BAB V
DETAIL ENGINEERING DESIGN UNIT PENGOLAHAN

5.1. Saluran Pembawa

a) Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran : 0,3 – 0,6 m/s

  (Sumber : Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*, 316)
- Freeboard : 5% – 30%

  (Sumber : *Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159*)

  Dimensi saluran : Lebar (B) = 2H
- Nilai koefisien manning (n) :

No	**Bahan**	**Koefisien manning (n)**
1	Besi tuang lapis	0,014
2	Kasca	0,010
3	Saluran beton	0,013
4	Bata dilapisin mortar	0,015
5	Pasangan batu semen	0,025
6	Saluran tanah bersih	0,022
7	Saluran tanah	0,030
8	Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
9	Sluran pada galian batu padas	0,040

(Sumber : Bambang Triadmodjo, 2015, tabel 4.2 Harga Koefisien Manning)

b) Data Perencanaan

- Direncanakan saluran pembawa saluran tertutup
- Debit : 2100 m^3/hari = 0,024 m^3/s
- Jumlah saluran pembawa : 1
- Kecepatan aliran (v) : 0,3 m/s
- Koefisien manning (n) : 0,013
- Panjang saluran : 5 m
- Freeboard : 20%
- Dimensi Saluran = B = 2H

c) Perhitungan

a. Luas Penampang Saluran

$A = \frac{Q}{v} = \frac{0,024\ m^3/s}{0,3\ m/s}$

$= 0,08\ m^2$

b. Kedalaman Saluran

$H = \frac{A}{B}$

$H = \frac{A}{2H}$

$2H^2 = A$

$2H^2 = 0,08\ m^2$

$H^2 = 0,04\ m^2$

H = 0,2 m

H total = H + freeboard

H total = 0,2 + (20% x 0,2)

H total = 0,24 m

B = 2H

B = 2 x 0,2 m

B = 0,4 m

c. Cek Kecepatan

$V = \frac{Q}{A}$

$V = \frac{Q}{B\ x\ H}$

$V = \frac{0{,}024\ m^3\ /s}{0{,}4\ m\ x\ 0{,}24\ m}$

V = 0,3 m/s

d. Jari – jari Hidrolis

$R = \frac{B\ x\ H}{B+(2\ x\ H)}$

$R = \frac{0{,}4\ m\ x\ 0{,}2\ m}{0{,}4\ m+(2\ x\ 0{,}2\ m)}$

$R = \frac{0{,}8\ m^2}{0{,}8\ \ m}$

R = 1 m

e. Kemiringan Saluran / Slope

$S = \left(\frac{n\ x\ v}{R^{2}/_{3}}\right)^2$

$S = \left(\frac{0{,}013\ x\ 0{,}3}{1^{2}/_{3}}\right)^2$

$S = \left(\frac{0{,}0027}{1}\right)^2$

S = 1,6 x 10^{-5}

(s < 1 x 10^{-3} m/m → memenuhi)

d) Resume Bangunan

- Menggunakan saluran tertutup berbentuk rectangular
- Kedalaman saluran (H) = 0,2 m
- Kedalaman total (H total) = 0,24 m
- Lebar (B) = 0,4 m
- Kemiringan saluran = 1,6 x 10^{-5} m/m

5.2. Bak Ekualisasi

a) **Kriteria Perencanaan**

- Td = 10 menit – 30 menit
- H = 1,5 – 2 m
- Kecepatan aliran (v) : 0,3 – 0,6 m/detik

(Sumber: *Metcalf and Eddy*, 1979, hal. 343)

b) **Data Perencanaan**

- Q bak penampung = Q saluran pembawa = 2100 m^3/hari = 0,024 m^3/s
- Menggunakan 1 bak penampung
- Td = 30 menit = 1800 s
- Freeboard = 20%
- V = 0,3 m/s

c) **Perhitungan**

1. Volume Bak Penampung

   V = Q x td

   = 0,024 m^3/s x 1800 s

   = 43,2 m^3

2. Dimensi Bak Penampung

   V = L x B x H → H = 2m; L = B

   43,2 m^3 = B x B x 2m

   43,2 m^3 = $2B^2$

   B = $\sqrt{\frac{43,2\ m^2}{2}}$

   B = 4,6 m = 5 m

   L = B = 5 m

   H total = H + (20% x H)

   = 2 m + (20% x 2 m)

   = 2,4 m

3. Jari – jari Hidrolis

$R = \frac{B\ x\ H}{B+(2\ x\ H)}$

$R = \frac{5\ m\ x\ 2\ m}{5\ m + (2\ x\ 2\ m)}$

$R = \frac{10\ m^2}{9\ m}$

R = 1 m

4. Kemiringan Saluran / Slope

   $S = \left(\frac{n\ x\ v}{R^{2}/_{3}}\right)^2$

   $S = \left(\frac{0{,}013\ x\ 0{,}3}{1^{2}/_{3}}\right)^2$

   $S = \left(\frac{0{,}0039}{1}\right)^2$

   S = $1{,}5 \times 10^{-5}$ m/m = 0,000015 m/m

5. Headloss

   Headloss = S × panjang bak

   = 0,000015 m/m × 5 m

   = 0,000075

6. Pompa Menuju Netralisasi

   Dengan Q = 0,024 m^3/s

   = 86,4 m^3/jam

   Dari Grafik *Performance Curves*, didapatkan data spesifikasi pompa sebagai berikut :

   - Merk Pompa = GRUNDFOS
   - Tipe Pompa = AP100.100.24

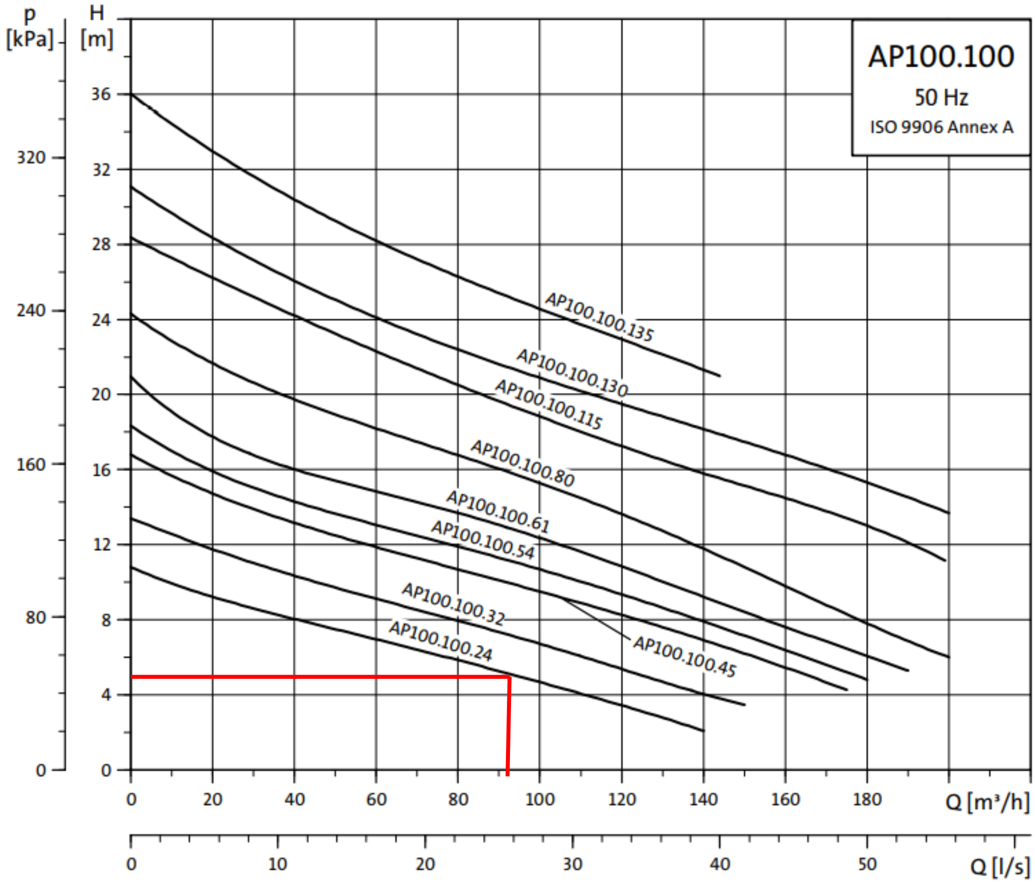
     50 Hz

     ISO 9906 Annex A
   - Diameter pipa *suction* (inlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch
   - Diameter pipa *discharge* (outlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch

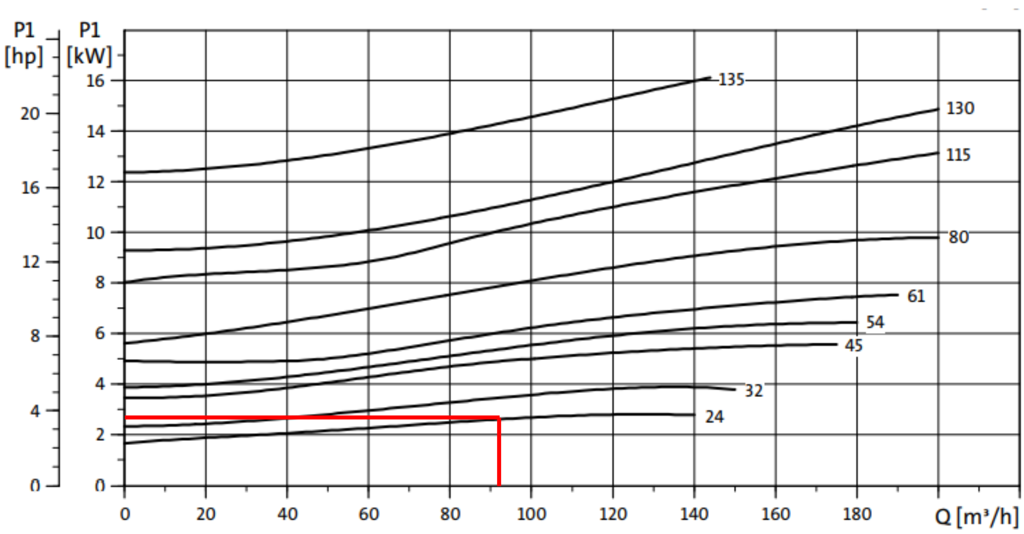
     Sumber : Grundfos, hal
   - *Head* pompa = 5 m

- Daya pompa = 2,7 kW

Grafik pompa submersible



Grafik Power Submersible



- Luas penampang pipa

  A $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$

  $= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}117)^2$

  = 0,01 m^2

- Kecepatan aliran dalam pipa

  V $= \frac{Q}{A}$

  $= \frac{0{,}024\ m^3/s}{0{,}01\ m^2}$

  = 2,4 m/s

- Panjang pipa suction (L) = 0,5 m
- Panjang pipa discharge (L) = 1,1 m + 3,5 m + 2,6 m = 8,2 m
- Headlos Mayor (Hf Mayor)

  Pipa Suction

  Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

  $= \left[\frac{10{,}7\ x\ 0{,}5\ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

  = 0,02 m

  Pipa Discharge

  Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

  $= \left[\frac{10{,}7\ x\ 8{,}2\ \ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

  = 0,34

  Total Hf mayor = Hf mayor suction + Hf mayor discharge

  = 0,02 m + 0,34 m

  = 0,36 m

- Headloss Minor (Hf Minor)

  Pipa Suction

  Accesoris Pipa Suction = 1 check valve = 2,5

Hf minor $= \frac{n \ x \ K \ x \ v^2}{2 \ x \ g}$

$= \frac{1 \ x \ 2,5 \ x \ 2,4^2}{2 \ x \ 9,81}$

= 0,7 m

Pipa Discharge

Accesoris pipa discharge = 1 gate valve = 0,19

= 1 Elbow 90˚ = 0,75

Hf Minor $= \frac{n \ x \ K \ x \ v^2}{2 \ x \ g} + \frac{n \ x \ K \ x \ v^2}{2 \ x \ g}$

$= \frac{1 \ x \ 0,19 \ x \ 2,4^2}{2 \ x \ 9,81} + \frac{1 \ x \ 0,75 \ x \ 2,4^2}{2 \ x \ 9,81}$

= 0,06 m + 0,2 m

= 0,26 m

Total Hf minor = Hf minor Suction + Hf minor Discharge

= 0,7 m + 0,26 m

= 0,96 m

- Headloss total (Hf total)

  Hf total = total Hf Mayor + total Hf Minor

  = 0,36 m + 0,96 m

  = 1,32 m

- Syarat headpump > Headloss total

  5 m > 1,32 m **(memenuhi)**

d) **Resume Bangunan**

- Panjang : 5 m
- Lebar : 5 m
- Tinggi : 2
- Tinggi total : 2,4 m
- Pipa outlet :

  Merk pompa : GRUNDFOS

  Tipe pompa : AP 100.100

  51 z

  ISO 9906 Annex A

∅ Pipa Suction (inlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch

∅ Pipa Discharge (outlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch

Head pompa = 7 m

Daya Pompa = 3,2 kW

5.3. Netralisasi

a) Kriteria Perencanaan

- Waktu detensi (td) : 20 – 60 s
- Gradien kecepatan (G) : 700 – 1000/s
- Diameter proppeler (Di) : <18 inch (maksimal 0,45 m)
- Kecepatan propeller : 400 – 1750 rpm
- Nre : > 10.000 (turbulen)

(Sumber : *Reynold*, hal 182-187)

b) Data Perencanaan

- Debit : 2100 m^3/hari = 0,024 m^3/s

c) Direncanakan

Tangki Pembubuh

- Menggunakan NaOH karena merupakan basa kuat dan air limbah bersifat asam
- Jumlah bak : 1 unit
- pH limbah : 3 (asam)
- Massa jenis NaOH : 2,13 kg/L
- Pengenceran kosentrasi NaOH : 50%
- Berat molekul NaOH : 40
- Periode pelarutan : 10 hari
- Gradien kecepatan (G) : 900/s
- Viskositas absolute (μ) : T = 28˚C = 0,8324 x 10^{-3} N.s/m^3
- Jenis impeller : propeller, pitch 1, 3 blades
- Konstanta turbulen ($K\tau$) : 0,32
- Kecepatan putaran propeller (n) : 600 rpm = 10 rps

Tangki Netralisasi

- Menggunakan 1 buah tangki netralisasi berbentuk circular yang dilengkapi dengan kontroler pH
- Menggunakan 1 tangki netralisasi
- Debit air limbah (Q) : 1000 m^3/hari = 0,01157 m^3/s
- Waktu detensi (td) : 50 s
- Gradien kecepatan (G) : 900/s
- Densitas air, T=28˚C : 0,9962 gr/cm^3 = 996,2 kg/m^3
- Jenis impeller : propeller, pitch 1, 3 blades
- Konstanta turbulen ($K\tau$) : 0,32
- Kecepatan putaran paddle (n) : 600 rpm = 10 rps
- Lebar paddle (Wi) : 1/10 D

d) Perhitungan

Bak Pembubuh

1. Dosis NaOH

Dosis NaOH untuk menetralkan air buangan yang bersifat asam (pH awal = 3), dibutuhkan menaikkan 8 tingkat menuju pH 11, dan didiamkan selama 10 menit untuk membantu pengendapan parameter logam berat. Berikut perhitungan untuk dosis yang diperlukan :

Persamaan reaksi = $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

$[OH]^- = 10^{-4}$

$[OH^-] = \frac{massa\ (g)}{volume\ air\ (L)}$ x $\frac{1}{BM\ (\frac{gr}{gr}mol)}$ x valensi

$[OH^-] = \frac{massa\ (g)}{1\ L}$ x $\frac{1}{40\ (\frac{gr}{gr}mol)}$ x 1

$[OH^-] = \frac{massa\ (g)}{40\ x\ 10^4}$

pOH = - log $[OH^-]$

8 = - log $\frac{massa\ (g)}{40\ x\ 10^4}$

10^{-8} = $\frac{massa\ (g)}{40\ x\ 10^4}$

Massa= 0,004 g/L

Artinya dibutuhkan 0,004 g NaOH tiap 1 L air limbah

2. Kebutuhan NaOH = dosis NaOH x Q air limbah

= 0,004 g/L x 2100000 L/hari

= 8400 g/hari

= 8,4 kg/hari

3. Volume NaOH = $\frac{Kebutuhan\ NaOH}{\rho\ NaOH}$ x periode pelarutan

= $\frac{8{,}4\ kg/hari}{2{,}13\ kg/l}$ x 10 hari

= 39 L

4. Kebutuhan air pelarut (pengenceran NaOH = 50%)

V1.N1 = V2.N2

V1. 50% = 39 L. 100%

V1 = $\frac{100}{50}\ x\ 39\ L$

V1 = 78 L

5. Volume total tangki pembubuh

V total = V NaOH + V air pelarut

= 39 L + 78 L

= 117 L

= 0,117 m^3

Setelah diketahui volume tangki pembubuh, maka didapatkan spesifikasi tangki pembubuh sebagai berikut :

Spesifikasi

- Merk : Stake
- Model tangki : ZTF-150
- Kapasitas tangki : 150 L
- Kapasitas tangki maks : 182 L
- Diameter tangki : 650 mm = 0,65 m
- Kedalaman tangki : 844 mm = 0,844 m
- Model penyangga : ZS-4

6. Supply tenaga ke air

P = G^2 x µ x V

= $(900/s)^2$ x 0,8324 x 10^{-3} $N.s/m^3$ x 0,117 m^3

= 78,8 N.m/s = 78,8 watt

7. Diameter impeller

Di $= \left(\frac{P}{K\tau.n^3.\rho}\right)^{1/5}$

$= \left(\frac{78{,}8\ N.m/s}{0{,}32.(10\ rps)^3.996{,}2\ kg/m^3}\right)^{1/5}$

= 0,19 m

= 0,2 m (memenuhi)

8. Lebar impeller

Wi $= \frac{1}{10}$ x Di

$= \frac{1}{10}$ x 0,2 m

= 0,02 m

9. Jarak impeller dari dasar = 0,5 x Di

   = 0,5 x 0,2 m

   = 0,1 m

10. Kedalaman air

    V = ¼ x π x d^2 x h air

    0,117 m^3 = ¼ x 3,14 x $(0{,}65\ m)^2$ x h air

    h air = 0,35 m = 0,4 m

berdasarkan perhitungan, maka diperoleh spesifikasi pengaduk dan motor penggerak sebagai berikut

Spesifikasi :

- Merk : Satake
- Model : A730-0.2 A
- Tenaga : 0,2 kW = 200 watt
- Diameter impeller: 220 mm = 0,22 m

11. Cek bilangan Reynold

$$Nre = \frac{(Di)^2 . n . \rho}{\mu}$$

$$= \frac{(0{,}22)^2 . 10\ rps . 996{,}2\ kg/m^3}{0{,}8324.10^{-3}\ N.s/m^2}$$

= 579241,7 (memenuhi Nre > 10000)

Tangki Netralisasi

1. Volume tangki

Volume limbah = Q x td

= 0,024 m^3/s x 50 s

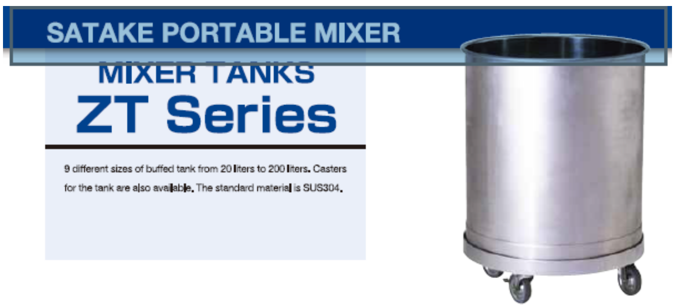
= 1,2 m^3

Volume total = vol limbah + vol. Pembubuh

= 1,2 m^3 + 0,117 m^3

= 1,317 m^3 = 1317 L

Dari perhitungan volume tangki diatas diperoleh spesifikasi tangki netralisasi sebagai berikut :



Spesifikasi :

- Merk : Stake
- Model tangki : ZTF-1500
- Kapasitas tangki : 1500 L
- Kapasitas tangki maks : 1721 L
- Diameter tangki : 1250 mm = 1,25 m
- Kedalaman tangki : 1535 mm = 1,54 m
- Model penyangga : ZS-5

2. Kedalaman air

$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times h_{air}$

$1{,}317\ m^3 = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times (1{,}25)^2 \times h_{air}$

$h_{air} = 1{,}1\ m$

3. Supplay tenaga

$P = G^2 \times \mu \times V$

$= (900/s)^2 \times 0{,}8324 \times 10^{-3}\ N.s/m^3 \times 1{,}317\ m^3$

$= 888\ N.s/m = 888\ watt$

4. Diameter impeller

$Di = \left(\frac{P}{K\tau.n^3.\rho}\right)^{1/5}$

$= \left(\frac{888\ N.s/m}{0{,}32.(10\ rps)^3.996{,}2\ kg/m^3}\right)^{1/5}$

$= 0{,}31\ m = 0{,}3\ m$

5. Lebar impeller

$Wi = \frac{1}{10} \times Di$

$= \frac{1}{10} \times 0{,}3\ m$

$= 0{,}03\ m$

6. Jarak impeller dari dasar $= 0{,}5 \times Di$

$= 0{,}5 \times 0{,}3\ m$

$= 0{,}15\ m$

Sesuai dengan perhitungan *Di* di dapatkan spesifikasi pengaduk dan motor pengaduk sebagai berikut :

Spesifikasi :

- Merk : Satake
- Model : A730-0.75 B
- Tenaga : 0,75 kW = 750 watt
- Diameter impeller: 310 mm = 0,31 m

7. Cek Nre

$$Nre = \frac{(Di)^2 . n . \rho}{\mu}$$

$$= \frac{(0{,}31)^2 . 10\ rps . 996{,}2\ kg/m^3}{0{,}8324.10^{-3}\ N.s/m^2}$$

= 1150105,9 (memenuhi Nre > 10000)

8. Pompa ke bak koagulasi-flokulasi

Dengan Q = 0,024 m^3/s

= 86,4 m^3/jam

Dari Grafik *Performance Curves*, didapatkan data spesifikasi pompa sebagai berikut :

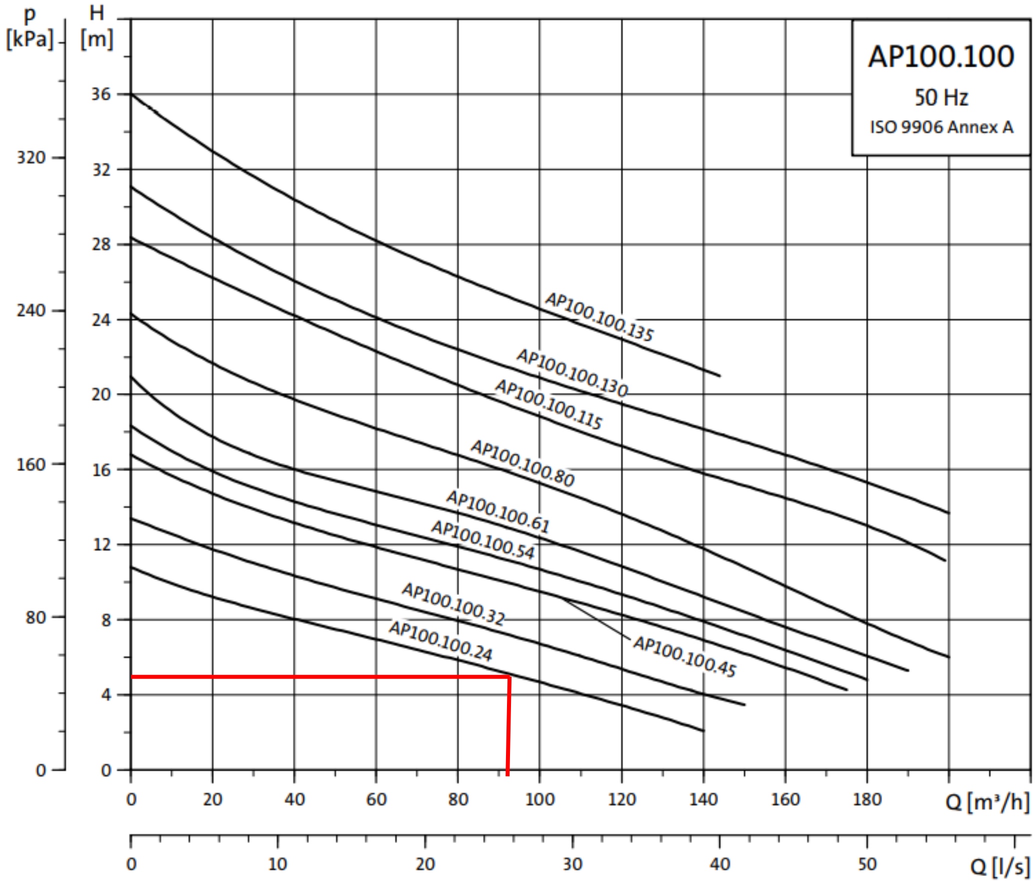
- Merk Pompa = GRUNDFOS
- Tipe Pompa = AP100.100.24

  50 Hz

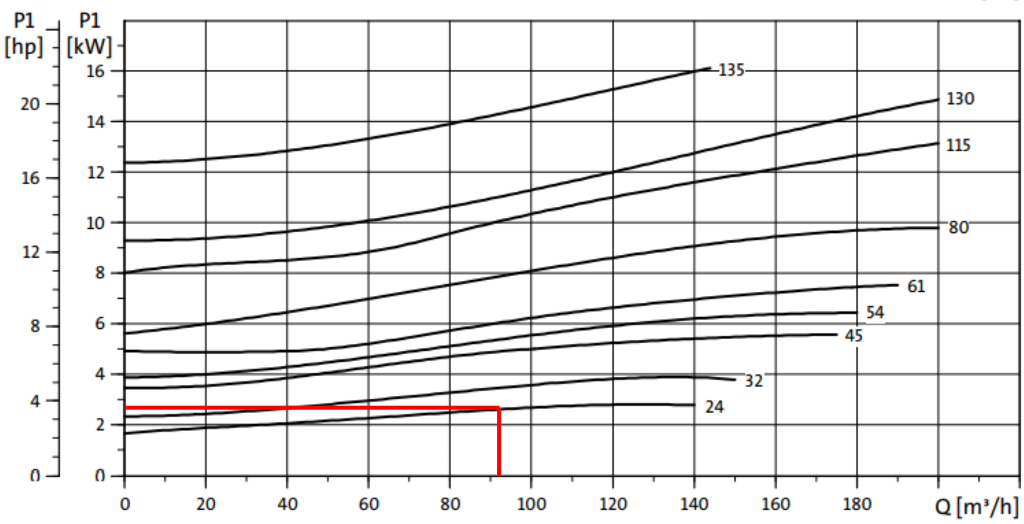
  ISO 9906 Annex A
- Diameter pipa *suction* (inlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch
- Diameter pipa *discharge* (outlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch

  Sumber : Grundfos, hal
- *Head* pompa = 4,1 m = 5 m
- Daya pompa = 2,7 kW

Grafik pompa submersible



Grafik Power Submersible



- Luas penampang pipa

A $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$

$= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}117)^2$

$= 0{,}011\ m^2$

- Kecepatan aliran dalam pipa

V $= \frac{Q}{A}$

$= \frac{0{,}01157\ m^3/s}{0{,}011\ m^2}$

= 1,05 m/s

- Panjang pipa suction (L) = 2 m
- Panjang pipa discharge (L) = 0,3 +1,4 + 4,5 = 6,2 m
- Headlos Mayor (Hf Mayor)

Pipa Suction

Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

$= \left[\frac{10{,}7\ x\ 2\ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

= 0,08 m

Pipa Discharge

Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

$= \left[\frac{10{,}7\ x\ 6{,}2\ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

= 0,26

Total Hf mayor = Hf mayor suction + Hf mayor discharge

= 0,08 m + 0,26 m

= 0,34 m

- Headloss Minor (Hf Minor)

Pipa Suction

Accesoris Pipa Suction = 1 check valve = 2,5

Hf minor $= \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g}$

$= \frac{1\ x\ 2,5\ x\ 1,05^2}{2\ x\ 9,81}$

= 0,14 m

Pipa Discharge

Accesoris pipa discharge = 1 gate valve = 0,19

= 4 Elbow 90˚ = 0,75

Hf Minor $= \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g} + \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g}$

$= \frac{1\ x\ 0,19\ x\ 1,05^2}{2\ x\ 9,81} + \frac{4\ x\ 0,75\ x\ 1,05^2}{2\ x\ 9,81}$

= 0,01 + 0,2

= 0,21 m

Total Hf minor = Hf minor Suction + Hf minor Discharge

= 0,14 m + 0,21 m

= 0,35 m

- Headloss total (Hf total)

  Hf total = total Hf Mayor + total Hf Minor

  = 0,34 m + 0,35 m

  = 0,69 m

- Syarat headpump > Headloss total

  5 m > 0,69 m **(memenuhi)**

e) Resume Bangunan

Tangki Pembubuh

- Merk : Stake
- Model tangki : ZTF-150
- Kapasitas tangki : 150 L
- Kapasitas tangki maks : 182 L
- Diameter tangki : 650 mm = 0,65 m
- Kedalaman tangki : 844 mm = 0,844 m
- Ketebalan tangki : 1,5 mm = 0,0015 m

- Model penyangga : ZS-4

Tangki Netralisasi

- Merk : Stake
- Model tangki : ZTF-1500
- Kapasitas tangki : 1500 L
- Kapasitas tangki maks : 1721 L
- Diameter tangki : 1250 mm = 1,25 m
- Kedalaman tangki : 1535 mm = 1,54 m
- Model penyangga : ZS-5

5.4. Koagulasi

a) Kriteria Perencanaan

- Waktu detensi (td) = 20-60 detik
- Gradien kecepatan (G) = 700-1000/s

(Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. hal 185)

- Kedalaman (H) = 0,5-1,25 diameter reaktor
- Kecepatan pengadukan *paddle* (n) = 20-150 rpm
- Diameter *paddle* = 50 – 80 % dari diameter bak
- *Flat Paddles, 2 blades,* D_1/W_1 = *8* (KL = 33 ; KT = 1,15)

(Tom D. Reynold, Paul A. Richards 1996, hal 183)

- Kecepatan pipa outlet koagulan (v) = 0,3-2,5 m/s

(Soufyan M. Noerbambang, Takeo Morimura, 1993)

- Dosis Alum $Al_2(SO_4)_3$ = 75 – 250 mg/l

(Wesley Eckenfelder 200, hal 132)

- Massa jenis alum (ρ alum) = 2,67 g/cm^3= 2,67 Kg/l = 2670 kg/m^3
- Konsentrasi alum $Al_2(SO_4)_3$ = 15-22%

(Reynold, hal 175)

b) Data Perencanaan

- Debit : 2100 m^3/hari = 0,024 m^3/s

c) **Direncanakan**

Tangki Pembubuh

- Waktu detensi (td) = 1 hari
- n (bak koagulan dan bak koagulasi) menggunakan *impeller* jenis *Paddle*
- Kecepatan pengadukan Bak Penampung Koagulan = 120 rpm = 2 rps
- Gradient Kecepatan (G) = 800
- Pembubuhan koagulan dilakukan secara gravitasi
- Suhu 20°C, Viskositas absolut air (μ_{air}) = $1{,}0087.10^{-2}$ = $1{,}0087.10^{-3}$ Ns/m^2
- Massa jenis air (ρ_{air}) = 996 kg/m^3

  (Tom D. Reynold, Paul A. Richards 1996)
- Massa jenis alum (ρ alum) = 2,67 g/cm^3 = 2670 kg/m^3
- Konsentrasi Aluminium Sulfate (C $Al_2(SO_4)_3$) = 20 %
- Kadar air dalam Aluminium Sulfate (C H_2O) = 75 %
- Menggunakan 1 bak pelarut
- Dosis Aluminium Sulfate $Al_2(SO_4)_3$ = 80 mg/L

  (Wesley Eckenfelder 200, hal 132)
- Freeboard = 10-20%

Tangki Koagulasi

- Menggunakan 1 buah tangki koagulan berbentuk *circular*
- Kedalaman tangki (T) = 1,25D/W m
- Massa jenis air (30° C) = 0,99568 g/cm^3 = 996 kg/m^3
- *Freeboard* = 20% kedalaman
- Waktu detensi (td) = 50 s
- Gradien kecepatan (G) = 800 /s

- Viskositas Absolut (μ) = 0,8004 x 10^{-3} N.s/m
- Jenis *impeller* = *Flat Paddles, 2 Blades*, Di/Wi= 8
- Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen (KT2) *Flat Paddles, 2 Blades*= 1,15

  (Reynold, 188)
- Lebar *paddle* (Wi) = 1/8 D_i

  (Reynold, 188)
- Kecepatan putaran *paddle* (n) = 90 rpm = 1,5 rps

d) Perhitungan

Tangki Pembubuh

1. Kebutuhan Alum

   $Al_2(SO_4)_3$ = Dosis $Al_2(SO_4)_3$ × Q

   $Al_2(SO_4)_3$ = 80 mg/lt × 2100000 L/hari

   $Al_2(SO_4)_3$ = 168000000 mg/hari

   $Al_2(SO_4)_3$ = 168 Kg/hari
2. Kadar alum 20 %

   Kadar keb. alum $= \frac{100}{\text{konsentrasi (\%) } Al_2(SO_4)_3}$ ×Kebutuhan$Al_2(SO_4)_3$

   Kadar keb. Alum $= \frac{100}{20} \times 168$ kg

   =840 kg/hari
3. Kebutuhan alum cair

   $V\ Al_2(SO_4)_3 = \frac{\text{Kebutuhan Koagulan}}{\rho\ Al_2(SO_4)_3}$

   $= \frac{840 \text{ kg/hari}}{2{,}67 \text{ kg/L}}$

   = 315 L/hari
4. Volume air pelarut (V H_2O)

V H_2O $= \frac{100\%-25\%}{25\%} \times$ V $Al_2(SO_4)_3$

$= \frac{75\%}{25\%} \times$ 315 L /hari

= 945 L/hari = 0,945 m^3/hari

5. Debit Total = 0,315 m^3/hari + 0,945 m^3/hari

   = 1,26 m^3/hari

6. Volume tangki koagulan

   V = (V $Al_2(SO_4)_3$ + V H_2O) x td

   = (0,315 m^3/hari + 0,945 m^3/hari) x 1 hari

   = 1,26 m^3

   Jadi, volume sekali pelarutan debit koagulan dalam 24 jam/1 hari sebesar 1,26 m^3

7. Dimensi bak penampung koagulan

   H = 1,25D

   Vbpk = ¼ × π × D^2 × H

   1,26 m^3 = ¼ × 3,14 × D^2 × 1,25D

   1,26 m^3 = 1,18 × D^3

   D = 0,7 m

   H = 1,25(1 m)

   = 1,25 m

   Htotal = H + freeboard

   = 1,25 m + (20% × 1,25 m)

   = 1,5 m

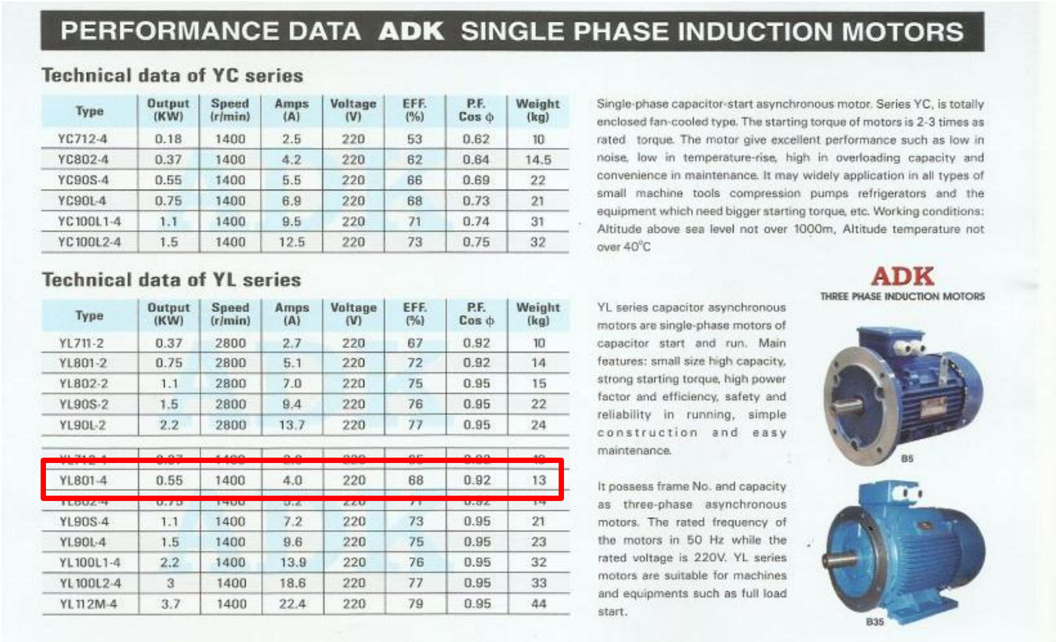
8. Suplai Tenaga ke Air (Nusa Idaman, 2017, hal. 32)

   P = G^2 . μ . V

   = $(700/s)^2$. 0,8004 x 10^{-3} N.s/m^2 . 1,26 m^3

   = 494 N.m/s

= 494 watt



PERFORMANCE DATA ADK SINGLE PHASE INDUCTION MOTORS

Technical data of YC series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos ϕ	Weight (kg)
YC712-4	0.18	1400	2.5	220	53	0.62	10
YC802-4	0.37	1400	4.2	220	62	0.64	14.5
YC90S-4	0.55	1400	5.5	220	66	0.69	22
YC90L-4	0.75	1400	6.9	220	68	0.73	21
YC100L1-4	1.1	1400	9.5	220	71	0.74	31
YC100L2-4	1.5	1400	12.5	220	73	0.75	32

Single-phase capacitor-start asynchronous motor. Series YC, is totally enclosed fan-cooled type. The starting torque of motors is 2-3 times as rated torque. The motor give excellent performance such as low in noise, low in temperature-rise, high in overloading capacity and convenience in maintenance. It may widely application in all types of small machine tools compression pumps refrigerators and the equipment which need bigger starting torque, etc. Working conditions: Altitude above sea level not over 1000m, Altitude temperature not over 40°C

Technical data of YL series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos ϕ	Weight (kg)
YL711-2	0.37	2800	2.7	220	67	0.92	10
YL801-2	0.75	2800	5.1	220	72	0.92	14
YL802-2	1.1	2800	7.0	220	75	0.95	15
YL90S-2	1.5	2800	9.4	220	76	0.95	22
YL90L-2	2.2	2800	13.7	220	77	0.95	24
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
YL801-4	0.55	1400	4.0	220	68	0.92	13
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
YL90S-4	1.1	1400	7.2	220	73	0.95	21
YL90L-4	1.5	1400	9.6	220	75	0.95	23
YL100L1-4	2.2	1400	13.9	220	76	0.95	32
YL100L2-4	3	1400	18.6	220	77	0.95	33
YL112M-4	3.7	1400	22.4	220	79	0.95	44

YL series capacitor asynchronous motors are single-phase motors of capacitor start and run. Main features: small size high capacity, strong starting torque, high power factor and efficiency, safety and reliability in running, simple construction and easy maintenance.

It possess frame No. and capacity as three-phase asynchronous motors. The rated frequency of the motors in 50 Hz while the rated voltage is 220V. YL series motors are suitable for machines and equipments such as full load start.

ADK
THREE PHASE INDUCTION MOTORS
B5
B35

Dari perhitungan tenaga/power yang didapat, maka spesifikasi motor pengaduk yang digunakan adalah ADK Single Phase Induction Motors Type YL801-4 output 0,55 kW

9. Diameter Impeller

9. Di $= \left(\frac{\text{P}}{\text{KT}.n^3.\rho}\right)^{1/5}$

$= \left(\frac{494 \text{ N.m/s}}{1{,}15 \text{ x } (2 \text{ rps})^3 \text{x } 996 \text{ kg/m3}}\right)^{1/5}$

= 0,6 m

Cek diameter impeller

Perbandingan $= \left(\frac{\text{diameter impeller}}{\text{diameter tangki}}\right)$ x 100%

$= \left(\frac{0{,}6}{1}\right)$ x 100%

= 60 % (Memenuhi range 50% < Di/D < 80% **OK**)

10. Lebar impeller

Wi $= \frac{1}{8}$ x Di

$= \frac{1}{8}$ x 0,6 m

= 0,075 m

Cek lebar Impeller

Wi = x diameter paddle

0,075 m = x 0,6

x = 0,125 (memenuhi kriteria 1/10 – 1/6 Di paddle)

- Jarak impeller dari dasar bak

Jarak = 50 % x Di

= 50 % x 0,6 m

= 0,3 m

- Cek N_{Re}

$N_{Re} = \frac{Di^2 \text{ x n x } \rho}{\mu}$

$= \frac{(0{,}6 \text{ m})^2 \text{ x 2 rps x 996 kg/m3}}{0{,}8004 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m2}}$

= 895952 **(N_{RE} > 10.000) (Memenuhi)**

Tangki Koagulasi

1. Dimensi tangki koagulasi

- $Volume_{(limbah+pembubuh)}$ = (Qlimbah + Q pembubuh) x td

= (0,024 m^3/s + 0,000015 m^3/s) x 60 s

= 1,4 m^3

11. V $= \frac{1}{4}$ x π x D^2 x H

1,4 m^3 $= \frac{1}{4}$ x 3,14 x D^2 x 1,25D

D = 1,2 m

H = 1,25 x D

= 1,25 x 1,2 m

= 1,5

- Htotal = H + *freeboard*

  = 1,5 m + (20% x 1,5 m)

  = 1,8

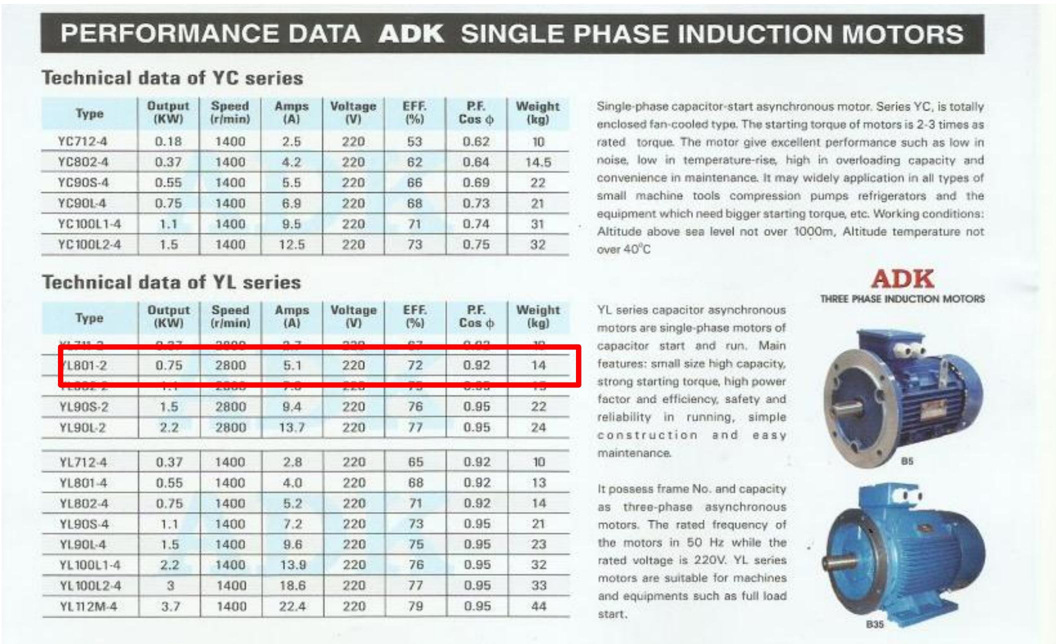
2. Suplai tenaga ke air (**Nusa Idaman, 2017, hal. 32**)

   P $= G^2 . \mu . V$

   $= (800/s)^2 . 0,8004 \times 10^{-3}$ N.s/m^2 . 1,4 m^3

   = 615 N.m/s

   = 615 watt



PERFORMANCE DATA ADK SINGLE PHASE INDUCTION MOTORS

Technical data of YC series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos φ	Weight (kg)
YC712-4	0.18	1400	2.5	220	53	0.62	10
YC802-4	0.37	1400	4.2	220	62	0.64	14.5
YC90S-4	0.55	1400	5.5	220	66	0.69	22
YC90L-4	0.75	1400	6.9	220	68	0.73	21
YC100L1-4	1.1	1400	9.5	220	71	0.74	31
YC100L2-4	1.5	1400	12.5	220	73	0.75	32

Single-phase capacitor-start asynchronous motor. Series YC, is totally enclosed fan-cooled type. The starting torque of motors is 2-3 times as rated torque. The motor give excellent performance such as low in noise, low in temperature-rise, high in overloading capacity and convenience in maintenance. It may widely application in all types of small machine tools compression pumps refrigerators and the equipment which need bigger starting torque, etc. Working conditions: Altitude above sea level not over 1000m, Altitude temperature not over 40°C

Technical data of YL series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos φ	Weight (kg)
YL711-2	0.37	2800	2.7	220	67	0.92	10
YL801-2	0.75	2800	5.1	220	72	0.92	14
YL802-2	1.1	2800	[illegible]	220	[illegible]	[illegible]	[illegible]
YL90S-2	1.5	2800	9.4	220	76	0.95	22
YL90L-2	2.2	2800	13.7	220	77	0.95	24
YL712-4	0.37	1400	2.8	220	65	0.92	10
YL801-4	0.55	1400	4.0	220	68	0.92	13
YL802-4	0.75	1400	5.2	220	71	0.92	14
YL90S-4	1.1	1400	7.2	220	73	0.95	21
YL90L-4	1.5	1400	9.6	220	75	0.95	23
YL100L1-4	2.2	1400	13.9	220	76	0.95	32
YL100L2-4	3	1400	18.6	220	77	0.95	33
YL112M-4	3.7	1400	22.4	220	79	0.95	44

YL series capacitor asynchronous motors are single-phase motors of capacitor start and run. Main features: small size high capacity, strong starting torque, high power factor and efficiency, safety and reliability in running, simple construction and easy maintenance.

It possess frame No. and capacity as three-phase asynchronous motors. The rated frequency of the motors in 50 Hz while the rated voltage is 220V. YL series motors are suitable for machines and equipments such as full load start.

Dari perhitungan tenaga/power yang didapat, maka spesifikasi motor pengaduk yang digunakan adalah ADK Single Phase Induction Motors Type YL801-2 output 0,75 kW

3. Impeller

   12. Di $= \left(\frac{P}{KT . n3 . \rho}\right)^{1/5}$

   $= \left(\frac{615 \text{ N.m/s}}{1,15 \times (1,5 \text{ rps})^3 \times 996 \text{ kg/m3}}\right)^{1/5}$

   = 0,7 m

- Cek diameter impeller

Perbandingan $= \left(\frac{\text{diameter impeller}}{\text{diameter tangki}}\right)$ x 100%

$= \left(\frac{0,7}{1,2}\right)$ x 100%

= 58 % (Memenuhi range 50% < Di/D < 80% **OK**)

13. Lebar impeller

Wi $= \frac{1}{8}$ x Di

$= \frac{1}{8}$ x 0,7 m

= 0,088 m

- Cek lebar Impeller

Wi = x diameter paddle

0,088 m = x 0,7

x = 0,126 (memenuhi kriteria 1/10 – 1/6 Di paddle)

- Jarak impeller dari dasar bak

Jarak = 50 % x Di

= 50 % x 0,7 m

= 0,35 m

- Cek N_{Re}

$N_{Re} = \frac{Di^2 \text{ x n x } \rho}{\mu}$

$= \frac{(0,7\text{ m})^2 \text{ x 1,5 rps x 996 kg/m3}}{0,8004 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m2}}$

= 914618 **(N_{RE} > 10.000) (Memenuhi)**

4. Pipa Inlet/Outlet

- Luas penampang pipa

$A = \frac{Q}{v}$

$A = \frac{0,024\ m^3/detik}{0,3\ m/detik}$

A = 0,08 m^2

- Diameter pipa

$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

$D = \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}08\ m^2}{3{,}14}}$

D = 0,3 m

5. Cek kecepatan pipa

$v = \frac{Q}{A}$

$v = \frac{0{,}024\ m^3/detik}{0{,}08\ m^2}$

v = 0,3 m / detik (**OK!**)

e) Resume Bangunan

Tangki pembubuh :

- Diameter bak (D) = 1 m
- Kedalaman (H) = 1,25 m
- Kedalaman total (Htot) = 1,5 m
- Diameter impeller (Di) = 0,6 m
- Lebar paddle = 0,075 m
- Jarak paddle dari dasar bak = 0,3 m

Tangki Koagulasi :

- Diameter bak (D) = 1,2 m
- Kedalaman (H) = 1,5 m
- Kedalaman total (Htot) = 1,8 m
- Diameter impeller (Di) = 0,7 m
- Lebar paddle = 0,088 m
- Jarak paddle dari dasar bak = 0,35 m
- Diameter pipa outlet = 0,3 m

5.5. Flokulasi

a) Kriteria Perencanaan

- Gradien Kecepatan (G) = 50 – 100/s
- Waktu pengadukan (td) = 30 – 60 menit

(Sumber : Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse 4th Edition.hal 348)

- Viskositas absolut (μ) = $0,8004 \times 10^{-3}$ $N.s/m^2$
- Kecepatan pengadukan (n) = 20-150 rpm
- Tinggi bak (h) = 1-1,25 lebar bak
- Panjang Paddle = 50 – 80 % Panjang Bak
- Rasio Li/Wi = 5 berdasarkan tabel rasio nilai Cd adalah 1,2
- Rasio Li/Wi = 20 berdasarkan tabel rasio nilai Cd adalah 1,5

  (Sumber: Reynold Richard, Unit Operation and Process in Environmental Engineering, 4th edition, 2003 hal 184;198)

b) Data Perencanaan

- Q = 2100 m3/hari = 0,024 m3/s
- Menggunakan bak flokulasi berbentuk circular
- Menggunakan motor penggerak flat paddle, 2 blades (single paddle), Di/Wi = 4 (KT = 2,25)
- Gradien kecepatan (G) = 100/dtk
- Waktu pengadukan (td) = 30 menit = 1800 detik
- Viskositas absolut (μ) = 0,8004 x 10-3 N.s/m2
- Tinggi bak (h) = 1,25 lebar bak
- Di = 50% x D
- Di/Wi = 4
- Wi = 1/8 x D

c) Perhitungan

1. Volume bak

   Vol. = Q x Td

   = $0,024\ m^3/s \times 1800\ s$

   = $43,2\ m^3$

   Vol. = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$

   $43,2\ m^3 = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 \times 1,25D$

   $43,2\ m^3 = 0,98\ D^3$

D = 3,5 m

H = 1,25 D

= 1,25 (3,5 m)

= 4,375 m ≈4,5 m

Htotal = H + Fb

= 4,5 m + (20% x 4,5 m)

= 5,4 m

2. Cek Td

Vol. $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times H$

$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 3,5^2 \times 4,5$

$= 43,27\ m^3$

Td $= \frac{V}{Q}$

$= \frac{43,27\ m3}{0,024\ m3/s}$

= 1803 s = 30,05 menit (memenuhi)

3. Suplai Tenaga ke Air (Nusa Idaman, 2017, hal. 32)

P $= G^2 . \mu . V$

$= (100/s)^2 . 0,8004 \times 10^{-3}\ N.s/m^2 . 43,2\ m^3$

= 346 N.m/s

= 346 watt

PERFORMANCE DATA ADK SINGLE PHASE INDUCTION MOTORS

Technical data of YC series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos ϕ	Weight (kg)
YC712-4	0.18	1400	2.5	220	53	0.62	10
YC802-4	0.37	1400	4.2	220	62	0.64	14.5
YC90S-4	0.55	1400	5.5	220	66	0.69	22
YC90L-4	0.75	1400	6.9	220	68	0.73	21
YC100L1-4	1.1	1400	9.5	220	71	0.74	31
YC100L2-4	1.5	1400	12.5	220	73	0.75	32

Single-phase capacitor-start asynchronous motor. Series YC, is totally enclosed fan-cooled type. The starting torque of motors is 2-3 times as rated torque. The motor give excellent performance such as low in noise, low in temperature-rise, high in overloading capacity and convenience in maintenance. It may widely application in all types of small machine tools compression pumps refrigerators and the equipment which need bigger starting torque, etc. Working conditions: Altitude above sea level not over 1000m, Altitude temperature not over 40°C

Technical data of YL series

Type	Output (KW)	Speed (r/min)	Amps (A)	Voltage (V)	EFF. (%)	P.F. Cos ϕ	Weight (kg)
YL711-2	0.37	2800	2.7	220	67	0.92	10
YL801-2	0.75	2800	5.1	220	72	0.92	14
YL802-2	1.1	2800	7.0	220	75	0.95	15
YL90S-2	1.5	2800	9.4	220	76	0.95	22
YL90L-2	2.2	2800	13.7	220	77	0.95	24
YL712-4	0.37	1400	2.8	220	65	0.92	10
YL801-4	0.55	1400	4.0	220	68	0.92	13
YL802-4	0.75	1400	5.2	220	71	0.92	14
YL90S-4	1.1	1400	7.2	220	73	0.95	21
YL90L-4	1.5	1400	9.6	220	75	0.95	23
YL100L1-4	2.2	1400	13.9	220	76	0.95	32
YL100L2-4	3	1400	18.6	220	77	0.95	33
YL112M-4	3.7	1400	22.4	220	79	0.95	44

YL series capacitor asynchronous motors are single-phase motors of capacitor start and run. Main features: small size high capacity, strong starting torque, high power factor and efficiency, safety and reliability in running, simple construction and easy maintenance.

It possess frame No. and capacity as three-phase asynchronous motors. The rated frequency of the motors in 50 Hz while the rated voltage is 220V. YL series motors are suitable for machines and equipments such as full load start.

ADK
THREE PHASE INDUCTION MOTORS


B5


B35

Dari perhitungan tenaga/power yang didapat, maka spesifikasi motor pengaduk yang digunakan adalah ADK Single Phase Induction Motors Type YL711-2 output 0,37 kW

4. Diameter Impeller

14. Di = 50 % x D

= 50 % x 3,5 m

= 1,75 m

Cek diameter paddle

Perbandingan $= \left(\frac{\text{diameter impeller}}{\text{diameter tangki}}\right)$ x 100%

$= \left(\frac{1,75}{3,5}\right)$ x 100%

= 50 % (Memenuhi range 50% < Di/D < 80% **OK**)

15. Lebar impeller

Wi = $\frac{1}{8}$ x Di

= $\frac{1}{8}$ x 1,75 m

= 0,22 m

Cek lebar Impeller

Wi = x diameter paddle

0,22 m = x 1,75

x = 0,126 (memenuhi kriteria 1/10 – 1/6 Di paddle)

- Jarak impeller dari dasar bak

  Jarak = 50 % x Di

  = 50 % x 1,75 m

  = 0,875 m ≈ 0,9 m

- Cek N_{Re}

  $N_{Re} = \frac{Di^2 \text{ x n x } \rho}{\mu}$

  $= \frac{(1{,}75 \text{ m})^2 \text{ x } 1{,}5 \text{ rps x } 996 \text{ kg/m3}}{0{,}8004 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m2}}$

  = 5715892 **(N_{RE} > 10.000) (Memenuhi)**

5. Pipa Inlet/Outlet

- Luas penampang pipa

  $A = \frac{Q}{v}$

  $A = \frac{0{,}024\ m^3/detik}{0{,}3\ m/detik}$

  $A = 0{,}08\ m^2$

- Diameter pipa

  $D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$

  $D = \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}08\ m^2}{3{,}14}}$

  D = 0,3 m

6. Cek kecepatan pipa

  $v = \frac{Q}{A}$

  $v = \frac{0{,}024\ m^3/detik}{0{,}08\ m^2}$

  v = 0,3 m / detik (**OK!**)

d) Resume Bangunan

- Diameter bak (D) = 3,5 m
- Kedalaman (H) = 4,5 m

- Kedalaman total (Htot) = 5,4 m
- Diameter impeller (Di) = 1,75 m
- Lebar paddle = 0,22 m
- Jarak paddle dari dasar bak = 0,9 m
- Diameter pipa outlet = 0,3 m = 12 inch

5.6. Bak Pengendap 1

a) Kriteria Perencanaan

- Kedalaman (H) : 3 – 4,9 m
- Panjang (P) : 15 – 90 cm
- Lebar : 3 – 24 m
- Kecepatan putaram : 0,6 – 1,2 m/menit

(Metcalf & Eddy, 2003, hal 398)

Zona Sedimentasi

Kriteria Perencanaan

- Waktu Detensi (td) = 0,6 – 3,6 jam
  (Qasim, 1999 hal 334)
- Over Flowrate (OFr)
  Average = 30-50 m3/m2.hari
  Peak = 80-120 m3/m2.hari
- Weir Loading Rate = 125-500 m3/m2.detik
- Kemiringan / slope dasar (s) = 1%
  (Metcalf and Eddy hal 398)
- Diameter Partikel Flok (Dp) = 0,001 – 1 cm
  (Fair Gayer and Okun, hal 25 - 18)
- Specific Gravity (Sg) = 1,03
- Kemiringan Plate Settler = 45 dan 60 derajat
  (Metcalf and Eddy hal 411; 375)
- Freeboard = 5 – 30 %

(Ven Te Chow & E.V. Nensi Rosalina, Hidrolika Saluran terbuka Hal, 145)

- $v\ horisontal\ (vO < vS)$
- Kontrol pengerusan (scouring) β = 0,02−0,12; α= 0,03 m
- Bil. Reynold (NRe) Kec. Aliran < 2000 (Laminer)
- Bil. Reynold (NRe) Kec. Pengendapan < 1 (Laminer)
- Bilangan Froude (NFR) > 10-5 → untuk mencegah aliran short circuiting

Data Perencanaan

- Bentuk Rectangular
- Debit limbah (Q) = 0,024 m3/detik
- Over Flowrate (OFr) = 31m3/m2.hari = 0,00035 m3/m2.detik
- Waktu detensi (td) = 2 jam = 7200 detik
- Kemiringan Plate Settler = 60°
- Jumlah Plate Settler = 2/3 Panjang Zona Settling
- Lebar Plate Settler = Lebar Zona Settling
- Tebal Plate Settler = 0,1 m
- Tinggi Plate Settler = 1 m
- Jarak Antar Plate Settler = 0,5 m
- Jarak Baffle dari Zona Inlet = 1,5 m
- Tinggi Baffle = 1 m
- Massa jenis air limbah (ρ) = 1,2 kg/liter = 1200 kg/m3
- Specific Gravity (Sg) suspended solid = 1,03
- Suhu (T) = 30° C
- Viskositas Absolut suhu 30° C (μ) = 0,8004 x 10-3 N.detik/m2
- Viskositas Kinematis suhu 30° C = 0,8039 x 10-6 m2/s
- Freeboard = 10%

b) Perhitungan

Zona Settling

1. Dimensi Bak

   Volume bak (V) = Q x td

   = 0,024 m^3/detik x 9000 detik

   = 216 m^3

   Jika direncanakan L: B = 4 : 1 dan H settling = 3,5 m maka

   Volume bak (V) = L x B x H

   216 m^3 = 4B x B x 3,5 m

   216 m^3 = $14B^2$

   B = 3,8 m ≈ 4 m (memenuhi)

   Maka L = 4 x B = 4 x 4 = 16 m (memenuhi)

   H_{Total} = H + (10% × H)

   H_{Total} = 3,5 m + (10% × 3,5m)

   H_{Total} = 3,5 m + 0,35 m = 3,85 (memenuhi)

2. Sludge

   Sludge dalam BP 1 ini berasal dari lumpur hasil pengolahan koagulasi-flokulasi

   - Berat solid

     TSS = removal TSS x Q

     = 10 mg/L x 2100.000 L/hari

     = 21 kg/hari

     Seng = removal Seng x Q

     = 3 mg/L x 2100.000 L/hari

     = 6,3 kg/hari

     Timbal = removal timbal x Q

     = 0,9 mg/L x 2100.000 L/hari

     = 1,89 kg/hari

     Krom = removal krom x Q

= 1,2 mg/L x 2100.000 L/hari

= 2,52 kg/hari

Titanium = removal titanium x Q

= 1,5 mg/L x 2100.000 L/hari

= 3,15 kg/hari

Fenol = removal fenol x Q

= 1,2 mg/L x 2100.000 L/hari

= 2,52 kg/hari

Berat solid total = 38 kg/hari

- Berat jenis solid

  Berat jenis solid = *spesific gravity of solid* (Ss) x massa jenis air

  = 1,4 x 996,2 kg/m^3

  = 1.394,7 kg/m^3

- Volume solid $= \frac{berat\ solid}{berat\ jenis\ solid}$

  $= \frac{38\ kg/hari}{1.394,7\ kg/m^3}$

  = 0,03 m^3

- Berat air

  Berat air $= \frac{95\%}{5\%}\ x\ berat\ solid$

  $= \frac{95\%}{5\%}\ x$ 38 kg/hari

  = 722 kg/hari

- Volume air

  Volume air $= \frac{berat\ air}{berat\ jenis\ air}$

  $= \frac{722\ kg/hari}{995,68\ kg/m3}$

  = 0,7 m^3

- Volume sludge

  Volume sludge = volume solid + volume air

  = 0,03 m^3 + 0,7 m^3

  = 0,73 m^3

- Berat jenis slude

  Berat jenis sludge = *spesific gravity of sludge* (Sg) x massa jenis air

  = 1,02 x 996,2 kg/ m^3

  = 1.016 kg/m^3

- Berat sludge = volume sludge x berat jenis sludge

  = 0,73 m^3/hari x 1.016 kg/m^3

  = 742 kg/hari

3. Ruang Lumpur

- Volume ruang lumpur $= \frac{berat\ lumpur + berat\ air}{berat\ jenis\ lumpur}$

  $= \frac{742\ \frac{\text{kg}}{\text{hari}} + 722\ \text{kg/hari}}{1016\ \ \text{kg/m3}}$

  = 1,4 m^3/hari

- Volume ruang lumpur 1 x pengurasan = 1,4 m^3/hari x 3 hari

  = 4,2 m^3

- Dimensi Ruang Lumpur

  Panjang permukaan zona lumpur (P_1) = 3 m

  Lebar permukaan zona lumpur (L_1) = lebar bak = 3 m

  Panjang dasar zona lumpur (P_2) = 2 m

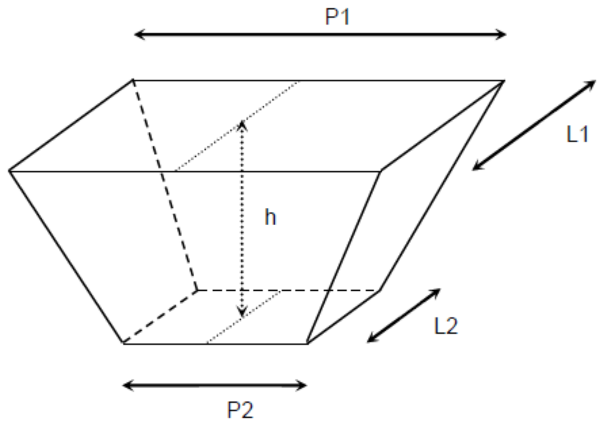
  Lebar dasar zona lumpur (L_2) = 2 m

  A_1 = P_1 x L_1

  = 3 x 3 m = 9 m^2

  A_2 = P_2 x L_2

  = 2 x 2 m = 4 m^2



- Volume grit storage $= 1/3\ h \times (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2})$

  h $= \frac{Volume}{1/3 \times (A1 + A2 + \sqrt{A1 + A2})}$

  h $= \frac{4{,}2\ m3}{1/3 \times (9 + 4 + \sqrt{9 + 4})}$

  h $= 0{,}8$ m

- Debit lumpur pada pipa $= \frac{volume\ lumpur}{waktu\ pengurasan}$

  $= \frac{1{,}4\ m^3}{86400\ detik} = 1{,}6 \times 10^{-5}$ m^3/dt

4. Dimensi Pipa Penguras

   Data Perencanaan :

   - Kecepatan aliran pipa penguras = 0.5 m/s
   - Volume sludge : 1,4 m^3
   - Waktu Pengurasan = 1200 s = 20 menit

   Perhitungan :

   a) Debit tiap pengurasan (Qp)

   Qp $= \frac{volume\ sludge}{waktu\ pengurasan}$

   $= \frac{4{,}2\ m3}{1200\ detik}$

   $= 3{,}5 \times 10^{-3}\ m^3/s$

   b) Luas Permukaan pipa penguras (A)

   A $= \frac{Q\ pengurasan}{V}$

$= \frac{3{,}5 \times 10-3\ m3/detik}{0.6\ m/detik}$

= 0,006 m^2

c) Diameter pipa penguras (Dp)

Dp $= \left[\frac{4\ x\ A}{3{,}14}\right]^{0{,}5}$

$= \left[\frac{4\ x\ 0{,}006}{3{,}14}\right]^{0{,}5}$

= 0,09 m

Dalam pasaran yaitu 4 inch atau 0,114 m

d) Cek kecepatan

V $= \frac{Qp}{A}$

$= \frac{3{,}5 \times 10-3\ m3/s}{0{,}006\ m2}$ = 0,6 m/s

Resume :

<u>Ruang Lumpur :</u>

- Volume ruang lumpur 1 kali pengurasan= 4,2 m^3/ pengurasan
- Dimensi Ruang Lumpur

Panjang permukaan zona lumpur (P_1)	= 3 m
Lebar permukaan zona lumpur (L_1)	= lebar bak = 3 m
Panjang dasar zona lumpur (P_2)	= 2 m
Lebar dasar zona lumpur (L_2)	= 2 m
Tinggi Ruang Lumpur	= 0,8 m

- Diameter pipa penguras (Dp) = 4 inch

Zona Settling

Zona pengendapan merupakan area yang berfungsi sebagai area pengendapan dari bangunan prasedimentasi. Zona pengendapan ini untuk mengendapkan partikel-partikel kasar pada air baku yang dapat mengendap dengan sendirinya tanpa penambahan zat kimia. Berikut adalah data-data yang direncanakan pada zona pengendapan :

Kriteria Desain

- Waktu pengendapan (td) = 1,5 – 2,5 jam (Metcalf and Eddy hal 398)
- Over Flowrate (OFR) = 30 – 50 m^3/m^2.hari
- Kemiringan dasar bak = 1 – 2%
- Kedalaman ruang pengendapan (H) = 1 – 3 m
- NRE = < 2000 untuk aliran laminer
- NFR = > 10^{-5} untuk mencegah aliran short circuiting
  (SNI 6774 – 2008 Tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air)
- $v\ horisontal$ = (vh < vS) (Kecepatan horizontal harus < kecepatan penggerusan agar partikel yang terendapkan tidak mengalami resuspensi)
- Kontrol pengerusan (scouring)
  β = 0,02 − 0,12
  α = 0,03 m
  (Sumber : Huisman, L., 1977. *Sedimentation and Flotation Mechanical Filtration*. Delft University of Technology. Delft. hal 57)
- Ketetapan (Sg) = 1,03
  (Metcalf and Eddy hal. 411)
- Detensi air (ρw) = 1200 kg/m³
- Detensi sludge (ρs) = 2650 kg m³
- viskositas absolut suhu 26 C (μ) = 0,8746 x 10^{-3} m/detik
- viskositas kinematik suhu 26 C (v) = 8,746 x 10^{-6} m/detik
  (Reynold, 762)

Data Perencanaan

- Q = 0,013 m^3/s
- Jumlah bak Pengendap I = 1 buah

- Suhu = 30 C
- Kemiringan dasar bak = 1%
- Tinggi bak sedimentasi (h) = 2,5 m
- Bak pengendap I berbentuk persegi panjang
- Lebar / Panjang = >1/5
- Good performance, n = 1/3
- Persentase removal = 85%
- t/td = Vo/(Q/A)
- Diameter partikel = 2,5 x 10^{-3} cm = 2,5 x 10^{-5} m
- OFR = 35 m^3/m^2.hari = 4,05 x 10^{-4} m^3/m^2.detik

Perhitungan

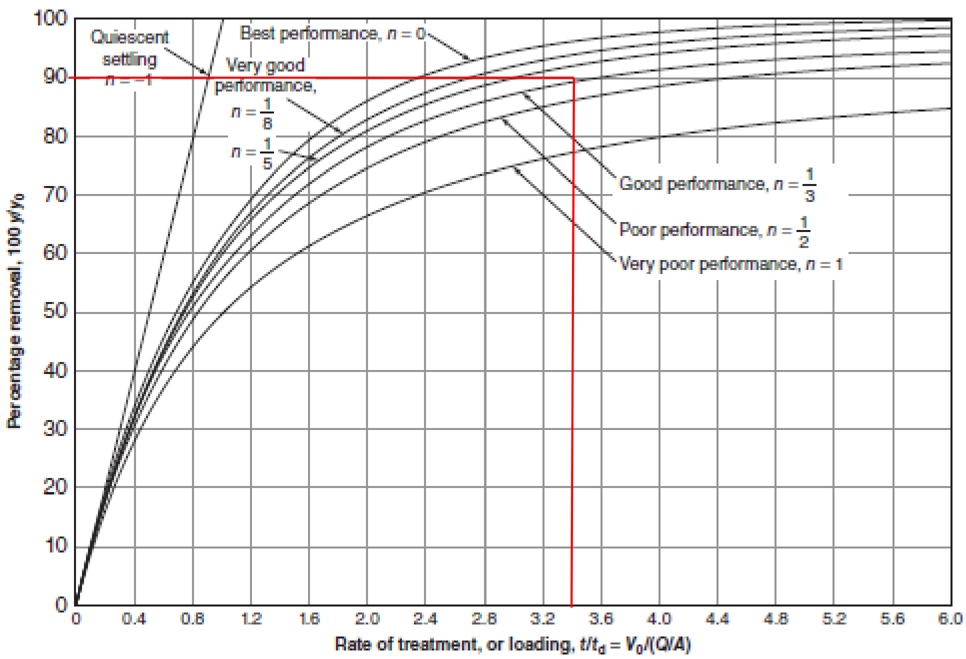
1) Debit bak prasedimentasi $= \frac{Q}{\sum prasedimentasi}$

$= \frac{0.024 \text{ m3/detik}}{1}$

= 0,024 m^3/detik

2) Kecepatan pengendapan (Vs)

Hubungan antara Efisiensi pengendapan dengan kinerja (Good Performance), dimana efisiensi pengendapan 90% dan n 1/3 maka dapat dilihat pada grafik dibawah ini



Performance curves for settling basin of varying effectiveness

(Sumber: Fair dan Geyer, 1981)

Ket : Vo = Vs

Q/A = Overflowrate

Berdasarkan grafik di atas untuk persen removal 90% maka :

$\frac{Vo}{Q/A}$ = 3,3

Vo = 3,3 x 4,05 x 10^{-4} m^3/m^2.detik

= 1,5 x 10^{-3} m/s

3) Massa jenis partikel Flok (ρ)

Sg = 1,03

Sg = $\frac{\text{Massa jenis partikel flok}}{\text{massa jenis air}}$

1,03 = $\frac{\text{Massa jenis partikel flok}}{1200 \text{ kg/m3}}$

ρ = 1236 kg/m^3

4) Diameter partikel (Dp)

Dp = $\sqrt{\frac{Vs\,.18.\ v}{g\,(sg-1)}}$

= $\sqrt{\frac{0{,}00105\frac{m}{s}\,.\ 18\,.\ 0{,}8\,x\frac{10^{-3}m^2}{s}}{9{,}81\frac{m}{s^2(1236-1200)}}}$

= 2,07 x 10^{-4} m = 0,0207 cm

5) Nilai Bil. Nre

Nre = $\frac{\rho s\ x\ dp\ x\ vs}{\mu}$

= $\frac{1236\frac{kg}{m3}\ x\ 2{,}07x10^{-4}\ x\ 1{,}05x10^{-3}}{0{,}8004\ x\ 10^{-3}\ N.\frac{s}{m^2}}$

= 0,33 **(Nre < 1 memenuhi)**

6) Volume Bak Pengendap

V = Q x td

= 0,024 m^3/s x 7200 detik

= 173 m^3

7) Dimensi Bak Pengendap

Jika OFR = 4,05 x 10^{-4} m^3/m^2.detik

Q/A = OFR

$\frac{0.024 \text{ m3/detik}}{A}$ = 4,05 x 10^{-4} m^3/m^2.detik

A = 53 m^3

Direncanakan B : L = 1 : 4

A = B x L

53 m^2 = (B) x (4B)

B = 3,6 m ≈ 4 m

L = 4B = 16 m

Jadi dimensi bak pengendap = L x B x H

= 16 m x 4 m x 3,6 m

8) Kecepatan Horizontal Partikel

Vh $= \frac{Q}{L \times H}$

$= \frac{0.024}{16 \times 3,6}$

= 4,2 x 10^{-4} m/s

9) Jari– jari Hidrolis (R)

R $= \frac{\textit{Luas Keliling Basah}}{\text{Keliling Penampang Basah}}$

$= \frac{BxH}{B+2H}$

$= \frac{4\ m \times 3,6m}{4\ m + (2 \times 3,6\ m)}$ = 1,3 m

10) Cek bilangan Reynold

Nre $= \frac{v_h \text{ x R}}{\upsilon}$

$= \frac{4,2 \text{ x } 10^{-4} \text{ m/s x } 1,3}{0,8039 \text{ x } 10^{-6} \text{ m/detik}}$

= 68 < 2000 (memenuhi)

11) Cek bilangan Froud

Nfr $= \frac{Vh}{\sqrt{g\ x\ R}}$

$= \frac{(4,2 \text{ x } 10^{-4} m/s)}{\sqrt{9,81 \, x \, 1,3 \, m}}$

= 1,2 x 10^{-5} > 10^{-5} (tidak ada death zone)

12) Cek kecepatan penggerusan (V scouring)

Vsc $= \sqrt{\frac{8 \, x \, \beta \, (Sg-1) \, g \, d}{f}}$ (Metcalf hal 410)

$= \sqrt{\frac{8 \, x \, 0,05 \, (2,65-1)9,81 \, x \, (2,07 \, x \, 10^{-4})}{0,025}} = 0,2 \, m/s$

(tidak terjadi penggerusan) → 0,2 m/s > 4,2 x 10^{-4} m/s → Vsc > Vh

13) Slope Bak (S)

S = 2% x L

= 0,02 x 16 m

= 0,32 m

PLATE SETTLER

Data Perencanaan :

- Debit plate settler = debit unit sedimentasi = 0,024 m^3/s
- Panjang plate settler = panjang zona settling = 16 m
- Lebar plate settler = lebar zona settlimg = 4 m
- Jarak antar plat (w) = 0,1 m
- Diameter partikel terkecil = *2*,07 x 10^{-4} m
- Tebal plate settler = 0,005 m
- Kemiringan plate settler = 60 derajat
- Kecepatan horizontal partikel (Vh) = 4,2 x 10^{-4} m/s
- Tinggi plate settler = 1 m

Perhitungan :

- Panjang Plate Settler

P $= \frac{H \, plate \, settler}{\sin 60}$

$= \frac{1}{\sin 60}$

= 1,15 m

- Jumlah plate settler (n_{plat})

  Panjang plate settler = Panjang Zona Settling = 3 m

  Pps = n x Wps + (n+1) x jarak antar plate

  3,2 m = n x 0,1 m + (n+1) x 0,05

  3,2 m = 0,1n +0,05n + 0,05

  n = 15 buah

Resume Perhitungan Zona Settling:

- Panjang Bak = 16 m
- Lebar Bak = 4 m
- Tinggi Bak = 3,6 m
- Kecepatan horizontal (Vh) = 4,2 x 10^{-4} m/s
- Jari hidrolis = 1,3 m

Resume Plate settler:

- Panjang plate settler = panjang zona settling = 3 m
- Lebar plate settler = lebar zona settlimg = 2 m
- Jarak antar plat (w) = 0,1 m
- Tebal plate settler = 0,005 m
- Kemiringan plate settler = 60 derajat
- Tinggi plate settler = 1,15 m
- Jumlah plate settler (n_{plat}) = 15 buah

ZONA OUTLET

Kriteria Perencanaan :

- Zona outlet bak Pengendap I ini berupa weir bergerigi (v-notch)
- Bentuk gutter = persegi panjang

- Lebar gutter = 0,5 m
- 1 gutter = 2 pelimpah
- Lebar V notch = 0,1 m
- Jarak antar V notch = 0,3 m
- Sudut V notch = 60 derajat
- Panjang pelimpah = lebar zona setling = 3 m
- Weir loading (m^3/m.hari) = 350 m^3/m^2.hari = 4 x 10^{-3} m^3/m^2.dtk
- Q unit sedimentasi = 0,024 m^3/s
- Jumlah unit outlet = 1 buah
- Cd (koefisien drag)= 0,6

Perhitungan :

<u>Gutter dan Weir</u>

- Q unit outlet $= \frac{Q}{jumlah\ bak}$

  $= \frac{0.024 \text{ m3/detik}}{1}$ = 0,024 m^3/detik
- Panjang total weir (Pw) = $\frac{Q\ bak}{WRL} = \frac{0.024 \text{ m3/detik}}{4 \text{ x } 10-3 \text{ m3/m2.dtk}}$ = 6 m
- Panjang pelimpah (P) $= \frac{Pw}{jumlah\ pelimpah} = \frac{3{,}2\ m}{2\ buah}$ = 1,6 m
- Debit tiap pelimpah (Q) = $\frac{Q}{n} = \frac{0.024 \text{ m3/detik}}{2\ buah}$ = 0,012 m^3/s
- Luas saluran pelimpah (A) = $\frac{Q\ tiap\ pelimpah}{v} = \frac{0{,}012\ m3/s}{0{,}3\ m/s}$ = 0,02 m^2
- Tinggi (h) dan Lebar (w) Pelimpah :

  Direncanakan h : w = 1 : 2 maka :

  A = h x w

  0,02 m^2 = 2h x h

0,02 m^2 = $2h^2$

h = 0,1 m

w = 2 x 0,1 m = 0,2 m

- Ketinggian air pada gutter (h air)

H air = $\left(\frac{Q\ Gutter}{1{,}38\ x\ Lebar\ gutter}\right)^{2/3}$

= $\left(\frac{0.024\ \mathrm{m3/detik}}{1{,}38\ x\ 0{,}5\ m}\right)^{2/3}$ = 0,2 m

- Ketinggian freeboard (H fb)

H fb = h air x 30%

= 0,07 m x 30% = 0,02 m

- Tinggi gutter (h gutter)

H gutter = h air + h fb

= 0,07 m + 0,02 m = 0,09 m

- Lebar saluran gutter

Direncanakan lebar saluran gutter = 2 x h gutter maka,

= 2 x 0,09 = 0,18 m

- Jari- jari hidrolis gutter

R gutter = $\frac{h\ air\ x\ Lebar\ gutter}{(2\ x\ h\ air)+Lebar\ gutter}$

= $\frac{0{,}07\ x\ 0{,}5}{(2\ x\ 0{,}07\ m)+\ 0{,}5m}$ = 0,05 m

- Luas basah gutter (A gutter) = Lebar gutter x h air

= 0,5 m x 0,07m = 0,035 m

- Slope gutter = $\left(\frac{Q\ Gutter\ x\ n}{A\ gutter\ x\ (R\ gutter)^2/3}\right)^2$

= $\left(\frac{0{,}024\ m3/s\ x\ 0{,}013}{0{,}035\ x\ (0{,}05)^2/3}\right)^2$ = 0,002 m/m

- Headloss pada gutter = P gutter x S gutter

= 2 m x 0,002 m/m = 0,004 m

V Notch

- Jumlah V notch

Dimana : panjang weir = 2 m, maka jumlah v notch:

$= \frac{Panjang\ weir}{Jarak\ antar\ V\ notch + lebar\ V\ notch}$

$= \frac{2\ m}{0,3\ m + 0,1\ m}$ = 5 buah

- Debit mengalir tiap V notch $= \frac{Q}{Jumlah\ \ V\ notch}$

$= \frac{0,024\ m3/s}{5\ buah}$ = 0,005 m^3/s

- Tinggi peluapan melalui V notch (H)

Q $= \frac{8}{15}$ (Cd) $\sqrt{2\ x\ g}$ x tan $\frac{\theta}{2}$ x $H^{5/2}$

0,024 m3/s $= \frac{8}{15}$ (0,6) $\sqrt{2\ x\ 9{,}81}$ x tan $\frac{45}{2}$ x $H^{5/2}$

H = 0,4 m

<u>Saluran pipa outlet</u>

Kriteria Perencanaan :

- Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s (Al layla,1978 hal 67)

Data Perencanaan :

- Q masuk = 0,024 m3/s
- Kecepatan pipa (v) = 0,6 m/s

Perhitungan :

- Diameter pipa

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

$$= \left(\frac{0{,}024\ m3/s}{0{,}6\ m2/s\ x \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14}\right)^{1/2} = 0{,}3 \text{ m} = 12 \text{ inch}$$

- V cek $= \frac{Q}{\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ D^2}$

$$= \frac{0{,}024\ m3/s}{\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 0{,}3^2} = 0{,}6 \text{ m/s}$$

Resume Zona Outlet :

<u>Gutter dan weir :</u>

- Panjang total weir (Pw) = 4 m
- Panjang pelimpah (P) = 2 m
- Debit tiap pelimpah (Q) = 0,0012 m^3/s
- Luas saluran pelimpah (A) = 0,02 m^2
- Dimensi Pelimpah
- Tinggi (h) = 0,1 m
- Lebar (w) = 0,2 m
- Ketinggian air pada gutter (h air) = 0,07 m
- Tinggi gutter (h gutter) = 0,09 (dengan freeboard)
- Lebar saluran gutter = 0,18 m
- Jari- jari hidrolis gutter = 0,05 m
- Luas basah gutter (A gutter) = 0,035 m
- Slope gutter = 0,002 m/m
- Headloss pada gutter = 0,004 m

V notch

- Jumlah V notch = 5 buah
- Debit mengalir tiap V notch = 0,0025 m^3/s
- Tinggi peluapan melalui V notch (H) = 0,4 m

Saluran pipa outlet

- Diameter pipa = 0,3 m

Pipa outlet

Pipa utama dari BP1 ke Biofilter Aerob

Direncanakan :

V = 0,3 m/s

Q = 0,024 m^3/s

Luas penampang pipa

$$A = \frac{Q}{V}$$

$$= \frac{0{,}024\ m^3/dt}{0{,}3\ m/dt} = 0{,}08\ m^2$$

Diameter pipa Outlet

$$D = \sqrt{\frac{4\ .\ A}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{4\ .\ 0{,}08\ m^2}{\pi}}$$

$$= 0{,}3\ m$$

Menggunakan pipa Rucika kelas D dengan diameter 12 inch atau sama dengan 318 mm

Pompa ke bak biofilter aerob

Dengan Q = 0,024 m^3/s

= 86,4 m^3/jam

Dari Grafik *Performance Curves*, didapatkan data spesifikasi pompa sebagai berikut :

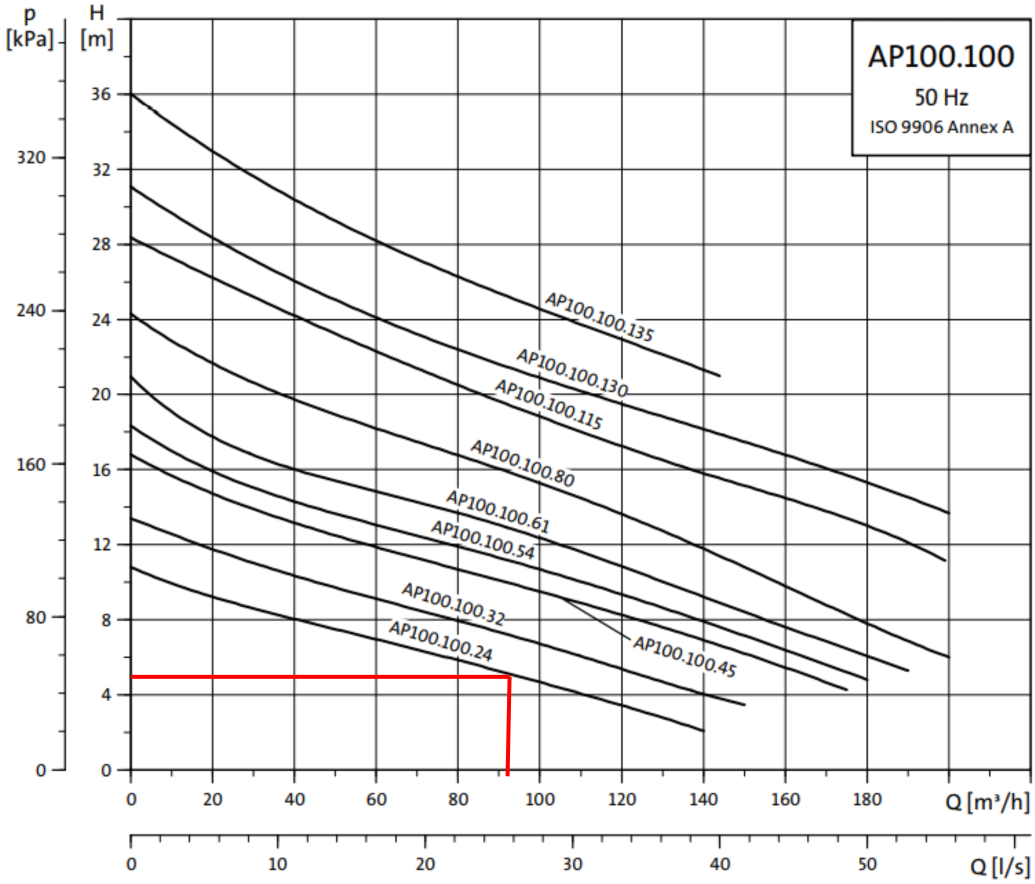
- Merk Pompa = GRUNDFOS
- Tipe Pompa = AP100.100.24

  50 Hz

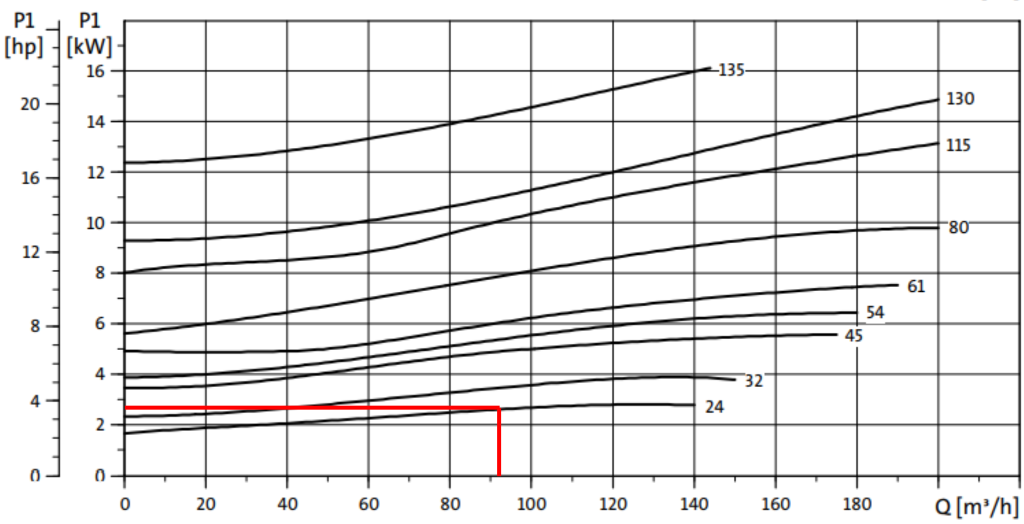
  ISO 9906 Annex A
- Diameter pipa *suction* (inlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch
- Diameter pipa *discharge* (outlet) = 117 mm = 0,117 m = 5 inch

  Sumber : Grundfos, hal
- *Head* pompa = 2 m = 5 m
- Daya pompa = 2,7 kW

Grafik pompa submersible



Grafik Power Submersible



- Luas penampang pipa

  A $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$

  $= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}117)^2$

  $= 0{,}011\ m^2$

- Kecepatan aliran dalam pipa

  V $= \frac{Q}{A}$

  $= \frac{0{,}01157\ m^3/s}{0{,}011\ m^2}$

  = 1,05 m/s

- Panjang pipa suction (L) = 1,5 m
- Panjang pipa discharge (L) = 2,45 m
- Headlos Mayor (Hf Mayor)

  Pipa Suction

  Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

  $= \left[\frac{10{,}7\ x\ 1{,}5\ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

  = 0,06 m

  Pipa Discharge

  Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7\ x\ L\ x\ Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857}\ x\ D^{4{,}87}}\right]$

  $= \left[\frac{10{,}7\ x\ 2{,}45\ x\ 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857}\ x\ 0{,}117^{4{,}87}}\right]$

  = 0,1

  Total Hf mayor = Hf mayor suction + Hf mayor discharge

  = 0,06 m + 0,1 m

  = 0,16 m

- Headloss Minor (Hf Minor)

  Pipa Suction

  Accesoris Pipa Suction = 1 check valve = 2,5

Hf minor $= \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g}$

$= \frac{1\ x\ 2{,}5\ x\ 1{,}05^2}{2\ x\ 9{,}81}$

= 0,14 m

Pipa Discharge

Accesoris pipa discharge = 1 gate valve = 0,19

= 4 Elbow 90˚ = 0,75

Hf Minor $= \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g} + \frac{n\ x\ K\ x\ v^2}{2\ x\ g}$

$= \frac{1\ x\ 0{,}19\ x\ 1{,}05^2}{2\ x\ 9{,}81} + \frac{4\ x\ 0{,}75\ x\ 1{,}05^2}{2\ x\ 9{,}81}$

= 0,01 + 0,2

= 0,21 m

Total Hf minor = Hf minor Suction + Hf minor Discharge

= 0,14 m + 0,21 m

= 0,35 m

- Headloss total (Hf total)

  Hf total = total Hf Mayor + total Hf Minor

  = 0,16 m + 0,35 m

  = 0,51 m

- Syarat headpump > Headloss total

  5 m > 0,51 m **(memenuhi)**

5.7. Biofilter Aerob

a) Kriteria Perencanaan

- Waktu tinggal (td) = 6 – 8 jam
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Beban BOD/volume media = 0,5 – 4 kg BOD /m^3.hari
- Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 5 – 30 g/m2 .hari
- Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 1,2 m
- Efisiensi penyisihan
  - BOD = 75 - 80%

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi. Halaman: 309. Jakarta: Erlangga)

- Media Biofilter
  - Tipe = Sarang Tawon
  - Material = PVC Sheet
  - Ketebalan = 0,15 – 0,23 mm
  - Luas Kontak Spesifik = 150 – 226 m^2/m^3
  - Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
  - Berat Spesifik = 30 – 35 kg/m^3
  - Porositas Rongga = 0,98

  (Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi. Halaman: 305. Jakarta: Erlangga)
- Blower
  - Densitas udara = 1,2 kg/m^3
  - Berat aliran udara (w) = 85 – 1700 m^3/menit
  - Tekanan absolut outlet (P2) = 25 lb/in^2 = 1,7 atm
  - Tekanan absolut inlet (P1) = 14,7 lb/in^2 = 1 atm

  (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hal 440)
  - Konstanta Udara = 8,314 kj/mol.K
  - K = 1,395
  - N $= \frac{(k-1)}{k}$

    $= \frac{(1{,}395-1)}{1{,}395}$

    = 0,28
  - Efesiensi (e) = 0,7 – 0,9

  (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003. Hal 440)

b) Data Perencanaan

- Menggunakan 1 biofilter aerob
- Debit (Q) = 2100 m^3/hari
- BOD inlet = 100 mg/L

  = 100 g/m^3

- Efisiensi BOD = 80 %
- Waktu tinggal = 6 jam
- Beban BOD/volume media = 3 kg/m^3.hari
- Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 30 g/m^2.hari
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 1,5 m
- Tinggi air di atas bed media = 0,4 m
- Volume media = 40 % volume reactor
- Media Biofilter
  - Ketebalan = 0,23 mm
  - Luas Kontak Spesifik = 150 m^2/m^3
  - Diameter lubang = 3 cm x 3 cm
  - Berat Spesifik = 35 kg/m^3
  - Porositas Rongga = 0,98
- Kedalaman = 2 m
- Lebar = 4 m

c) Perhitungan

1) Beban BOD di dalam air limbah = Debit limbah x BOD inlet
   = 2100 m^3/hari x 100 g/m^3
   = 210.000 g/hari
   Beban BOD di dalam air limbah = 210 kg/hari
2) Jumlah BOD yang dihilangkan = 0,8 x 210 kg/hari
   = 168 kg/hari
3) Volume media yang diperlukan $= \frac{Beban\ BOD\ di\ dalam\ air}{Beban\ BOD\ per\ volume\ media}$
   $= \frac{210\ \text{kg/hari}}{3\ \text{kg}/m^3.\text{hari}}$
   Volume media yang diperlukan = 70 m^3
4) Volume reactor yang diperlukan
   Diketahui : Vmedia = 40% dari total Vreaktor
   Vreaktor $= \frac{100}{40}$ x V media yang diperlukan

$= \frac{100}{40}$ x 70 m^3

Vreaktor = 175 m^3

5) Waktu tinggal yang dibutuhkan pada reaktor

Td $= \frac{V\ reaktor}{debit\ limbah}\ x\ 24\ jam/hari$

$= \frac{175\ m3}{2100\ m3/hari}\ x\ 24\ jam/hari$

= 2 jam

6) Dimensi reaktor aerob

Bak reaktor biofilter menggunakan 1 reaktor

H reaktor = 5 m

L reaktor = L

P = 2L

V = p x l x h

175 m^3 = 2l x l x 5

175 m^3 = 10 x l^2

17,5 m^3 = l^2

L = $\sqrt{17,5}$

L = 4,2

P = 2l

P = 2 x 4,2 m

P = 8,4 m

7) Biofilter aerob ini terdiri dari 2 ruangan, yaikni ruang aerasi dan ruang bed media

- Ruang aerasi

  Lebar = 4,5 m

  Panjang = 4 m

  Kedalaman air efektif = 4 m

  Tinggi freeboard = 0,8 m

  Kedalaman total = 4 m + 0,8

  = 4,8 m = 5 m

- Ruang media 1

Lebar	= 4,5 m
Kedalaman air efektif	= 4 m
Tinggi freeboard	= 0,8 m
Kedalaman total	= 4 m + 0,8
	= 4,8 m = 5 m
Volume media	= p x l x t
70 m^3	= p x 4,5 m x 5 m
P	$= \frac{70\ m^3}{22,5\ m^2}$
P	= 3,1 m

- Ruang media 2

Lebar	= 4,5 m
Kedalaman air efektif	= 4 m
Tinggi freeboard	= 0,8 m
Kedalaman total	= 4 m + 0,8
	= 4,8 m = 5 m
Volume media	= p x l x t
70 m^3	= p x 4,5 m x 5 m
P	$= \frac{70\ m^3}{22,5\ m^2}$
P	= 3,1

8) Total volume efektif biofiter aerob

Vtotal = p x l x t

= 8,4 m x 4,2 m x 5 m

= 176,4 m^3

9) Cek waktu tinggal rata-rata

Td $= \frac{Vtotal}{Q}$

$= \frac{176,4\ m^3}{2100\ m^3/hari}$

= 0,1 hari = 2,4 jam

10) Volume total media pada biofilter aerob

Diketahui t = 3 m

V = lebar ruang bed media x panjang ruang media bed x tinggi bed media

= 4,5 m x 5 m x 3 m

= 67,5 m^3

11) BOD Loading per volume media

$= \frac{Beban\ BOD\ dalam\ air\ limbah}{volume\ media\ reaktor}$

$= \frac{210\ kg\ BOD/hari}{175\ m^3}$

= 1,2 kg BOD/m^3.hari

12) BOD Loading (apabila media yang digunakan mempunyai spesifik luas 150 m^2/m^3)

$= \frac{BOD\ Loading\ per\ volume\ media}{luas\ spesifik\ media}$

$= \frac{1{,}2\ kg\ BOD/m^3.\ hari}{150\ m^2/m^3}$

= 0,008 kg BOD/m^2 luas media per hari

= 0,8 g BOD/m^2 luas media per hari

Kebutuhan udara

13) Beban BOD = Q x BOD yang dihilangkan

= 2100.000 L/hari x 168 mg/L

= 353 kg/hari

14) Kebutuhan oksigen teoritis = Beban BOD x faktor keamanan

= 353 kg/hari x 1,5

= 529,5 kg/hari

15) Jumlah kebutuhan udara teoritis = $\frac{Kebutuhan\ oksigen\ teoritis}{berat\ udara\ x\ jumlah\ oksigen\ di\ udara}$

$= \frac{529{,}5\ kg/hari}{1{,}1725\ kg/m^3 x\ 0{,}232\ gO2\ /g\ udara}$

= 1947 m^3/hari

16) Kebutuhan udara actual $= \frac{Jumlah\ kebutuhan\ oksigen\ teoritis}{efisiensi\ difuser}$

$= \frac{1947\ m^3/hari}{0{,}025}$

= 77880 m^3/hari

= 54 m^3/menit

17) Cek rasio vol udara/vol limbah = vol. udara : vol. air limbah

= 77880 m^3/hari : 2100 m^3/hari

= 37

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan spesifikasi blower sebagai berikut :

Blower

Merk Blower : Showa Denki

Tipe Blower : Turbo Blower B2V06 dengan Penggerak V-Belt

Tekanan Statistik : 3 kPa

Kapasitas Blower : 20 to 60 m^3/menit

Output : 3,7 to 11 kW

Diffuser

Merk diffuser : OC WATERLOO

Tipe diffuser : Linear Diffusers DSL

Debit : 400 L/s

Debir per meter : 200 L/s/m

Jangkauan min : 6,8 m

Jangkauan maks : 12 m

Kehilangan tekanan : 13 Pa

Media Sarang Tawon

Dimensi : 100 m x 60 m x 60 m

Material : Rigid PVC

Tebal : 0,3 mm

Warna : Bening

Type : Cross Flow

18) Efisiensi Removal

- BOD = BOD influent – (% removal × BOD influent)
  = 100 mg/L – (80% × 100 mg/L)
  = 20 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 80 mg/L
- Seng = Seng influent – (% removal × seng influent)
  = 3 mg/L – (80% × 3 mg/L)
  = 0,6 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 1,0 mg/L
- Timbal = Timbal influent – (% removal × timbal influent)
  = 0,9 mg/L – (80% × 0,9 mg/L)
  = 0,18 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 0,3 mg/L
- Krom = Krom influent – (% removal × krom influent)
  = 1,2 mg/L – (80% × 1,2 mg/L)
  = 0,2 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 0,2 mg/L
- Titanium = Titanium influent – (% removal × titanium influent)
  = 1,5 mg/L – (80% × 1,5 mg/L)
  = 0,3 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 0,4 mg/L
- Fenol = Fenol influent – (% removal × fenol influent)
  = 1,2 mg/L – (80% × 1,2 mg/L)
  = 0,2 mg/L → **MEMENUHI**, Baku mutu = 0,2 mg/L

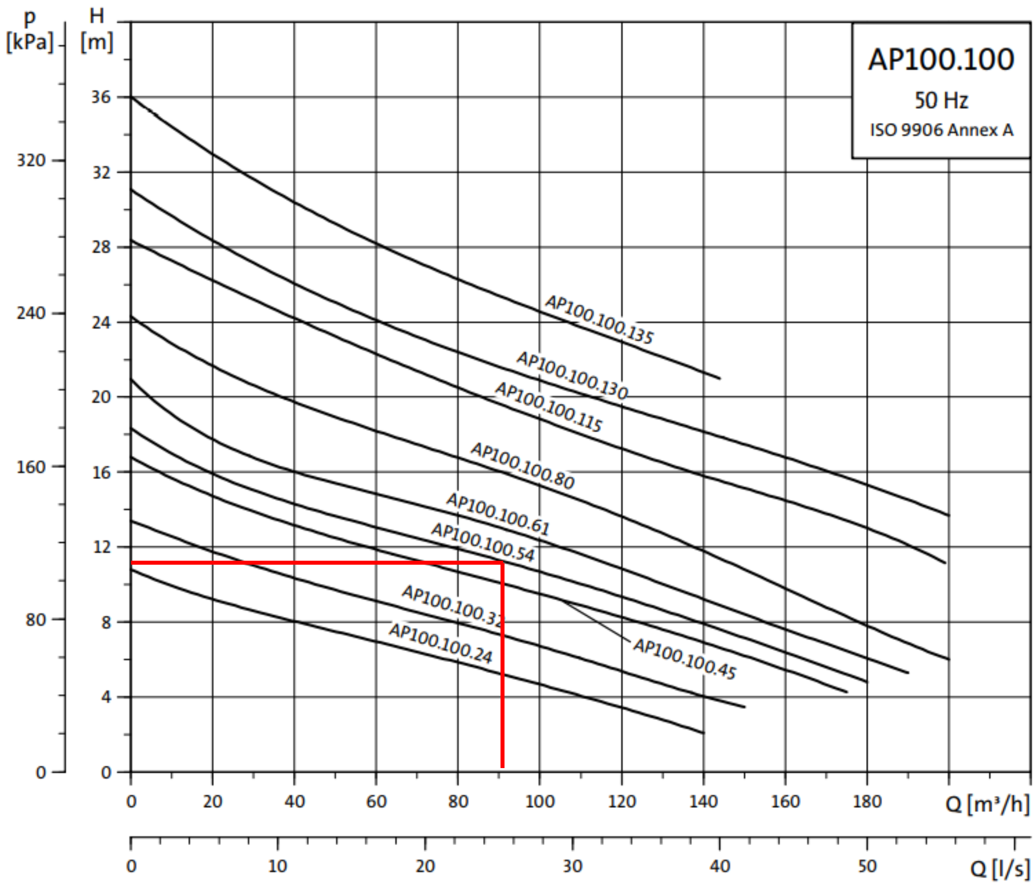
19) Pompa

Dari Grafik *Performance Curves*, didapatkan data spesifikasi pompa sebagai berikut :

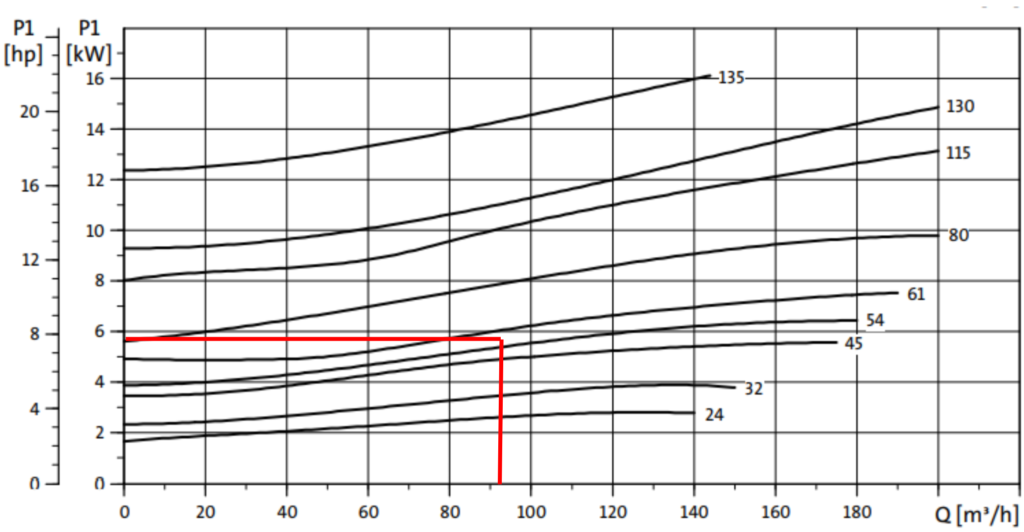
- Merk Pompa = GRUNDFOS

- Tipe Pompa = AP100.100
- 50 Hz
- ISO 9906 Annex A
- Diameter pipa *suction* (inlet) = 110 mm = 0,110 m = 4 inch
- Diameter pipa *discharge* (outlet) = 110 mm = 0,110 m = 4 inch
- *Head* pompa = 11,4 m
- Daya pompa = 5,8 kW

Grafik pompa submersible



Grafik Power Submersible



- Luas penampang pipa

  A $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2$

  $= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}117)^2$

  = 0,01 m^2

- Kecepatan aliran dalam pipa

  V $= \frac{Q}{A}$

  $= \frac{0{,}024\ m^3/s}{0{,}01\ m^2}$

  = 2,4 m/s

- Panjang pipa suction (L) = 5 m
- Panjang pipa discharge (L) = 9 m
- Headlos Mayor (Hf Mayor)

  Pipa Suction

Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7 \; x \; L \; x \; Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857} \; x \; D^{4{,}87}}\right]$

$= \left[\frac{10{,}7 \; x \; 5 \; x \; 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857} \; x \; 0{,}110^{4{,}87}}\right]$

= 0,3 m

Pipa Discharge

Hf mayor $= \left[\frac{10{,}7 \; x \; L \; x \; Q^{1{,}857}}{C^{1{,}857} \; x \; D^{4{,}87}}\right]$

$= \left[\frac{10{,}7 \; x \; 9 \; x \; 0{,}024^{1{,}857}}{130^{1{,}857} \; x \; 0{,}110^{4{,}87}}\right]$

= 0,5

Total Hf mayor = Hf mayor suction + Hf mayor discharge

= 0,3 m + 0,5 m

= 0,8 m

- Headloss Minor (Hf Minor)

Pipa Suction

Accesoris Pipa Suction = 1 check valve = 2,5

Hf minor $= \frac{n \; x \; K \; x \; v^2}{2 \; x \; g}$

$= \frac{1 \; x \; 2{,}5 \; x \; 2{,}4^2}{2 \; x \; 9{,}81}$

= 0,14 m

Pipa Discharge

Accesoris pipa discharge = 1 gate valve = 0,19

= 2 Elbow 90˚ = 0,75

Hf Minor $= \frac{n \; x \; K \; x \; v^2}{2 \; x \; g} + \frac{n \; x \; K \; x \; v^2}{2 \; x \; g}$

$= \frac{1 \; x \; 0{,}19 \; x \; 2{,}4^2}{2 \; x \; 9{,}81} + \frac{2 \; x \; 0{,}75 \; x \; 2{,}4^2}{2 \; x \; 9{,}81}$

= 0,06 m + 0,4 m

= 0,46 m

Total Hf minor = Hf minor Suction + Hf minor Discharge

= 0,14 m + 0,46 m

= 0,6 m

- Headloss total (Hf total)

Hf total = total Hf Mayor + total Hf Minor

= 0,8 m + 0,6 m

= 1,4 m

- Syarat headpump > Headloss total

11,4 m > 1,4 m **(memenuhi)**

d) Resume Bangunan

- Kedalaman (H) = 5 m
- Panjang = 8,4 m
- Lebar = 4 m

5.8. Bak Pengendap Akhir (Clarifier)

a) Kriteria Perencanaan

- Kedalaman (H) = 3 – 4,9 m
- Diameter = 3 – 60 m
- Slope dasar = 1/16 – 1/6 mm/mm
- *Flight speed* = 0,02 – 0,05 m/menit
- Waktu tinggal (td) = 1,5 – 2,5 jam
- *Over flow rate*

  Rata- rata = 30 – 50 m^3/m^2.hari

  Jam puncak = 80 – 120 m^3/m^2.hari
- *Weir loading* = 125 – 500 m^3/m^2.hari

  (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 398)
- Diameter *inlet well* = 15% - 20% diameter bak
- Kecepatan aliran menuju *inlet well* = 0,3 – 0,75 m/

  (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 401)
- Konsentrasi solid = 4% - 12%

  (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 398)

- Suhu = 30^{o}C
- Viskositas kinematis (v) = 0,8039 x 10^{-6} m^2/s
- Viskositas absolut (μ) = 0,798 x 10^{-3} m^2/s
- Massa jenis air (ρ), T = 30^{o}C = 0,99568 g/cm^3 = 9,957 kg/L

  (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 1742)
- Bilangan Reynold (NRE) untuk Vs < 1 (Laminer)

  (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 224. Boston: PWS Publishing Company)
- *Specific gravity solid (Si)* = 1,4
- *Specific gravity sludge* =1,02

  (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 1456)
- Nre untuk Vh = < 2000 (aliran laminar)
- Nfr = > 10^5

  (Sumber: Razif, M. 1985. Pengolahan Air Minum. Surabaya: Diktat TP-FTSP-ITS)
- Koefisien kekasaran aksesoris pipa (k)

  Elbow = 1,1

  Tee aliran lurus = 0,35

  Tee aliran cabang = 1

  Gate valve = 0,2

b) Data Perencanaan

- Menggunakan 1 bak pengendap berbentuk *circular*
- Debit (Q) = 0,024 m^3/s
- Waktu tinggal = 2 jam = 7200 s
- Suhu = 30^{o}C
- Viskositas kinematis (v) = 0,8039 x 10^{-6} m^2/s
- Viskositas absolut (μ) = 0,798 x 10^{-3} m^2/s

- Specific gravity solid (Si) = 1,4 x 996 kg/m^3
  = 1.395,8 kg/m^3
- Over flow rate = 40 m^3 /m^2 .hari
- Diameter inlet well(D') = 15% diameter bak
- Waktu pengurasan = 1 hari
- Menggunakan V notch, dengan kemiringan 90^o
- Jarak antar V notch = 50 cm

c) Perhitungan

1. Luas Area Permukaan (A)

   A $= \frac{Q}{OLR}$

   (Sumber: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 409)

   A $= \frac{Q}{OLR}$

   A $= \frac{2100\ m^3}{40\ m^3/m^2.hari}$

   A = 52,5 m^2

2. Diameter (D)

   D $= \sqrt{\frac{4.A}{\pi}}$

   D $= \sqrt{\frac{4.52,5\ \ m^2}{3,14}}$

   D = 8,2 m (syarat 3 – 60 m)

   r = 4,1 m

3. Cek Luas *Surface Area*

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

   A $= \frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ (8,2)^2$

   A = 52,5 m^2

   Zona Inlet

1) Diameter *inlet well* (D')

   D' = 20% x diameter bak

   D' = 0,2 x 8,2 m

D' = 1,64 m

2) Kecepatan air di *inlet well*

V = $\frac{Q}{A}$

V = $\frac{0,024\ m^3/s}{52,5\ \ m^2}$

V = 0,00046 m/s

3) Pipa Inlet

Pipa inlet sedimentasi menggunakan saluran tertutup atau pipa dan menggunakan sistem gravitasi dalam pengalirannya.

Luas Area Permukaan (A)

A = $\frac{Q}{v}$

A = $\frac{0,024\ m3/s}{0,4 m/s}$

A = 0,08 m^2

Diameter (D)

D = $\sqrt{\frac{4.A}{\pi}}$

D = $\sqrt{\frac{4.0,08\ \ m^2}{3,14}}$

D = 0,3 m

Cek Kecepatan Pipa Inlet

v = $\frac{Q}{A}$

= $\frac{0,024\ m3/s}{0,08\ m2}$

= 0,3 m/s (0,3 m/s – 0,75 m/s, memenuhi)

<u>Zona Settling</u>

1) Kedalaman bak (H)

H = $\frac{Q\ x\ td}{A}$

H = $\frac{0,024\ m^3/s\ x\ 7200\ s}{52,5\ m^2}$

H = 3,3 m

Htotal = H + Fb

= 3,3 m + (20% x 3,3 m)

= 3,96 m ≈ 4 m

2) Cek *over flow rate*

OFR $= \frac{Q}{A}$

OFR $= \frac{2100\ m^3/hari}{\frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ (8,2\ m)^2}$

OFR = 40 m^3/m^2.hari (syarat : 30 – 50 m^3/m^2.hari, memenuhi)

3) Volume bak

V $= \frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2\ x\ H$

V $= \frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ 8,2^2\ x\ 3,3$

V = 174 m^3

4) Cek td

Td $= \frac{Vol}{Q}$

Td $= \frac{174\ m^3}{0,024\ m^3/s}$

Td = 7250 s

Td =2 jam (syarat : 1,5 –2,5 jam, memenuhi)

5) Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

Vs $= \frac{H}{td}$

Vs $= \frac{3,3\ m}{7250\ s}$

Vs = 4,6 x 10^{-4} m/detik

6) Diameter partikel

dp $= \sqrt{\frac{Vs\ x\ 18\ x\ v}{g\ (sg-1)}}$

dp $= \sqrt{\frac{0,00046\ x\ 18\ x\ 0,8\ x\ 10^{-6}\ m^2/s}{9,81\ m/s^2\ x\ (1,4-1)}}$

dp = 4,13 x 10^{-5} m

7) Cek bilangan Nre partikel

Nre $= \frac{\rho s\ x\ dp\ x\ vs}{\mu}$

Nre $= \frac{1395{,}8\frac{kg}{m3} x\ 4{,}13 \text{ x } 10-5 \text{x } 4{,}6 \text{ x } 10-4\ \ m/s}{0{,}8004 \text{ x } 10^{-3} N.s/m^2}$

Nre = 0,03 (Nre < 1 memenuhi)

8) Kecepatan horizontal di bak (Vh)

Vh $= \frac{Q}{\pi \text{ x D x H}}$

Vh $= \frac{0{,}024\ \ m^3/s}{3{,}14 \text{ x } 8{,}2 \text{ m x } 3{,}3 \text{ m}}$

Vh = 0,0003 m/s

9) Jari – jari Hidrolis

R $= \frac{\text{r x H}}{\text{r +2H}}$

$= \frac{4{,}1 \text{ m} \times 3{,}3 \text{ m}}{4{,}1 \text{ m} + (2 \times 3{,}3 \text{ m})}$ = 1,26 m

10) Cek aliran

Nre $= \frac{\text{Vh x r}}{v}$

Nre $= \frac{0{,}0003 \text{ m/s x } 1{,}26 \text{ m}}{0{,}8039 \text{ x } 10^{-6} \frac{m^2}{s}}$

Nre = 472 (memenuhi syarat Nre < 2000)

Nfr $= \frac{\text{Vh}}{\sqrt{g}\text{ .R}}$

Nfr $= \frac{0{,}0003 \text{ m/s}}{\sqrt{9{,}81\ .\ 1{,}26}}$

Nfr = 8,6 x 10^{-5} (memenuhi syarat Nfr > 10^{-5})

11) Cek kecepatan penggerusan/*scouring*

K = konstanta kohesi untuk partikel yang ssaling mengikat 0,06

F = faktor friksi Darcy-Weibach antara 0,02 – 0,03

Vs > Vh

Vs $= \sqrt{\frac{8k\ (S-1) x\ g\ x\ d}{f}}$

Vs = $\sqrt{\frac{8\ x\ 0{,}06\ (1{,}02-1)x\ 9{,}81\frac{m}{s^2}x\ 4{,}13x\ 10^{-5}m}{0{,}03}}$

Vs = 0,04 m/s (Vsc > Vh memenuhi)

Zona Sludge

- Berat solid

- BOD = removal BOD x Q
  = 20 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 42.000.000 mg/hari = 42 kg/hari
- Seng = removal Seng x Q
  = 0,6 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 1.260.000 mg/hari = 1,26 kg/hari
- Timbal = removal timbal x Q
  = 0,18 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 378.000 mg/hari = 0,378 kg/hari
- Krom = removal krom x Q
  = 0,2 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 420.000 mg/hari = 0,42 kg/hari
- Titanium = removal titanium x Q
  = 0,3 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 630.000 mg/hari = 0,63 kg/hari
- Fenol = removal fenol x Q
  = 0,2 mg/L x 2100.000 L/hari
  = 420.000 mg/hari = 0,42 kg/hari

Berat solid total = 45 kg/hari

- Total lumpur terkumpul = produksi lumpur x waktu pengurasan
  = 45 kg/hari x 2 hari

= 90 kg/hari

- Berat jenis solid

  Berat jenis solid = *spesific gravity of solid* (Ss) x massa jenis air

  = 1,4 x 996,2 kg/m^3

  = 1.394,7 kg/m^3

- Volume solid = $\frac{berat\ solid}{berat\ jenis\ solid}$

  = $\frac{45\ kg/hari}{1.394,7\ kg/m^3}$

  = 0,03 m^3

- Berat air

  Berat air = $\frac{95\%}{5\%}\ x\ berat\ solid$

  = $\frac{95\%}{5\%}\ x$ 45 kg/hari

  = 855 kg/hari

- Volume air

  Volume air = $\frac{berat\ air}{berat\ jenis\ air}$

  = $\frac{855\ kg/hari}{995,68\ kg/m3}$

  = 0,9 m^3

- Volume sludge

  Volume sludge = volume solid + volume air

  = 0,03 m^3 + 0,9 m^3

  = 0,93 m^3

- Berat jenis slude

  Berat jenis sludge = *spesific gravity of sludge* (Sg) x massa jenis air

  = 1,02 x 996,2 kg/ m^3

  = 1.016 kg/m^3

- Berat sludge = volume sludge x berat jenis sludge

= 0,93 m^3/hari x 1.016 kg/m^3

= 945 kg/hari

- Dimensi ruang lumpur

  Asumsi waktu pengurasan adalah 2 hari

  Jari-jari bawah permukaan bawah (r) = 1 m

  Volume ruang lumpur = volume kerucut terpancung

  Volume lumpur = $\frac{1}{3}\ x\ \pi\ x\ H\ x\ (R^2 + r^2 + R.r)$

  0,93 = $\frac{1}{3}\ x\ 3{,}14\ x\ H\ x\ ((4{,}1\ m)^2 + (1\ m)^2 + (4{,}1\ m.1\ m\ ))$

  H = 0,5 m

  Dimensi pipa penguras lumpur

  Direncanakan :

  Waktu pengurasan = 60 menit

  Volume sludge = 0,93 m^3

  Maka debit pipa penguras :

  Qp $= \frac{volume\ lumpur}{waktu\ pengurasan}$

  $= \frac{0{,}93\ m^3}{3600\ s}$

  = 0,0005 m^3/s = 0,72 m^3/jam

  Luas permukaan pipa

  A $= \frac{Q\ pengurasan}{V}$

  $= \frac{0{,}0005\ m^3/s}{0{,}3\ m/s}$ = 0,002 m^2

  Diameter pipa

  D $= \sqrt{\frac{4.A}{\pi}}$

$= \sqrt{\frac{4.0,002}{3,14}}$ = 0,05 m = 5 cm

Pengurasan lumpur dari bak pengendap awal menuju ke sludge drying bed menggunakan bantuan pompa centrifugal slurry pump. Dari debit lumpur yang diperoleh berdasarkan perhitungan yaitu sebesar 0,72 m^3/jam, maka diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

Model and parameter

Table 1: Light duty: 2P Motor Speed=2900RPM Design pressure: 1.6 MPa "*"Standard data

Item	Model	Flow (m3/h)	Head (m)	Efficiency (%)	NPSHa (m)	Inlet x outlet (mm)	Motor Power (KW)	Pump and motor weight (kg)
1	UHB-ZK40/10-20	5 *10 12	22 20 18	18 28 30	3.00	40*32	3.00	100.00
2	UHB-ZK40/10-30	5 *10	32 30	18 36	3.00	40*32	4.00	105.00

- Merk = Shuangbao Machinery Co., Ltd
- Model pompa = UHB-ZK40/10-20
- Kecepatan aliran = 0,84 m^3/h
- Head pump = 20 m
- Efisiensi pompa = 28%
- Diameter outlet (discharge) = 32 mm = 1 ½ inch
- Diameter inlet (suction) = 40 mm = 2 inch
- Motor power = 3 kW

a) Luas penampang pipa

- Pipa suction

  A = Luas penampang pipa

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

  $= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,05)^2$

  $= 0,00196 \ m^2$

- Pipa discharge

  A = Luas penampang pipa

$= \frac{1}{4}$ x π x d^2

$= \frac{1}{4}$ x 3,14 x (0,05)^2

= 0,00196 m^2

b) Kecepatan aliran dalam pipa

- Pipa section

  V $= \frac{Q}{A}$

  $= \frac{0{,}00002\ m^2/s}{0{,}00196\ m^2}$

  = 12 m/s

- Pipa discharge

  V $= \frac{Q}{A}$

  $= \frac{0{,}024\ m^2/s}{0{,}00196\ m^2}$

  = 12 m/s

  Panjang pipa *section* (L) = 15 m

  Panjang pipa *discharge* (L) = 55 m

- Headloss Mayor (Hf Mayor)

  Pipa suction

  Hf mayor $= \left(\frac{10{,}7\ x\ Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85}\ x\ D^{4{,}87}}\right)\quad x\ L$

  $= \left(\frac{10{,}7\ x\ 0{,}0024^{1{,}85}}{130^{1{,}85}\ x\ 0{,}05^{4{,}87}}\right)\quad x\ 15\ m$

  = 1,5 m

  Pipa Discharge

  Hf mayor $= \left(\frac{10{,}7\ x\ Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85}\ x\ D^{4{,}87}}\right)\quad x\ L$

  $= \left(\frac{10{,}7\ x\ 0{,}0042^{1{,}85}}{130^{1{,}85}\ x\ 0{,}05^{4{,}87}}\right)\quad x\ 55\ m$

  = 6,5 m

  Total Hf Mayor = Hf mayor section + hf mayor discharge

  = 1,5 m + 6,5 m

= 8 m

- Headloss Minor (Hf minor)

  Pipa section = 0

  Pipa discharge (1 gate valve, 5 elbow)

  Hf minor $= k \frac{v^2}{2g} + n \times k \frac{v^2}{2g}$

  $= 0{,}2 \frac{0{,}5^2}{2x9{,}81} + 5 \times 0{,}75 \frac{0{,}5^2}{2x9{,}81}$

  = 0,0024 m + 0,05 m

  = 0,0524 m

  Total Hf minor = Hf minor section + hf minor discharge

  = 0 m + 0,0524 m

  = 0,0524 m

- Headloss Total (Hf total)

  Hf total = hf mayor + hf minor

  = 8 m + 0,0524

  = 8,0524 m

  Syarat head pump ≥ Hf total

  20 m ≥ 8,0524 m

Zona Outlet

Direncanakan :

Menggunakan V notch dengan α = 45^o

Jarak antar V notch = 50 cm = 0,5 m

Q bak sedimentasi = 0,024 m^3/s

Maka :

1) Panjang pelimpah (weir)

   L $= \pi \ x \ D \ bak$

   = 3,14 x 8,2 m

= 25,7 m

2) Jumlah V notch

n = $\frac{L\ weir}{jarak\ antar\ weir}$

= $\frac{25{,}7\ m}{0{,}5\ m}$

= 51 buah

3) Debit melalui V notch

Q = $\frac{Q\ bak\ sedimen}{n}$

= $\frac{0{,}024\ m^3/s}{51}$

= 0,0005 m^3/s

4) Tinggi limpahan melalui V notch

C_D = 0,6

Sudut V notch = 90^o

Maka :

Q = $\frac{8}{15}\ x\ Cd\ x\ \sqrt{2g}\ x \tan\frac{\theta}{2}\ x\ H^{\frac{5}{2}}$

0,0005 m^3/s = $\frac{8}{15}\ x\ 0{,}6\ x\ \sqrt{2.9{,}81}\ x \tan\frac{90}{2}\ x\ H^{\frac{5}{2}}$

H = 0,04 m = 4 cm

5) Saluran Pelimpah

Direncanakan :

V = 0,3 m/s

Q = 0,024 m^3/s

W : H = 2 : 1

- Luas permukaan saluran pelimpah

  A = $\frac{Q}{V}$

  = $\frac{0{,}024\ m^3/s}{0{,}3\ m/s}$

  = 0,08 m^2

- Dimensi saluran pelimpah

  A = W x H

  0,08 m^2 = 2H x H

0,08 m^2 = 2 H^2

H^2 = 0,04 m^2

H = $\sqrt{0,04}$

H = 0,2 m

Maka :

B = 2H

= 2 x 0,2 m

= 0,4 m

- Ketinggian total

  H total = H + (20% x H)

  = 0,2 m + (20% x 0,2 m)

  = 0,24 m

6) Pipa outlet

Direncanakan :

V = 0,3 m/s

Q = 2100 m^3/hari

= 0,01 m^3/s

Pipa outlet utama

- Luas permukaan pipa outlet

  A = $\frac{Q}{V}$

  = $\frac{0,024\ m^3/s}{0,3\ m/s}$

  = 0,08 m^2

- Diameter pipa outlet

  D = $\sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$

  = $\sqrt{\frac{4\ x\ 0,08\ m^2}{3,14}}$

  = 0,3 m

- Cek kecepatan

$V = \frac{Q}{A}$

$V = \frac{0,024\ m^3/s}{\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ d^2}$

$= \frac{0,024\ m^3/s}{\frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ (0,318\ m)^2}$

= 0,3 m/s

- Headloss pipa outlet

$Vh = \frac{Q}{2\ x\ \pi\ x\ r\ x\ D}$

$= \frac{0,024}{2\ x\ 3,14\ x\ 0,15\ x\ 0,3}$

= 0,08 m/s

$Hf = \frac{Vp^2 - Vh^2}{2\ x\ g}$ x $\frac{1}{c}$

$= \frac{(0,3\ m/s)^2 - (0.08\ m/s)^2}{2\ x\ 9,81}$ x $\frac{1}{0,7}$

= 0,006 m

- Jari jari hidrolis (R)

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

$= \frac{0,3}{4}$ = 0,075

d) Resume Bangunan

- Diameter *clarifier* = 8,2 m
- Diameter *inlet well* = 1,64 m
- Diameter pipa inlet = 117 mm = 5 inch
- H zona settling = 3,3 m
- V notch a = 90^o
- Jumlah V notch = 257
- Tinggi sal.pelimpah = 0,2 m
- Lebar sal.pelimpah = 0,4 m
- H total pelimpah = 0,24 m
- Diameter pipa outlet = 0,3 m = 318 mm = 12 inch

5.9. Sludge Drying Bed

a) Kriteria Perencanaan

- Periode pengeringan = 10 – 15 hari
- Kelembaban lumpur effluent = 60 – 70 %
- Kandungan solid lumpur = 30 – 40 %
- Solid capture = 90 – 100 %
- Solid loading = 0,27 – 0,82 Kg/m^2. Hari

(Sumber : Syed R. Qasim, 1985)

- Tebal lumpur = 200 – 300 mm
- Tebal lapisan pasir = 7,5 – 15 cm
- Tebal lapisan kerikil = 7,5 – 30 cm
- Kadar air = 60%
- Kadar solid = 40% - 50%
- Kecepatan pipa underdrain = 0,75 m/detik
- Diameter pipa underdrain = >100mm

(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition, hal 1270 – 1577. New York: McGraw-Hill Companies, Inc)

- Koefisien keseragaman = < 4
- Efektif size = 0,3 – 0,785
- Slope = > 1 %
- Rasio lebar : panjang = 6 : 6 – 30

(Sumber : Metcalf & Eddy, 1991)

b) Data Perencanaan

- Menggunakan 1 unit sludge drying bed dengan 2 bed
- Lumpur masuk

  Bak pengendap 1 = 0,78 m3/hari

  Bak pengendap 2 = 0,93 m3/hari
- Tebal media = 15 cm pasir

  30 cm kerikil
- Tebal lumpur = 30 cm

- Waktu pengeringan = 10 hari
- Waktu pengurasan = setiap 2 hari
- Berat air = 60%
- Solid capture = 700%
- Freeboard = 0,5 m
- Solid loading = 0,45 Kg/m2.hari
- Presentasi solid lumpur = 40%
- Berat jenis = 1,03
- Kecepatan pipa underdrain = 0,75 m/detik

c) Perhitungan

1) Total lumpur yang masuk ke SDB

   = lumpur BP 1 + lumpur BP 2

   = 0,73 m3/hari + 0,93 m3/hari

   = 1,71 m3/hari

2) Jumlah bak efektif

   n $= \frac{\text{Waktu Pengeringan}}{\text{Waktu Pengurasan}} + 1$

   n $= \frac{10}{2} + 1$

   n = 6 bed

3) Volume tiap bak

   Vbed $= \frac{\text{Vol.lumpur}}{\text{jumlah bed}}$

   $= \frac{1,71}{6}$

   = 0,3 m3/hari

4) Tebal media total

   Tebal media = tebal media pasir + tebal media kerikil

   = 0,15 m + 0,3 m

   = 0,45 m

5) Volume cake sludge (vi)

   Vi $= \frac{\text{Vol.bed } \times (1-\text{P})}{1-\text{Pi}}$

$= \frac{1,71 \times (1-0,6)}{1-0,5}$

$= 1,4\ m^3$/hari

6) Volume bak pengeringan

V = Vi x td

= 1,4 m^3/hari x 10 hari

= 14 m^3

7) Dimensi sludge drying bed

A $= \frac{V}{\text{tebal cake}}$

$= \frac{14\ m^2}{0,3\ m}$

= 4,7 m^2

Maka,

A = L x B

4,7 m^2 = 2B x B

B = 1,5 m

L = 2 x B

= 2 x 1,5 m

= 3 m

8) Volume air (Va)

Va $= \frac{V_L - V_i}{\text{jumlah bed}}$

$= \frac{1,71 - 1,4}{6}$ x 10 hari

= 4 m^3

9) Kedalaman underdrain

H $= \frac{\text{Volume Air}}{A}$

$= \frac{4}{4,7}$

= 0,85 m

10) Kedalaman total

Htotal = H_{SC} + Hmedia + H underdrain

= 0,3 m + 0,45 m + 0,85 m

= 1,6 m

H + freeboard = Htotal + (20% x H total)

= 1,6 m + (20% x 1,6 m)

= 1,92 m = 2 m

11) Jari-jari hidrolis

R $= \frac{\text{B x H}}{\text{B + 2H}}$

$= \frac{\text{1,5 m x 2 m}}{\text{1,5 m + 2.2 m}}$

= 0,5 m

12) Slope

S $= \frac{\text{V x n}}{R^{2/3}}$

$= \frac{\text{0,75 m/s x 0,015}}{(0{,}5)^{2/3}}$

= 0,02

13) Pipa Outlet

Direncanakan :

V = 0,75 m/s

Q = 1,71 m^3/hari = 0,00002 m^3/s

Luas permukaan pipa outlet

A $= \frac{Q}{V}$

$= \frac{0{,}00002\ m^3/s}{0{,}75\ m/s}$

= 0,00003 m^2

Diameter pipa outlet

D $= \sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$

$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}00003\ m^2}{3{,}14}}$

= 0,006 m = 0,1m

Berdasarkan perhitungan di atas maka didapatkan diameter pipa yang ada di pasaran (katalog pipa Wavin jenis PVC-D untuk air limbah) sebesar 114 mm atau 3 inch.

d) Resume Bangunan

- Jumlah bed : 6 unit
- Lebar bed : 3 m
- Panjang bed : 18 m
- Tinggi bed (Htotal) : 2 m
- Tinggi bed (H) : 1,6 m
- Diameter pipa outlet : 0,1 m = 3 inch

BAB VI
PROFIL HIDROLIS

6.1. Saluran Pembawa

Direncanakan datum sebagai tinggi permukaan tanah = 0,00 m

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

Kedalaman total	= 0,24 m
Kedalaman air	= 0,2 m
Tebal dinding	= 0,2 m
Tinggi bangunan	= Datum + (Kedalaman total + tebal dinding)
	= 0,00 m + (0,24 m + 0,2)
	= 0,26 m
Level muka air	= Datum + Tinggi bangunan – *freeboard*
	= 0,00 m + 0,26 m – 0,04 m
	= + 0,24 m

6.2. Bak Penampung

Direncanakan diletakkan di bawah permukaan tanah

H total	= 2,4 m
H air	= 2 m
Freeboard	= 0,4 m
Tebal dinding	= 0,2 m
Tinggi bangunan	= 2,4 m
Elevasi awal	= + 0,0 m
Level muka air	= elevasi awal – H total + H air
	= + 0,0 m – 2,4 m + 2 m
	= - 0,4 m (di bawah permukaan tanah)
Level dasar bangunan	= elevasi awal – H total – tebal dinding
	= 0 – 2,4 m – 0,2 m
	= - 2,6 m

6.3. Netralisasi

- Tangki pembubuh

  Direncanakan bangunan diletakkan diatas permukaan tanah dengan menggunakan menara.

Tinggi total bangunan	= 2,424 m
Tinggi bangunan di atas tanah	= +2,424 m
Tinggi penyangga/menara	= 1,56 m
H total bak pembubuh	= 0,844 m
Tinggi freeboard	= 0,444 m
Tebal dinding	= 0,02 m
Level muka air	= tinggi bangunan di atas tanah – Fb
	= 2,424 m – 0,444 m
	= +1,98 m (di atas permukaan tanah)

- Tangki netralisasi

  Direncanakan diletakkan di atas tanah

Tinggi total bangunan	= 1,56 m
Tinggi bangunan di atas tanah	= + 1,56 m
Tinggi bangunan di bawah tanah	= 0 m
Kedalaman tangki	= 1,54 m
Tinggi freeboard	= 0,44 m
Tebal dinding	= 0,02 m
Level muka air	= tinggi bangunan di atas tanah – Fb
	= 1,54 – 0,44
	= + 1,1 m (di atas permukaan tanah)

6.4. Koagulasi Flokulasi

- **Bak Pembubuh**

  Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah dengan menggunakan menara.

Tinggi total bangunan	= 3,4 m
Tinggi bangunan di atas tanah	= + 3,4 m

Tinggi penyangga/menara = 1,7 m

H total bak pembubuh = 1,5 m

Tebal dinding = 0,2 m

Tinggi bangunan di bawah tanah = 0 m

Tinggi freeboard = 0,25 m

Level muka air = tinggi bangunan di atas tanah – Fb

= 3,4 m – 0,25 m

= + 3,15 m (di atas permukaan tanah)

- **Bak Koagulasi**

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

Tinggi total bangunan = 1,7 m

Tinggi bangunan di atas tanah = + 1,7 m

Tinggi bangunan dibawah tanah = 0 m

Tinggi freeboard = 0,28 m

H air = 1,25 m

H total = 1,5 m

Tebal dinding = 0,2 m

Level muka air = tinggi bangunan di atas tanah – Fb

= 1,7 m – 0,3 m

= 1,4 m

- **Bak flokulasi**

Direncanakan bangunan diletakkan di atas dan di bawah permukaan tanah

Tinggi total bangunan = 5,6 m

Tinggi freeboard = 0,9 m

Kedalaman total = 5,4 m

Tebal dinding = 0,2 m

Tinggi bangunan di atas tanah = 1,6 m

Tinggi bangunan di bawah tanah = 4 m

Level muka air = tinggi bangunan di atas tanah – Fb

= 1,6 m – 0,9 m

= + 0,7 m (di atas permukaan tanah)

6.5. Bak Pengendap I

Direncanakan bangunan diletakkan di atas dan sebagian dibawah permukaan tanah

Tinggi total bangunan = 4,05 m

Tinggi di atas tanah = + 0,5 m

Kedalaman di bawah tanah = - 3,55 m

H total = 3,85 m

Kedalaman air = 3,5 m

Tebal dinding = 0,2 m

Level muka air = tinggi bangunan di atas tanah – fb

= 0,5 – 0,3

= + 0,2 (diatas permukaan tanah)

6.6. Biofilter Aerob

Tinggi total bangunan = 5,5 m

Tinggi air = 5 m

Freeboard = 0,5 m

Ketebalan beton bawah = 0,5 m

Level muka air = tinggi bangunan – fb

= 5,5 m – 0,5 m

= 5 m

6.7. Bak Pengendap 2 (Clarifier)

Direncanakan bangunan diletakkan di atas dan sebagian dibawah permukaan tanah

Tinggi total bangunan = 4,2 m

Tinggi di atas tanah = + 0,3 m

Tinggi di bawah tanah	= - 3,9 m
Kedalaman air	= 3,3 m
H total	= 4 m
Tebal dinding	= 0,2 m
Freeboard	= 0,7 m
Level muka air	= elevasi awal + H bangunan di atastanah – H freeboard
	= 0,00 + 0,3 m – 0,7 m
	= - 0,4 m (dibawah permukaan tanah)

6.8. Sludge Drying Bed

Direncanakan bengunan diletakkan di atas permukaan tanah

Tinggi total bangunan	= 1,25
H dibawah tanah	= 1,25
H total	= 1,05 m
Tebal dinding	= 0,2 m
Freeboard	= 0,21 m
Level muka air	= datum – tinggi di bawah tanah + h total
	= 0 m – 1,25 m + 1,05 m
	= - 0,2 m

BAB VII

BILL OF QUANTITY DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA

7.1. Bill Of Quantity dan Rencana Anggaran Biaya

Pada perencanaan proyek ini, perhitungan Bill of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) didasarkan atas kebutuhan bangunan yang ada pada bangunan pengolahan air buangan. BOQ dan RAB pada perencanaan ini untuk menghitung bangunan pengolahan antara lain :

1. Saluran Pembawa
2. Bak Penampung
3. Netralisasi
4. Koagulasi – Flokulasi
5. Bak Pengendap Awal
6. Biofilter Aerob
7. Bak Pengendap (Clarifier)
8. Sludge Drying Bed

Tabel 7. 1 BOQ & RAB Saluran Pembawa

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Volume galian	1,9	1	1	m^3	73.750	140.125
Volume beton	1,42	1	1	m^3	3.484.000	4.947.280
Jumlah						5.087.405

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 2 BOQ & RAB Bak Penampung

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Volume galian	64,152	1	64,152	m^3	73.750	4.731.210
Volume beton	14,152	1	14,152	m^3	3.484.000	49.305.568
Pompa Submersible	1	1	1	buah	15.000.000	15.000.000
Pipa 5”	6	1	6	m	150.000	900.000
Elbow 90˚	1	1	1	buah	100.000	100.000
Gate valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Jumlah						80.036.778

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 3 BOQ & RAB Netralisasi

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Tangki netralisasi	1	2	2	buah	14.049.530	28.099.060
Menara besi	1	1	1	buah	2.500.000	2.500.000
Motor pengaduk	1	2	2	buah	15.000.000	30.000.000
Pipa 5”	5,8	1	5,8	m	150.000	870.000
Elbow 90˚	1	1	1	100.000	100.000	100.000
Check valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Jumlah						61.669.060

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 4 BOQ & RAB Koagulasi - Flokulasi

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Tangki koagulasi	1	2	2	buah	14.049.530	28.099.060
Tangki flokulasi	1	1	1	buah	20.000.000	20.000.000
Menara besi	1	1	1	buah	2.500.000	2.500.000
Motor pengaduk	1	2	2	buah	15.000.000	30.000.000
Pipa 5”	3	1	3	m	150.000	450.000

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Pipa 12”	2,8	1	2,8	m	370.000	1.036.000
Elbow 90˚	1	2	2	buah	100.000	200.000
Check valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Jumlah						82.385.060

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 5 BOQ & RAB Bak Pengendap I

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Volume Galian	60,51	1	60,51	m^3	73.750	4.462.613
Volume beton	19,91	1	19,91	m^3	3.484.000	69.366.440
Pipa air 5”	1	1	1	m	150.000	150.000
Elbow 90˚	1	1	1	buah	100.000	100.000
Check valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Plate settler	1	16	16	buah	50.000	90.000.000
Jumlah						164.179.053

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 6 BOQ & RAB Bak Biofilter Aerob

Keterangan	Volume / panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga
Volume Galian	208,1	1	208,1	m^3	73.750	15.347.375
Volume beton	31,7	1	31,7	m^3	3.484.000	110.442.800
Pompa	1	1	1	buah	11.148.840	11.148.840
Volume media filter	70	1	70	m3	500.000	35.000.000
Blower	1	1	1	unit	10.000.000	10.000.000
Diffuser	1	1	1	unit	8.000.000	8.000.000
Pipa outlet 5”	4,6	1	4,6	m	150.000	690.000
Elbow	4	1	4	buah	100.000	400.000
Check valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Gate valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Jumlah						191.229.015

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 7 BOQ & RAB Bak Pengendap (Clarifier)

Keterangan	**Volume / panjang**	**Jumlah Unit**	**Total**	**Satuan**	**Harga Satuan (Rp)**	**Total Harga**
Volume Galian	110	1	110	m^3	73.750	8.112.500
Volume beton	26	1	26	m^3	3.484.000	90.584.000
Pompa lumpur	1	1	1	buah	9.000.000	9.000.000
Pipa lumpur 2”	57,8	1	57,8	m	43.798	2.531.524
Pipa air 5”	7	1	7	m	150.000	1.050.000
Pipa outlet 12”	0.9	1	0,9	m	1.100.000	990.000
Elbow 90˚	1	4	4	buah	100.000	400.000
Tee 90˚	1	2	2	buah	100.000	200.000
Check valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Gate valve	1	1	1	buah	100.000	100.000
Sludge scrapper	1	1	1	buah	4.320.000	4.320.000
Reducer	2	1	2	buah	150.000	150.000
Jumlah						117.538.024

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 7. 8 BOQ & RAB Sludge Drying Bed

Keterangan	**Volume / panjang**	**Jumlah Unit**	**Total**	**Satuan**	**Harga Satuan (Rp)**	**Total Harga**
Volume Galian	450,45	1	450,45	m^3	73.750	33.220.686
Volume beton	98,7	1	98,7	m^3	3.484.000	343.870.800
Pipa underdrain 3”	7,8	1	7,8	m	100.000	780.000
Elbow	2	1	2	buah	100.000	200.000
Jumlah						378.071.486

Sumber : Hasil Perhitungan

Total Biaya Keseluruhan = Rp. 1.458.267.000

BAB VIII
KESIMPULAN & SARAN

8.1. Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari tugas perancangan ini :

a. Terdapat 8 parameter air limbah dari industry cat yang telah mengacu pada baku mutu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang standar baku mutu air limbah diantaranya adalah :

No.	Parameter	Kadar	Baku Mutu
1.	BOD	100 mg/L	80 mg/L
2.	TSS	100 mg/L	50 mg/L
3.	Seng	10 mg/L	1,0 mg/L
4.	Timbal	3 mg/L	0,3 mg/L
5.	Krom	4 mg/L	0,2 mg/L
6.	Titanium	5 mg/L	0,4 mg/L
7.	Fenol	4 mg/L	0,2 mg/L
8.	pH	3	6 – 9

b. Parameter air limbah industry cat dapat diremoval menggunakan unit pengolahan sebagai berikut :

Saluran pembawa → bak penampung → netralisasi → koagulasi-flokulasi → bak pengendap awal → biofilter aerob → bak pengendap akhir → *sludge drying bed*.

Berikut merupakan effluent yang teremoval :

No.	Parameter	Influent	Effluent	Baku Mutu
1.	BOD	100 mg/L	20 mg/L	80 mg/L
2.	TSS	100 mg/L	30 mg/L	50 mg/L
3.	Seng	10 mg/L	0,6 mg/L	1,0 mg/L
4.	Timbal	3 mg/L	0,18 mg/L	0,3 mg/L
5.	Krom	4 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L
6.	Titanium	5 mg/L	0,3 mg/L	0,4 mg/L
7.	Fenol	4 mg/L	0,2 mg/L	0,2 mg/L
8.	pH	3	7	6 – 9

c. Dimensi bangunan pengolah limbah berdasarkan hasil perhitungan adalah sebagai berikut:
   1. Saluran pembawa memiliki panjang 5 m, lebar 0,4 m, kedalaman 0,24 m dan slope 1,6 x 10^{-5} m/m,3 m.
   2. Bak penampung memiliki panjang 5 m, lebar 5 m dan kedalaman 2,4 m.
   3. Bak netralisasi memiliki diameter tangki bak pembubuh 0,65 m dengan kedalaman 0,84 m dan diameter tangki netralisasi 1,25 m dengan kedalaman 1,54 m.
   4. Bak koagulasi memiliki diameter tangki pembubuh 0,7 m dengan kedalaman 1,5 m dan diameter tangki koagulasi 1,2 m dengan kedalaman 1,8 m.
   5. Bak flokulasi memiliki diameter tangki 3,5 m dengan kedalaman 5,4 m.
   6. Bak pengendap awal memiliki panjang 16 m.
   7. Biofilter aerob memiliki panjang 8,2 m, lebar 4,2 m dan kedalaman 5 m.
   8. Bak pengendap akhir memiliki diameter 8,2 m dan kedalaman 4 m.
   9. Sludge drying bed memiliki panjang per bed 18 m, lebar 3 m dan kedalaman 1,6 m.

8.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari pengerjaan tugas perancangan ini adalah sebagai berikut :

a. Disarankan memilih unit pengolahan yang benar-benar efisien, ekonomis dan juga menyelesaikan masalah. Dalam mendesain unit pengolahan limbah sebaiknya menggunakan bangunan pengolahan limbah yang benar-benar diperlukan, tanpa mengurangi fungsi dari unit pengolahan tersebut dan bangunan pengolahan limbah dapat dikombinasi dengan bangunan pengolahan limbah lain sehingga fungsi penurunan limbah bertambah.

b. Mempertimbangkan dengan baik pemilihan lokasi untuk peletakan bangunan-bangunan yang telah direncanakan.
c. Luas area untuk yang tersedia untuk IPAL juga harus diperhatikan sehingga luas lahan mencukupi untuk pembangunan IPAL yang sudah direncanakan.