

BAB V

HASIL PERENCANAAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Perhitungan dan Hasil Perencanaan

5.1.1. Perhitungan Debit Air Bersih dan Air Limbah

Konsumsi air bersih pada Rumah Sakit dihitung berdasarkan jumlah tempat tidur, jumlah pegawai, keluarga pasien, pasien luar, dan konsumsi air bersih untuk keperluan. Menurut Soufyan M. Noerbambang (2000) konsumsi air bersih pada Rumah Sakit adalah sebagai berikut :

$$Q_{\text{air bersih}} : 500 \text{ L/t.tdr/hri}$$

$$= 500 \text{ L/hri} \times 52 \text{ t.tdr}$$

$$= 26.000 \text{ L/hri}$$

$$Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk staff atau pegawai} = 120 \text{ L/org/hri}$$

$$= 120 \text{ L/org/hri} \times 53 \text{ org}$$

$$= 6.360 \text{ L/hri}$$

$$Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk keluarga pasien} : \text{rata-rata } 160 \text{ L/hri}$$

$$Q_{\text{air bersih}} \text{ untuk pasien luar} : \text{rata-rata } 8 \text{ L/hri}$$

Jadi total kebutuhan air bersih :

$$= (26.000 + 6.360 + 160 + 8) \text{ L/hri}$$

$$= 32.528 \text{ L/hri}$$

biasanya penggunaan air bersih pada Rumah Sakit dipakai hanya dalam sepuluh (10) jam tiap harinya (Soufyan M. Noerbambang, 2000).

Q air bersih untuk dapur, laundry, dan lain-lain sebesar $18,207 \text{ m}^3/\text{hri}$.

Total kebutuhan air bersih bagi Kegiatan Rumah Sakit adalah :

$$= (26 + 32,528 + 6,36 + 18,207) \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 83,095 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

Qrata² air buangan = 70 % x total keb. Air bersih Rumah Sakit

$$= 70 \% \times 83,095 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 0,67 \text{ L/dtk}$$

Qmax air buangan = 2 x Qrata-rata

$$= 2 \times 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 116,333 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

Qmin air buangan = 0,5 x Qrata-rata

$$= 0,5 \times 58,1665 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

$$= 29,08325 \text{ m}^3/\text{hri.}$$

5.1.2. Hasil Perhitungan unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan Lumpur Aktif (*Activated Sludge*).

a. Unit Barscreen

1. Data Perencanaan

- Diameter kisi bulat (w) = 1,5 cm
- Kecepatan aliran (Vs) = 0,6 m/detik
- Jarak antar kisi (d) = 1,25 cm
- Sudut peletakan kisi = 45°

- Lebar screen = 20 cm
- Tinggi hilang max = 150 mm

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

2. Perhitungan

- Jumlah screen (n) :

$$L = (n \times w) + (n + 1) \times d$$

$$20 = (1,5 \times n) + (n + 1) \times 1,25$$

$$18,75 = 2,75n$$

$$n = \frac{18,75}{2,75}$$

$$n = 6,8 = 7$$

$$\text{jumlah kisi} = 7 \text{ buah}$$

- Uji jarak antar kisi :

$$20 \text{ cm} = (7 \times 1,5) + (7 + 1) \cdot d$$

$$8d = 9,5$$

$$d = 1,18 \text{ cm} = 1,2 \text{ cm}$$

$$\text{jarak antar kisi} = 1,2 \text{ cm}$$

- Lebar celah screen (Cs) :

$$Cs = (n + 1) \times d$$

$$= (7 + 1) \times 1,2 \text{ cm}$$

$$= 9,6 \text{ cm}$$

- Panjang screen yang terendam (Ls)

$$Ls = \frac{Q}{Cs \times Vs}$$

$$Ls = \frac{0,0014 \text{ m}^3 / \text{detik}}{0,096 \text{ m} \times 0,6 \text{ m/detik}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}}{0,0576 \text{ m}^2/\text{dtk}} \\
 &= 0,024 \text{ m} \\
 &= 2,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Kedalaman air dalam screen (Hs) :

$$\begin{aligned}
 H_s &= L_s \times \sin 45^\circ \\
 &= 2,4 \text{ cm} \times 0,707 \\
 &= 1,697 \text{ cm} \\
 &= 2 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

- Luas lubang efektif (A) :

$$\begin{aligned}
 A &= C_s \times L_s \\
 &= 9,6 \text{ cm} \times 2,4 \text{ cm} \\
 &= 23,04 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

- Kecepatan aliran pada saat melewati saringan (V) :

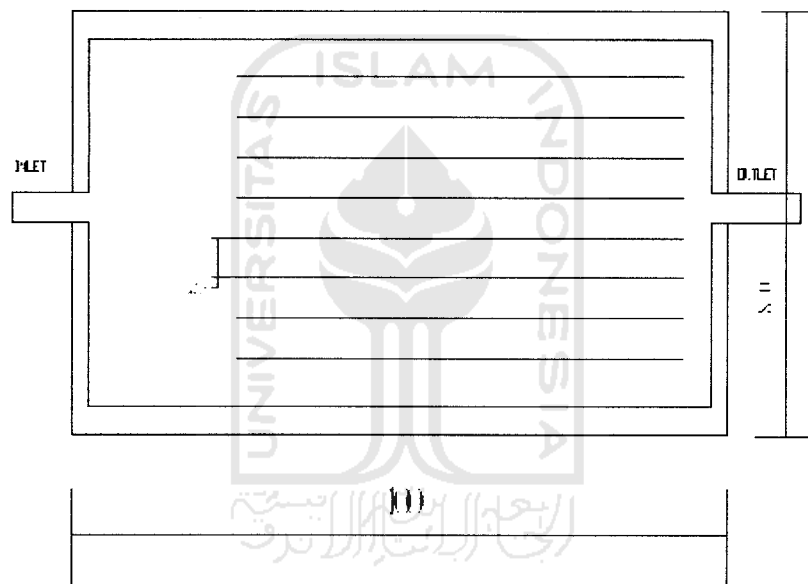
$$\begin{aligned}
 V &= \frac{Q}{A} \\
 &= \frac{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}}{23,04 \text{ cm}^2} \\
 &= 0,607 \text{ m/dtk} \\
 &= 0,6 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

- Tinggi hilang (H_L) :

$$\begin{aligned}
 \text{Dimana : } h_v &= \frac{V^2}{2g} \\
 &= \frac{(0,6)^2}{2 \times 9,81} \\
 &= \frac{0,36}{19,62} \\
 &= 0,018 \text{ m/dtk}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_L &= \beta \left(\frac{W}{b} \right)^{4/3} \times hV \times \sin\theta \\
 &= 1,79 \left[\frac{0,0015 \text{ m}}{0,0125 \text{ m}} \right]^{4/3} \times 0,018 \times 0,707 \\
 &= 1,79 \times 0,0592 \times 0,018 \times 0,707 \\
 &= 0,0014 \text{ m} \\
 &= 1,4 \text{ mm} < 150 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

- Tinggi screen dipakai 30 cm
- Panjang bak 100 cm



Gbr 5.1. Unit Barscreen

b. Bak Prasedimentasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Pemisahan BOD = 30 %
- Pemisahan TSS = 60 %

- Waktu Tinggal = 120 menit
- Laju Limpahan = $100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}$
- Beban Permukaan = $40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}$

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

2. Perhitungan

- SS masuk ke bak pengendap I = 350 mg/L
- SS masuk yang mengendap = $60\% \times 350 \text{ mg/L}$
= 210 mg/L
- SS keluar dari bak pengendap I = $350 \text{ mg/L} - 210 \text{ mg/L}$
= 140 mg/L
- BOD removal = $30\% \times 110 \text{ mg/L}$
= 33 mg/L
- BOD keluar dari bak pengendap I = $40 \text{ mg/ltr} - 12 \text{ mg/ltr}$
= 77 mg/L

Volume dan dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang bak} &= \frac{Q}{\text{Beban Permukaan}} \\ &= \frac{120.96 \text{ m}^3/\text{hri}}{40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}} \\ &= 3.024 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= Q \times Td \\ &= 0.0014 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 7200 \text{ dtk} \\ &= 10.08 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kedalaman bak (h)} &= \frac{\text{Volume bak}}{\text{Luas Penampang bak}} \\ &= \frac{10.08 \text{ m}^3}{3.024 \text{ m}^2} \\ &= 3.33 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi bak

$$\begin{aligned} \text{Panjang} \div \text{Lebar} &= \sqrt{\text{Luas Penampang bak}} \\ &= \sqrt{3.024} \\ &= 1.74 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi bak} + \text{free board} = 3.83 \text{ m}$$

$$\text{Panjang} = 1.74 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1.74 \text{ m}$$

Limpahan mengelilingi bak pengendap :

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= 4 \times \text{panjang bak} \\ &= 4 \times 1.74 \text{ m} \\ &= 6.96 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju limpahan} &= \frac{Q_{ab}}{\text{keliling bak}} \\ &= \frac{120,96 \text{ m}^3/\text{hri}}{6.96 \text{ m}} \\ &= 17.38 \text{ m}^2/\text{hri} \end{aligned}$$

Dimensi ruang lumpur :

Lumpur yang ada dalam pengendap I :

$$\text{Kadar Air} = 95 \%$$

$$\text{Kadar Solid} = 5 \%$$

$$\text{Specific Gravity} = 1,02$$

Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :

$$\begin{aligned} \text{MP} &= \text{SS yang mengendap} \times Q \\ &= 80 \text{ mg/L} \times 1,4 \text{ L/dtk} \\ &= 0,08 \text{ kg/m}^3 \times 120,96 \text{ m}^3/\text{hri} \\ &= 9,68 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{\text{MS}}{\rho_w \times \text{SSI} \times \text{Ps}} \\ &= \frac{9,68 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,189 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS = massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI = spesifik gravity

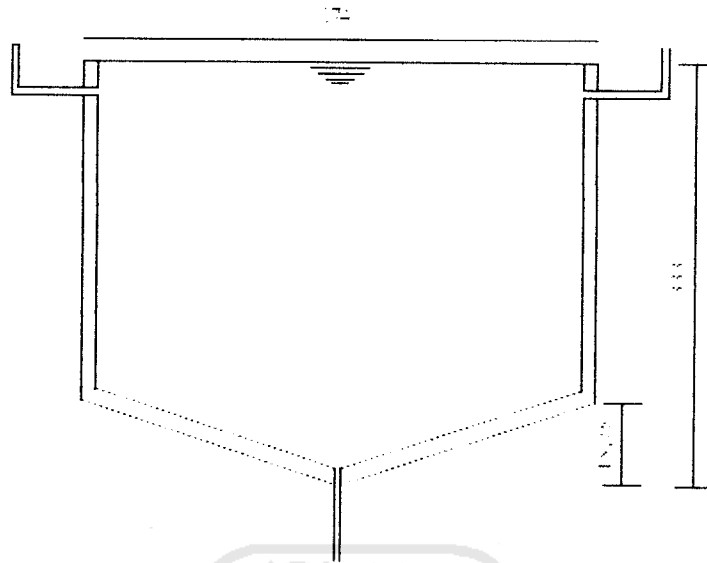
Ps = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

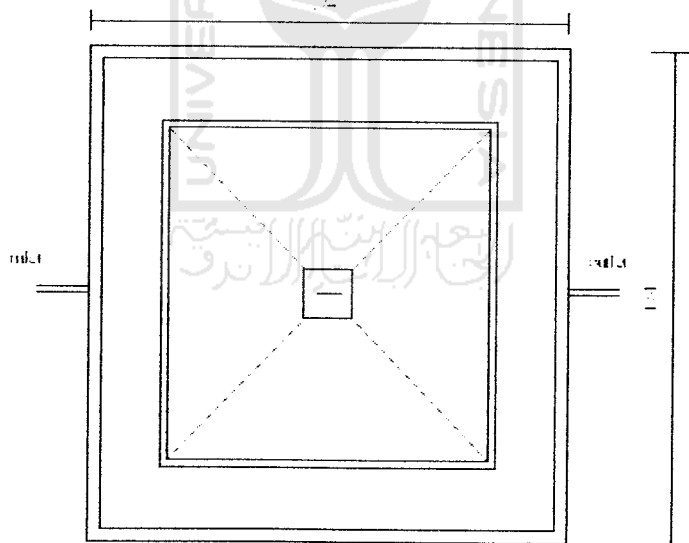
Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0,189 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,024 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,567 \text{ m}^3}{3,024 \text{ m}^2} \\ &= 0,1875 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0.1875 m



Gbr.5.2. Tampak atas Bak Prasedimentasi



Gbr.5.3. Tampak atas Bak Prasedimentasi

c. Bak Aerasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Waktu tinggal = 2 jam
- Effisien penurunan BOD = 85 %
- Effisiensi penurunan COD = 80%
- Panjang : Lebar = 2 : 1
- Umur Lumpur (θ) = 5 hari
- Koefisien delay mikrobia (Kd) = 0,06/hari pada suhu 20°C
- Yield teoritis (Y) = 0,5
- Berat jenis udara = 1,827 kg/m³
- Prosentase O₂ dalam udara = 21 %
- Koefisien transfer O₂ = 8 %

2. Perhitungan

Volume kolam

$$V = Q \times dt$$

$$\begin{aligned} &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \\ &= (116,333 \text{ m}^3/24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

BOD effluen dengan efisiensi penurunan 85 %

$$\text{BOD masuk} = 77 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= 77 \text{ mg/L} \times 85 \% \\ &= 65,45 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\ &= 77 \text{ mg/L} - 65,45 \text{ mg/L} \\ &= 11,15 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

COD effluen dengan efisiensi penurunan 80 %

$$\text{COD masuk} = 225 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{COD removal} &= 225 \text{ mg/L} \times 80 \% \\ &= 180 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\ &= 225 \text{ mg/L} - 180 \text{ mg/L} \\ &= 45 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Luas penampang bak (A)

$$A = \frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}}$$

$$A = \frac{9,7 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$A = 4,85 \text{ m}^2$$

Bentuk bak persegi panjang dimana :

$$P \div L = 2 \div 1$$

$$P = 2L$$

$$A = 2L \times L$$

$$4,85 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{4,85 \text{ m}^2}{2}$$

$$L = \sqrt{2,425}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

maka :

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 1,6 \text{ m}$$

$$P = 3,2 \text{ m}$$

Dimensi bak Aerasi :

$$P = 3,2 \text{ m}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

$$H = 2 + 0,5 \text{ (freeboard)}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Produksi Lumpur (P_x)

$$P_x = Y_{\text{obs}} \times Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ gr/kg})^{-1}$$

$$Y_{\text{ob}} = \frac{Y}{1 + 0,06 / \text{hari} \times 5 \text{ hari}}$$

$$Y_{\text{ob}} = \frac{0,5}{1 + 0,3}$$

$$Y_{\text{ob}} = 0,38$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3 / \text{hri} \times (103 - 5,15) \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3 / \text{hri} \times 97,85 \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = 4,326 \text{ kg/hri}$$

Lumpur yang akan dibuang dari kolam aerasi :

$$Q_{\text{wr}} = \frac{V}{\theta \times C}$$

$$= \frac{9,7 \text{ m}^3}{5 \text{ hari}}$$

$$= 1,94 \text{ m}^3 / \text{hri}$$

Kebutuhan Oksigen

O₂ teoritis yang digunakan untuk menghilangkan karbon organik dalam air buangan yaitu :

$$\text{KgO}_2 / \text{hari} = \frac{Q(S_0 - S)}{f \times 1000 \text{ gr/kg}}$$

dimana f = faktor koreksi = 0,68

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Oksigen} &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times ((103 - 5,15) \text{ gr/m}^3)}{0,68 \times 1000 \text{ gr/kg}} - 1,42 \times P_x \\ &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times (97,85) \text{ gr/m}^3}{680 \text{ gr/kg}} - 1,42 \times 4,326 \text{ kg/hri} \\ &= 16,7399 \text{ kg/hri} - 6,1429 \text{ kg/hri} \\ &= 10,597 \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara Teoritis} &= \frac{\text{Kebutuhan Oksigen}}{\text{Berat Jenis Udara} \times \% \text{O}_2 \text{ di Udara}} \\ &= \frac{10,597 \text{ kg/hri}}{1,201 \text{ kg/m}^3 \times 0,21} \\ &= 42,017 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan Udara Aktual} &= \frac{\text{Kebutuhan Udara Teoritis}}{\text{Koefisien Transfer Udara}} \\ &= \frac{42,017 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,08} \\ &= 525,213 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Desain Kebutuhan Udara} &= \text{kebutuhan udara aktual} \times \text{toleransi } 1,25 \\ &= 525,213 \text{ m}^3/\text{hari} \times 1,25 \\ &= 656,52 \text{ m}^3/\text{hari}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Desain Kebutuhan Udara permenit} &= \frac{656,52 \text{ m}^3/\text{hri}}{1440 \text{ menit/hri}} \\ &= 0,46 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Power Blower yang dibutuhkan :

$$P_w = \frac{W \times R \times T}{8,41 \times e} \left[\left(\frac{P}{P_0} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

W = kebutuhan udara x berat jenis udara

$$= 656,52 \text{ m}^3/\text{hri.} \times 1,201 \text{ kg/m}^3$$

$$= 788,48 \text{ kg/hri.}$$

R = 8,314 kg/K.mole x °K

T = 30°C = 303 °K

e = 75 %

P = 1,56 atm

P₀ = 0,95 atm

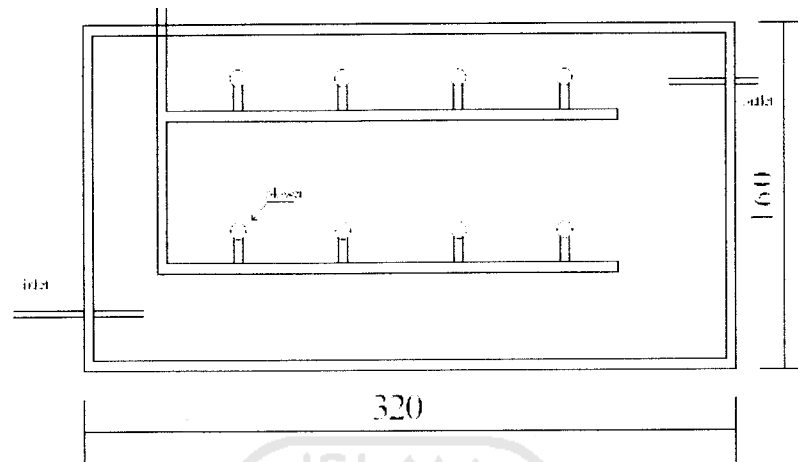
$$\text{Power} = \frac{788,48 \text{ kg/hri} \times 8,314 \text{ kJ/K.mole.}^\circ \text{K} \times 303 \text{ }^\circ \text{K}}{8,41 \text{ kg/K.mole} \times 0,75} \times \left[\left(\frac{1,56}{0,95} \right)^{0,283} - 1 \right]$$

$$= \frac{1.986.293,084 \text{ kJ}}{6,3075} \times \left[(1,642)^{0,283} - 1 \right]$$

$$= 314.909,724 \text{ kJ} \times 0,5$$

$$= 157.454,862 \text{ kJ} (1 \text{ KWH} = 3600 \text{ kJ})$$

Maka Power Blower yang dibutuhkan : 43,74 KwH.



Gbr.5.4. Tampak Atas bak Aerasi

d. Bak Sedimentasi

1. Data Perencanaan

- Q air buangan = 0,0014 m³/dtk
- Beban permukaan = 30 m³/m².L
- Waktu detensi (td) = 2 jam
- Lebar ruang limpahan = 0,4 m
- SS masuk = 126 mg/L
- Kedalaman ruang limpahan = 0,25 m
- Pemisahan SS = 90 %
- Kerapatan air (Pw) = 1000 kg/m³
- Spesifik gravity (Ssi) = 1,02
- Kandungan bahan padat lumpur (Ps) = 5 %

2. Perhitungan

- SS yang mengendap (SS removal) :
 - = % pemisahan SS x SS masuk
 - = 90 % x 126 mg/L
 - = 113,4 mg/L

- SS yang keluar dari bak pengendap/SS effluen :
 - = SS masuk - SS removal
 - = 126 mg/L - 113,4 mg/L
 - = 12,6 mg/L

- Volume bak pengendap
 - Luas penampang bak
 - $$= \frac{Q_{ab}}{\text{Beban Permukaan}}$$
 - $$= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}}$$
 - $$= 3,88 \text{ m}^2$$

 - Volume bak
 - $$V = Q \times t_d$$
 - $$= (116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \div 24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam}$$
 - $$= 9,695 \text{ m}^3$$

 - Kedalaman bak
 - $$= \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Permukaan Bak}}$$
 - $$= \frac{9,695 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2}$$
 - $$= 2,5 \text{ m}$$

- Dimensi pengendap
 - Panjang : Lebar = $\sqrt{3,88}$

$$= 1,97 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

- Keliling pelimpahan = $4 \times \text{Panjang Bak}$
 $= 4 \times 2 \text{ m}$
 $= 8 \text{ m}$
- Tinggi ruang pelimpahan = $\frac{\text{Panjang Bak}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
 $= \frac{2 \text{ m}}{8 \text{ m}}$
 $= 0,25 \text{ m}$
- Laju ruang pelimpahan = $\frac{Q_{ab}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
 $= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{8 \text{ m}}$
 $= 14,54 \text{ m}^2/\text{hri}$
- Dimensi ruang lumpur :
 Lumpur yang ada dalam sedimentasi :
 Kadar Air = 95 %
 Kadar Solid = 5 %
 Specific Gravity = 1,02
 Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :
 $MP = SS \text{ yang mengendap} \times Q$
 $= 126 \text{ mg/L} \times 1,4 \text{ L/dtk}$
 $= 0,126 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri}$
 $= 14,68 \text{ kg/hri}$

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{MS}{\rho_w \times SSI \times Ps} \\ &= \frac{14,68 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,288 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS= massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI= spesifik gravity

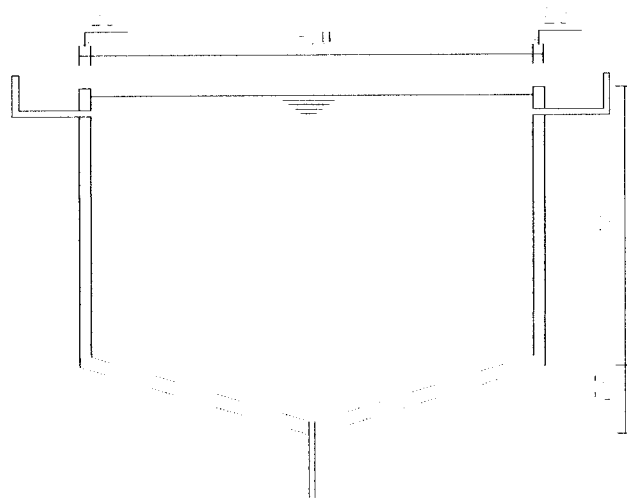
Ps = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0,288 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,88 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,864 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0,22 m



Gbr.5.5. Bak Sedimentasi

e. Bak Klorinasi

1. Bak Pembubuh Kaporit

- Data Perencanaan

- Debit air buangan = 116,333 m³/hri
- Periode pengisian bak pelarut = 12 jam
- Kaporit yang digunakan dengan konsentrasi bahan aktif 60 %.
- Kadar chlorin yang dibutuhkan (daya serap chlor) 7 mg/L.

- Perhitungan

Kebutuhan kaporit = Q air buangan x kadar kaporit x dosis kaporit

$$= \frac{100}{60} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times (7 \text{ mg/L} \times 1 \text{ kg}/1000000 \text{ mg} \times 1000 \text{ L}/\text{m}^3)$$

$$= \frac{100}{60} \times 116,333 \times (7000 \div 1000000) \text{ kg/hri}$$

$$= 1,67 \times 116,333 \times 0,007 \text{ kg/hri}$$

$$= 1,359 \text{ kg/hri}$$

$$= 1,4 \text{ kg/hri}$$

$$= 0,0162 \text{ gr/dtk}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Debit pembubuh} &= \text{konsentrasi larutan} \times \text{kebutuhan kaporit.} \\
 &= (100 \text{ ml} \div 2 \text{ gr}) \times 0,0162 \text{ gr/dtk} \\
 &= 0,81 \text{ ml/dtk} \times 60 \text{ dtk/mnt} \times 1 \text{ L} \div 1000 \text{ ml} \\
 &= 0,0486 \text{ L/mnt.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas bak} &= \text{debit pembubuh} \times \text{periode pengisian} \\
 &= 0,0486 \text{ L/mnt} \times 12 \text{ jam} \times 60 \text{ menit/jam} \\
 &= 34,992 \text{ L} \\
 &= 0,0349 \text{ m}^3 \\
 &= 0,04 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

dimensi bak :

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang bak} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Lebar bak} &= 0,5 \text{ m} \\
 \text{Kedalaman} &= 0,8 \text{ m} + 0,2 \text{ m (freeboard)} \\
 &= 1 \text{ m.}
 \end{aligned}$$

2. Bak Kontak Klor

▪ Data Perencanaan

- Beban permukaan = $32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$
- Waktu Kontak = 20 menit

▪ Perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume bak} &= Q \text{ air buangan} \times \text{waktu kontak} \\
 &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times (20 \div 60) \times \left(\frac{1}{24}\right) \text{hari} \\
 &= 1,62 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Luas Penampang bak :

$$\begin{aligned}As &= Q \text{ air buangan} : Vs \\ &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \div 32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari} \\ &= 3,635 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Dengan bak berbentuk persegi panjang

$$P : L = 2 : 1$$

$$P = 2L$$

$$As = 2L \times L$$

$$3,635 = 2L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{3,635}{2}}$$

$$L = 1,35 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

Karena $P = 2L$

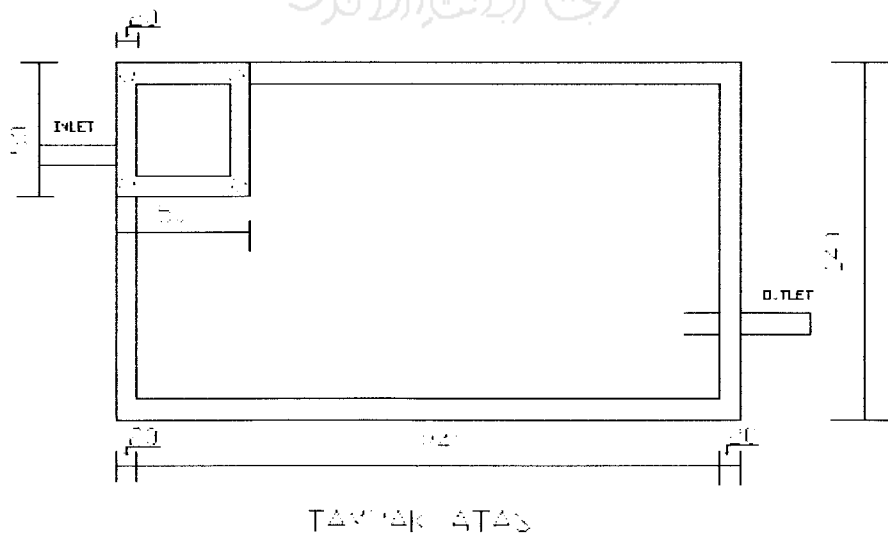
Maka $P = 2 \times 1,4$

$$P = 2,8 \text{ m}$$

Tinggi bak (H) = Volume : Luas Penampang bak

$$= 1,62 \text{ m}^3 \div 3,635 \text{ m}^2$$

$$= 0,45 \text{ m}$$



Gbr.5.6. Bak Kontak klorinasi

f. Bak Indikator

1. Data Perencanaan

- Debit air buangan = 116,333 m³/hri
- Waktu tinggal = 1 – 4 jam
- Beban permukaan = 24 – 120 m³/m².hri
- Kedalaman = 2,5 – 3,75 m.

2. Perhitungan

$$A = \frac{\text{Debit Air Buangan}}{\text{Beban Permukaan}}$$
$$= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}}$$
$$= 3,635 \text{ m}^2$$

Dengan bak berbentuk persegi panjang

$$P : L = 2 : 1$$

$$P = 2L$$

$$A = 2L \times L$$

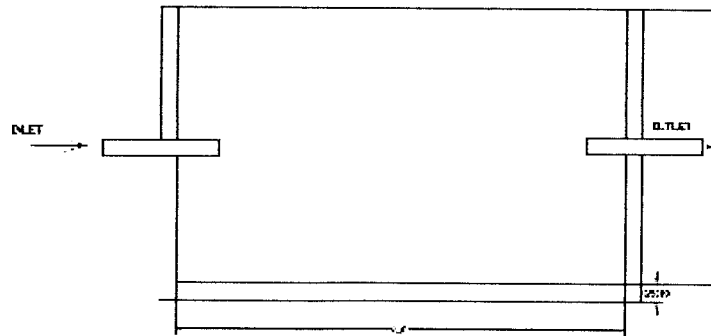
$$3,635 = 2L^2$$

$$L = \sqrt{\frac{3,635}{2}}$$

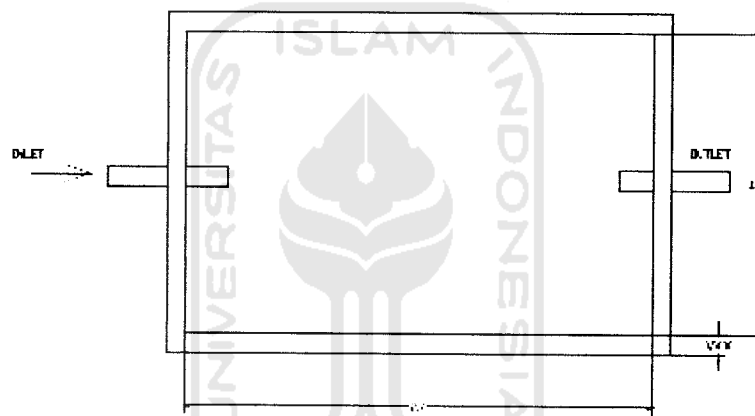
$$L = 1,35 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang bak} &= 2 L \\ &= 2 \times 1,35 \text{ m} \\ &= 2,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tinggal (dt)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{(2,7 \times 1,35 \times 2,5) \text{ m}^3}{0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk} \times 3600 \text{ dtk/jam}} \\ &= 1,808 \text{ jam} \\ &= 2 \text{ jam} \end{aligned}$$



TAMPAL SAMBUNG



TAMPAH ATAS

Gbr.5.7. Bak Indikator

g. Bak Pengering Lumpur

1. Data Perencanaan

- Periode pengeringan = 30 hari.
- Tebal lapisan pasir = 25 cm.
- Tebal lapisan kerikil = 30 cm
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm.

2. Perhitungan

$$\text{Lumpur yang terjadi} = 5 \%$$

$$\text{Spesifik gravity} = 1,02$$

$$\begin{aligned} \text{Massa padat yang dihilangkan} &= \text{SS removal} \times Q_{ab} \times 1,02 \\ &= 113,4 \text{ mg/L} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\ &= 0,1134 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\ &= 13,456 \text{ kg/hri.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= \frac{M_s}{P_w \times S_s \times P_s} \\ &= \frac{13,456 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= \frac{13,456 \text{ kg/hri}}{51 \text{ kg/m}^3} \\ &= 0,264 \text{ m}^3/\text{hri.} \end{aligned}$$

Dimensi bak pengering lumpur :

Volume lumpur selama pengeringan $0,314 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned} \text{Volume bak} &= \text{volume lumpur} \times \text{lama waktu pengeringan} \\ &= 0,264 \text{ m}^3/\text{hri} \times 30 \text{ hari} \\ &= 7,92 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bak total} &= h_{\text{pasir}} + h_{\text{kerikil}} + h_{\text{lumpur}} + \text{toleransi} \\ &= 25 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 25 \text{ cm} \\ &= 110 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas permukaan bak} &= \text{Volume bak} : \text{tinggi total bak} \\ &= 7,92 \text{ m}^3 : 1,1 \text{ m} \\ &= 7,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi bak

Panjang : Lebar = 2 : 1

Panjang : Lebar = $\frac{1}{2} \times \text{LuasBak}$

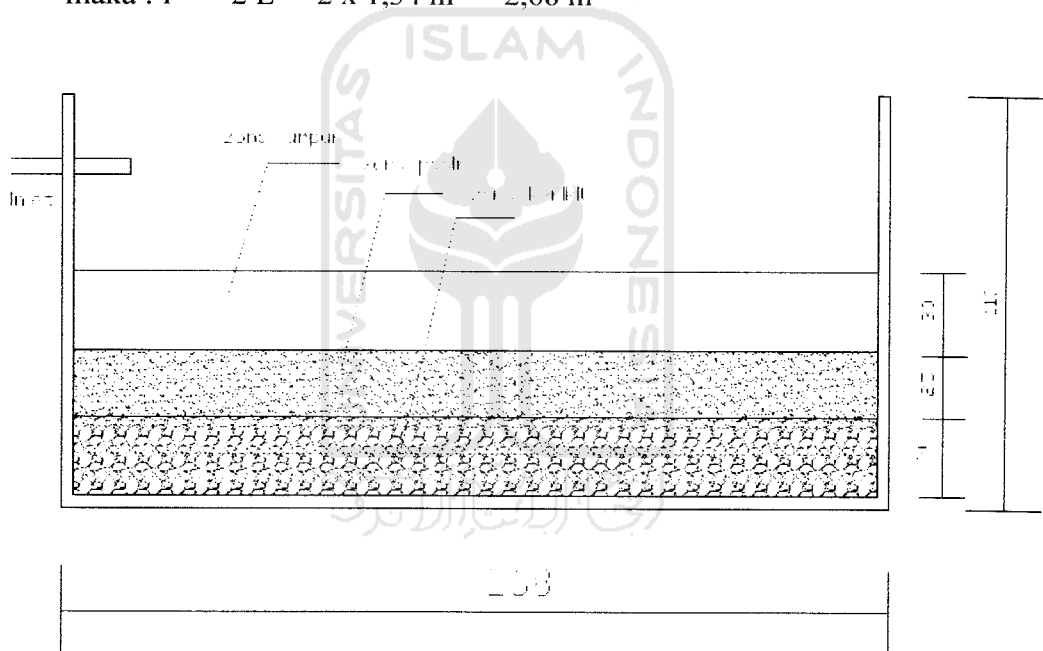
$$2L^2 = \frac{1}{2} \times 7,2 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{1,8 \text{ m}^2}$$

$$L = 1,34 \text{ m}$$

Dengan $L = 1,34 \text{ m}$,

maka : $P = 2L = 2 \times 1,34 \text{ m} = 2,68 \text{ m}$



Gbr.5.8. Bak Pengering lumpur

5.1.3. Hasil Perhitungan unit-unit Pengolahan Air Buangan dengan Sistem Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB).

a. Perencanaan UASB

1. Kriteria Desain:

- Beban Organik = 10 – 20 kg
- Hydraulic Retention Time (HRT) = 4 – 24 jam
- pH = 6 – 8
- Removal COD = 75% - 85%
- Removal BOD = 80% – 90%
- Removal TSS = 60% - 70%
- Pertambahan Sludge = 0,5 kg/kg COD Removal
- Produksi gas CH₄ = 0.4 m³/ kg COD Removal

Sumber : Malina, 1992

2. Perencanaan

- $Q = 116.333 \text{ m}^3/\text{hri} \rightarrow 0.0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Konsentrasi COD yang masuk = 225 mg/L
- Konsentrasi TSS yang masuk = 140 mg/L
- Konsentrasi BOD yang masuk = 77 mg/L
- Td = 4 jam
- Lumpur diasumsikan mengandung 95% air dan 5% solid
- BOD Removal = 80 %
- COD Removal = 85%

- TSS Removal = 60 %
- Freeboard = 0,5

3. Perhitungan

» Volume UASB (v) = $Q_{ab} \times T_d$

$$= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{6 \text{ jam}}{24 \text{ jam/hari}}$$

$$= 29,1 \text{ m}^3$$

» Reaktor berbentuk tabung silinder. Diasumsikan tinggi reaktor (h)

$$= 4 \text{ m}$$

$$V_{\text{reaktor}} = \Pi \times r^2 \times h$$

$$29,1 \text{ m}^3 = 3,14 \times r^2 \times 4 \text{ m}$$

$$r^2 = \frac{29,1 \text{ m}^3}{12,56 \text{ m}}$$

$$r^2 = 2,32 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{2,32}$$

$$r = 1,52 \text{ m}$$

$$V_{\text{silinder}} = \Pi \times r^2 \times h$$

$$= 3,14 \times (1,52 \text{ m})^2 \times 4 \text{ m}$$

$$= 29,02 \text{ m}^3$$

Jadi, volume reaktor adalah = $29,02 \text{ m}^3$

Jadi tinggi reaktor (h) = 4 m

Diameter reaktor (D) = 3,04 m

» Effluent UASB

- Kontrol Beban Organik (OL)

$$\begin{aligned} &= \text{BOD} \times \frac{Q_{ab}}{\text{Volume}} \\ &= 77 \text{ mg/L} \times \left(\frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hari}}{29,1 \text{ m}^3} \right) \\ &= 77 \text{ mg/L} \times 3,99 / \text{hari} \\ &= 307,23 \text{ mg/L/hri} \\ &= 3,0723 \times 10^{-4} \text{ gr/m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

- BOD / COD = 0,68

$$\begin{aligned} \text{COD} &= 0,68 \times \text{BOD} \\ &= 0,68 \times 77 \text{ mg/L} \\ &= 52,36 \text{ mg/L} \\ &= 52,36 \cdot 10^{-8} \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- Produksi Metan

$$\begin{aligned} \text{Gas Metan} &= 0,4 \text{ m}^3/\text{kg} \times \text{COD} \\ &= 0,4 \text{ m}^3/\text{kg} \times 52,36 \cdot 10^{-8} \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,0944 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \end{aligned}$$

» Effluent TSS dari prasedimentasi = 140 mg/L dengan efisiensi removal pada UASB = 60%, maka effluent dari UASB = 140 mg/L x 60% = 84 mg/L.

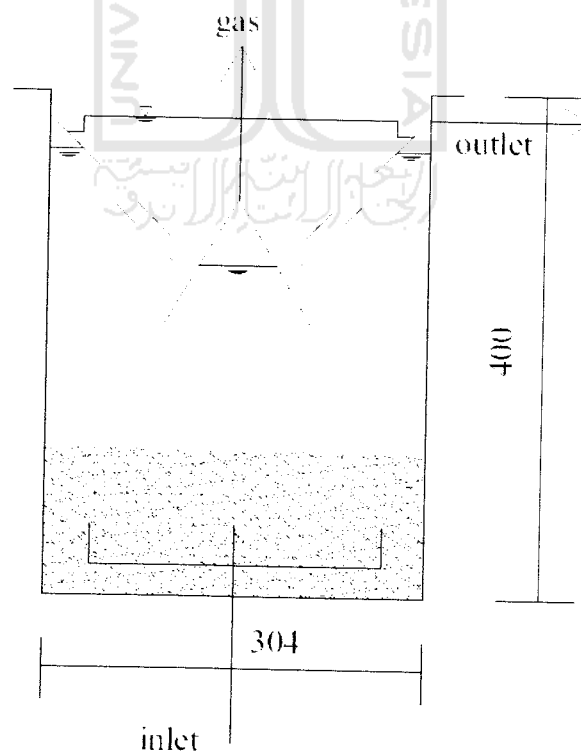
- Berat Lumpur = Removal TSS x Q
= 84 mg/L x 0,116 L/hri
= 9,744 mg/hri

- $$\begin{aligned} \text{Volume lumpur} &= \frac{\text{Berat Lumpur}}{\text{Bj Lumpur}} \\ &= \frac{9,744 \cdot 10^{-6} \text{ kg/hri}}{1005 \text{ kg/m}^3} \\ &= 9,696 \cdot 10^{-9} \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

Lumpur diasumsikan mengandung 95% air dan 5% solid

- $$\begin{aligned} \text{Berat Solid} &= 5\% \times \text{Berat Lumpur} \\ &= 5\% \times 9,744 \cdot 10^{-6} \text{ kg/hri} \\ &= 4,872 \cdot 10^{-7} \text{ kg/hri} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} \text{Volume Solid} &= \frac{\text{Berat Solid}}{\text{Bj Solid}} \\ &= \frac{4,872 \cdot 10^{-7} \text{ kg/hri}}{1025 \text{ kg/m}^3} \\ &= 4,753 \cdot 10^{-10} \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$



Gbr. 5.9. Tampak Samping UASB

b. Aerasi

1. Data Perencanaan

- $Q_{\text{air buangan}} = 0,0014 \text{ m}^3/\text{dtk}$
- Waktu tinggal = 2 jam
- Efisien penurunan BOD = 85 %
- Efisiensi penurunan COD = 80%
- Panjang : Lebar = 2 : 1
- Umur Lumpur (θ) = 5 hari
- Suhu (T) = 25°C
- Yield teoritis (Y) = 0,5
- Berat jenis udara = 1,827 kg/m³
- Prosentase O₂ dalam udara = 21 %
- Koefisien transfer O₂ = 8 %

2. Perhitungan

Volume kolam

$$\begin{aligned} V &= Q \times dt \\ &= 116,333 \text{ m}^3/\text{hari} \times 2 \text{ jam} \\ &= (116,333 \text{ m}^3/24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,7 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

BOD effluen dengan efisiensi penurunan 85 %

$$\text{BOD masuk} = 15,4 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD removal} &= 15,4 \text{ mg/L} \times 85 \% \\ &= 13,09 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BOD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\ &= 15,4 \text{ mg/L} - 13,09 \text{ mg/L} \\ &= 2,31 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

COD effluen dengan efisiensi penurunan 80 %

$$\text{COD masuk} = 33,75 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{COD removal} &= 33,75 \text{ mg/L} \times 80 \% \\ &= 27 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD effluen} &= \text{BOD masuk} - \text{BOD removal} \\ &= 33,75 \text{ mg/L} - 27 \text{ mg/L} \\ &= 6,75 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Luas penampang bak (A)

$$A = \frac{\text{volume bak}}{\text{kedalaman bak}}$$

$$A = \frac{9,7 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$A = 4,85 \text{ m}^2$$

Bentuk bak persegi panjang dimana :

$$P \div L = 2 \div 1$$

$$P = 2L$$

$$A = 2L \times L$$

$$4,85 \text{ m}^2 = 2L^2$$

$$L^2 = \frac{4,85 \text{ m}^2}{2}$$

$$L = \sqrt{2,425}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

maka :

$$P = 2L$$

$$P = 2 \times 1,6 \text{ m}$$

$$P = 3,2 \text{ m}$$

Dimensi bak Aerasi :

$$P = 3,2 \text{ m}$$

$$L = 1,6 \text{ m}$$

$$H = 2 + 0,5 \text{ (freeboard)}$$

$$= 2,5 \text{ m}$$

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Produksi Lumpur (P_x)

$$P_x = Y_{obs} \times Q(S_0 - S) \times (10^3 \text{ gr/kg})^{-1}$$

$$Y_{ob} = \frac{Y}{1 + 0,06 / \text{hari} \times 5 \text{ hari}}$$

$$Y_{ob} = \frac{0,5}{1 + 0,3}$$

$$Y_{ob} = 0,38$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times (15,4 - 2,31) \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

$$P_x = \frac{0,38 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 13,09 \text{ gr/m}^3}{1000 \text{ gr/kg}}$$

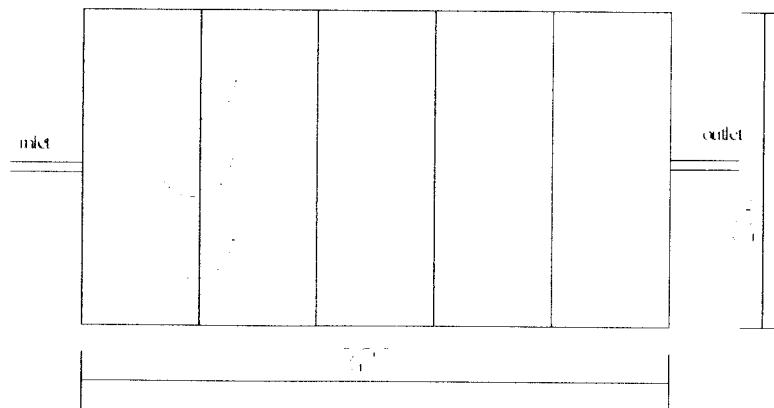
$$P_x = 0,579 \text{ kg/hri}$$

Lumpur yang akan dibuang dari kolam aerasi :

$$Q_{wr} = \frac{V}{\theta_c}$$

$$= \frac{9,7 \text{ m}^3}{5 \text{ hari}}$$

$$= 1,94 \text{ m}^3/\text{hri}$$



Gbr.5.10. Tampak atas bak Aerasi

c. Sedimentasi

1. Data Perencanaan

- Q air buangan = 0,0014 m³/dtk
- Beban permukaan = 30 m³/m².L
- Waktu detensi (td) = 2 jam
- Lebar ruang limpahan = 0,4 m
- SS masuk = 50,4 mg/L
- Kedalaman ruang limpahan = 0,25 m
- Pemisahan SS = 90 %
- Kerapatan air (Pw) = 1000 kg/m³
- Spesifik gravity (Ssi) = 1,02
- Kandungan bahan padat lumpur (Ps) = 5 %

2. Perhitungan

- SS yang mengendap (SS removal) :

$$\begin{aligned} &= \% \text{ pemisahan SS } \times \text{ SS masuk} \\ &= 90\% \times 113,4 \text{ mg/L} \\ &= 102,06 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- SS yang keluar dari bak pengendap (SS effluen) :

$$\begin{aligned} &= \text{SS masuk} - \text{SS removal} \\ &= 113,4 \text{ mg/L} - 102,06 \text{ mg/L} \\ &= 11,34 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Volume bak pengendap

- Luas penampang bak

$$\begin{aligned} &= \frac{Q_{ab}}{\text{Beban Permukaan}} \\ &= \frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{30 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hri}} \\ &= 3,88 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Volume bak

$$\begin{aligned} V &= Q \times t_d \\ &= (116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \div 24 \text{ jam}) \times 2 \text{ jam} \\ &= 9,695 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Kedalaman bak

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Luas Permukaan Bak}} \\ &= \frac{9,695 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

- Dimensi pengendap

- Panjang : Lebar = $\sqrt{3,88}$
= 1,97 m \approx 2 m
- Keliling pelimpahan = $4 \times$ Panjang Bak
= 4×2 m
= 8 m
- Tinggi ruang pelimpahan = $\frac{\text{Panjang Bak}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
= $\frac{2 \text{ m}}{8 \text{ m}}$
= 0,25 m
- Laju ruang pelimpahan = $\frac{Q_{ab}}{\text{Keliling Ruang Pelimpahan}}$
= $\frac{116,333 \text{ m}^3/\text{hri}}{8 \text{ m}}$
= 14,54 m²/hri
- Dimensi ruang lumpur :
Lumpur yang ada dalam sedimentasi :
Kadar Air = 95 %
Kadar Solid = 5 %
Spesific Gravity = 1,02
Massa padat dari bak pengendap primer (MP) :
MP = SS yang mengendap \times Q
= 113,4 mg/L \times 1,4 L/dtk
= 0,1134 kg/m³ \times 116,333 m³/hri
= 13,19 kg/hri

Volume lumpur :

$$\begin{aligned} V &= \frac{MS}{\rho_w \times SSI \times Ps} \\ &= \frac{13,19 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\ &= 0,259 \text{ m}^3/\text{hri} \end{aligned}$$

MS= massa lumpur kering (kg/hr)

V = volume lumpur (m³/hri)

ρ_w = kerapatan air 1000 kg/ m³

SSI= spesifik gravity

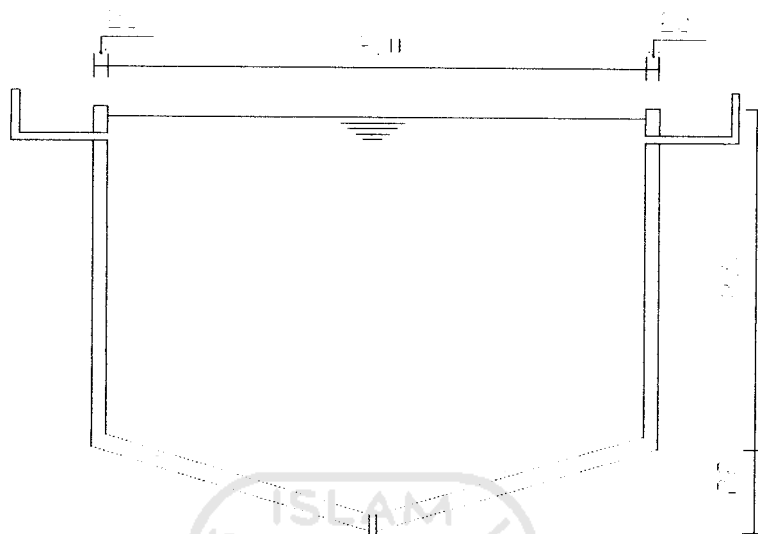
Ps = kandungan bahan padat lumpur

Sumber Metcalf and Eddy, 2003

Ruang lumpur berbentuk limas terbalik

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= \frac{1}{3} \times \text{luas alas} \times \text{tinggi (h)} \\ 0.259 \text{ m}^3/\text{hri} &= \frac{1}{3} \times 3,88 \text{ m}^2 \times h \\ h &= \frac{0,777 \text{ m}^3}{3,88 \text{ m}^2} \\ &= 0,2 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi tinggi ruang lumpur = 0,2 m



Gbr.5.11. Bak Sedimentasi

d. Bak Pengering Lumpur

1. Data Perencanaan

- Periode pengeringan = 30 hari.
- Tebal lapisan pasir = 25 cm.
- Tebal lapisan kerikil = 30 cm
- Tebal lapisan lumpur = 20 – 30 cm.

2. Perhitungan

Lumpur yang terjadi = 5 %

Spesifik gravity = 1,02

$$\begin{aligned}
\text{Massa padat yang dihilangkan} &= \text{SS removal} \times Q_{ab} \times 1,02 \\
&= 102,06 \text{ mg/L} \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\
&= 0,10206 \text{ kg/m}^3 \times 116,333 \text{ m}^3/\text{hri} \times 1,02 \\
&= 12,1104 \text{ kg/hri.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V &= \frac{M_s}{P_w \times S_{Si} \times P_s} \\
&= \frac{12,1104 \text{ kg/hri}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 1,02 \times 0,05} \\
&= \frac{12,1104 \text{ kg/hri}}{51 \text{ kg/m}^3} \\
&= 0,2375 \text{ m}^3/\text{hri.}
\end{aligned}$$

Dimensi bak pengering lumpur :

Volume lumpur selama pengeringan $0,314 \text{ m}^3/\text{hari}$.

$$\begin{aligned}
\text{Volume bak} &= \text{volume lumpur} \times \text{lama waktu pengeringan} \\
&= 0,2375 \text{ m}^3/\text{hri} \times 30 \text{ hari} \\
&= 7,125 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi bak total} &= h_{\text{pasir}} + h_{\text{kerikil}} + h_{\text{lumpur}} + \text{toleransi} \\
&= 25 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 30 \text{ cm} + 25 \text{ cm} \\
&= 110 \text{ cm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas permukaan bak} &= \text{Volume bak} : \text{tinggi total bak} \\
&= 7,125 \text{ m}^3 : 1,1 \text{ m} \\
&= 6,477 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Dimensi bak

Panjang : Lebar = 2 : 1

$$\text{Panjang} : \text{Lebar} = \frac{1}{2} \times \text{Luas Bak}$$

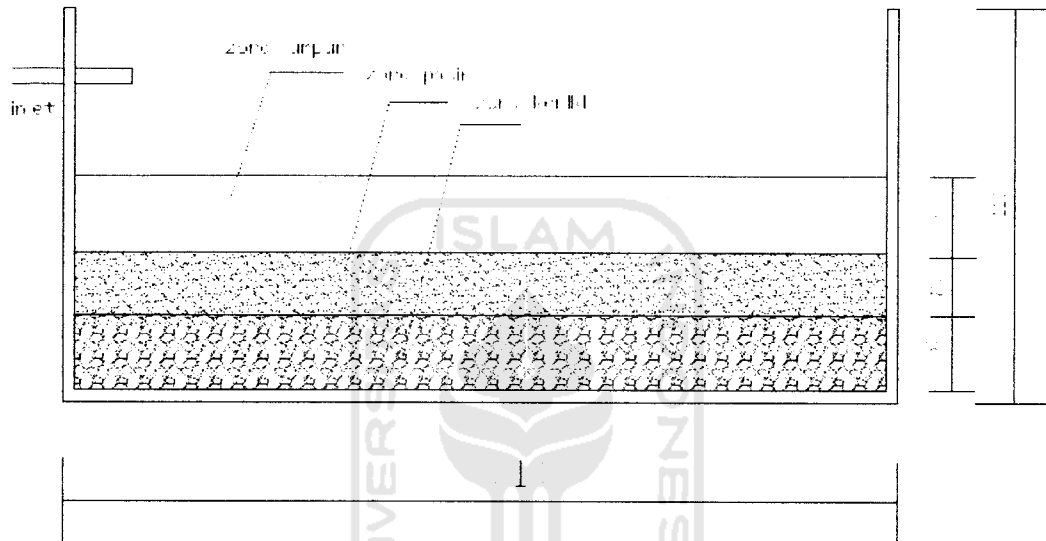
$$2L^2 = \frac{1}{2} \times 6,477 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{6,477 \text{ m}^2}$$

$$L = 2,55 \text{ m}$$

Dengan $L = 2,55 \text{ m}$,

maka : $P = 2 L = 2 \times 2,55 \text{ m} = 5,1 \text{ m}$



Gbr.5.12. Bak Pengering lumpur

5.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Tabel 5.1. Analisa RAB

No.	Pekerjaan		Harga Satuan (Rp)	Upah (Rp)	Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Pekerjaan Tanah					
1	Galian Tanah					
		0,735	Pekerja	32.500	23.887,5	
		0,073	Mandor	40.000	2.920	
				26.807,5	0	26.807,5
2	Urugan Tanah Kembali					
		0,192	Pekerja	32.500	6.240	
		0,019	Mandor	40.000	760	
				7.000	0	7.000
3	Urugan Tanah dipadatkan					
		0,5	Pekerja	32.500	16.250	
		0,05	Mandor	40.000	2.000	
		1	Alat	10.000	10.000	
		1	Tanah Urug	32.000	32.000	
				60.250		60.250
	Pekerjaan Beton					
1	Pas.Batu Bata 1/2 Bata					
		100	Batu Bata	175	17.500	
		0,23	Zak Semen	70.000	16.100	
		0,043	Pasir Beton	46.000	1.978	
		0,01	Kepala Tukang	45.000	450	
		0,1	Tukang Batu	40.000	4.000	
		0,32	Pekerja	32.500	10.400	
		0,015	Mandor	40.000	600	
				15.450	35.578	51.028

No.	Pekerjaan		Harga Satuan (Rp)	Upah (Rp)	Bahan (Rp)	Jumlah (Rp)
2	Beton Bertulang Plat					
	1	Beton 1:2:3	232.000		232.000	
	150	Besi Tulangan	6.900		1.035.000	
	2,5	Bekisting	92.057		230.142,5	
	0,025	Kepala Tukang	45.000		1.125	
	0,25	Tukang Batu	40.000		10.000	
	1,65	Pekerja	32.500		53.625	
	0,08	Mandor	40.000		3.200	
					1.565.093	1.565.093

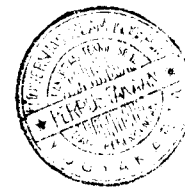
5.2.1 Activated Sludge

Tabel 5.2. Rencana Anggaran Biaya AS

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	BarScreen				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	0,424	m ³	26.807,5	11.366,38
2	Urugan Tanah Kembali	0,096	m ³	7.000	672
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,096	m ³	60.250	5.784
					17.822,38
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	1,374	m ³	51.028	70.112,472
2	Beton Bertulang Plat	0,484	m ³	1.565.092,5	757.504,77
					827.617,242
					845.439,622

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Prasedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	19,284	m ³	26.807,5	516.955,83
2	Urugan Tanah Kembali	0,214	m ³	7.000	1.498
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,214	m ³	60.250	12.893,5
					531.347,33
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	6,32	m ³	5.1028	322.496,96
2	Beton Bertulang Plat	5,51	m ³	1.565.092,5	8.623.659,675
					8.946.156,635
					9.477.503,965
	Bak Aerasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	11,84	m ³	26.807,5	317.400,8
2	Urugan Tanah Kembali	0,528	m ³	7.000	3.696
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,528	m ³	60.250	31.812
					352908,8
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	5,736	m ³	51.028	292.696,608
2	Beton Bertulang Plat	4,848	m ³	1.565.092,5	7.587.568,44
					7.880.265,048
					8.233.173,848

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Sedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	18,627	m ³	26.807,5	499.343,3025
2	Urugan Tanah Kembali	0,281	m ³	7.000	1.967
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,281	m ³	60.250	16.930,25
					518.240,5525
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	7,242	m ³	51.028	369.544,776
2	Beton Bertulang Plat	6,91	m ³	1.565.092,5	10.814.789,18
					11.184.333,95
					11.702.574,5
	Bak Indikator				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	14,712	m ³	26.807,5	394.391,94
2	Urugan Tanah Kembali	0,5585	m ³	7.000	3.909,5
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,5585	m ³	60.250	33.649,625
					431.951,065
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	4,352	m ³	51.028	222.073,856
2	Beton Bertulang Plat	3,704	m ³	1.565.092,5	5.797.102,62
					6.019.176,476
					6.451.127,541



No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Klorinasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	4,453	m ³	26.807,5	119.373,7975
2	Urugan Tanah Kembali	0,643	m ³	7.000	4.501
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,643	m ³	60.250	38.740,75
					162.615,5475
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	3,328	m ³	51.028	169.821,184
2	Beton Bertulang Plat	2,478	m ³	1.565.092,5	3.878.299,215
					4.048.120,399
					4.210.735,947
	Bak Pengering Lumpur				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	59,174	m ³	26.807,5	1.586.307,005
2	Urugan Tanah Kembali	3,956	m ³	7.000	27.692
3	Urugan Tanah dipadatkan	3,956	m ³	60.250	238.349
					1.852.348,005
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	12,32	m ³	51.028	628.664,96
2	Beton Bertulang Plat	11,85	m ³	1.565.092,5	18.546.346,13
					19.175.011,09
					21.027.359,09

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Lain-lain				
I	Pekerjaan Persiapan				
	1. Pembersihan Lahan		Ls	250.000	250.000
	2. Pengukuran Lahan		Ls	500.000	500.000
	3. Urugan Pasir/Bongkar		Ls	700.000	700.000
					1.450.000
II	Perpipaan				
	1. Pipa Diameter 4"	1,5	m ³	323.000	484.500
III	Blower	4	Buah	15.500.000	62.000.000
IV	Pompa Lumpur	1	buah	2.000.000	2.000.000
V	Ruang Kontrol	1	Buah	15.000.000	15.000.000
					84.161.733,05

Tabel 5.3. Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	BarScreen	845.439,622
2	Bak Prasedimentasi	9.477.503,965
3	Bak Aerasi	8.233.173,848
4	Bak Sedimentasi	11.702.574,5
5	Bak Indikator	6.451.127,541
6	Bak Klorinasi	4.210.735,947
7	Bak Pengering Lumpur	21.027.359,09
8	Lain-lain	84.161.733,05
	Jumlah Total	143.678.124,8

5.2.2 UASB System

Tabel 5.4. Rencana Anggaran Biaya UASB

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	BarScreen				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	0,424	m ³	26.807,5	11.366,38
2	Urugan Tanah Kembali	0,096	m ³	7.000	672
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,096	m ³	60.250	5.784
					17.822,38
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	1,374	m ³	51.028	70.112,472
2	Beton Bertulang Plat	0,484	m ³	1.565.092,5	757.504,77
					827.617,242
					845.439,622
	Bak UASB				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	49,614	m ³	26.807,5	1.330.027,305
2	Urugan Tanah Kembali	4,014	m ³	7.000	28.098
3	Urugan Tanah dipadatkan	4,014	m ³	60.250	241.843,5
					1.599.968,805
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	37,11	m ³	51.028	1.893.649,08
2	Beton Bertulang Plat	36,83	m ³	1.565.092,5	57.642.356,78
					59.536.005,86
					61.135.974,66

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Aerasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	11,84	m ³	26.807,5	317.400,8
2	Urugan Tanah Kembali	0,528	m ³	7.000	3.696
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,528	m ³	60.250	31.812
					352.908,8
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	18,12	m ³	51.028	924.627,36
2	Beton Bertulang Plat	17,64	m ³	1.565.092,5	27.608.231,7
					28.532.859,06
					28.885.767,86
	Bak Sedimentasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	18,627	m ³	26.807,5	499.343,3025
2	Urugan Tanah Kembali	0,281	m ³	7.000	1.967
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,281	m ³	60.250	16.930,25
					518.240,5525
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	7,242	m ³	51.028	369.544,776
2	Beton Bertulang Plat	6,91	m ³	1.565.092,5	10.814.789,18
					11.184.333,95
					11.702.574,5

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Indikator				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	14,712	m ³	26.807,5	394.391,94
2	Urugan Tanah Kembali	0,5585	m ³	7.000	3.909,5
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,5585	m ³	60.250	33.649,625
					43.1951,065
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	4,352	m ³	51.028	222.073,856
2	Beton Bertulang Plat	3,704	m ³	1.565.092,5	5.797.102,62
					6.019.176,476
					6.451.127,541
	Bak Klorinasi				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	4,453	m ³	26.807,5	119.373,7975
2	Urugan Tanah Kembali	0,643	m ³	7.000	4.501
3	Urugan Tanah dipadatkan	0,643	m ³	60.250	38.740,75
					162.615,5475
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	3,328	m ³	51.028	169.821,184
2	Beton Bertulang Plat	2,478	m ³	1.565.092,5	3.878.299,215
					4.048.120,399
					4.210.735,947

No.	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
	Bak Pengering Lumpur				
I	Pekerjaan Tanah				
1	Galian Tanah	22,634	m ³	26.807,5	606.760,955
2	Urugan Tanah Kembali	1,521	m ³	7.000	10.647
3	Urugan Tanah dipadatkan	1,521	m ³	60.250	91.640,25
					709.048,205
II	Pekerjaan Beton				
1	Pas Batu Bata 1/2 Bata	6,758	m ³	51.028	344.847,224
2	Beton Bertulang Plat	5,424	m ³	1.565.092,5	8.489.061,72
					8.833.908,944
					9.542.957,149
	Lain-lain				
I	Pekerjaan Persiapan				
	1. Pembersihan Lahan		Ls	250.000	250.000
	2. Pengukuran Lahan		Ls	500.000	500.000
	3. Urugan Pasir/Bongkar		Ls	700.000	700.000
					1.450.000
II	Perpipaan				
	1. Pipa Diameter 4"	2,05	m ³	323.000	662.150
III	Pompa Lumpur	1	buah	2.000.000	2.000.000
					4.112.150

Tabel 5.5. Total Rencana Anggaran Biaya

No.	Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)
1	BarScreen	845.439,622
2	Bak Prasedimentasi	9.477.503,965
3	Bak UASB	61.135.974,66
4	Bak Aerasi	28.885.767,86
5	Bak Sedimentasi	11.702.574,5
6	Bak Indikator	6.451.127,541
7	Bak Klorinasi	4.210.735,947
8	Bak Pengering Lumpur	9.542.957,149
9	Lain-lain	4.112.150
Jumlah Total		126.886.727,3

5.3 Pembahasan

Limbah cair Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram merupakan salah satu hasil samping dari berbagai kegiatan di rumah sakit, sehingga kualitasnya harus memenuhi persyaratan tertentu bagi kesehatan sebelum dibuang ke badan air penerima. Parameter utama dari limbah cair domestic yaitu BOD, COD dan TSS, dimana ketiga parameter ini harus memenuhi standar baku mutu air buangan golongan II. Hal ini dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut, sehingga direncanakan suatu bangunan instalasi pengolahan limbah cair yang dihasilkan oleh rumah sakit.

Pengolahan limbah cair domestik Rumah Sakit Risa Sentra Medika Mataram dalam perencanaan ini terdapat dua alternatif pengolahan biologis yaitu

dengan proses lumpur aktif dan proses anaerobik (UASB). Pengolahan biologis ini dilakukan untuk menurunkan konsentrasi parameter pencemar utama yang terdapat dalam limbah cair domestik.

5.3.1 Lumpur Aktif (*Activated Sludge*)

Pada proses Lumpur Aktif terdiri dari unit-unit pengolahan yaitu : barscreen, bak prasedimentasi, bak aerasi, bak sedimentasi, bak indikator, bak klorinasi dan bak pengering Lumpur. Pada proses ini dua bak yang utama yaitu bak aerasi dan bak sedimentasi. Dimana bak aerasi ini berfungsi untuk mengontakkan limbah cair dengan udara, hal ini dimaksudkan agar kandungan oksigen dalam air meningkat. Penambahan oksigen secara terus menerus adalah salah satu usaha untuk meningkatkan kualitas yang baik dalam degradasi bahan organik.

Bak sedimentasi dalam proses Lumpur aktif ini berfungsi untuk memisahkan Lumpur aktif dalam air limbah yaitu padatan dan cairan dengan menggunakan gaya gravitasi. Pada bak aerasi zat padat tersuspensi dipertahankan sehingga diperlukan bak pengendap setelah bak aerasi. Dari hasil perhitungan pada table 4.1. tentang efisiensi penurunan parameter pencemar pada proses Lumpur aktif dapat diperoleh hasil sebagai berikut : TSS effluent sebesar 12.6 mg/L, COD effluent sebesar 40.5 mg/L, BOD effluent sebesar 8.085 mg/L. Sehingga effluent dari proses Lumpur aktif ini telah memenuhi standar baku mutu yang telah ditentukan.

Sedangkan besarnya Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk bangunan instalasi pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan sistem Lumpur aktif ini yaitu **143.678.124,8** rupiah.

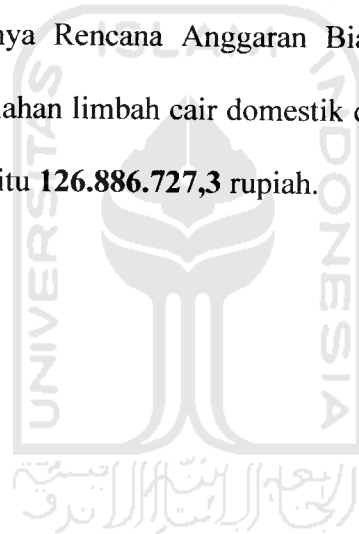
5.3.2 Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)

Pada proses anaerobik ini mempunyai unit-unit pengolahan fisik dan kimia yang sama dengan proses lumpur aktif, dimana yang membedakan yaitu tidak terdapat unit prasedimentasi karena pada sistem pengolahan ini dilakukan penambahan reaktor anaerobik (UASB) dalam unit pengolahan biologisnya. UASB yang lebih dikenal dengan istilah “selimut Lumpur” adalah suatu reaktor pengolahan limbah dengan proses anaerobik yaitu dengan penguraian senyawa organik secara biologi menjadi gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2) tanpa kehadiran molekul oksigen. Dimana reaktor UASB ini terdiri dari bak dengan sistem aliran ke atas dimana air limbah masuk dari bawah ke bagian atas reaktor melalui *sludge blanket* yang terbentuk di bagian bawah reaktor tersebut.

Dalam perencanaan dengan reaktor UASB ini dilengkapi dengan alat *Gas Liquid Solid* (GLS) yang berfungsi sebagai pemisah antara gas, lumpur dan air bersih yang diletakkan di bagian atas reaktor. Karena di dalam reaktor ini di dalamnya terjadi dekomposisi yang terdiri dari dua tahap yaitu yang pertama hidrolisa asam organik sederhana seperti asam asetat dan asam propionate oleh bakteri pembentuk asam, dan kemudian perubahan senyawa organik menjadi gas (CH_4) dan (CO_2).

Selain menghasilkan gas metan dan karbondioksida, reaktor UASB ini juga dapat menurunkan kadar pencemar yaitu 80% BOD dan 85% COD. Oleh karena reaktor ini tidak bisa menurunkan kadar TSS yang tinggi, maka setelah pengolahan limbah cair pada reaktor UASB akan terendapkan secara gravitasi pada unit pengolahan sedimentasi. Dari hasil perhitungan pada table 4.2 tentang efisiensi penurunan parameter pencemar pada proses Anaerobik (UASB) dapat diperoleh hasil sebagai berikut yaitu : TSS sebesar 28,35 mg/L, COD sebesar 6,75 mg/L, dan BOD sebesar 2,31 mg/L.

Sedangkan besarnya Rencana Anggaran Biaya yang diperlukan untuk bangunan instalasi pengolahan limbah cair domestik dengan menggunakan sistem Anaerobik (UASB) ini yaitu **126.886.727,3** rupiah.



Tabel 5.6. Perbandingan AS dan UASB dengan pertimbangan beberapa Aspek

Lumpur Aktif (<i>Activated Sludge</i>)	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i> (UASB)
<p>1. Aspek Teknis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan pada proses ini mempunyai efektivitas yang cukup tinggi, karena mampu mereduksi atau menurunkan kandungan organik yang menjadi parameter utama yaitu BOD sebesar 92,65%, COD sebesar 83,8%, dan TSS sebesar 96,4%. - Dari segi konstruksi, teknis pelaksanaan di lapangan harus diperhatikan karena itu dalam proses ini membutuhkan tenaga ahli dalam pelaksanaannya. Material konstruksi yang digunakan untuk konstruksi sistem pengolahan ini mudah didapatkan. Bahan-bahan konstruksi yang diperlukan dijual di pasaran. - Dari segi operasi dan pemeliharaan, dalam proses ini memerlukan tenaga ahli untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit bangunan Lumpur Aktif. 	<p>1. Aspek Teknis :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan pada proses ini juga mempunyai efektivitas yang tinggi, karena mampu mereduksi atau menurunkan kandungan organik yang menjadi parameter utama yaitu BOD sebesar 97,9%, COD sebesar 97,3%, dan TSS sebesar 91,9%. - Dari segi konstruksi, teknis pelaksanaan di lapangan harus diperhatikan karena itu dalam proses ini membutuhkan tenaga ahli dalam pelaksanaannya. Material konstruksi yang digunakan untuk konstruksi sistem pengolahan ini mudah didapatkan. Bahan-bahan konstruksi yang diperlukan dijual di pasaran. - Dari segi operasi dan pemeliharaan, dalam proses ini memerlukan tenaga ahli untuk pengoperasian dan pemeliharaan unit bangunan UASB.
<p>2. Aspek Ekonomis Pada proses ini pembiayaan konstruksi bangunan sebesar 143.678.124,8 rupiah</p>	<p>2. Aspek Ekonomis Pada proses ini pembiayaan konstruksi bangunan sebesar 126.886.727,3 rupiah</p>
<p>3. Aspek Lingkungan Penggunaan lahan bangunan IPAL yang mencukupi sebagai tempat pembangunan setiap unit-unit IPAL, dimana effluen yang dihasilkan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan tidak mengganggu keseimbangan biologis.</p>	<p>3. Aspek Lingkungan Penggunaan lahan bangunan IPAL yang mencukupi sebagai tempat pembangunan setiap unit-unit IPAL, dimana effluen yang dihasilkan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan tidak mengganggu keseimbangan biologis.</p>

Berdasarkan tabel 5.6. dapat dicermati bahwa perbandingan antara sistem Aerob dalam hal ini *Activated Sludge* (AS) dengan sistem Anaerob dalam hal ini *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB), tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan baik dari segi teknis maupun lingkungan. Karena kedua sistem tersebut sama-sama memiliki kelebihan dalam segi teknis baik itu dalam hal konstruksi dan efektifitas bangunan IPAL.

Dari hasil perhitungan efisiensi removal air limbah pada tabel 4.1, dimana sistem *Activated Sludge* (AS) mampu menghasilkan efisiensi removal pada BOD sebesar 92,65%, COD sebesar 83,8%, dan TSS sebesar 96,4%. Sedangkan pada sistem pengolahan yang menggunakan *Upflow Anaerobic Sludge Blanket* (UASB) mampu menghasilkan efisiensi removal pada BOD sebesar 97,9%, COD sebesar 97,3%, dan TSS sebesar 91,9%.

Begitupun juga pada segi lingkungan, kedua sistem tersebut tidak menimbulkan gangguan terhadap keseimbangan ekologis dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan. Lahan yang tersedia mencukupi untuk pembangunan perencanaan IPAL baik dengan sistem AS ataupun UASB.

Tetapi perbedaan yang paling signifikan adalah dari segi ekonomi. Pada sistem AS total Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebesar 143.678.124,8 rupiah, sedangkan pada sistem UASB total RAB sebesar 126.886.727,3 rupiah. Sehingga sistem UASB menjadi lebih ekonomis daripada AS. Hal ini disebabkan karena pada sistem *Activated Sludge* menggunakan aerasi mekanik yang memerlukan aerator, yaitu blower. Sedangkan pada UASB menggunakan aerasi manual yaitu *Cascade Aeration* yang lebih ekonomis karena tanpa aerator.