

BAB IV
KRITERIA PERENCANAAN

4.1 Umum

Dalam perencanaan suatu sistem penyaluran dan unit pengolahan air limbah, diperlukan adanya beberapa kriteria-kriteria desain yang digunakan sebagai dasar dan acuan perencanaan, tujuannya adalah untuk mendapatkan suatu hasil perencanaan yang tepat sesuai dengan kondisi daerah perencanaan. Sehingga hasil yang diperoleh dapat optimal dan mampu mengurangi gangguan atau kesulitan-kesulitan yang mungkin terjadi dalam pembangunan konstruksi, perawatan, operasional dan pembiayaan.

4.2. Kebutuhan Air bersih

4.2.1 Kebutuhan air bersih rata-rata per orang

Untuk mendapatkan jumlah kebutuhan pemakaian air rata-rata orang/hari diperlukan adanya pengambilan sampel melalui kuisisioner. Sampel ini berfungsi sebagai acuan untuk mendapatkan nilai kebutuhan pemakaian air. Dalam hal ini pengambilan sampel menggunakan Metode Yamane, yaitu :

$$n = \frac{N}{1 + N(moe)^2} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

n = Jumlah sampel.

N = Jumlah populasi

moe = *margin of error* (tingkat kesalahan yang dapat ditoleransi)

4.2.2. Kebutuhan Air bersih tiap blok pelayanan.

Untuk menghitung kebutuhan air bersih tiap blok pelayanan, maka terlebih dahulu dilakukan pembagian blok pelayanan. Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air bersih tiap blok pelayanan adalah.

$$Q_{ab} = \sum P_n \times Q_r \text{ perorang} \dots\dots\dots(4.2)$$

Dimana : Q_{ab} = Kebutuhan air bersih
 $\sum P_n$ = Jumlah penduduk
 $Q_r \text{ perorang}$ = Kebutuhan air bersih rata-rata tiap orang.

4.3. Kuantitas Air Buangan

4.3.1 Karakteristik air limbah

Tabel 4.1 Karakteristik air limbah domestik

Parameter	Satuan	Konsentrasi		
		<i>Weak</i>	<i>Medium</i>	<i>Strong</i>
Total Solid (TS)	Mg/l	350	720	1200
Total Dissolved Solid (TDS)	Mg/l	250	500	850
Total Suspended Solid (TSS)	Mg/l	100	220	350
BOD ₅	Mg/l	110	220	400
TOC	Mg/l	80	160	290
COD	Mg/l	250	500	1000
Total Nitrogen	Mg/l	20	40	85
Total Phosphat	Mg/l	4	8	15
Klorida	Mg/l	30	50	100
Sulfat	Mg/l	20	30	50
Alkalinitas	Mg/l	50	100	200
Lemak	Mg/l	50	100	150
Total Coliform	Mg/l	10 ⁵ - 10 ⁷	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁸ - 10 ⁹

(Sumber : Veenstra, 1995)

4.3.2. Kuantitas air buangan domestik

Air buangan domestik berasal dari penggunaan air bersih untuk aktifitas sehari-hari seperti memasak, mandi, cuci, dll. Sehingga diasumsikan sekitar 70 s/d 18 % air bersih yang akan menjadi air buangan. Dalam perencanaan ini diambil 70 % air bersih yang akan menjadi air buangan, sehingga persamaan yang digunakan untuk menghitung kuantitas air buangan adalah : (Sumber : Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering*, 1981).

$$Q_d = 70 \% \times Q_{ab} \dots\dots\dots(4.3)$$

- Dimana :
- Q_d = Debit air buangan domestik
 - Q_{ab} = Kebutuhan air bersih domestik
 - 70% = Asumsi air bersih yang akan menjadi air buangan

4.3.3. Kuantitas air buangan Non domestik

Air Buangan non domestik berasal dari selain aktifitas rumah tangga. Seperti komersial, industri, perkantoran, dan fasilitas umum. Perhitungan debit air buangan non domestik didasarkan pada jumlah fasilitas yang tersedia, dengan persamaan seperti dibawah ini : (Sumber : Metcalf & Eddy, *Wastewater Engineering*, 1981).

$$Q_{nd} = \sum \text{Fasilitas} \times \text{Pemakai} \times Q_{rf} \times 70 \% \dots\dots\dots(4.4)$$

- Dimana :
- Q_d = Debit air buangan domestik
 - Q_{rf} = Kebutuhan rata-rata air bersih fasilitas
 - 70% = Asumsi air bersih yang akan menjadi air buangan

Kebutuhan air bersih rata-rata tiap fasilitas diperoleh dari tabel 3.1

4.3.4. Fluktuasi debit air buangan

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung fluktuasi debit air buangan adalah sebagai berikut (Sumber : *Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering*, 1981).

- $Q_{inf} = 10\% \times Q_d \dots\dots\dots(4.5)$

Dimana : Q_{inf} = Debit *infiltrasi*
 Q_d = Debit air buangan domestic

- $Q_r = Q_d + Q_n + Q_{inf} \dots\dots\dots(4.6)$

Dimana : Q_r = Debit air buangan rata-rata
 Q_n = Debit air buangan non domestik

- $Q_{min} = \frac{1}{5} \times \left(\frac{P}{1000}\right)^{0,2} \times Q_r \dots\dots\dots(4.7)$

Dimana : Q_{min} = Debit minimum air buangan
 P = Jumlah Penduduk

- $Q_{peak} = Q_r \times F_p \dots\dots\dots(4.8)$

Dimana : Q_{peak} = Debit puncak air buangan
 F_p = Faktor *peak*

4.4. Sistem Penyaluran Air Buangan

4.4.1 Alternatif sistem Saluran Air Buangan

Secara teoritis penyaluran air buangan ada beberapa system yang dipakai, namun dalam perencanaan system penyaluran air buangan pada wilayah RW 02 Kelurahan Ngampilan ini menggunakan *Shallow Sewer System (Simplified Sewerage)*, dimana Sistem *shallow sewer* ini cocok digunakan untuk daerah pemukiman yang padat karena jaringan perpipaannya bisa dibuat lebih pendek sehingga dapat menghemat biaya konstruksi dan dapat mempercepat waktu pembangunan. Dan juga operasional sistem ini tergantung pada besarnya frekuensi air buangan dan tidak tergantung pada debit air yang digelontorkan. Sebagai contoh sistem ini sudah diterapkan pada negara yang juga mempunyai tingkat kepadatan yang tinggi yaitu : Brazil dan Pakistan.(sumber: *Alternative collection system US EPA,2004*).

Dibawah ini dapat dilihat keuntungan, kerugian serta kriteria dari *Shallow Sewer System*.

Komponen : *House Connection, Inspection Chamber, Block Sewer Line, Street Collector* dan pompa.

Keuntungan :

- Biaya lebih hemat (jaringan pipa lebih pendek, biaya penggalian lebih murah dan biaya material lebih hemat).
- Pemakaian air lebih hemat.

Kerugian :

- Waktu pengaliran lambat.

- Kemungkinan terjadinya penyumbatan sangat besar.

Kriteria desain :

- Kecepatan aliran minimum : 0.5 m/dt.
- Kedalaman aliran dalam pipa : 0.2 – 0.6 diameter pipa.
- Diameter pipa 100 mm (PVC) untuk \pm 1000 orang dengan debit sekitar 80 lt/org/hr.
- *Slope* (kemiringan) minimum : 1/167 m
- Kedalaman pipa : 0.2 -0.3 m.

Sedangkan system yang dipakai pada wilayah RW 02 ini merupakan system terpisah Dengan melihat beberapa pertimbangan pada wilayah perencanaan serta desain Instalasi DEWATS. Dimana air hujan dan air buangan dari rumah pemukiman dan dari fasilitas tidak disalurkan dalam saluran yang sama, selain kerugiannya adalah harus membuat 2 buah saluran dan juga memerlukan jalur pipa tertentu, keuntungannya unit-unit pengolahan limbah relatif kecil, karena tidak memperhitungkan debit air hujan dan dimensi saluran yang digunakan tidak terlalu besar.

4.4.2 Dimensi Saluran

Ada beberapa langkah yang dapat digunakan untuk menghitung dimensi saluran, yaitu :

- Tentukan jalur pipa
- Tentukan debit *peak* kumulatif dari jalur pipa air buangan, dihitung berdasarkan debit yang melalui pipa sebelumnya.

- Tentukan d/D (perbandingan tinggi renang dengan diameter pipa)
- Tentukan nilai $\left(\frac{Q_p}{Q_f}\right)$ berdasarkan grafik
- Tentukan Q_{full} :

$$Q_f = \frac{Q_p}{\left(\frac{Q_p}{Q_f}\right)} \dots\dots\dots (4.9)$$

- Tentukan nilai n berdasarkan pipa yang digunakan
- Tentukan nilai *slope*.
- Diameter diperoleh dengan persamaan manning :

$$D = \left[\frac{Q \cdot n}{(0.3117 \cdot S^{0.5})} \right]^{1/2.667} \dots\dots\dots (4.10)$$

4.4.3. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran di dalam saluran air buangan dibagi dalam dua golongan besar yaitu:

1. Kecepatan minimum
2. Kecepatan maksimum

Pembatasan kedua kecepatan ini sangat penting artinya, baik di saat merencanakan maupun di saat saluran telah berfungsi menyalurkan air buangan, sehingga kesalahan yang dapat merugikan sistem selama pengalirannya dapat diperkecil. Dengan perkataan lain saluran pada kondisi kecepatan minimum masih dapat mengalirkan air buangan dan bahan-bahan yang terdapat di dalam saluran,

sedangkan pada saat kondisi kecepatan maksimum aliran tidak merusak/menggerus bagian dalam saluran. (Sumber : KRT. Tjokrokusumo, 1999)

- **Kecepatan Minimum**

Kecepatan minimum tergantung pada kemampuan pengaliran untuk memberikan daya pembilas sendiri terhadap endapan-endapan. Sesuai dengan kriteria desain untuk *shallow sewer* kecepatan minimum yang biasa digunakan dalam perencanaan penyaluran air buangan adalah 0,5 m/detik.

- **Kecepatan Maksimum**

Kecepatan maksimum didasarkan pada kemampuan saluran terhadap adanya gerusan-gerusan oleh aliran yang mengandung partikel kasar. Agar tidak menimbulkan gerusan, maka kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah 2,5 m/detik sampai dengan 3,0 m/detik.

Untuk kontrol kecepatan aliran pada masing-masing saluran, dilakukan langkah-langkah perhitungan sebagai berikut (sumber : *Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering*, 1981).

- Dengan Diameter pendekatan dihitung Q_{Full} Penduduk
- $Q_{Full} = 0,3117 \times D^{2,667} \times S^{0,5} \times (1/n)$ (4.11)
- Hitung Q_p/Q_{fp} (4.12)
- Dari Q_p/Q_{fp} , tentukan d/D dari Grafik
- Dari d/D , tentukan V_p/V_f pada kondisi diameter pendekatan
- Tentukan nilai V_{Full}

- $V_{Full} = Q_{fp} / (0,25 \times \pi \times D^2) \dots\dots\dots(4.13)$

- Tentukan kecepatan pada saat Q_{peak} dengan diameter pendekatan, melalui persamaan :

- $V_p = (V_{peak} / V_{full}) \times V_{full} \dots\dots\dots(4.14)$

4.4.4. Kedalaman aliran

Kedalaman air (tinggi renang) minimum dalam saluran adalah 5 cm pada saat Q minimum. Dan pada saat debit puncak (Q maksimum) adalah:

$d/D = 0,6$ (pada awal saluran)

$d/D = 0,8 - 0,9$ (pada akhir saluran)

dimana:

d = Kedalaman air dalam saluran

D = Diameter pipa

4.4.5. Penanaman pipa

- **Kedalaman Penanaman pipa**

Kedalaman penanaman pipa air buangan tergantung dari fungsi pipa itu sendiri. Jenis pipa menurut fungsinya adalah pipa *persil*, pipa *service*, dan pipa *lateral*.

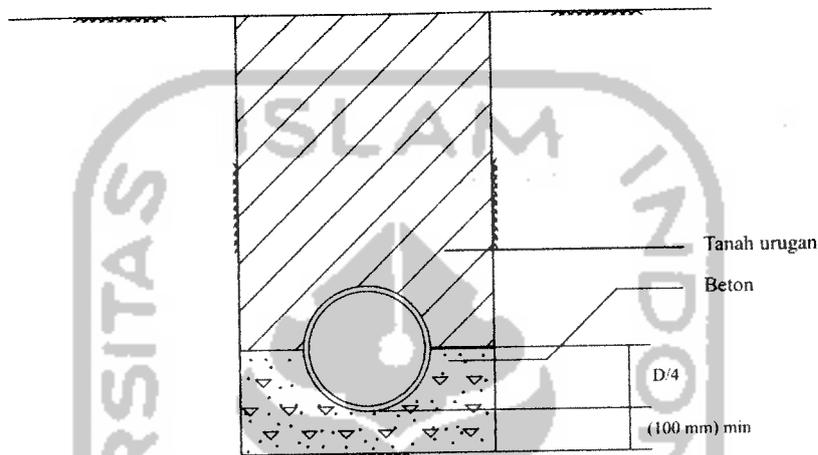
Kedalaman awal penanaman pipa:

a) Pipa *persil* = 0,45 meter

b) Pipa *service* = 0,60 meter

c) Pipa *lateral* = (1,00 – 1,20) meter

Pada sistem *shallow sewer* untuk penanaman pipa, kedalaman pipa didalam tanah yang ditetapkan adalah antara 0.2 – 0.3 m. Kedalaman pipa tersebut berdasarkan pada diameter pipa yang digunakan biasanya relatif kecil.



Gambar 4.1. Penanaman Pipa Yang Digunakan

- **Perhitungan Slope muka Tanah**

Perhitungan Slope tanah ditentukan dengan persamaan berikut ;

$$St = \frac{Ta - Tr}{Da - r} \dots\dots\dots(4.15)$$

Dimana : St = Slope tanah

Ta = Tinggi muka tanah awal

Tr = Tinggi muka tanah akhir

Da-r = jarak antara titik awal dengan akhir

- **Perhitungan Penanaman Pipa**

Rumus perhitungan Pipa(4.16)

- Elevasi dasar saluran awal = Ta - Ked pipa awal – Dpipa

- Headlosse = Panjang Saluran x Slope pipa
- Elevasi dasar saluran akhir = Elevasi dasar sal awal – headlosse
- Kedalaman Saluran akhir = Tr – elevasi dasar saluran akhir.

4.5. Bangunan Pelengkap

Bangunan-bangunan pelengkap yang dipasang pada saluran air buangan domestik RW I Kelurahan Ngampilan antara lain: *Manhole*, *Drop manhole*, dan Bangunan penggelontor.

4.6. Bill Of Quantity

Bill Of Quantity akan memuat tentang kebutuhan material-material yang dibutuhkan dalam perencanaan sistem penyaluran air buangan wilayah perencanaan RW II Kel Ngampilan. Rumus-rumus yang akan digunakan antara lain:

1) Lebar galian untuk penanaman pipa → yang memungkinkan pekerja dapat masuk

2) Tinggi beton (m)

$$= (0,2 + (D/4)) \dots\dots\dots(4.17)$$

3) Volume galian (m³)

$$= (((Kedalaman saluran awal + Kedalaman saluran akhir)/2) + Tinggi beton) * Lebar galian * Panjang saluran \dots\dots\dots(4.18)$$

4) Volume pipa (m³)

$$= \frac{1}{4} * 3,14 * (Diameter\ pipa)^2 * Panjang\ pipa \dots\dots\dots(4.19)$$

5) Volume timbunan (m³)

$$= \text{Volume galian} - \text{Volume pipa} \dots\dots\dots(4.20)$$

6) Volume beton (m^3)

$$= \text{Lebar galian} * \text{Tinggi beton} * \text{Panjang pipa} \dots\dots\dots(4.21)$$

7) Volume tanah urugan

$$= \text{Volume galian} - \text{Volume beton} \dots\dots\dots(4.22)$$

4.7. Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dalam perencanaan Instalasi Air limbah pada wilayah Rw 02 Ngampilan, dipakai unit-unit instalasi dengan kriteria perencanaan sebagai berikut : *(Sumber, Ibnu Singgih 2002, Ludwig Sasse 1998)*

- **Reaktor Anaerobik Susun**

Fungsi bangunan ini tidak berbeda dengan *septic tank*, hanya penambahan ruang chambernya membuat proses yang terjadi dalam bangunan ini berbagai ragam kombinasi proses *anaerobik* hingga hasilnya lebih baik. Proses-proses tersebut adalah :

- *Sedimentasi* padatan
- Pencernaan *Anaerobik* larutan padatan melalui kontak dengan lumpur
- Pencernaan *Anaerobik (fermentasi)* lumpur/*sludge* bagian bawah.
- *Sedimentasi* bahan mineral (*Stabilisasi*)

Kriteria Desain ;

- Kebutuhan lahan : $1 m^2/m^3$ limbah harian.
- Minimal terdapat 4 ruang *chamber*

- Kecepatan aliran keatas (*Uplift / UpStream*) : 2 m/jam
- Panjang Bangunan (L) : 0,5 – 0,6 m dari Tinggi bangunan (h)
- HRT (*Hydraulic Retention Time*) : 8 jam.

