

BAB IV PEMBAHASAN

4.1. Tahapan Pembangunan

RSD “Mardi Waluyo” yang terletak di Jl. Kalimantan 51 merupakan Rumah Sakit milik pemerintah daerah Kota Blitar dengan total luas lahan 50.000 m². Dalam pembangunannya RSD “Mardi Waluyo” dibagi menjadi 3 tahap pekerjaan. Saat ini pembangunan telah merampungkan tahap I dan II, kondisi ini diasumsikan sebagai kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo”. Dengan adanya rencana pembangunan tahap III maka hal ini dianggap sebagai kondisi pengembangan. Saat kondisi eksisting sumber air limbah RSD “Mardi Waluyo” berasal dari pembangunan tahap I dan tahap II. Pembangunan tahap I yang meliputi unit minimarket, cafeteria, pos jaga, UGD, Laboratorium, Radiologi, apotek, unit poliklinik (poli kandungan, poli kulit, kelamin dan kosmetik, poli umum, poli anak, poli bedah, poli syaraf, poli mata, poli jantung, poli dalam, poli paru, poli gigi, poli THT), IRNA VIP dan VVIP, IPAL, Rumah Genzet, Incenerator, Mushola, Tandon air. Contoh gambar pembangunan tahap I ditunjukkan dalam **Lampiran 4**. Sedangkan pada pembangun tahap II meliputi, Door loop, Hemodialisa, MRI, unit Utama (IRNA kandungan, IRNA anak, ruang isolasi, IRNA penyakit, IRNA campuran, ruang tunggu, IRNA cadangan, bedah central, ICU, resepsionist, toilet umum) unit laundry, dan kamar jenazah. Contoh gambar ditunjukkan dalam **Lampiran no 5**. Kapasitas tempat tidur yang tersedia pada kondisi eksisting sebanyak 250 TT. Dari data - data tersebut dapat dihitung berapa jumlah air bersih yang dibutuhkan setiap orang dalam satu hari. Adapun kebutuhan air bersih yaitu meliputi kebutuhan pasien rawat inap, pasien rawat jalan, karyawan meliputi tenaga medis, tenaga paramedis perawatan, tenaga paramedis non perawatan dan tenaga non medis, serta keluarga pasien. Dari data ini dapat diketahui besarnya debit air limbah rata – rata yang dihasilkan setiap harinya, yaitu 60 – 85% dari penggunaan air bersih tersebut merupakan air buangan atau air limbah. Saat ini RSD “Mardi Waluyo” Kota Blitar dikategorikan dalam Rumah Sakit tipe pelayanan B Pendidikan dengan jumlah 250 TT perinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Jumlah Tempat Tidur pada Pembangunan tahap I dan II

Nama ruang	Jumlah Tempat Tidur Eksisting (tempat tidur/TT)
VIP	14
VVIP	4
Kelas I	90
Kelas II	52
Kelas III	90
Jumlah	250

Sumber : Perencanaan RSMW, 2010

Dari data masterplan RSD “Mardi Waluyo” pada pembangunan tahap III akan terjadi penambahan fasilitas yaitu pengembangan unit IRNA VIP, VVIP, Intermediet, Unit IRNA (anak, bedah, syaraf, kandungan, campuran) unit gudang, unit dapur, serta depo sampah. Contoh gambar pembangunan tahap III ditunjukkan dalam **Lampiran 6**. Pada pembangunan tahap III atau kondisi pengembangan ini terjadi penambahan tempat tidur dari 250 TT menjadi 500 TT. Dengan adanya pengembangan tersebut tentu akan menyebabkan peningkatan kebutuhan air bersih, maka perlu dilakukan perhitungan kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih meningkat sehingga debit air limbah yang dihasilkan akan semakin besar. Untuk mengetahui besarnya total debit air limbah, maka perlu dihitung debit air limbah setelah adanya pengembangan serta debit air limbah eksisting.

4.2. Rencana Pengembangan

Berdasarkan data masterplan akan terjadi penambahan jumlah tempat tidur dari 250 menjadi 500 TT. Untuk besarnya penambahan jumlah tempat tidur pada setiap ruang rinciannya dapat dilihat pada Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2. Perubahan Tempat Tidur Setiap Ruangan

Jenis Instalasi	Nama Ruang	Jumlah Tempat Tidur Eksisting	Jumlah Tempat Tidur Pengembangan	Jumlah Tempat Tidur Masterplan
VVIP	Anggrek	4	10	14
VIP	Anggrek	6	4	10
	Cepaka	8	16	24
Jumlah		18	30	48
Intermediet		-	24	24
Unit IRNA:				
Kelas 1	Wijaya Kusuma	30	-	30
	Mawar	18	22	40
	Bougenvile	24	18	42
	Dahlia	18	26	44
Jumlah		90	64	154
Kelas 2	Wijaya Kusuma	10	20	30
	Mawar	14	10	24
	Flamboyan	10	18	28
	Dahlia	18	22	40
Jumlah		52	70	122
Kelas 3	Flamboyan	28	12	40
	Melati	18	24	42
	Dahlia	20	10	30
	Nusa Indah	24	16	40
Jumlah		90	62	152
TOTAL		250	250	500

Sumber : Perencanaan RSMW, 2010

4.3. Kebutuhan Air Bersih

Dari data berupa perhitungan penambahan tempat tidur dari 250 TT menjadi 500 TT, maka dapat dihitung berapa besarnya kebutuhan air bersih. Untuk mengetahui berapa besarnya debit air limbah total, maka terlebih dahulu harus diketahui kebutuhan air bersih kondisi eksisting dan masterplan yang dibutuhkan setiap harinya. Standar kebutuhan air bersih dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini :

Tabel 4.3. Standar Kebutuhan Air Bersih

Jenis Kebutuhan	Jumlah kebutuhan air bersih (liter/orang/hari)
Kebutuhan pasien rawat jalan	8
Kebutuhan pasien hemodialisa	8
Kebutuhan pasien rawat inap dengan fasilitas laundry	220
Kebutuhan pasien rawat inap untuk makan dan minum	30
Kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	8
Kebutuhan keluarga pasien	160
Kebutuhan kamar jenazah	20
Kebutuhan mushola	3
Kebutuhan tenaga medis	120
Kebutuhan tenaga paramedis perawatan	120
Kebutuhan tenaga paramedis non perawatan	120
Kebutuhan tenaga non medis	120

Sumber : Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing, 1993

Dari standar ini kemudian akan dihitung kebutuhan air bersih RSD “Mardi Waluyo”, namun selain mengetahui standar kebutuhan air bersih setiap orang/hari kita juga harus mengetahui jumlah pengguna air bersih setiap harinya.

4.3.1. Kebutuhan Air Bersih Eksisting

Perincian kebutuhan air bersih pada kondisi eksisting meliputi kebutuhan pasien rawat jalan, pasien rawat inap, keluarga pasien serta karyawan (medis, paramedis perawatan, paramedis non perawatan, dan non medis). Jumlah pengguna air bersih pada kondisi Eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.4 dibawah ini :

Tabel 4.4. Jumlah Pengguna Air Bersih Eksisting

Pengguna Air Bersih	Jumlah (orang)
Pasien rawat jalan	200
Pasien rawat inap	250
Pasien hemodialisa	10
Keluarga pasien	500
Kamar jenazah	3
Mushola	250
Karyawan medis	38
Karyawan paramedis perawatan	162
Karyawan paramedis non perawatan	113
Karyawan non medis	149

Sumber : Ketenagaan RSMW, 2010

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 maka dapat dihitung besarnya total kebutuhan air bersih eksisting RSD “Mardi Waluyo”. Lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini:

Contoh perhitungan

Diketahui:

- Kebutuhan air bersih pasien rawat jalan 8 ltr/org/hr
- Jumlah pasien rawat jalan 200 org

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air limbah untuk pasien rawat jalan} &= 8 \text{ ltr/org/hr} \times 200 \text{ Org/hr} \\ &= 1.600 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan pada pada Tabel 4.5 berikut ini:

Tabel 4.5. Kebutuhan Air Bersih Eksisting

Jenis Kebutuhan	Jumlah (orang)	Jumlah kebutuhan air bersih (ltr/org/hr)	Total Kebutuhan air bersih (ltr/hr)
Kebutuhan pasien rawat jalan	200	8	1.600
Kebutuhan pasien rawat inap untuk laundry	250	220	55.000
Kebutuhan pasien rawat inap untuk makan minum	250	30	7.500
Kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	250	8	2.000
Kebutuhan pasien hemodialisa	10	8	80
Kebutuhan keluarga pasien	500	160	80.000
Kebutuhan kamar jenasah	3	20	60
mushola	250	3	750
Kebutuhan karyawan medis	38	120	4.560
Kebutuhan karyawan paramedis perawatan	162	120	19.440
Kebutuhan karyawan paramedis non perawatan	113	120	13.560
Kebutuhan karyawan non medis	149	120	17.880
Kebutuhan air total	-	-	202.430

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

4.3.2. Kebutuhan Air Bersih Pengembangan

Perincian kebutuhan air bersih pengembangan atau pembangunan tahap III meliputi kebutuhan pasien rawat inap, pasien rawat jalan, keluarga pasien, karyawan (medis, paramedis perawatan, paramedis non perawatan, dan non medis). Jumlah pengguna air bersih kondisi pengembangan dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini :

Tabel 4.6 Jumlah Pengguna Air Bersih Pengembangan

Pengguna Air Bersih	Jumlah (orang)
Pasien rawat jalan	120
Pasien rawat inap	250
Keluarga pasien	500
Karyawan medis	24
Karyawan paramedis perawatan	103
Karyawan paramedis non perawatan	80
Karyawan non medis	71

Sumber : Ketenagaan RSMW, 2010

Dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.6 maka dapat dihitung besarnya total kebutuhan air bersih pengembangan RSD “Mardi Waluyo”. Lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini:

Contoh perhitungan

Diketahui:

- Kebutuhan air bersih pasien rawat jalan 8 ltr/org/hr
- Jumlah pasien rawat jalan 120 org

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Total kebutuhan air limbah untuk pasien rawat jalan} &= 8 \text{ ltr/org/hr} \times 120 \text{ Org/hr} \\ &= 960 \text{ ltr/hr} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan pada pada Tabel 4.7 berikut ini:

Tabel 4.7. Kebutuhan Air Bersih Pengembangan

Jenis Kebutuhan	Jumlah (orang)	Jumlah kebutuhan air bersih (ltr/org/hr)	Total Kebutuhan air bersih (ltr/hr)
Kebutuhan pasien rawat jalan	120	8	960
Kebutuhan pasien rawat inap untuk laundry	250	220	55.000
Kebutuhan pasien rawat inap untuk makan minum	250	30	7.500
Kebutuhan pasien rawat inap untuk kamar mandi	250	8	2.000
Kebutuhan keluarga pasien	500	160	80.000
Kebutuhan karyawan medis	24	120	2.880
Kebutuhan karyawan paramedis perawatan	103	120	12.360
Kebutuhan karyawan paramedis non perawatan	80	120	9.600
Kebutuhan karyawan non medis	71	120	8.520
Kebutuhan air total	-	-	178.820

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

4.3.3. Kebutuhan Air Bersih Total

Dengan menghitung besarnya kebutuhan air bersih pada kondisi eksisting dan kebutuhan air bersih pada kondisi pengembangan maka akan didapat total debit air bersih. Kebutuhan air bersih dihitung untuk masing – masing kondisi agar dapat diketahui secara rinci, sehingga dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut:

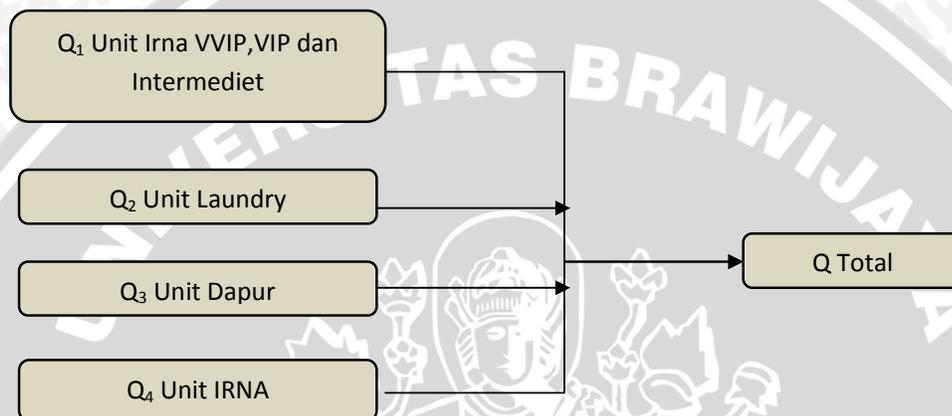
Tabel 4.8. Total Kebutuhan Air Bersih

Kondisi	Total kebutuhan air bersih (ltr/hari)	Total kebutuhan air bersih (m ³ /dtk)	Debit air limbah 80% (m ³ /dtk)
Q _{eksisting}	202.430	0,00234	0,00187
Q _{masterplan}	178.820	0,00207	0,00166
Q _{total}	381.250	0,00441	0,00353

Sumber : Hasil Perhitungan, 2010

4.4. Debit Air Limbah Pengembangan

Dalam menghitung besarnya debit air limbah pengembangan akan dibagi menjadi 4 bagian yaitu, Q_1 , Q_2 , Q_3 , dan Q_4 yang berasal dari masing - masing unit yang berbeda. Air limbah hasil dari setiap unit ruangan dialirkan menggunakan pipa air limbah menuju ke instalasi pengolahan air limbah. Berikut ini Gambar 4.1 yang menjelaskan sumber air limbah yang masuk pipa kemudian menuju instalasi pengolahan air limbah yang telah dibagi menjadi beberapa ruang.



Gambar 4.1. Sumber - sumber Air Limbah Pengembangan

Dari Gambar 4.1 diatas air limbah akan dihitung untuk masing - masing ruangan. Dimana jumlah orang untuk tiap ruangan berbeda - beda. Sesuai data masterplan yang telah ada. Lebih jelasnya dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini:

Contoh perhitungan

Diketahui:

- Kebutuhan air bersih pasien rawat inap untuk kamar mandi 8 ltr/org/hr
- Untuk Q_1 jumlah pasien rawat inap 54 org

Maka,

- Total kebutuhan air bersih
pasien rawat jalan $= 8 \text{ ltr/org/hr} \times 54 \text{ Org/hr}$
 $= 423 \text{ ltr/hr}$

- Debit Air Limbah rata – rata ($Q_{\text{rata-rata}}$) = $Q_{\text{air bersih}} \times 80\%$
= $423 \text{ ltr/hr} \times 80\%$
= $0,00016 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Debit Air Limbah puncak = $Q_{\text{rata-rata}} \times 1,2$ (faktor puncak)
= $0,00016 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2$ (faktor puncak)
= $0,00019 \text{ m}^3/\text{dtk}$

Untuk perhitungan selanjutnya akan ditabelkan pada pada Tabel 4.9 berikut ini:

Tabel 4.9. Debit Air Limbah Pengembangan

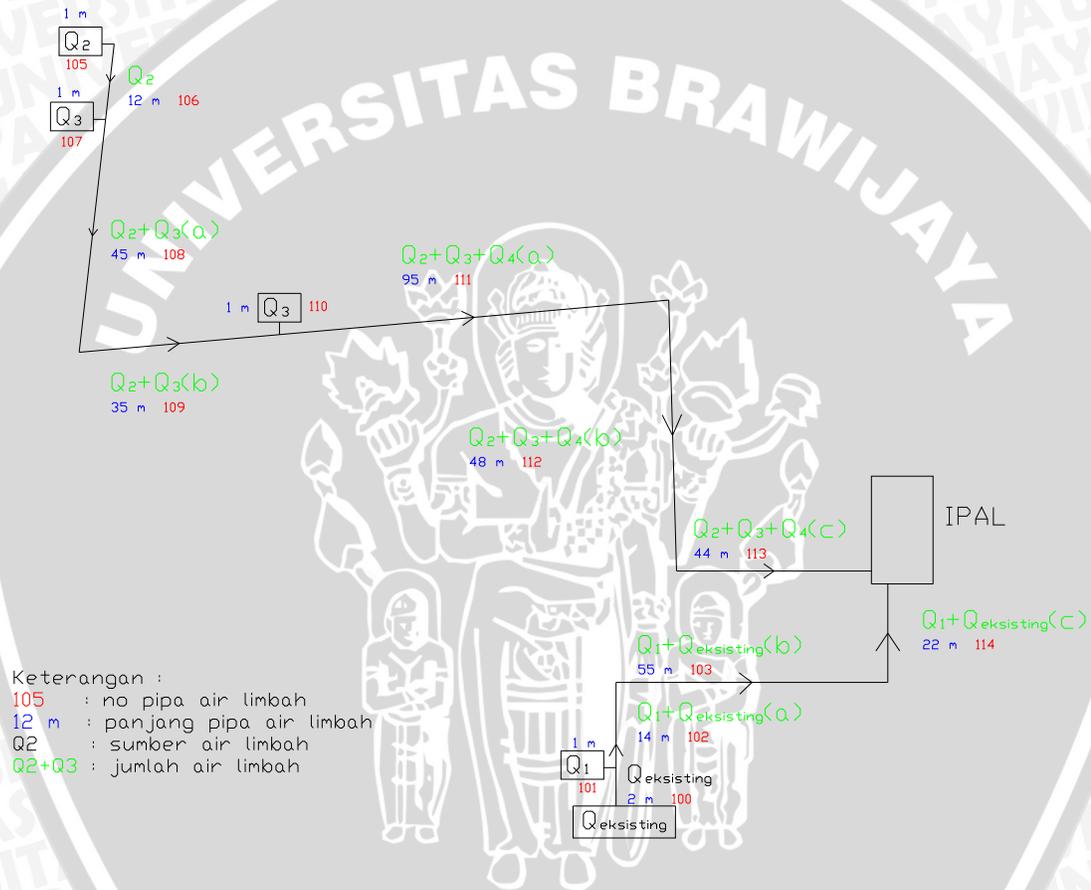
Sumber		Jumlah (orang)	Jumlah kebutuhan air bersih (ltr/org/hr)	Kebutuhan air bersih (ltr/hr)	Debit air limbah rata - rata (m^3/dtk)	Debit air limbah puncak (m^3/dtk)
Q ₁	IRNA VVIP, VIP, Intermediet :					
	*keluarga pasien	108	160	17.280	0,00016	0,00019
	*pasien rawat inap (KM)	54	8	432	0,000004	0,000005
Q₁		-	-	17.712	0,00016	0,00020
Q ₂	Dapur	250	30	7.500	0,00007	0,00008
Q ₃	Laundry	250	220	55.000	0,00051	0,00061
Q ₄	Unit IRNA:					
	*pasien rawat inap (KM)	196	8	1.568	0,00001	0,00002
	*keluarga pasien	392	160	62.720	0,00058	0,00070
	*pasien rawat jalan	120	8	960	0,00001	0,00001
	*karyawan RS	278	120	33.360	0,00031	0,00037
Q₄		-	-	98.608	0,00091	0,00110
Jumlah	Q_{total}	-	-	178.820	0,00166	0,00199

Sumber: Hasil perhitungan, 2010

4.5. Perencanaan Jaringan Pipa Air Limbah

4.5.1. Penjelasan Sistem Jaringan Pipa Air Limbah Masterplan

Untuk mengalirkan air limbah direncanakan menggunakan pipa. Air limbah dari tiap unit sumber air limbah dimana akan ditampung sementara di bak kontrol, kemudian dari bak kontrol air limbah tersebut masuk pipa yang menuju IPAL. Berikut Gambar 4.2 yaitu Arah Aliran Air Limbah.



Gambar 4.2. Gambar Arah Aliran Air Limbah

Pada gambar 4.2 di atas menjelaskan arah aliran air limbah dari masing-masing unit yang masuk pipa air limbah yang kemudian menuju instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Adapun debit air limbah yang dihasilkan dari tiap unit berbeda – beda, tergantung dari besarnya kebutuhan air tiap aktifitas serta jumlah pengguna yang meliputi pasien, karyawan maupun keluarga pasien.

4.5.2. Perencanaan Pipa Air Limbah Masterplan

Dari gambar diatas kemudian direncanakan pipa air limbah RSD “Mardi Waluyo” pada kondisi masterplan. Untuk menghitung kemiringan saluran data didapat dari elevasi beda tinggi. Contoh gambar ditunjukkan pada **lampiran 7**. Pada perhitungan dimensi pipa menggunakan rumus Manning, dengan data – data sebagai berikut:

Tabel 4.10. Data Perencanaan Pipa Air Limbah Masterplan

Sumber	No pipa	Debit Air Limbah puncak (m^3/dtk)	Jarak (L) (m)	Δh	Kemiringan Sal. ($\Delta h/L$)
Qeksisting	100	0,00225	2	0,40	0,200
Q ₁	101	0,00020	1	0,10	0,100
Qeksisting+Q _{1(a)}	102	0,00245	14	0,70	0,050
Qeksisting+Q _{1(b)}	103	0,00245	55	0,40	0,007
Qeksisting+Q _{1(c)}	104	0,00245	22	0,50	0,023
Q _{2(a)}	105	0,00008	1	0,10	0,100
Q _{2(b)}	106	0,00008	12	0,30	0,025
Q ₃	107	0,00061	1	0,20	0,200
Q ₂ +Q _{3(a)}	108	0,00069	45	0,30	0,007
Q ₂ +Q _{3(b)}	109	0,00069	35	0,25	0,007
Q ₄	110	0,00110	1	0,25	0,250
Q ₂ +Q ₃ +Q _{4(a)}	111	0,00179	95	0,60	0,006
Q ₂ +Q ₃ +Q _{4(b)}	112	0,00179	48	0,20	0,004
Q ₂ +Q ₃ +Q _{4(c)}	113	0,00179	44	0,30	0,007

Sumber : Perencanaan RSMW,2010

Diketahui nilai koefisien Manning (n) dimana nilai n adalah 0,013 karena pengolahan air merupakan pipa pembuangan air limbah.

4.5.3. Perhitungan Pipa Air Limbah Masterplan

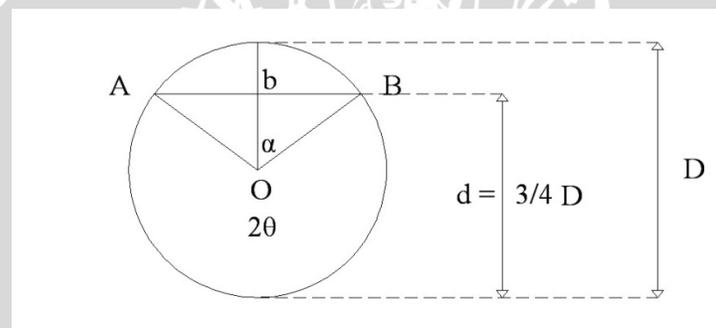
Untuk menghitung besarnya diameter pipa rencana, dengan menggunakan rumus kontinuitas maka didapat :

$$\triangleright Q = A \cdot v$$

$$\triangleright V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$\triangleright R = \frac{A}{P}$$

Sebelum dilakukan perhitungan mencari nilai (v), diperlukan perhitungan mencari nilai luas penampang saluran (A) terlebih dahulu, untuk menentukan besarnya luas, keliling basah dan lebar pada dimensi lingkaran dimana dalam pipa hanya dipenuhi air limbah sebanyak 75% atau $\frac{3}{4} D$, maka dilakukan perhitungan hidrolika untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.3. Penampang Pipa Air Limbah

Dari Gambar 4.3. diatas untuk mencari nilai A adalah sebagai berikut :

$$\cos \alpha = \frac{Ob}{BO} = \frac{r - \left(\frac{4}{4}D - \frac{3}{4}D\right)}{r}$$

$$= \frac{Ob}{BO} = \frac{r - \frac{1}{4}D}{r}$$

$$= \frac{Ob}{BO} = \frac{r - \left(\frac{1}{4} \times 2r\right)}{r}$$

$$= \frac{Ob}{BO} = \frac{r - \frac{2}{4}r}{r}$$

$$= \frac{Ob}{BO} = \frac{r(1 - \frac{1}{2})}{r}$$

$$= \frac{1}{2}$$

$$= 0,5$$

$$\alpha = 60^{\circ}$$

$$\begin{aligned} \text{Dan didapat } \theta &= 180^{\circ} - 60^{\circ} = 120^{\circ} \\ &= 120^{\circ} \times (\pi / 180) \\ &= 2,094 \text{ rad} \end{aligned}$$

$$A = r^2 \left[\theta - \frac{\sin 2\theta}{2} \right]$$

$$= r^2 \left[2,094 - \frac{\sin(2 \times 120)}{2} \right]$$

$$= r^2 \left[2,094 - \frac{\sin 240}{2} \right]$$

$$= r^2 \left[2,094 + \frac{0,866}{2} \right]$$

$$= r^2 (2,094 + 0,433)$$

$$= r^2 (2,527)$$

$$A = 2,527 r^2$$

$$\begin{aligned} P \text{ (keliling basah)} &= 2 \times r \times \theta = 2 \times r \times 2,094 \\ &= 4,188 r \end{aligned}$$

Kemudian menghitung besarnya nilai R :

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{2,527r^2}{4,188r}$$

$$R = 0,603 r$$

Diambil contoh berdasarkan data Tabel 4.10, Q_4 dari unit IRNA kemudian dilakukan perencanaan dimensi diameter pipa dimana pipa hanya dipenuhi air limbah sebanyak 75% atau $3/4 D$, dengan perhitungannya sebagai berikut :

Contoh perhitungan

Diketahui:

- $Q_{puncak} = 0,00110 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Kemiringan saluran = 0,250
- $A = 2,527 \text{ r}^2$
- $R = 0,603 \text{ r}$

Maka,

• $Q = A \cdot v$

• $Q_4 = \left[A \times \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right]$

$$0,00110 = (2,527 \text{ r}^2) \times (1/0,013) \times (0,603 \text{ r})^{2/3} \times (0,250)^{1/2}$$

$$0,00110 = (2,527 \text{ r}^2) \times (76,923) \times (0,603 \text{ r})^{2/3} \times (0,250)^{1/2}$$

$$0,00110 = 11,607945 \text{ r}^{8/3}$$

$r = 0,0143 \text{ m}$

$D = 0,0286 \text{ m}$

Jadi diameter pipa hasil perhitungan untuk Q_4 adalah 0,0286 m. Sedangkan ukuran \varnothing pipa 0,00286 ($D_{rencana}$) tidak ada dipasaran. Sehingga digunakan \varnothing pipa yang mendekati hasil perhitungan yaitu 0,05 m. Selain itu dalam menghitung diameter pipa perlu diperhatikan kontrol v. Untuk perhitungan diameter pipa yang lain dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Maka dapat dihitung kontrol nilai kecepatan (v) sebagai berikut :

$Q = v \cdot A$ (1)

$Q = v \cdot \left[\frac{1}{4} \pi D^2 \right]$ (2)

$v = \left[\frac{Q}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_{rencana}^2} \right]$ (3)

$$v = \left(\frac{0,00110}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,05^2} \right)$$

$v = 2,233 \text{ m}^3/\text{dtk}$Oke!

Untuk Q_4 didapat nilai kecepatan $2,233 \text{ m}^3/\text{dtk}$. Nilai tersebut masih memenuhi standar yang diijinkan yaitu antara $0,3 - 3 \text{ m}^3/\text{dtk}$.

Karena debit air limbah yang dihasilkan pada Q_1 dan Q_2 kecil maka untuk menghitung kontrol v khusus pada Q_1 , dan Q_2 yaitu dengan cara mengatur kemiringan saluran agar kontrol v memenuhi standar. Perhitungan kontrol v yaitu dengan menggunakan rumus:

$$v = \left(\frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \right) \dots\dots\dots(4)$$

$$v = \left(\frac{1}{0,013} \times 0,0045^{\frac{2}{3}} \times 0,1^{\frac{1}{2}} \right)$$

$v = 2,356 \text{ m}^3/\text{dtk}$ Oke!

Untuk $Q_{eksisting}$ diameter pipa air limbah telah diketahui, sehingga harus dievaluasi. Sedangkan untuk pipa air limbah pada kondisi masterplan masuk dalam perencanaan. Dalam merencanakan pipa perlu diperhitungkan nilai v . Untuk kontrol nilai v dari debit air limbah masing – masing unit dapat dilihat pada Tabel 4.11.



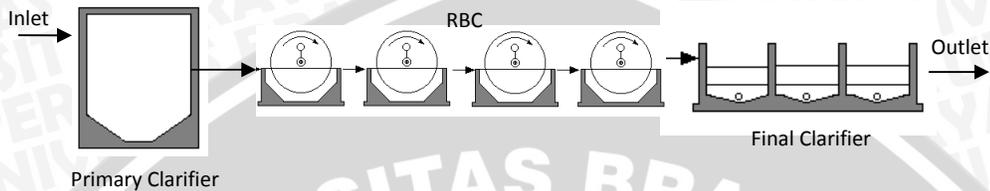
Tabel 4.11. Perencanaan Dimensi Pipa Air Limbah Masterplan

Sumber	Qrata-rata (m ³ /dt)	Qpuncak (1,2 Qrata-rata)	Kemiringan Sal.	r (m)	1/n	A (m ²)		P (m)		R (m)		Drenc (m)	Dreal (m)	Kontrol v (m/dt)	Ket.
Qeksisting	0,00187	0,00225	0,200	0,0187	1/0,013	2,527r ²	0,00088	4,188r	0,0783	0,603r	0,0113	0,05	0,0374	1,146	oke
Q ₁	0,00016	0,00020	0,100	0,0075	1/0,013	2,527r ²	0,00014	4,188r	0,0314	0,603r	0,0045	0,05	0,0150	2,356	oke
Qeksisting + Q ₁ (a)	0,00203	0,00245	0,050	0,0193	1/0,013	2,527r ²	0,00094	4,188r	0,0808	0,603r	0,0116	0,05	0,0386	1,248	oke
Qeksisting + Q ₁ (b)	0,00203	0,00245	0,007	0,0193	1/0,013	2,527r ²	0,00094	4,188r	0,0808	0,603r	0,0116	0,05	0,0386	1,248	oke
Qeksisting + Q ₁ (c)	0,00203	0,00245	0,023	0,0193	1/0,013	2,527r ²	0,00094	4,188r	0,0808	0,603r	0,0116	0,05	0,0386	1,248	oke
Q ₂ (a)	0,00007	0,00008	0,100	0,0054	1/0,013	2,527r ²	0,00007	4,188r	0,0226	0,603r	0,0033	0,05	0,0108	2,356	oke
Q ₂ (b)	0,00007	0,00008	0,025	0,0054	1/0,013	2,527r ²	0,00007	4,188r	0,0226	0,603r	0,0033	0,05	0,0108	1,178	oke
Q ₃	0,00051	0,00061	0,200	0,0115	1/0,013	2,527r ²	0,00033	4,188r	0,0482	0,603r	0,0069	0,05	0,0230	0,311	oke
Q ₂ +Q ₃ (a)	0,00058	0,00069	0,007	0,0120	1/0,013	2,527r ²	0,00036	4,188r	0,0503	0,603r	0,0072	0,05	0,0240	0,352	oke
Q ₂ +Q ₃ (b)	0,00058	0,00069	0,007	0,0120	1/0,013	2,527r ²	0,00036	4,188r	0,0503	0,603r	0,0072	0,05	0,0240	0,352	oke
Q ₄	0,00091	0,00110	0,250	0,0143	1/0,013	2,527r ²	0,00052	4,188r	0,0599	0,603r	0,0086	0,05	0,0286	0,561	oke
Q ₂ +Q ₃ +Q ₄ (a)	0,00149	0,00179	0,006	0,0172	1/0,013	2,527r ²	0,00075	4,188r	0,0720	0,603r	0,0104	0,05	0,0344	0,912	oke
Q ₂ +Q ₃ +Q ₄ (b)	0,00149	0,00179	0,004	0,0172	1/0,013	2,527r ²	0,00075	4,188r	0,0720	0,603r	0,0104	0,05	0,0344	0,912	oke
Q ₂ +Q ₃ +Q ₄ (c)	0,00149	0,00179	0,007	0,0172	1/0,013	2,527r ²	0,00075	4,188r	0,0720	0,603r	0,0104	0,05	0,0344	0,912	oke

Nilai kecepatan yang diijinkan yaitu diantara 0,3 – 3 m/det , v_{min} 0,3 m/det untuk mencegah endapan dan jika nilai v > 3 m/det maka pipa akan cepat aus. Untuk mengetahui apakah diameter yang direncanakan memenuhi standar, maka perlu dilakukan perhitungan kontrol v. Dari nilai v yang di dapat maka diketahui apakah nilai v tersebut memenuhi batas standar yang ditetapkan.

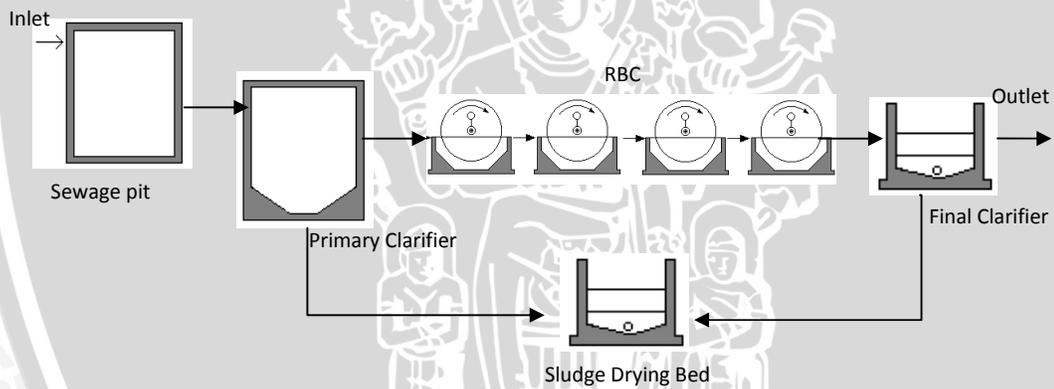
4.6. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Pada instalasi pengolahan air limbah eksisting dibagi menjadi beberapa proses pengolahan. Pada tiap unit memiliki fungsi yang berbeda – beda untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4. Gambar Instalasi Pengolahan Air Limbah Eksisting

Gambar IPAL untuk perencanaan masterplan, yaitu dengan penambahan sewage pit, dimensi ulang final clarifier serta penambahan sludge tank, dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut ini:



Gambar 4.4. Gambar Instalasi Pengolahan Air Limbah Masterplan

4.6.1. Sewage Pit

Sewage Pit berfungsi untuk menampung air limbah sementara dari seluruh kegiatan rumah sakit sebelum dilakukan ke pengolahan lebih lanjut. Berfungsi juga untuk menjaga kestabilan aliran air limbah pada saat pengaliran air limbah ke dalam proses pengolahan serta menghomogenkan air limbah dari berbagai macam masukan air limbah yang berbeda-beda. Pada sewage pit dilengkapi screen dan pompa untuk mengalirkan air limbah ke unit pengolahan selanjutnya.

4.6.1.1. Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo” tidak memiliki sewage pit, namun menggunakan bak kontrol untuk tiap sumber air limbah. Hal ini bertujuan agar perawatannya lebih efisien, namun dengan hanya tersedianya bak kontrol hal ini juga menimbulkan kerugian. Adapun kerugian yang ditimbulkan, karena air limbah dari masing – masing sumber tersebut masuk ke dalam bak kontrol kemudian langsung masuk primary clarifier, sehingga pada primary clarifier proses pengolahan air limbah tidak dapat dilakukan dengan maksimal, karena aliran belum laminar dan tidak homogen.

4.6.1.2. Kondisi Masterplan

Pada kondisi masterplan direncanakan untuk penambahan sewage pit, adapun dimensi sewage pit yang direncanakan sebagai berikut :

Dimensi Bak :

- B = 2 m
- L = 2 m
- H = 2,5 m
- V = B x L x H
= 2 x 2 x 2,5
= 10 m³

Untuk mengevaluasi bagaimana kinerja sewage pit maka diperlukan perhitungan waktu tinggal atau *time detention* hal ini dikarenakan waktu tinggal yang ada sangat menentukan kapasitas sewage pit dalam menampung air limbah. Untuk menghitung waktu tinggal yaitu sebagai berikut :

$$T_{\text{eksisting}} = \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}}$$

Data kondisi masterplan :

- $Q_{\text{total air limbah masterplan}} = ((Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian masterplan}})$
= ((0,00187 m³/dtk x 1,2) + (0,00166 m³/dtk x 1,2))
= ((0,00225 m³/dtk + 0,00199 m³/dtk)
= 0,00424 m³/dtk

- Waktu tinggal (t) kriteria HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) untuk Sewage Pit : ≥ 30 menit.

Jadi waktu tinggal (t) kondisi masterplan :

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= V / Q_{\text{masterplan}} \\ &= 10 \text{ m}^3 / 0,00424 \text{ m}^3/\text{det} \\ &= 2358,491 \text{ detik} \\ &= 39,308 \text{ menit} \end{aligned}$$

Waktu tinggal masterplan dianggap sudah ideal yaitu 39,308 menit karena sesuai dengan standart kriteria desain.

$$T_{\text{masterplan}} \geq t_{\text{kriteria desain}}$$

39,308 menit \geq 30 menit, Jadi memenuhi syarat

Tabel 4.12. Dimensi Sewage Pit

Kondisi	Debit Air Limbah (m ³ /dtk)	Dimensi Sewage Pit (B,L,H)	Waktu Tinggal (menit)	Waktu Tinggal (jam)	Kriteria Desain (jam)
eksisting	0,00225	-	-	-	0,5 jam
masterplan	0,00424	2 m x 2 m x 2,5 m	39,308	0,6551	0,5 jam

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

4.6.2. Primary Clarifier

Primary Clarifier ini merupakan tempat terjadi pemisahan padatan, pengendapan awal dan flotasi. Berfungsi untuk mengendapkan partikel diskrit yang mempunyai berat jenis sedikit lebih besar dari pada lumpur, sebagian besar padatan akan mengendap ke dasar bak primary clarifier dan ada juga sebagian yang mengapung berupa skim. Pengendapan bertujuan untuk mendapatkan hasil endapan yang optimal melalui pengaturan besar kecilnya dimensi bak. Air limbah akan meninggalkan primary clarifier setelah mengendapkan partikel kandungannya.

4.6.2.1. Evaluasi Primary Clarifier untuk Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting primary clarifier juga berfungsi sebagai sewage pit. Primary clarifier ini berbentuk persegi dengan ukuran penampang sebagai berikut :

- B = 3,5 m
- L = 4 m
- H = 3,5 m

➤ Sehingga :

$$\begin{aligned} V &= B \times L \times H \\ &= 3,5 \times 4 \times 3,5 \\ &= 49 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Data - data penunjang yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi Primary Clarifier sebagai berikut :

- $Q_{\text{puncak harian eksisting}} = Q_{\text{air limbah rata-rata}} \times 1,2$ (faktor puncak)

$$= 0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2$$

$$= 0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk}$$
- Untuk tinggi jagaan diasumsikan sebesar 0,20 m karena nilai debit air limbah eksisting yaitu $0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk}$ yang artinya kurang dari $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Standart yang telah ditetapkan dalam mengambil asumsi tinggi jagaan untuk kondisi debit air limbah diatas adalah 0,20 m (KP-03 mengenai Kriteria Perencanaan Bagian Saluran, 1986 : 43).
- Sehingga didapat nilai H (tinggi bak) :
- $H = h + y$

$$= 3,3 + (0,20)$$

$$= 3,5 \text{ m}$$
- Diameter butiran (diketahui) : $0,067 \text{ mm} = 0,000067 \text{ m}$
- Berat jenis butiran (diketahui) : $2,54 \text{ g/ml}$
- Kekentalan kinematik air pada suhu $30 \text{ }^\circ\text{C}$, $\nu : 8,06 \times 10^{-7}$
- Faktor gesekan Darcy-Weisbach : $0,025$
- Berdasarkan HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) waktu tinggal (t) yang ideal untuk primary clarifier yaitu $\geq 2\text{-}4$ jam.

Jadi waktu tinggal (t) pada saat kondisi eksisting:

$$T_{\text{eksisting}} = \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}}$$

$$= \frac{49}{0,00225}$$

$$= 21.777,778 \text{ dtk}$$

$$= 6,049 \text{ jam}$$

Waktu tinggal pada kondisi eksisting dianggap belum ideal karena melebihi dari waktu yang diisyaratkan yaitu 6,049 jam. Namun dengan mempertimbangkan adanya penambahan debit air limbah pada kondisi masterplan maka diperkirakan tidak perlu dilakukan desain ulang.

$$T_{\text{eksisting}} \geq t_{\text{kriteria desain}}$$

$$6,049 \text{ jam} \geq 2 - 4 \text{ jam (tidak memenuhi syarat)}$$

4.6.2.2. Evaluasi Kapasitas Primary Clarifier

a. Besarnya kecepatan rata-rata mengendap partikel kearah bawah adalah :

$$v_s = \frac{ps - pt}{18\nu} \cdot g \cdot D^2$$

$$v_s = \frac{2,54 - 1}{18(8,06 \times 10^{-7})} \cdot 9,81 \cdot 0,000067^2$$

$$v_s = 0,00467 \text{ m/det}$$

b. Kecepatan maksimum yang diijinkan

$$v_m = v_s \left(\frac{8}{f} \right)^{0,5}$$

$$v_m = 0,00467 \left(\frac{8}{0,025} \right)^{0,5}$$

$$v_m = 0,08353$$

- c. Besarnya kecepatan aliran horisontal

$$v_d = \frac{Q}{BH}$$

$$v_d = \frac{0,00225}{3,5 \times 3,5}$$

$$v_d = 0,000184 \text{ m/det (} v_d < v_s < v_m \text{)}$$

- Kontrol :

Agar partikel mendapat kesempatan mengendap pada daerah pengendapan maka harus memenuhi syarat :

$$B.L > \frac{Q}{v_s}$$

$$3,5 \times 4 > \frac{0,00225}{0,00467}$$

$$14 > 0,48179 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4.6.2.3. Analisa Kondisi Aliran

Untuk memenuhi syarat aman terhadap bahaya resuspensi pada dasar bak short circuiting (kecepatan horisontal yang tidak tetap, yang berarti seluruh partikel memiliki waktu tendensi yang tidak sama) maka dimensi bangunan harus memenuhi syarat bilangan reynold (Re) < 2000 dan bilangan Froude < 1.

- a. Besarnya bilangan Froude :

$$Fr = \frac{v}{(gh)^{0,5}}$$

$$v = \frac{Q}{BH} = \frac{0,00225}{3,5 \times 3,5} = 0,000184 \text{ m/det}$$

$$Fr = \frac{0,000184}{(9,81 \times 3,3)^{0,5}}$$

$$Fr = 0,0000323 < 1 \text{ (aliran sub kritis)}$$

- b. Perhitungan bilangan Reynold (Re)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2}{\pi + D}$$

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

$$14 = 0,785 \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{17,83439} = 4,223$$

$$r = 2,1115$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{3,0909}{4}$$

$$R = 1,05575$$

➤ Sehingga:

$$Re = \frac{vR}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,000184 \times 1,05575}{8,06 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 241,01488$$

Karena $Re < 2000$ maka kondisi aliran adalah laminar, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan.

4.6.2.4. Evaluasi Primary Clarifier untuk Kondisi Masterplan

$$\begin{aligned} - Q_{\text{puncak harian masterplan}} &= ((Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian pengembangan}}) \\ &= ((0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2) + (0,00166 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2)) \\ &= ((0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,00199 \text{ m}^3/\text{dtk}) \\ &= 0,00424 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Volume bak eksisting} &= 3,5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3,5 \text{ m} \\ &= 49 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Jadi waktu tinggal (t) masterplan :

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}} \\ &= \frac{49}{0,00424} \\ &= 11556,604 \text{ dtk} \\ &= 3,210 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal pada kondisi masterplan dianggap sudah ideal yaitu 3,210 jam karena memenuhi kriteria yang diisyaratkan.

$$T_{\text{masterplan}} > t_{\text{kriteria desain}}$$

$$3,210 \text{ jam} \geq 2 - 4 \text{ jam (memenuhi syarat)}$$

4.6.2.5. Evaluasi Kapasitas Primary Clarifier Kondisi Masterplan

- a. Besarnya kecepatan rata-rata mengendap partikel kearah bawah adalah :

$$v_s = \frac{ps - p_t}{18v} \cdot g \cdot D^2$$

$$v_s = \frac{2,54 - 1}{18(8,06 \times 10^{-7})} \cdot 9,81 \cdot 0,000067^2$$

$$v_s = 0,00467 \text{ m/det}$$

- b. Kecepatan maksimum yang diijinkan

$$v_m = v_s \left(\frac{8}{f} \right)^{0.5}$$

$$v_m = 0,00467 \left(\frac{8}{0,025} \right)^{0.5}$$

$$v_m = 0,08353$$

- c. Besarnya kecepatan aliran horisontal

$$v_d = \frac{Q}{BH}$$

$$v_d = \frac{0,00424}{3,5 \times 3,5}$$

$$v_d = 0,000346 \text{ m/det} \quad (v_d < v_s < v_m)$$

- Kontrol :

Agar partikel mendapat kesempatan mengendap pada daerah pengendapan maka harus memenuhi syarat :

$$B.L > \frac{Q}{v_s}$$

$$3,5 \times 4 > \frac{0,00424}{0,00467}$$

$$14 > 0,9079 \text{ (memenuhi syarat)}$$

4.6.2.6. Analisa Kondisi Aliran

Untuk memenuhi persyaratan aman terhadap bahaya resuspensi pada dasar bak short circuiting (kecepatan horisontal yang tidak tetap, yang berarti seluruh partikel memiliki waktu tendensi yang tidak sama) maka dimensi bangunan harus memenuhi syarat bilangan Reynold (Re) < 2000 dan bilangan Froude < 1.

a. Besarnya bilangan Froude :

$$Fr = \frac{v}{(gh)^{0.5}}$$

$$v = \frac{Q}{BH} = \frac{0,00424}{3,5 \times 3,5} = 0,000346 \text{ m/det}$$

$$Fr = \frac{0,000346}{(9,81 \cdot 3,3)^{0.5}}$$

$$Fr = 0,0000608 < 1 \text{ (aliran sub kritis)}$$

b. Perhitungan bilangan Reynold (Re)

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2}{\pi + D}$$

$$B.L = \frac{1/4 \cdot \pi \cdot D^2}{\pi + D}$$

$$14 = 0,785 \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{17,8343} = 4,22067$$

$$r = 2,11153$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{4,22067}{4}$$

$$R = 1,05516$$

➤ Sehingga:

$$Re = \frac{vR}{\nu}$$

$$Re = \frac{0,000346 \times 1,05516}{8,06 \times 10^{-7}}$$

$$Re = 453,119$$

Karena $Re < 2000$ maka kondisi aliran adalah laminer, sehingga memungkinkan terjadinya pengendapan.

Tabel 4.13. Dimensi Primary Clarifier

Kondisi	Debit Air Limbah (m ³ /dtk)	Dimensi Sewage Pit (B,L,H)	Waktu Tinggal (jam)	Kriteria Desain (jam)
eksisting	0,00225	3,5 m x 4 m x 3,5 m	6,049	2 - 4 jam
masterplan	0,00424	3,5 m x 4 m x 3,65 m	3,21	2 - 4 jam

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

4.6.3. Rotating Biological Contactor (RBC)

Didalam bak rotating biological contactor ini, media berupa piringan (disk) tipis dari bahan polimer atau plastik dengan jumlah banyak yang direkatkan atau dirakit pada suatu poros kemudian diputar dengan perlahan dalam keadaan tercelup sebagian ke dalam air limbah.

4.6.3.1. Evaluasi RBC untuk Kondisi Unit Eksisting

Pada kondisi eksisting RBC berbentuk persegi panjang yang menggunakan 4 piringan (disk) berbentuk bulat yang dipasang seri untuk mendapatkan proses nitrifikasi yang sempurna yang disusun dalam suatu poros yang terbuat dari baja dengan ukuran penampang sebagai berikut :

➤ Dimensi bak RBC dihitung untuk masing – masing bak:

- B = 4 m
- L = (7,5:4) = 1,875 m
- H = 4 m

➤ Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= B \times L \times H \\ &= 4 \times 1,875 \times 4 \\ &= 30 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Data - data penunjang yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi RBC sebagai berikut :

- Berdasarkan HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) waktu tinggal (t) yang ideal untuk RBC yaitu $\geq 1,5 - 4$ jam.
- $Q_{\text{puncak harian eksisting}} = Q_{\text{air limbah rata - rata}} \times 1,2$ (faktor puncak)

$$= 0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2$$

$$= 0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Volume tampungan RBC = 250 m³/hari
- Berdasarkan HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) waktu tinggal (t) yang ideal untuk RBC yaitu $\geq 1,5 - 4$ jam.

Jadi waktu tinggal (t) pada saat kondisi eksisting:

$$\begin{aligned} T_{\text{eksisting}} &= \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}} \\ &= \frac{30}{0,00225} \\ &= 13333,3333 \text{ dtk} \\ &= 3,704 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal pada kondisi eksisting dianggap memenuhi yaitu 3,704 jam melebihi dari waktu yang diisyaratkan.

$$T_{\text{eksisting}} \geq t_{\text{kriteria desain}}$$

$$3,704 \text{ jam} \geq 1,5 - 4 \text{ jam (memenuhi syarat)}$$

4.6.3.2. Evaluasi RBC untuk Kondisi Masterplan

$$\begin{aligned} - Q_{\text{puncak harian masterplan}} &= ((Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian pengembangan}}) \\ &= ((0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2) + (0,00166 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2)) \\ &= ((0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,00199 \text{ m}^3/\text{dtk}) \\ &= 0,00424 \text{ m}^3/\text{dtk} \end{aligned}$$

$$- \text{Volume bak RBC} = 30 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Jadi waktu tinggal (t) masterplan :

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}} \\ &= \frac{30}{0,00424} \\ &= 7075,472 \text{ dtk} \\ &= 1,965 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal pada kondisi masterplan dianggap sudah memenuhi yaitu 1,965 jam melebihi dari waktu yang diisyaratkan.

$$T_{\text{masterplan}} > t_{\text{kriteria desain}}$$

$$1,965 \text{ jam} \geq 1,5 - 4 \text{ jam (memenuhi syarat)}$$

Tabel 4.14. Dimensi RBC

Kondisi	Debit Air Limbah (m ³ /dtk)	Dimensi RBC (B,L,H)	Waktu Tinggal (jam)	Kriteria Desain (jam)
eksisting	0,00225	4 m x 1,875 m x 4 m	3,704	1,5 - 4 jam
masterplan	0,00424	4 m x 1,875 m x 4 m	1,965	1,5 - 4 jam

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

4.6.4. Final Clarifier

Final Clarifier merupakan bak pengendapan terakhir untuk menurunkan padatan yang masih terikat dalam aliran juga berfungsi sebagai effluent tank, yaitu bak tampungan sementara sebelum air limbah dibuang ke badan air (sungai). Sebelum masuk final clarifier pada air limbah dibubuhkan desinfektan, tujuannya agar effluent dari sistem pengolahan air limbah rumah sakit ini terbebas dari efek infeksiosa atau gangguan kesehatan lainnya akibat adanya kualitas air limbah terolah yang masih mengandung bakteri yang cukup besar.

4.6.4.1. Evaluasi Final Clarifier untuk Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting final clarifier dibagi menjadi 3 kolam yang berbentuk persegi dengan 1 ukuran tiap penampangnya sebagai berikut :

- B = 1,5 m
- L = 2,3 m
- H = 1,5 m

➤ Sehingga :

$$\begin{aligned} V &= B \times L \times H \\ &= (1,5 \times 2,3 \times 1,5) \\ &= 5,175 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Data - data penunjang yang dibutuhkan untuk menghitung efisiensi final clarifier sebagai berikut :

- $Q_{\text{puncak harian eksisting}} = Q_{\text{air limbah rata-rata}} \times 1,2$ (faktor puncak)

$$= 0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2$$

$$= 0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk}$$
- Untuk tinggi jagaan diasumsikan sebesar 0,20 m karena nilai dari debit air limbah untuk kondisi eksisting yaitu sebesar $0,00225 \text{ m}^3/\text{detik}$ yang artinya kurang dari $0,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Standart yang telah ditetapkan dalam mengambil asumsi tinggi jagaan bahwa untuk kondisi debit air limbah diatas adalah 0,20 m (KP-03 mengenai Kriteria Perencanaan Bagian Saluran, 1986 : 43).
- Sehingga didapat nilai H (tinggi bak) :
- $H = h + y$

$$= 1,3 + (0,20)$$

$$= 1,5 \text{ m}$$
- Berdasarkan HWWTP (Hospital Waste Water Treatment Plant Project) waktu tinggal (t) yang ideal untuk final clarifier yaitu $\geq 2-4$ jam.

Jadi waktu tinggal (t) pada saat kondisi eksisting:

$$T_{\text{eksisting}} = \frac{V}{Q_{\text{eksisting}}}$$

$$= \frac{5,175}{0,00225}$$

$$= 2300 \text{ dtk}$$

$$= 0,63889 \text{ jam}$$

Waktu tinggal pada kondisi eksisting dianggap belum memenuhi yaitu 0,63889 jam kurang dari waktu yang diisyaratkan.

$$T_{\text{eksisting}} \geq t_{\text{kriteria desain}}$$

$$0,63889 \text{ jam} \geq 2 - 4 \text{ jam (tidak memenuhi syarat)}$$

4.6.4.2. Evaluasi Final Clarifier untuk Kondisi Masterplan

$$\begin{aligned}
 - Q_{\text{puncak harian masterplan}} &= ((Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian pengembangan}}) \\
 &= ((0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2) + (0,00166 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2)) \\
 &= ((0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,00199 \text{ m}^3/\text{dtk}) \\
 &= 0,00424 \text{ m}^3/\text{dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{Volume bak eksisting} &= (1,5 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}) \\
 &= 5,175 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Jadi waktu tinggal (t) masterplan :

$$\begin{aligned}
 T_{\text{masterplan}} &= \frac{V}{Q_{\text{masterplan}}} \\
 &= \frac{5,175}{0,00424} \\
 &= 1220,5188 \text{ dtk} \\
 &= 0,339 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Waktu tinggal pada kondisi masterplan dianggap belum ideal karena kurang dari waktu yang diisyaratkan yaitu 0,339 jam.

$$T_{\text{masterplan}} > t_{\text{kriteria desain}}$$

$$0,339 \text{ jam} \geq 2 - 4 \text{ jam (tidak memenuhi syarat)}$$

Karena tidak memenuhi standar maka perlu dilakukan desain ulang untuk mendapatkan waktu tinggal yang memenuhi kriteria yang diisyaratkan. Pada kondisi eksisting final clarifier dibagi menjadi 3 bak, untuk kondisi masterplan direncanakan dengan 1 bak final clarifier agar lebih efisien. Perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{puncak harian masterplan}} &= ((Q_{\text{air limbah puncak harian eksisting}} + Q_{\text{air limbah puncak harian pengembangan}}) \\
 &= ((0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2) + (0,00166 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 1,2)) \\
 &= ((0,00225 \text{ m}^3/\text{dtk} + 0,00199 \text{ m}^3/\text{dtk}) \\
 &= 0,00424 \text{ m}^3/\text{dtk} \\
 &= 15,264 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= t \times Q_{\text{puncak harian masterplan}} \\
 &= 2 \times 15,264 \\
 &= 30,528 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Diambil asumsi nilai h (kedalaman bak) adalah 2 m maka luas penampang bak adalah:

$$\begin{aligned} A &= V/h \\ &= 50,528 / 2 \\ &= 15,264 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga didapat panjang dan lebar :

$$\begin{aligned} &= (15,264)^{1/2} \\ &= 3,9069 \text{ m} \approx 4 \text{ m} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk tinggi jagaan diasumsikan sebesar 0,20 m karena debit masterplan sebesar 0,00424 m³/detik, yang artinya kurang dari 0,5 m³/detik. Standart yang telah ditetapkan dalam mengambil asumsi tinggi jagaan bahwa untuk kondisi debit air limbah diatas adalah 0,2 m (KP-03 mengenai Kriteria Perencanaan Bagian Saluran, 1986 : 43).

Sehingga didapat nilai H (tinggi bak) :

$$\begin{aligned} H &= h + y \\ &= 2 + (0,20) \\ &= 2,2 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ Dengan :

$$\begin{aligned} h &= \text{kedalaman bak.} \\ y &= \text{tinggi jagaan.} \end{aligned}$$

➤ Sehingga :

$$\begin{aligned} V &= B \times L \times H \\ &= 4 \times 4 \times 2,2 \\ &= 35,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Kontrol setelah adanya perubahan dimensi bak pengumpul untuk waktu tinggal (t) masterplan:

$$\begin{aligned} T_{\text{masterplan}} &= V / Q_{\text{masterplan}} \\ &= 35,2 \text{ m}^3 / 15,246 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 2,3088 \text{ jam} \end{aligned}$$

Waktu tinggal masterplan dianggap sudah ideal yaitu 2,3088 menit karena melebihi dari waktu yang diisyaratkan.

$$T_{\text{masterplan}} \geq t_{\text{kriteria desain}}$$

2,3935 menit \geq 2 - 4 jam, Jadi memenuhi syarat

Tabel 4.15. Dimensi Final Clarifier

Kondisi	Debit Air Limbah (m ³ /dtk)	Dimensi Final Clarifier (B,L,H)	Waktu Tinggal (jam)	Kriteria Desain (jam)
eksisting	0,00225	1,5 m x 2,3 m x 1,5m	0,63889	2 - 4 jam
masterplan	0,00424	4 m x 4 m x 2,2 m	2,3088	2 - 4 jam

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

4.6.5. Sludge Drying Bed

Pada kondisi eksisting tidak terdapat sludge drying bed. Lumpur ditampung di primary clarifier sehingga pengolahan untuk lumpur masih sangat kurang. Selain itu primary clarifier harus lebih sering dikuras, karena jika tidak maka endapan lumpur akan ikut terpompa masuk ke RBC. Sehingga untuk kondisi masterplan disarankan untuk membangun unit sludge drying bed. Sludge drying bed berfungsi untuk memisahkan air dari padatan yang berasal dari lumpur yang terbentuk dari proses pengendapan *suspended solid*.

Waktu tinggal tidak diperlukan, karena untuk mengeringkan lumpur/memperkecil kadar air dalam lumpur pengolahan dapat menggunakan cara sederhana yaitu dengan pemanasan oleh sinar matahari serta kelembapan udara namun tentunya hal ini sangat dipengaruhi oleh iklim. (Sludge Drying Bed) Pengeringan akan dilakukan diudara terbuka, kemudian setelah dihasilkan lumpur yang cukup kering timbunan lumpur kering ini harus segera dikeruk dan diangkut keluar dari unit pengering lumpur, proses berikutnya dapat dilanjutkan dengan cara memanfaatkannya sebagai bahan urugan dan bahan pupuk. Disarankan untuk dimensi sludge drying bed tidak dibuat terlalu dalam atau dengan memperbesar panjang dan lebar sludge drying bed agar lumpur cepat kering.

Tabel 4.16. Dimensi Sludge Drying Bed

Kondisi	Dimensi Sludge Drying Bed (B,L,H)
eksisting	-
masterplan	2 m x 2 m x 1,5 m

Dari evaluasi kondisi eksisting diketahui bahwa ada beberapa unit yang tidak memenuhi standar sehingga untuk kondisi masterplan terjadi penambahan unit pengolahan maupun perencanaan ulang dimensi unit pengolahan yang disebabkan oleh penambahan debit air limbah. Adapun rekapitulasi waktu tinggal dan dimensi sistem pengolahan air limbah ditabel berikut ini:

Tabel 4.17. Rekapitulasi Waktu Tinggal Sistem Pengolahan Air Limbah

No.	Nama Bangunan	Jumlah Unit	Eksisting	Masterplan	Kriteria Desain (jam)
			Waktu tinggal (jam)	Waktu tinggal (jam)	
1.	Sewage Pit	1	-	0,6551	0,5
2.	Primary Clarifier	1	6,049	3,210	2 - 4
3.	RBC	1	3,704	1,965	1,5 - 4
4.	Final Clarifier	1	0,63889	2,3088	2 - 4
5.	Sludge Tank	1	-	-	-

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

Tabel 4.18. Rekapitulasi Dimensi Sistem Pengolahan Limbah

No.	Nama Bangunan	Eksisting		Masterplan		Keterangan
		Jumlah unit	Dimensi	Jumlah unit	Dimensi	
1.	Sewage Pit	-	-	1	2 x 2 x 2,5	Desain ulang
2.	Primary Clarifier	1	3,5 x 4 x 3,5	1	3,5 x 4 x 3,5	Memenuhi
3.	RBC	1	4 x 7,5 x 4	1	4 x 7,5 x 4	Memenuhi
4.	Final Clarifier	3	1,5 x 2,3 x 1,5	1	4 x 4 x 2,2	Desain ulang
5.	Sludge Tank	-	-	1	2 x 2 x 1,5	Desain ulang

Sumber : Hasil perhitungan, 2010

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Evaluasi instalasi pengolahan air limbah RSD “Mardi Waluyo” kota Blitar ini dilatar belakangi karena penambahan tempat tidur dari 250 TT menjadi 500 TT. Untuk itu perlu dihitung kebutuhan air bersih dan debit air limbah masterplan, diameter pipa serta evaluasi instalasi pengolahan air limbah. Untuk mengetahui debit air limbah masterplan, maka terlebih dahulu dihitung kebutuhan air bersih eksisting serta kebutuhan air bersih pengembangan. Adapun kesimpulannya sebagai berikut:

1. Pada kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo” yang memiliki 250TT membutuhkan air bersih $0,00234 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan total kebutuhan air bersih pada akhir pembangunan tahap I, II dan III adalah $0,00441 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
2. Pada kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo” yang memiliki 250TT menghasilkan air limbah $0,00187 \text{ m}^3/\text{dtk}$ sedangkan total air limbah pada akhir pembangunan tahap I, II dan III adalah $0,00424 \text{ m}^3/\text{dtk}$.
3. Dari hasil perhitungan pipa air limbah $D_{\text{real}} > D_{\text{rencana}}$, artinya diameter rencana mampu mengalirkan debit air limbah masterplan. Drencana adalah ϕ pipa air limbah yang ada di pasaran sedangkan Dreal adalah ϕ pipa air limbah hasil perhitungan. ϕ pipa air limbah yang digunakan 0,05 m.
4. Dengan adanya penambahan debit air limbah tidak semua unit pengolahan air limbah dapat bekerja secara optimal. Hal ini dapat dilihat dari beberapa unit pengolahan yang memiliki waktu tinggal kurang dari batas standar atau tidak memenuhi sehingga perlu dilakukan dimensi ulang.
5. Dari hasil perhitungan didapat kesimpulan untuk tiap unit pengolahan air limbah adalah berikut:
 - **Sewage pit** : pada kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo” belum memiliki sewage pit. Sehingga direncanakan pembangunan sewage pit dengan dimensi 2 m x 2 m x 2,5 m dengan waktu tinggal untuk 0,6551 jam.
 - **Primary Clarifier** : dimensi primary clarifier pada kondisi eksisting yaitu 3,5 m x 4 m x 3,5 m dengan waktu tinggal waktu tinggal 6,049 jam kurang memenuhi. Pada kondisi masterplan dengan dimensi yang sama primary

- clarifier memiliki waktu tinggal 3,210 jam masih memenuhi sehingga primary clarifier tidak perlu didesain ulang.
- **RBC** : dimensi RBC pada kondisi eksisting yaitu 4 m x 1,875 m x 4 m (untuk tiap bak) dengan waktu tinggal 3,704 jam telah memenuhi. Pada kondisi masterplan dengan dimensi yang sama waktu tinggal RBC 1,965 jam masih memenuhi kriteria sehingga RBC tidak perlu didesain ulang.
 - **Final Clarifier** : dimensi final clarifier pada kondisi eksisting yaitu 1,5 m x 2,3 m x 1,5 m dengan waktu tinggal yang kurang dari batas standar yang diijinkan yaitu 0,63889 jam. Pada kondisi masterplan dengan dimensi 4 m x 4 m x 2, 2 m memiliki waktu tinggal 2,3088 jam. Dalam perencanaan dimensi final clarifier memperhitungkan efisiensi, jika pada kondisi eksisting terdapat 3 bak final clarifier maka pada kondisi masterplan direncanakan menggunakan 1 bak final clarifier.
 - **Sludge Drying Bed** : pada kondisi eksisting RSD “Mardi Waluyo” belum memiliki sludge drying bed. Sehingga direncanakan pembangunan sludge drying bed dengan dimensi 2 m x 2 m x 1,5 m tidak diperhitungkan waktu tinggal karena pengeringan menggunakan pemanasan sinar matahari.

5.2. Saran

Saran - saran yang diberikan adalah:

1. Diharapkan terjadi perubahan operasional serta monitoring IPAL, yaitu dengan meningkatkan kinerja IPAL. Agar dapat optimal dalam mengolah air limbah dengan melihat standar waktu tinggal, sehingga outlet sudah memenuhi batas standar.
2. Menambah tenaga ahli dibidang perawatan mesin, operator, maupun uji kualitas air limbah pada IPAL.
3. Untuk rekan mahasiswa yang akan mengambil tugas akhir dengan tema yang sejenis diharapkan, untuk memperbanyak pengambilan data primer untuk menunjang pengolahan data. Misalnya data kualitas air limbah untuk dihitung efisiensi (inlet dan outlet) apakah sudah memenuhi baku mutu air limbah.

Semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai bahan masukan untuk menjaga kelestarian lingkungan serta terciptanya lingkungan yang bersih dan sehat, terutama dalam ruang lingkup sumber daya air.