.79	0.02390	0.00057	0.00001	0.000000
2003	6	64.50	1.81	1.79	0.01499	0.00022	0.00000	0.000000
2004	7	58.62	1.77	1.79	-0.02653	0.00070	-0.00002	0.000000
2005	8	77.79	1.89	1.79	0.09631	0.00928	0.00089	0.000086
2006	9	54.52	1.74	1.79	-0.05806	0.00337	-0.00020	0.000011
2007	10	61.97	1.79	1.79	-0.00243	0.00001	0.00000	0.000000
Jumlah		639.53	17.95	17.95	0.00000	0.09709	0.00086	0.0033
Rata-rata		63.95	1.79					

Dari hasil distribusi di atas, didapatkan besaran parameter antara lain :

a. Standar deviasi (S)

Didapatkan nilai (S) = 0.1039

b. Koefisien variasi (Cv)

Didapatkan nilai (Cv) = 0.0579

c. Koefisien skewness (Cs)

Didapatkan nilai (Cs) = 0,1063

d. Koefisien keruncingan (Ck)

Didapatkan nilai (Ck) = 5,6621

Setelah mendapatkan besaran parameter dapat dihitung curah hujan maksimum periode ulang dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 2.12 Curah Hujan Maksimum Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Peluang (%)	S log X	Log X rata-rata	Cs	Tabel Faktor Frekuensi	Y = log X	Hujan maks periode ulang (mm)
2	50	0.1039	1.7946	0.1063	0.0945	1.8044	63.7384
5	20	0.1039	1.7946	0.1063	0.8567	1.8836	76.4831
10	10	0.1039	1.7946	0.1063	1.2045	1.9197	83.1168
20	4	0.1039	1.7946	0.1063	1.5389	1.9544	90.0369
50	2	0.1039	1.7946	0.1063	1.736	1.9749	94.3825
100	1	0.1039	1.7946	0.1063	1.901	1.9920	98.1813
1	99	0.1039	1.7946	0.1063	-1.901	1.5971	39.5497

4. Debit maksimum dan intensitas hujan andalan

Untuk menentukan besar debit maksimum dan debit andalan diperlukan metode penghitungan yang tepat seperti metode rasional. Pada perhitungan kali ini penulis menggunakan perhitungan mononobe dalam menentukan intensitas hujan andalan.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.9)$$

Dengan:

- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- R_{24} = Curah hujan maksimum harian (mm)
- t = Lamanya hujan (jam)

Tabel 2.13 Tabel hasil perhitungan intensitas hujan andalan metode Mononobe

t (Jam)		1	2	3	4	5	6	7	8
Periode ulang (tahun)	Hujan maksimum (mm)	Intensitas hujan andalan metode Mononobe (mm)							
2	63,74	22,10	13,92	10,62	8,77	7,56	6,69	6,04	5,52
5	76,48	26,52	16,70	12,75	10,52	9,07	8,03	7,25	6,63
10	83,12	28,81	18,15	13,85	11,44	9,85	8,73	7,87	7,20

Karena proyek ini merupakan proyek gedung maka digunakan intensitas hujan dengan periode ulang 2 tahun dan lamanya hujan 2 jam.

2.4.3 Perhitungan Dimensi Talang dan Pipa

Dimensi talang dan pipa ditentukan berdasarkan nilai intensitas hujan, luas atap, dan kemiringan talang.

1. Menghitung luas tampang horizontal pada masing-masing atap gedung.
2. Menentukan dimensi talang, pipa vertikal, dan pipa horizontal pada masing-masing atap gedung menggunakan tabel 16, 17, dan 18 SNI 8153:2015

Tabel 2.14 Penentuan ukuran pipa horizontal

Ukuran pipa Inci	Debit (kemiringan 1%) L/dt	Luas bidang datar horizontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m ²)					
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	0,06	305	153	102	76	61	51
4	2,04	699	349	233	175	140	116
5	4,68	1241	621	414	310	248	207
6	8,34	1988	994	663	497	398	331
8	13,32	4273	2137	1427	1068	855	713
10	28,68	7692	3846	2564	1923	1540	1282
12	51,6	12374	6187	4125	3094	2476	2062
15	83,04	22110	11055	7370	5528	4422	3683

Sumber : SNI 8153:2015

Tabel 2.15 Penentuan ukuran pipa vertikal

Ukuran saluran atau pipa air hujan inci	Debit L/dt'	Luas atap maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan(m ²)											
		25,4 mm/j	50,8 mm/j	76,2 mm/j	101,6 mm/j	127 mm/j	162,4 mm/j	178 mm/j	203 mm/j	229 mm/j	254 mm/j	279 mm/j	305 mm/j
2	1.8	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24	22
3	5.52	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74	68
4	11.52	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156	142
5	21.6	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292	268
6	33.78	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456	418
8	72.48	10776	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1197	1078	980	892

Sumber :UPC 2012- IAPMO Tabel 1101.11

Sumber : SNI 8153:2015

Tabel 2.16 Penentuan ukuran talang

DIAMETER TALANG (Kemiringan 0,5%)	Nilai curah hujan maksimum berbasis pada luas atap (m ²)				
	inci	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam
3	32	21	16	13	10
4	67	45	33	27	22
5	116	77	58	46	39
6	178	119	89	71	59
7	256	171	128	102	85
8	370	247	185	148	123
10	669	446	334	268	223
DIAMETER TALANG (Kemiringan 1%)	Nilai curah hujan maksimum berbasis pada luas atap (m ²)				
	inci	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam
3	45	30	22	18	15
4	95	63	47	38	32
5	164	109	82	65	55
6	253	169	126	101	84
7	362	242	181	145	121
8	520	347	260	208	174
10	948	632	474	379	316

Sumber : SNI 8153:2015

Dari tabel SNI di atas didapatkan hasil pemilihan dimensi talang dan pipa sebagai berikut.

Tabel 2.17 Rekap penentuan ukuran talang dan pipa drainase air hujan

No	Nama Ruang	Kemiringan Talang	Ukuran Talang (inch)		Diameter Pipa Tegak (inch)	Diameter Pipa Horizontal (inch)
			Sisi 1	Sisi 2		
ATAP						
1	IPRS/MEKANIKAL	1%	4	4	2	3
2	PEMULSARAN JENAZAH	1%	5	5	2	3
3	LAUNDRY	1%	4	4	2	3
4	INSTALASI RAWAT JALAN	1%	7	7	3	3
5	DAPUR	1%	5	5	2	3
6	CSSD	1%	5	5	2	3
7	REHAB MEDIK	1%	5	5	2	3
8	AULA MANAJEMEN	1%	5	5	2	3
9	RADIOLOGI	1%	5	6	3	3
10	FARMASI					
11	LABORATORIUM	1%	5	6	3	3
12	POLIKLINIK	1%	6	6	2	3
13	INSTALASI TINDAKAN MEDIS	1%	10	8	3	5
DAK			10	10	4	6
Atap Tangga			5	5	2	3

Tabel lengkap berisi luasan tiap atap dan dak ada pada lampiran tabel L.1.14.

2.4.4 Drainase Air Hujan

Drainase air hujan berfungsi menyalurkan air limpasan dari area rumah sakit.

1. Menghitung debit limpasan dari area yang memiliki nilai laju permeabel masing-masing material dan menutupi area tersebut dengan rumus sebagai berikut.

$$Q_{\text{limpasan}} = \text{Luas area} \times \text{Laju Permeabilitas} \quad (2.10)$$

2. Mengelompokkan area dan menjumlah debit limpasan berdasarkan alur limpasan air hujan.
3. Menentukan dimensi tinggi saluran air yang dibutuhkan untuk menyalurkan debit limpasan dari masing-masing saluran air hujan.

$$H = \frac{Q_{\text{limpasan}}}{B \times 1/n \times \left(\frac{H}{2}\right)^{2/3} \times s^{1/2}} \quad (2.11)$$

Dengan

H = Tinggi permukaan air dalam saluran

B = Lebar saluran

n = 0,013

s = 0,0097

4. Mengelompokkan dan menyederhanakan dimensi saluran air hujan agar mudah dalam pekerjaan.

Dari perhitungan di atas didapatkan dimensi saluran drainase air hujan yang beragam, rekap perhitungan dimensi saluran irigasi lengkap terdapat pada lampiran tabel L.1.15. Untuk memudahkan pekerjaan maka dimensi saluran disederhanakan sebagai berikut.

Tabel 2.18 Rekap perhitungan saluran drainase air hujan

Kode Saluran	Dimensi Saluran	
	B (m)	H (m)
A1	0,30	0,50
A2	0,30	0,70
A3	0,40	0,70
B1	0,30	0,50
B2	0,30	0,80
C1	0,30	0,50
C2	0,30	0,50
D1	0,30	0,50
D2	0,40	0,80
E1	0,30	0,50
F1	0,40	0,80
G1	0,30	0,50
H1	0,30	0,50
I1	0,50	0,80
J1	0,30	0,80
K1	0,50	0,80
Saluran Kota Barat	0,50	0,80
Saluran kota Timur	0,50	0,90

2.5 Pembahasan Perencanaan

Pembangunan rumah sakit membutuhkan beberapa detail aspek pekerjaan keairan. Berikut rencana pekerjaan aspek keairan pada proyek pembangunan Rumah Sakit Ibu dan Anak Seberuang, Kapuas Hulu, Kalimantan Barat.

1. Perancangan pembangunan rumah sakit, penulis berfokus pada sistem pengolahan air limbah, maka penulis menganalisis debit limbah yang digunakan terutama pada rumah sakit. Kemudian menentukan isometri beserta dengan dimensi pipa yang digunakan.
2. Penulis merancang sistem pengolahan air limbah rumah sakit yang akan digunakan. Penulis menggunakan sistem IPAL berupa biofolter aerob-anaerob karena sistem tersebut efektif dan efisien digunakan dalam pengolahan limbah rumah sakit.
3. Air hujan yang ditangkap oleh bangunan tidak disalurkan ke sumur resapan, melainkan diteruskan ke saluran riol kota. Penulis merancang dimensi saluran sesuai dengan debit limpasan yang diterima dan penulis juga merancang dimensi talang yang digunakan untuk menangkap air limpasan dari atap.