BAB V

DETAIL ENGINEERING DESIGN (DED) UNIT PENGOLAHAN

1)Saluran Pembawa

b Kriteria Perencanaan

- Kecepatan aliran (v) = 0,2 – 0,8 m/s

  (Sumber : Ven Te Chow. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 27. NewYork, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)
- Freeboard (Fb) = 5 – 30% H

  (Sumber : Ven Te Chow. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159.New York, USA: Mc. G raw-Hill Book company, Inc)
- Koefisien manning beton (n) = 0,013

  (Sumber : Ven Te Chow. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 109. NewYork, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

c Data yang Direncanakan

- Digunakan 1 saluran pembawa terbuka bentuk rectangular
- Debit (Q) = 86.400 m^3/hari = 0,5 m^3/s
- Kecepatan aliran (v) = 0,5 m/s
- Panjang saluran (L) = 7 m
- Freeboard (fb) = 20% tinggi bak
- Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s^2

d Perhitungan

- Luas permukaan saluran (A)

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

  $A = \frac{0{,}5\ m3/s}{0{,}5\ m/s} = 1\ m^2$

  Dimensi saluran Asumsi, B = H

$A = B \times H$

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

$H^2 = A$

$= 1$ m

$H = \sqrt{1}\ m^2 = 1$ m

Maka ,

B = H

B = 1 x 1 m = m

Tinggi H total = H + (20% x 1 m)

= 1 m + (20% x 1 m)

= 1,2 m

- Cek kecepatan saluran

  $A = B \times H$

  $= 1\ m \times 1\ m = 1\ m^2$

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

  $= \frac{0{,}5\ m3/s}{1\ m} = 0{,}5$ m/s **(memenuhi)**

- Jari-jari hidrolis (R)

  $R = \frac{B \times H}{B+H}$

  $= \frac{1 \times 1}{1+1} = 0{,}5$ m

- Slope (S)

  Hstatis = Hfriksi

  Ep = Ek

  $m \times g \times h = \frac{1}{2} \times m \times v^2$

  $hs = \frac{v^2}{2g} = \frac{(0{,}5\frac{m}{s})^2}{2 \times 9{,}81\ m/s^2} = 0{,}025$ m

  Headloss friksi (Hf)

hf = n x L

= 0,013 x 7 m

= 0,091 m

Slope saluran = $H_{statis} + H_{friksi}$

= 0,025 m + 0,091 m

= 0,11 m

Resume bangunan

- Panjang saluran (L) = 7 m
- Lebar saluran (B) = 1 m
- Tinggi saluran total (H) = 1,2 m
- Freeboard = 0,2 m

2) Fine Screen

a Kriteria Perencanaan bentuk Drum

- Saringan bukaan masuk = 6 - 60 mesh

  (Sumber : Lawrence K Wang, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse, halaman 13)

  Jarak antar batang (r) = 2,3 – 6 mm

  (Sumber : Lawrence K Wang, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse, halaman 13)

- Diameter = 0,9 m – 1,5 m

  (Sumber : Lawrence K Wang, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse, halaman 13)

- Kecepatan aliran (v) = 0,3 – 0,6 m/s

  (Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse 4th Edition, halaman 316)

- Headloss saat pembersihan (Hf) = 150 mm

  (Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse 4th Edition, halaman 316)

- Headloss saat penyumbatan (Hfc) = memenuhi < 0,80 m

  (Sumber : Qasim, 1985)
- Faktor bentuk kisi bulat (β) = 1,79

  (Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatmentand Reuse 4th Edition, halaman 161)
- Koefisien Hf (C) = 0,7 (saat clean screen)
- Koefisien Hf (C) = 0,6 (saat clogged screen)

(Sumber : Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment andReuse 4th Edition, halaman 321)

- Kemiringan terhadap horizontal pada manual 45-60 ^{o}

  (sumber : Qasim,1999)

b Data yang Direncanakan

- Digunakan fine screen manual
- Debit (Q) = 86.400 m^3/hari = 0,5 m^3/s
- Kecepatan aliran melalui bar (vb) = 0,6 m/s
- tinggi bar screen (h) = 1 m
- Kecepatan maks (va) = 0,3 m/s
- Lebar bukaan saluraan (Ws) = 0,7 m
- Lebar batang (w) = 0,01 m

Jarak antar batang (r) = 0,007 m

- Slope saluran (θ) = 45^o

c Perhitungan

- Jumlah bukaan antar batang/celah (n)

  Ws = (n x w) + {(n+1) r}

  0,7 = n 0,01 + (n+1) 0,007

  0,7 = 0,01 + 0,007n + 0,007

0,7-0,007 = 0,01 + 0,007n

0,693 = 0,017 n

N = 40 batang

- Total lebar bukaan kisi (Wc)

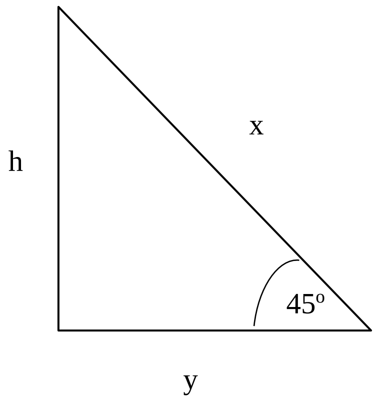
Wc = Ws – (n x w)

= 0,7 m – (40 x 0,01 m)

= 0,3 m

- Dimensi fine screen

Panjang kisi (x)



Sin θ = $\frac{h}{x}$

Sin 45º = $\frac{1\ m}{x}$

x = $\frac{1\ m}{\sin 45}$

x = 1,4 m

lebar kisi (y)

cos α = $\frac{y}{x}$

cos 45º = $\frac{y}{1,4\ m}$

y = 0,98 m

- Kehilangan tekanan pada bar screen

Hf = $\frac{1}{c}\ (\frac{Vb^2 - va^2}{2g})$

= $\frac{1}{0,7}\ (\frac{0,5^2 - 0,3^2}{2.9,81})$ = 0,011 m **(MEMENUHI Hf < 0,15 m)**

(Sumber : Metcalf and Eddy, 2003)

- Headloss saat penyumbatan (Hfc)

Hfc = β x $\left[\frac{Wc}{r}\right]^{\frac{4}{3}}$ x Hv x sin α

$= 1{,}79 \times \left[\frac{0{,}3}{0{,}035}\right]^{\frac{4}{3}} \times 0{,}02 \times \sin 45^o$

= 0,34 m **(memenuhi < 0,80 m) (Sumber : Qasim, 1985)**

Resume bangunan :

- Tinggi bar screen = 1 m
- Lebar kisi = 0,98 m
- Panjang kisi = 1,4 m
- Lebar batang (w) = 0,01 m
- Jumlah batang (n) = 40 batang
- Jarak antar batang (r) = 0,007 m

3) Bak Penampung

a Kriteria Perencanaan

- Freeboard (Fb) = 5% – 30% tinggi

  (Sumber : Ven Te Chow, 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159.New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)
- Kecepatan pipa outlet (v) = 0,3- 2,5 m/s

  (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Waktu detensi (td) = < 2 jam

  (Sumber : Metcalf & Eddy, 2003)
- Freeboard 5 - 30 %

  (Sumber : Ven Te Chow, 1959)

  Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s

  (Sumber : Al-Lyla, 1997)

b Data yang Direncanakan

- Digunakan sumur pengumpul berbentuk persegi panjang
- Debit (Q) = 86.400 m^3/hari = 0,5 m^3/s

- Kecepatan outlet (v) = 2,5 m/s
- Kedalaman bak (h) = 3 m
- Freeboard (Fb) = 20% tinggi bak
- Waktu detensi (td) = 10 menit ~ 600 detik
- Panjang bak = 2 x lebar bak

c Perhitungan

- Volume limbah (V)

  V = Q x td

  = 0,5 m^3/s x 600 s

  = 300 m^3

- Dimensi sumur pengumpul

  V = p x l x h

  300 m^3 = 2l x l x 3 m

  300 m^3 = $6l^2$

  l^2 = 50

  l = 7,07 m = **7 m**

  p = 2 x 7 = **14 m**

- Kedalaman total

  H total = H + Fb

  = 3 m + (20% x 3m)

  = 3,6 m

- Check Td

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

  $= \frac{p \text{ x } l \text{ x } h}{Q} \quad = \frac{14 \text{ x } 7{,}07 \text{ m x } 3 \text{ m}}{0.5 \text{ m}^3/\text{detik}}$

  $= \frac{296{,}94 \text{ m}^3}{0.5 \text{ m}^3/\text{detik}}$ **= 594 s**

-

Outlet dari sumur pengumpul ke bak netralisasi

- Luas permukaan pipa (A)

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

$= \frac{0{,}5\ m^3/detik}{2{,}5\ m/detik}$

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

- Diameter pipa (D)

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

$= \sqrt{\frac{4 \times 0{,}2}{3{,}14}}$

= 0,25 m = 9,8 inch = 10 inch

- **Resume Bangunan Sumur Pengumpul :**
  - Lebar bak penampung (B) = 7 m
  - Panjang bak penampung (L) = 14 m
  - Ketinggian bak penampung (H) = 3 m
  - Ketinggian bak penampung total (Htotal) = 3,6 m
  - Diameter Pipa Outlet = 10 inch

Pompa menuju bak netralisasi :

a. Kriteria Perencanaan

- Hf pompa > Hs + Hf total
- Hs < Hf pompa
- Koefisien kekasaran pipa (C) = 130
- Koefisien kekasaran aksesoris pipa (k) :

  - Elbow 90° C = 0,75
  - Gate Valve = 0,19
  - Check Valve = 2,5
  - Tee = 0,50

(Sumber: Kawamura, S. 2000. Intergrated Design and

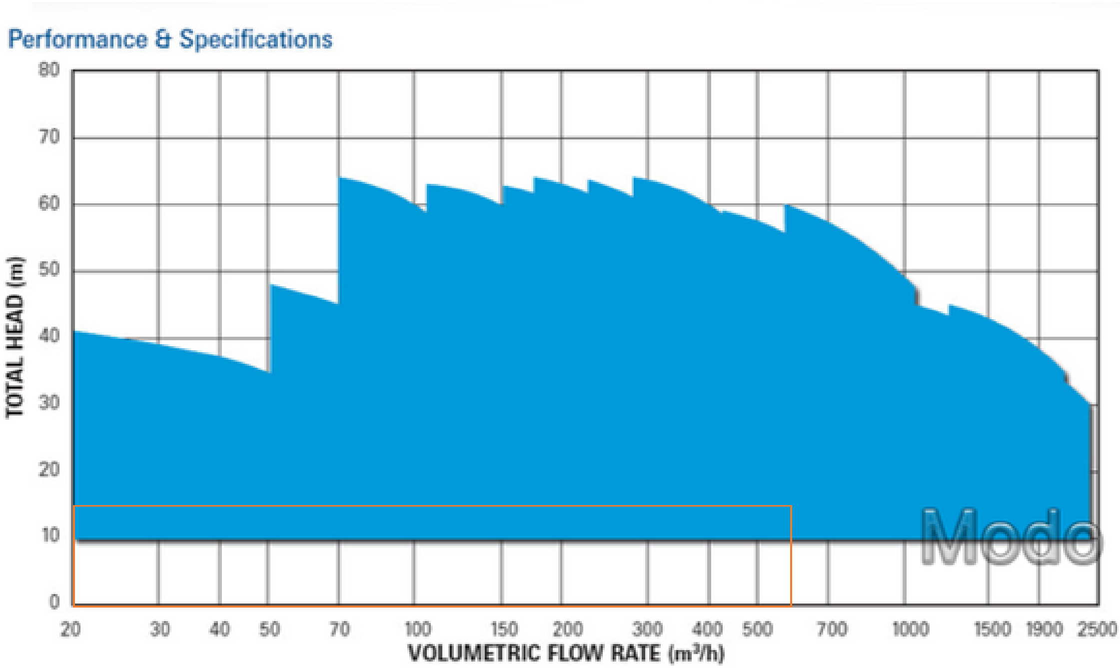
Operation of Water Treatment Facilities 2 nd, hal 159. New York: John Wiley and Sons, Inc)

b. Direncanakan

- Debit air limbah = 0,5 m^3/s = 1800 m^3/jam
- Kecepatan aliran pipa = 2 m/s
- L suction = 0,5 m
- L discharge = 7,5 m
- H statis = 2,5 m
- Aksesoris discharge

  1 buah check valve ; k = 2,5 2 buah elbow 90° ; k = 0,75
- Koefisien kekasaran (C) = 130

c. Perhitungan



SELECTION CHART

Model	Outlet Diameter (mm)	Kapasitas (m & sup3;/h)	Head (m)	Daya (Kw)	Kecepatan (r/min)	Max. Diameter Padat (mm)	Pompa Berat (kg)
SS45-15-5.5	80	45	15	5.5	1460	13	100
SS15-20-5.5	80	15	20	5.5	1460	13	100
SS30-30-7.5	80	30	30	7.5	1460	13	114
SS50-26-11	80	50	26	11	1460	13	165
SS75-25-15	100	75	25	15	1460	13	220
SS150-18-18.5	150	150	18	18.5	980	32	550
SS200-12-22	150	200	15	22	980	45	580
SS60-46-30	150	60	46	30	980	21	700
SS150-30-30	150	150	30	30	980	21	550
SS300-20-37	200	300	20	37	980	28	775
SS200-30-45	150	200	30	45	980	36	1000
SS500-15-45	250	500	15	45	980	46	1100
SS250-35-55	150	250	35	55	980	36	1140
SS600-15-55	250	600	15	55	980	46	1140
SS350-35-75	200	350	35	75	980	28	1550
SS500-20-75	200	500	20	75	980	25	1550
SS200-60-90	150	200	60	90	980	14	1550
SS400-40-90	200	400	40	90	980	28	1550
SS600-30-110	200	600	30	110	980	28	1970
SS1000-18-110	300	1000	18	110	980	50	1970
SS500-45-132	200	500	45	132	980	28	2000

Pompa yang didapatkan berdasar hasil plot nilai Q = 600 m^3/jam dan head pump = 15 m pada grafik, maka diplot pada grafik "Performance Curves Modo Submersible Pumps diperoleh tipe SS600-15-55" dari Hebei, China. Kemudian dilihat spesifikasi "*Dimensions and Weights*" dari pompa tersebut memiliki diameter pipa 250 mm atau 0.250 m dengan spesifikasi pompa submersible wastewater pump tersebut cocok diterapkan pada pH asam dikarenakan pompa ini berbahan dasar dari baja sehingga kondisi pH tidak akan dapat mempengaruhi kinerja pompa. Berikut kami lampirkan spesifikasi pompa Modo submersible dengan tipe SS600-15-55 :

	Description
Usage:	Slurry, Sewage and Water
Type	MSS Submersible Slurry Pump
Capacity	Up to 2400 m³/hr (666 l/s)
Head	Up to 60m (196 feet)
Speed	Up to 1480rpm
Size	80mm to 400mm (3.15" up to 16")
Temperature	Max.110℃
Drive	Electric
Support Frame	Mild Steel
Strainer	420 Stainless Steel
Pump Casing	27% Chrome White Iron or 316 Stainless Steel/Duplex1
Back Plate	27% Chrome White Iron or 316 Stainless Steel/Duplex1
Impeller	27% Chrome White Iron or 316 Stainless Steel/Duplex1
Agitator	27% Chrome White Iron or 316 Stainless Steel/Duplex1
Oil Chamber Housing	Cast Iron
Shaft	420 Stainless Steel
Shaft Sleeve	420 Stainless Steel
Wet End Mechanical Seal	304 Stainless Steel
Motor Mechanical Seal	304 Stainless Steel
Motor Casing	Cast Iron
Motor Cooling Jacket	Fabricated Mild Steel
Lifting Brace	Mild Steel
Bearing Covers	Cast Iron
Oil Chamber Cover	Cast Iron

- **Headloss**
- Hf Mayor

Pipa Suction

Hf Mayor $= \left(\frac{Q}{0{,}2785 \text{ x C x } D^{2,63}}\right)^{1,85}$ x L Suction

$= \left(\frac{0{,}5 \text{ m}^3/\text{s}}{0{,}2785 \text{ x } 130 \text{ x } 0{,}250^{2,63}}\right)^{1,85}$ x 0,5 m

= 0,15 m

Pipa Discharge

Hf Mayor $= \left(\frac{Q}{0{,}2785 \text{ x C x } D^{2,63}}\right)^{1,85}$ x L discharge

$= \left(\frac{0{,}5 \text{ m}^3/\text{s}}{0{,}2785 \text{ x } 130 \text{ x } 0{,}250^{2,63}}\right)^{1,85}$ x 7,5 m

= 2,31 m

- Hf Minor

Pipa Discharge , Pipa Suction (2 elbow , 0 check valve)

Hf Minor $= \left(\frac{\text{n x k x } v^2}{2 \text{ x g}}\right) + \left(\frac{\text{n x k x } v^2}{2 \text{ x g}}\right)$

$= \left(\frac{2 \text{ x } 0{,}75 \text{ x } (2 \text{ m/s})^2}{2 \text{ x } 9{,}81}\right) + (0)$

= 0,3 m

= 0,3 m

- Hf mayor Total

Hf mayor total = Hf mayor suction + Hf mayor discharge

= 0,15 m + 2,31 m

= 2,46 m

- Hf Total

Hf total = H statis + Hf mayor + Hf minor

= 2,5 m + 2,46 m + 0,3 m

= 5,26 m

- Syarat Head Pump ≥ Hf total

35 m ≥ 5,26 m **(memenuhi)**

4) Netralisasi

a. Kriteria Perencanaan :

- Gradien Kecepatan = 1000-700/s

  (Sumber = Reynold, Wasterwater Engineering, hal 183)

- Waktu tinggal di dalam bak (td) = 20-60 s

  (Sumber = Reynold, Wasterwater Engineering, hal 183)

- Kecepatan putaran impeller paddle = 10 – 150 rpm

  (Sumber = Ali Masduqi, Operasi & Proses Pengolahan Air, hal 113)

- Diameter paddle = 30 - 50% lebar bak

  (Sumber = Ali Masduqi, Operasi & Proses Pengolahan Air, hal 113)

- Lebar paddle = 1/6 – 1/10 diameter

bak

(Sumber = Ali Masduqi, Operasi & Proses Pengolahan Air, hal 113)

- Gradien kecepatan (G) = 700-1000/detik

  (Sumber = Reynold. Hal 182)

- Jarak paddle dengan dasar bak = ½ kali diameter paddle

  (Sumber = Reynold, Wasterwater Engineering, hal 183)

- Koefisien Kekasaran Aksesoris Pipa (k)

  Elbow 90^o = 1,1

  Tee aliran lurus = 0,35

  Tee aliran cabang = 1

  Gate valve = 0,2

b. Data Perencanaan

Bentuk bak circular

- Q = 0,5 m^3/s
- Jumlah bak = 3 bak
- Q tiap bak = 0,1 m^3/s
- Waktu detensi (td) = 60 s
- Bentuk impeller = flat paddle, 2 blades
- Koefisien impeller (Kt) = 1,7
- Kecepatan putaran impeller = 120 rpm = 2 rps
- Tinggi bak = 2,4 m
- Densitas air suhu 25^oC = 997 kg/m^3
- Viskositas air (μ) suhu 25^oC = $0{,}89.10^{-3}$ Ns/m^3
- Berat jenis NaOH : 39,997 g/mol
- Massa jenis NaOH : 2,13 kg/L

c. Perhitungan

Perhitungan Bak Pembubuh

Pembubuhan, menggunakan NaOH yang dilarutkan untuk digunakan dalam fase cair, dalam bak pembubuh.

- Dosis NaOH

pH air baku = 5

pOH = 8,5 – 5 = 3,5

Dosis NaOH $= \frac{Y\ (mg)}{Vol.air\ (L)} \times \frac{1}{Berat\ Molekul\ \ (g/mol)} \times \frac{1}{10^3\ (mg/mol)}$

$= \frac{Y\ (mg)}{1\ L} \times \frac{1}{39{,}997\ \ (g/mol)} \times \frac{1}{10^3\ (mg/mol)}$

$= \frac{Y\ (mg)}{39997\ L}$

Dosis Y adalah nilai dosis NaOH, maka persamaan reaksi :

NaOH → Na + OH^-

$[OH^-]$ $= \frac{Y\ (mg)}{39997\ L} \times 1$

$[OH^-]$ $= \frac{Y\ (mg)}{39997\ L}$

pOH = - log $[OH^-]$

3,5 $= -\log \left[\frac{Dosis\ (mg)}{39997\ L}\right]$

$10^{-3,5}$ $= \frac{Dosis\ (mg)}{39997\ L}$

Dosis = 12,65 mg/L ≈ 13 mg/L

Artinya, proses pembubuhan membutuhkan 13 mg NaOH tiap 1 L air baku

- Kebutuhan NaOH

Kebutuhan NaOH = Dosis x Qper hari

= 13 mg/L x 43.200.000 m^3/L

= 561.600.000 mg/hari = 561,6 kg/hari

- Volume NaOH dengan konsentrasi NaOH 98% yang dibutuhkan

Volume = $\frac{\text{massa 98\%}}{\rho \text{ NaOH}} = \frac{561{,}6 \text{ kg/hari}}{2{,}13 \text{ kg/L}} = 263{,}66$ L

- Kebutuhan air untuk NaOH

  Kebutuhan air = $\frac{98\%}{2\ \%}$ x volume NaOH

  = $\frac{0{,}98}{0{,}02}$ x $263{,}66\ L = 12.919$ L

- Volume bak dengan 1 kali periode pelarutan 24 jam

  Volume bak = volume NaOH + volume air

  = 263,66 L + 12.919 L

  = 13.183 L = 13,183 m^3

Dari perhitungan diatas maka diperoleh spesifikasi tangki pembubuh netralisasi yang akan digunakan, sebagai berikut:

Merk : Kaiquan

Model tangki : KQ-1000L

Kapasitas tangki : 13183 L

Kapasitas tangki maks: 20000 L

Diameter tangki : 51 mm = 0,051 m

Kedalaman tangki : 4500 mm = 4,5 m

Ketebalan tangki : 60 mm = 0,06 m

Power : 7,5 kW

- Diameter impeller (Di)

  Di = $(\frac{\text{P x g}}{\text{kt x } n^3 \text{ x p}})^{1/5}$

  Di = $(\frac{7500 \text{ x } 9{,}81}{1{,}7 \text{ x } 2^3 \text{ x } 997})^{1/5}$

  Di = $\frac{1{,}26 \text{ m}}{2{,}3 \text{ m}}$ = 1,4

- Tinggi paddle dari dasar bak (T)

  T = $\frac{1}{2}$ D $= \frac{1}{2}$ x $1{,}4 = 0{,}7$ m

- Debit per bak

  Q tiap bak = 0,5 m^3/s : 3 = 0,17 m^3/s

- Volume

  V = Q x td

  V = 0,17 m^3/s x 60s

  V = 9,9 m^3

- Luas permukaan bak

  A $= \frac{V}{H} = \frac{9{,}9\ m^3}{2{,}4\ m} = 4{,}125\ m^2$

- Diameter Bak

  D $= (\frac{4 \times A}{3{,}14})^{1/2}$

  D $= (\frac{4 \times 4{,}125}{3{,}14})^{1/2}$ = 2,29 m = 2,3 m

- Cek kedalaman (H)

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

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

  = 4,15 m^2

  H = V / A = 9,9 m^3 / 4,15 m^2 = 2,39 m

Berdasarkan perhitungan tangki diatas maka didapatkan spesifikasi *impeller* sebagai berikut:

- Merk : Bentai
- Model : BLD13
- Tenaga : 7,5 kW = 7500 watt

- Diameter *impeller* : 300 mm = 0,3

- Nre

  $$Nre = \frac{Di^2 \times n \times p}{\mu}$$

  $$Nre = \frac{0,3^2 \times 2 \times 997}{0,0089} = 20.164,04 \text{ (Nre > 10000, turbulen)}$$

Dengan perhitungan volume tangki pembubuh sebesar 432 L/jam diatas maka didapatkan
spesifikasi *dosing pump* sebagai berikut:

- Merk : HEPHIS
- Tipe : SUS304 / SUS316
- Kapasitas : 432 L/jam
- Tekanan : 5 bar
- *Power* : 0,55 kW = 550 watt
- Diameter pipa : *suction*= 4mm
  Discharge= 6mm

Perhitungan tangki netralisasi

13) Volume tangki netralisasi

- Vol limbah = Q x td

  = 0,17 m^3/s x 60 s

  = 10 m^3

- Vol. total = Vol. limbah + Vol. pembubuh

  = 10 m^3 + 13,1 m^3

  = 23,1 m^3 = 23.100 L

Dari perhitungan diatas maka diperoleh spesifikasi tangki netralisasi yang akan digunakan, sebagai berikut:

Merk : Kaiquan

Model tangki : HG-30000L

Kapasitas tangki : 23.100 L

Kapasitas tangki maks: 30000 L

Diameter tangki : 31 mm = 0,031 m

Kedalaman tangki : 9250 mm = 9,25 m

Ketebalan tangki : 60 mm = 0,06 m

Power : 7,5 kW

- Diameter impeller (Di)

  $\text{Di} = (\frac{\text{P x g}}{\text{kt x n}^3 \text{ x p}})^{1/5}$

  $\text{Di} = (\frac{7500 \text{ x } 9{,}81}{1{,}7 \text{ x } 2^3 \text{ x } 997})^{1/5}$

  $\text{Di} = \frac{1{,}26 \text{ m}}{2{,}3 \text{ m}} = 1{,}4$

- Tinggi paddle dari dasar bak (T)

  $\text{T} = \frac{1}{2} \text{ D} = \frac{1}{2} \text{ x } 1{,}4 = 0{,}7 \text{ m}$

- Debit per bak

  Q tiap bak = 0,5 m^3/s : 3 = 0,17 m^3/s

- Volume

  V = Q x td

  V = 0,17 m^3/s x 60s

  V = 9,9 m^3

- Luas permukaan bak

A $= \frac{V}{H} = \frac{9,9\ m^3}{2,4\ m} = 4,125\ m^2$

- Diameter Bak

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

D $= (\frac{4\ x\ 4,125}{3,14})^{1/2}$ = 2,29 m = 2,3 m

- Cek kedalaman (H)

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

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

= 4,15 m^2

H = V / A = 9,9 m^3 / 4,15 m^2 = 2,39 m

Berdasarkan perhitungan tangki diatas maka didapatkan spesifikasi *impeller* sebagai berikut:

- Merk : Bentai
- Model : BLD13
- Tenaga : 7,5 kW = 7500 watt
- Diameter *impeller* : 300 mm = 0,3

- Nre

Nre $= \frac{Di^2\ x\ n\ x\ p}{\mu}$

Nre $= \frac{0,3^2\ x\ 2\ x\ 997}{0,0089}$ = 20.164,04 (Nre > 10000, turbulen)

Outlet menuju ke bak koagulasi

Jenis pompa dan diameter pipa didapat dari perhitungan debit air limbah sebesar 1800 m^3 /jam, sehingga diperoleh spesifikasi pompa Submersible sebagai berikut :

MWQ Submersible Sewage Pump

Type	Outlet Dia. (mm)	Capacity (m3/h)	Head (m)	Power (kw)	Efficiency (%)
50WQ15-8-0.75	50	15	12	0.75	52
50WQ25-36-7.5	50	30	15	7.5	48
65WQ30-10-2.2	65	30	10	2.2	62
65WQ30-35-7.5	65	30	35	7.5	50
80WQ50-8-2.2	80	50	8	2.2	60
100WQ80-7-3	100	80	7	3	64
150WQ150-10-7.5	150	150	10	7.5	72
200WQ300-10-15	200	300	10	15	74
250WQ500-10-30	250	500	10	30	72
300WQ700-19-55	300	700	19	55	75
350WQ1100-25-110	350	1100	25	110	76
400WQ2000-23-185	400	2000	23	185	80
500WQ3000-15-132	500	3000	15	185	72
600WQ4000-20-315	600	4000	20	315	77

- Merk : Modo
- Tipe pompa : Submersible Pump 400WQ2000-23-185
- Head pompa : 23 m
- Ø Pipa discharge (outlet) : 16 inch
- Daya Pompa (P) : 185 kW
  - Luas penampang pipa

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

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

    $= 0{,}126\ m^2$

  - Headloss Mayor
    - Hf Mayor pipa suction = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2,65}}\right)^{1,85}$ x L

      $= \left(\frac{0{,}5}{(0{,}2785).120.0{,}3^{2,65}}\right)^{1,85}$ x 5 m = 0,81 m
    - Hf Mayor pipa discharge = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2,65}}\right)^{1,85}$ x L

      $= \left(\frac{0{,}5}{(0{,}2785).120.0{,}3^{2,65}}\right)^{1,85}$ x 5 m = 0,81 m

- Hf minor = k $\frac{v^2}{2.g}$

3 elbow 90^o (K = 0,3)

= 3 x (0,3 $\frac{1^2}{2.9,81}$) = 0,046 m

1 gate valve (K = 0,19)

= 0,19 x ($\frac{1^2}{2.9,81}$) = 0,01 m

Hf statis = 0,5 m

Total head = hf mayor + hf minor + hf statis

= 1,63 + 0,056 + 0,5 = 1,87 m = 2,19 m

5) Koagulasi-Flokulasi

- **Koagulasi**

a. Kriteria Perencanaan :

- Waktu detensi (Td) = 20 – 60 detik (Sumber : Reynolds, Hal 184)
- Gradien Kecepatan (G) = 700 – 1000 / detik (Sumber : Reynolds, Hal 184)
- Tinggi bak (H) = 1 – 1,25 Diamater bak
- Dosis $Al_2(SO_4)_3$ = 75 - 250 mg/l (Sumber : W. Wesley Eckenfelder, 2000, Hal. 137)
- Kadar $Al_2(SO_4)_3$ = 15 – 20% (Sumber : Qasim, Hal 236)
- Viskositas Absolut (μ) , T = 30°C = 0,8004 x 10^{-3} N.s/m^2 (Sumber : Reynolds, Hal 762)
- Viskositas kinetis (μ) , T = 30°C = 0,8004 x 10^{-2} cm^2 /s (Sumber : Reynolds, Hal 762)
- Berat jenis alum (ρ alum) = 2,67 kg/L (Sumber: Qasim, Syed R., Motley & Zhu, G, 2000)
- Kadar air dalam alum cair = 71,2 - 74,5 % (Sumber: Qasim, Syed R., Motley & Zhu, G. 2000)
- Nre Turbulen > 10000 (Sumber : Reynolds, Hal 184 – 187)
- Diameter impeller (Di) = 50 – 80% diameter atau lebar bak (Sumber : Reynolds. Hal 184)

- Jarak impeller dari dasar = 30 – 50% Di (Sumber : Reynolds. Hal 184)
- Lebar paddle (Wi) = 1/6 – 1/10 m (Sumber : Reynolds, Hal 185)
- Kecepatan putaran propeller = 20 – 150 rpm (Sumber : Reynold, Hal 185)
- Jenis Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	– 50 rpm	Diameter : 50 – 80% lebar bak Lebar : 1/6 – 1/10 Diameter Paddle	-
Turbine	– 150 rpm	Diameter : 30 – 50% lebar bak	-
Propeller	0 – 1750 rpm	Diameter max 45 cm	Jumlah Pitch 1 – 2 buah

(Reynold & Richards 1996)

Perencanaan bak koagulan :

Menggunakan 1 unit Bak Koagulasi, dan 1 unit Bak Pembubuh Koagulan

- Debit (Q) = 0,5 m^3/detik
- Waktu detensi (Td) = 60 detik
- Gradien kecepatan (G) = 700/detik
- Kecepatan putaran impeller = 450 rpm = 7,5 rps
- Jenis Impeller (Di) = Propeller, pitch of 1, 3 blades K_T = 0,32

Jenis Impeller	K_L	K_T
Propeller, pitch of 1, 3 blades	41	0,32
Propeller, Pitch of 2, 3 blades	43,5	1
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	60	5,31
Turbine, 4 flat blades, vaned disc	65	5,75
Turbine, 6 curved blades	70	4,8
Fan Turbine, 6 blades at 45o	70	1,65
Shrouded Turbine, 6 curved blades	97,5	1,08
Shrouded Turbine, with stator, no baffles	172,5	1,12
Flat Paddles, 2 blades (Single Paddle), D1/W1 = 4	43	2,25
Flat Paddles, 2 blades, D1/W1 = 6	36,5	1,7
Flat Paddles, 2 blades, D1/W1 = 8	33	1,15
Flat Paddles, 4 blades, D1/W1 = 6	49	2,75
Flat Paddles,6 blades, D1/W1 = 8	71	3,82

Sumber : Tom. D. Reynolds, Paul A. Richards, 1996

- Tinggi bak (H) = 1,15 diameter bak
- Jarak propeller dari dasar = 50% Di
- Lebar paddle (Wi) = 1/7 m
- Massa jenis air (ρ), T = 998,2 kg/m^3
- Viskositas Absolut (μ) , T = 30°C = 0,8004 x 10^{-3} N.s/m^2
- Viskositas kinetis (μ) , T = 30°C = 0,8004 x 10^{-2} cm^2 /s
- Dosis $Al_2(SO_4)_3$ = 100 mg/l
- Periode pelarutan = 1 hari

- Berat jenis alum = 2,67 kg/L
- Kadar air dalam alum cair = 72 %

<u>Perhitungan bak koagulan</u> :

- **Tangki Pembubuh Koagulan**

a. Kebutuhan $Al_2(SO_4)_3$

Kebutuhan $Al_2(SO_4)_3$ = Dosis alum x Q air limbah

= 100 mg/l x 43.200.000 l/hari

= 4.300.200.000 mg/hari

= 4300 kg/hari

b. volume $Al_2(SO_4)_3 = \frac{\text{Kebutuhan Alum}}{\rho \text{ Alum}}$ x td pelarutan

$= \frac{4300 \text{ kg/hari}}{2{,}67 \text{ kg/L}}$ x 1 hari

= 1.610 L/hari **(alum yang dibutuhkan)**

c. volume air pelarut

$= \frac{100}{\text{konsentrasi alum} - \text{kadar air alum}}$ x volume $Al_2(SO_4)_3$

$= \frac{100}{(100-72)}$ x 1.610 L/hari

= 5750 L/hari

d. Volume larutan total

V = volume alum + volume air pelarut

= 1.610 L/hari + 5750 L/hari

= 7360 L/hari

Dari perhitungan diatas, diperoleh spesifikasi unit bangunan koagulan yang akan digunakan dalam tugas perancangan ini, yaitu sebagai berikut :

- Merk : chinz
- Model Unit : CG-10000
- Kapasitas Unit : 7500 L
- Kapasitas Unit Maks. : 10000 L
- Kecepatan : 0 – 2800 rpm
- Daya 2,2 kW
- Panjang Unit : 2000 mm ~ 2 m

- Kedalaman Unit : 3900 mm ~ 3,9 m
- Ketebalan Unit : 1,5 mm ~ 0,0015 m

e. Dimensi bak pembubuh (Bak berbentuk Tabung)

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

$7{,}36\ m^3 = \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times D^2 \times 2\ m$

$7{,}36\ m^3 = 1{,}57\ D^3$

$7{,}36 = D^2$

$D = 2{,}17 =$ **2,2 m**

Htotal = H bak + Freeboard

= 2 m + (20% x 2 m)

= 2,4 m

f. Tenaga Pengadukan (P)

$P = G^2 \times \mu \times$ Volume bak

$= (700/detik)^2 \times 0{,}8004 \times 10^{-3}\ N.detik/m^2 \times 7{,}36\ m^3$

= 2.886 N.m/detik → 2.886 watt → 2,886 kW

TYRONE ISO9001:2008

YC SERIES

Series Heavy-Duty Single Phase Capacitor-Start Induction Motors

These single-phase Heavy Duty capacitor-start motors are made to IEC standards. These are superior motors delivering excellent torque enabling the toughest jobs to be handled with dependable ease. They perform well in high voltage fluctuating regions and are commonly used in the pumping, compressor, agriculture, farming, building service and manufacturing industry.

Picture for illustration only.

MOTOR FEATURES

IP44 enclosure
Class B/F insulation
Low operating temperature
High quality magnet wire
Vacuum varnish impregnation for superior
Tropic proof insulation
Motors are made for continuous S1 duty
Industrial type service factors
Heavy duty ball bearings
High strength cast iron frame
Balanced motors
Cool running motors
Ambient temperature: - 15°C to +40°C
Altitude: Altitude should be lower than 1000 meters above sea level.

100% COPPER WIRE   100% OUTPUT

1 PHASE / YC-2 POLE / 2850RPM 50HZ				
Type		HP	KW	Voltage [V]
YC	711-2	0.25	0.18	230
YC	80A-2	0.5	0.37	230
YC	80B-2	0.75	0.55	230
YC	80C-2	1	0.75	230
YC	90S-2	1.5	1.1	230
YC	90L-2	2	1.5	230
YC	100L-2	3	2.2	230
YC	112M-2	4	3.0	230
YC	112M2-2	5	3.7	230
YC	112M-2	5.5	4	230

1 PHASE / YC-4 POLE / 1450RPM 50HZ				
Type		HP	KW	Voltage [V]
YC	712-4	0.25	0.18	230
YC	80B-4	0.5	0.37	230
YC	80C-4	0.75	0.55	230
YC	90S-4	1	0.75	230
YC	90L-4	1.5	1.1	230
YC	100L-4	2	1.5	230
YC	112M-4	3	2.2	230
YC	112M1-4	4	3	230
YC	112M2-4	5	3.7	230
YC	132M1-4	7.5	5.5	230
YC	132M2-4	10	7.5	230

g. Impeller Bak Pembubuh

- Diameter Impeller

  Di = 50% x Diameter bak

  = 50% x 2,2 m

  = 1,1 M ➔ 1 m

- Lebar impeller = 1/6 x Di

  = 1/6 x 1 m = 0,16 m

- Jarak impeller = 50% x Di

  = 50% x 1 m = 0,5 m

- Check Bilangan Reynold

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

  $= \frac{1^2 \text{ x 7,5 rps x 998,2 kg/m}^3}{0{,}8004 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}$ 7.486,5

  = 9.353.448 = **Nre > 10.000 (memenuhi)**

h. Dossing pump

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

  $= \frac{7{,}36 \text{ m}^3}{1 \text{ hari}}$

  = 7,36 m^3/hari = 18,2 x 10^{-5} m^3/detik = 655,2 L/jam

Berdasarkan perhitungan diatas maka didapatkan katalog Dosing Pump sebagai berikut :

Model	Capacity Flow (L/H)	Max. Pressure (Bar)	Pump Speed (min-1)	Diaphragm (mm)	Stroke Length (mm)	Connection Size (mm)	Power (KW)	Weight (kg)
JZM-A 82/1	82		36					
JZM-A 167/1	167		72			DN15	220V/380V	
JZM-A 237/1	237	10	102	Є110/70			0.55kW	
JZM-A 334/1	334		135					30
JZM-A 410/1	410		180		12			
JZM-A 460/0.7	460	7	135			DN25		
JZM-A 580/0.7	580		180	Є110/80			0.75kW	
JZM-A 656/0.35	656		102					
JZM-A 940/0.35	940	3.5	135	Є162/115		DN40		40
JZM-A 1200/0.35	1200		180					

- Merk : Ailipu
- Tipe : JZM – A 6560 35
- Kapasitas : 6,56 L/jam
- Tekanan : 25 Bar
- Power : 0,18 kW = 180 watt
- Diameter pipa : Suction = 1,5 m = 1500 mm

  Discharge = 9 mm

- **Tangki Koagulasi**

a. Volume air limbah = Q x Td

= 0,5 m^3/detik x 30 detik

= 15 m^3

b. Volume total = V limbah + V tangki pembubuh koagulan

= 15 m^3 + 7,36 m^3

= 22,36 m^3 = 22360 L

Dari perhitungan diatas, diperoleh spesifikasi unit bangunan koagulasi yang akan digunakan dalam tugas perancangan ini, yaitu sebagai berikut :

- Merk : Dials
- Model Unit : QDSJ40T
- Kapasitas Unit : 22360 L
- Kapasitas Unit Maks. : 40000 L
- Kecepatan : 1250 rpm
- Daya 55 kW
- Panjang Unit : 1900 mm ~ 1,9 m
- Diameter Unit : 2100 mm ~ 2,1 m
- Kedalaman Unit : 4300 mm ~ 4,3 m
- Ketebalan Unit : 1-8 mm ~ 0,008 m

c. Tenaga pengadukan (P)

P = G^2 x μ x Volume bak

= $(700/\text{detik})^2$ x 0,8004 x 10^{-3} N.detik/m^2 x 22,36 m^3

= 8769 N.m/detik → 8769 watt → 8,769 kW

Dari perhitungan diatas tenaga pengaduk yang didapat, maka menggunakan spesifikasi motor pengaduk type JIN HE model

JHX1500 15 kW :

Classic Mixer 4 Technical Parameters

Model	Max Kapasitas (L)	Max Barel Berat Kapasitas (Kg)	Barrel Kecepatan (R/min)	Pisau Kecepatan (R/min)	Motor Power (KW)	Ukuran (mm)	Berat (Kg)
JHX50	40	60	25	50	1.1	1500*620*1000	430
JHX100	80	110	23	46	1.1	1700*720*1200	500
JHX200	160	240	21	42	2.2	2050*830*1400	660
JHX400	320	500	17	34	3.0	2500*1010*1600	910
JHX600	480	700	17	34	4.0	2700*1120*1750	1200
JHX600Z	480	1000	14	28	5.5	2700*1120*1750	1400
JHX800	640	1400	14	28	5.5	2900*1200*1850	2000
JHX1000	800	1800	11	22	7.5	3200*1300*2070	2300
JHX1500	1200	2200	8	16	15	3200*1300*2070	2600
JHX2000	1600	3600	6	12	18.5	3650*1500*2300	2900
JHX3000	2400	4800	6	12	22	3800*2100*2900	3500
JHX5000	4000	6000	5	10	30	4250*2350*3100	4500
JHX7000	5600	9000	5	10	37	4750*2650*3750	7500

d. Impeller bak koagulasi

- Diameter impeller

  Di = 50% x lebar bak koagulasi

  = 50% x 2 m

  = 1 m

- Lebar Impeller = 1/6 x Di

  = 1/6 x 1 = 0,17 m ➔ 2 m

- Jarak impeller dari dasar = 50% x Di

  = 50% x 1 m = 0,5 m

- Check Bilangan Reynold

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

  $$= \frac{1^2 \text{ x } 2{,}5 \text{ rps x } 998{,}2 \text{ kg/m}^3}{0{,}8004 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}$$

  = 3.117.817 ➔ **Nre > 10.000 (memenuhi)**

Pipa Outlet (Koagulasi ke Flokulasi)

- Luas penampang pipa

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

  $$= \frac{0{,}5 \text{ m}^3}{2 \text{ m/s}}$$

= 0,25 m^2

- Diameter pipa outlet $\sqrt{\frac{4 \times 0,25\ m^2}{3,14}}$ = 0,32 m = 12 inch
- Menggunakan pipa merk WAVIN 12 inch =318 mm
- Headloss Mayor
  - Hf Mayor pipa suction = $\left(\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,65}} \right)^{1,85}$ x L

    = $\left(\frac{0,5}{(0,2785).120.0,3^{2,65}} \right)^{1,85}$ x 3,2 m = 0,49 m
  - Hf Mayor pipa discharge = $\left(\frac{Q}{(0,2785).C.D^{2,65}} \right)^{1,85}$ x L

    = $\left(\frac{0,5}{(0,2785).120.0,3^{2,65}} \right)^{1,85}$ x 5 m = 0,77 m
  - Hf minor = k $\frac{v^2}{2.g}$

3 elbow 90^o (K = 0,3)

= 3 x (0,3 $\frac{1^2}{2.9,81}$) = 0,046 m

1 gate valve (K = 0,19)

= 0,19 x ($\frac{1^2}{2.9,81}$) = 0,01 m

1 check valve (K = 0,25)

= 0,25 x ($\frac{1^2}{2.9,81}$) = 0,018 m

Hf statis = 0,5 m

Total head = hf mayor + hf minor + hf statis

= 1,26 + 0,074 + 0,5 = 0,87 m = 1,83 m

- Flokulasi

a. Kriteria Perencanaan

1) Waktu detensi (td) = 30 - 60 menit (Pengadukan lambat)

2) Gradien kecepatan (G) = 50 - 100 /s (Pengadukan lambat) **(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. Wastewater Engineering:Treatment and Reuse 4th edition, hal 348. New York: McGraw- HillCompanies, Inc)**

3) Kecepatan putaran paddle (n) = 20-150 rpm

4) Tinggi bak Flokulasi = 1 - 1,25 Lebar bak

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 2003.

Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184-185. Boston: PWS Publishing Company)

5) GT value = 50000 – 100000 (pengadukan lambat)

6) Koefisien kekasaran aksesoris (K) :

- Elbow 90° = 1,1
- Gate Valve = 0,2
- Check Valve = 2,5
- Tee = 1,0

b. Data Perencanaan

Unit Bangunan Flokulasi

1) Menggunakan unit bangunan flokulasi berbentuk circular

2) Bak flokulasi = 2 bak

3) Debit dari unit koagulasi (Q) = 0,5 m^3/s

4) Waktu detensi (td) = 30 menit

5) Gradien kecepatan (G) = 60 /s

6) Viskositas Absolut (μ) , T = 30°C = 0,8004 x 10^{-3} $N.s/m^2$

6) Massa jenis air (ρ) , T = 30°C = 0,99568 g/cm^3 ~ 996 kg/ m^3

7) Tinggi Tangki Flokulasi = lebar Tangki Flokulasi

8) Ukuran panjang paddle (Li) = 60% panjang Tangki Flokulasi

9) Freeboard = 20% tinggi air

10) Diameter pipa inlet = Ø pipa outlet koagulasi Pipa outlet koagulasi = 8 inch ~ 216 mm

11) Kecepatan pipa outlet = 0,5 m/s

12) Panjang pipa outlet (L) = 2 m

c. Perhitungan

- **Tangki Flokulasi**

1) Volume Unit Bangunan Flokulasi

V = Q : 2 = 0,5 m^3/s : 2 = 0,25 m^3/s

= Q x td

= 0,25 m^3/s x 1800 s

= 450 m^3

2) Dimensi Unit Bangunan Flokulasi

V = $\frac{1}{4}$ x π x D^2 x H

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

D^3 = $\frac{450}{0,981}$

D = 7 m

H = 1,25 x D

= 1,25 x 7 = 8,75 m

H total = H + (20% x H)

= 8,75 + (20% x 8,75 m)

= 10,5 m

3) Tenaga Pengadoukan (P)

P = G^2 x μ x Volume bak

= $(700/detik)^2$ x 0,8004 x 10^{-3} N.detik/m^2 x 450 m^3

= 176 N.m/detik → 176 watt → 0,176 kW

Berdasarkan perhitungan di atas, maka didapatkan spesifikasi propeller sebagai berikut :

- Merk : Ewater
- Model : ZD-0,37
- Diameter impeller : 200 mm ~ 0,20 m
- Panjang batang : 750 mm ~ 0,75 m
- Power : 0,37 kW ~ 370 watt

4) Check Bilangan Reynold

$$Nre = \frac{Di^2 \times n \times \rho}{\mu}$$

$$= \frac{3{,}5^2 \times 2{,}5 \text{ rps} \times 998{,}2 \text{ kg/m}^3}{0{,}8004 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2}$$

= 1.996,15 ➔ **Nre > 10.000 (memenuhi)**

Pipa Outlet (Flokulasi ke Sedimentasi 1)

Type	Max. power	Capacity	Head	Speed	Max.Eff	NPSH	Impeller Dia.	Max.particle size
	(kw)	(m³/h)	(m)	(r/min)	(%)	(m)	(mm)	(mm)
MAH1.5-1	15	12-28	6-65	1200-3800	40	2-4	150	14
MAH2-1.5	15	32-72	6-58	1200-3200	45	3.5-8	185	19
MAH3-2	30	39-86	12-64	1300-2700	55	4-6	215	25
MAH4-3	60	86-198	9-52	1000-2200	71	4-5	245	28
MAH6-4	120	162-360	12-56	800-1500	68	5-8	365	44
MAH8-6	120	360-830	10-61	500-1140	72	2-9	510	63
MAH10-8	260	612-1368	11-61	400-850	71	4-10	685	76
MAH12-10	560	936-1980	7-68	400-750	82	1-5	760	86
MAH14-12	560	1260-2772	13-63	300-600	77	3-10	965	90

Jenis pompa dan diameter pipa didapat dari perhitungan debit air limbah sebesar 1800 m^3 /jam, sehingga diperoleh spesifikasi pompa sentrifugal sebagai berikut :

- Merk : Modo
- Tipe pompa : MAH Horizontal slurry pump
- Head pompa : 7-68 m
- Daya Pompa (P) : 560 kW

- Luas penampang pipa

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

$= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}025)^2$

= 0,008 m^2

- Headloss Mayor
  - Hf Mayor pipa suction = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x L

    $= \left(\frac{0{,}5}{(0{,}2785).120.0{,}3^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x 3,2 m = 0,49 m
  - Hf Mayor pipa discharge = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x L

    $= \left(\frac{0{,}5}{(0{,}2785).120.0{,}3^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x 5 m = 0,77 m
  - Hf minor $= k\ \frac{v^2}{2.g}$

3 elbow 90^o (K = 0,3)

$= 3\ x\ (0{,}3\ \frac{1^2}{2.9{,}81}) = 0{,}046$ m

1 gate valve (K = 0,19)

$= 0{,}19\ x\ (\frac{1^2}{2.9{,}81}) = 0{,}01$ m

Hf statis = 0,5 m

Total head = hf mayor + hf minor + hf statis

= 1,26 + 0,056 + 0,5 = 1,87 m = 2 m

<u>Resume bangunan</u>

Unit Bangunan Koagulan:

- Diameter Unit Koagulan = 1 m
- Kedalaman Air = 0,67 m
- Freeboard = 0,4 m
- Kedalaman Unit Koagulan = 3,9 m
- Ketebalan Unit Koagulan = 0,0015 m
- Diameter Impeller = 1 m
- Jarak Impeller dengan dasar = 0,5 m

- Diameter pipa outlet = 0,32 m ~ 12 inch

Unit Bangunan Koagulasi :

- Diameter Unit Koagulasi = 2,1 m
- Freeboard = 20%
- Kedalaman Unit Koagulasi = 4,3 m
- Ketebalan Unit Koagulasi = 0,008 m
- Diameter Impeller = 1 m
- Jarak Impeller dengan dasar = 0,5 m
- Diameter pipa outlet = 0,32 m ~ 12 inch

Unit Bangunan Flokulasi :

- Diameter Unit Flokulasi = 9,5 m
- Kedalaman air = 11,88 m
- Freeboard = 20% m
- Kedalaman Unit Flokulasi = 14,27 m
- Diameter paddle = 7,6 m
- Diameter pipa outlet = 12 inch

6)Sedimentasi 1

a Kriteria Perencanaan

- Bentuk Unit Bangunan Sedimentasi 1 yaitu circular, direncanakan 10 bak
- Diameter = 3 – 60 m **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 398)**
- Waktu detensi (td) = 1,5 – 2,5 jam **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 398)**

- Peak flow rate = 80 – 120 m^2/hari **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 398)**
- Weir Loading Rate = 125 – 500 m^2/hari **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 398)**
- Over Flow Rate (average flow) = 30 – 40 m/hari **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 401)**
- Diameter inlet wall = 15 – 20% diameter tangka **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 401)**
- Tinggi inlet wall = 0,5 – 0,7 m **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 401)**
- Kedalaman tangki = 3,5 – 6 m **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 687)**
- MLSS = 4000 – 12000 mg/L **(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 690)**
    - Bilangan Reynold (NRe) untuk Vs < 1 (laminer) **(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996)**
- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vh < 2000 (laminer) **(Sumber: SNI, 2008)**
- Bilangan Froude (Nfr) > 10^{-5} (laminer)

  (Sumber: SNI, 2008)
- Spesific Gravity Solid (Primary Sludge) = 1,4 **(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)**
- Spesific Gravity Sludge (Sg) = 1,02 **(Sumber: Metcalf & Eddy. 2003)**
- Factor friksi Darcy-Weisbach (f) = 0,02 – 0,03
- Massa jenis solid (ρs) = Sg x ρ

  = 1,005 x 996 kg/m^3

  = 1000,9 kg/m^3

  (Sumber: Chow, Ven Te. 1959)
- Freeboard (fb) = 5 – 30% kedalaman

  (Sumber: Chow, Ven Te. 1959)

- Konstanta kohesi untuk partikel yang saling mengikat (k) = 0,06 **(Sumber: Qasim, Syed R. vol.1, hal 9-21)**

b Data yang direncanakan Zona Settling

- Debit per bak (Q) = 43200 m^3/hari : 10 = 4320 m^3/hari
- Over flow rate = 40 m^3/m^2.hari
- Diameter inlet well (D’)= 20% diameter bak
- Waktu detensi (td) = 2 jam ~ 7200 s
- Freeboard (fb) = 20% kedalaman
- Spesific gravity solid (Primary Sludge) = 1,4
- Massa jenis solid (ρs) = Sg x ρ

  = 1,4 x 996 kg/m^3

  = 1394,9 kg/m^3
- Spesific gravity solid = 1,02
- Massa jenis air (ρ), T = 28°C = 0,99626 g/cm^3 ~ 996 kg/m^3
- Viskositas kinematik (v) = 0,8394 x 10-6 m^2/s
- Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10-3 N s/m^2
- Konstanta kohesi untuk partikel yang saling mengikat (k) = 0,06
- Diameter pipa inlet = diameter pipa outlet Flokulasi ~ 12 inch

Zona Sludge

- TSS influent = 400 mg/l
- % Removal TSS = 70%
- Massa jenis solid (ρs) = Sg x ρ

  = 1,4 x 996 kg/m^3

  = 1394,9 kg/m^3

- Massa jenis sludge (ρsg) = Sg x ρ

  = 1,02 x 996 kg/m^3

  = 1015,92 kg/m^3
- Waktu pengurasan lumpur = 1 hari

Zona Outlet

- θ V notch = 90°
- Jarak antar V notch = 50 cm
- Coefficient of Discharge (Cd) = 0,6

  (Sumber: Qasim, Syed R. Wastewater Treatment and Reuse, Vol. 1,Guang Zhu, hal: 9-21)
- Kecepatan saluran pelimpah = 0,5 m/s
- Lebar saluran pelimpah = 2 x kedalaman saluran pelimpah
- Kecepatan pipa outlet = 2 m/s
- Panjang pipa outlet (L) = 3 m
- Digunakan pipa jenis *Ductile Cast Iron Pipe* (DCIP), nilai C = 110 **(Sumber: Darmasetiawan, M. 2004. Teori dan Perancangan InstalasiPengolahan Air. Jakarta: Ekamitra Engineering)**

c Perhitungan Zona Settling

- Luas permukaan (A)

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

  $$= \frac{4320\ m^3/\ hari}{40\ m^3\ /\ m^2.hari} = 108\ m^2$$
- Diameter unit bangunan Sedimentasi

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

  $$= \sqrt{\frac{4\ .\ 108}{3,14}} = 11,73\ m = 12\ m$$ **(memenuhi < 60 m Sumber : Metcalf & Eddy, hal 398)**

r = 6 m

- Diameter inlet wall

  d = 20% x D

  = 20% x 12 m = 2,4 m

- Volume unit sedimentasi

  V = Q x td

  = 0,05 m^3/s x 7200 s

  = 360 m^3

- Kedalaman zona settling (H settling)

  V = A x H

  360 m^3 = 108 m^2 x H

  H = 3,3 m

- Cek waktu detensi (cek td)

  Cek td $= \frac{V}{Q}$

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

  $= \frac{\frac{1}{4} x\ 3{,}14\ x\ 12^2\ x\ 3{,}3\ m}{0{,}05\ m^3/s}$ = 7460 s

  = 2,07 jam **(memenuhi 1,5 jam < td < 2,5 jam)**

(Sumber: Metcalf & Eddy, hal 398)

- kecepatan pengendapan (vs)

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

  $= \frac{3{,}3\ m}{7460\ s}$ = 0,00044 m/s

- diameter partikel

  D partikel = $\sqrt{\frac{vs\ x\ 18\ x\ v}{g\ (sg-1)}}$

  $= \sqrt{\frac{0{,}00044\ \ x\ 18\ x\ 0{,}0000008004\ m^2/s}{9{,}81\ (1{,}4-1)}}$ = 0,000000016 m

- cek bilangan Nre

  Nre $= \frac{\rho s\ .dp\ .vs}{v}$

  $= \frac{1394{,}4\frac{kg}{m}.\ 0{,}0000000016\ .\ 0{,}00044}{0{,}0008004\ N.s/m^2}$ = 1,22 x 10^{-6} **(memenuhi, Nre < 1)**

- kecepatan pengendapan (vh)

vh $= \frac{Qin}{2 . 3{,}14 . r . H}$

$= \frac{0{,}05\ m^3}{2 . 3{,}14 . 6\ m .\ 3{,}3\ m}$

= 0,0004 m/s

- jari jari hidrolis (R)

R $= \frac{r\ .\ H}{r+(2H)}$

$= \frac{6\ .\ 3{,}3}{6+(2x3{,}3)}$ = 1,6 m

- Cek bilangan Reynold (Nre)

Cek Nre = $\frac{vh\ x\ R}{v}$

$= \frac{0{,}0004 \frac{m}{s} x\ 1{,}6m}{0{,}0008004\ N.s/m^2}$ = 0,7 **(Laminer, Nre < 1)**

- Cek bilangan Froud (Nfr)

Cek Nfr $= \frac{vh}{\sqrt{g\ x\ h}} = \frac{0{,}0004}{\sqrt{9{,}81\ x\ 3{,}3\ m}}$ = 7,03x10^{-5} **(Laminer, Nfr > 10^{-5})**

- Cek penggerusan / kecepatan Scouring (vsc)

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

$= \sqrt{\frac{8x\ 0{,}06\ (1{,}4-1)\ x\ 9{,}81\ x\ 0{,}000000016}{0{,}03}}$

= 0,003 m/s **(memenuhi, tidak terjadi resuspensi, vsc > vs) (memenuhi, tidak terjadi penggerusan, vsc > vh)**

Zona Sludge

- TSS influent = 400 mg/l
- % Removal TSS = 70%
- TSS Tersisihkan

TSS $_{tersisih}$ = TSS $_{Influent}$ x % Removal

= 400 mg/L x 70%

= 280 mg/L

- TSS $_{Effluent}$ = TSS $_{Influent}$ - TSS $_{tersisih}$

= 400 mg/L – 280 mg/L

= 120 mg/L

- Berat TSS Tersisihkan (mTSS) mTSS
- = $TSS_{tersisih}$ x Qin

= 280 mg/L x 50 L/s

= 14.000 mg/s

= 1209,6 kg/hari

- Volume TSS tersisihkan (V_{TSS})

$V_{TSS} = \frac{m\ TSS}{\rho\ Solid}$

$= \frac{1209,6}{1394,4}$ = 0,87 m^3/hari

- Berat air tersisih (m_{air})

$m_{air} = \frac{97\%}{3\%}$ x m_{TSS}

$= \frac{97\%}{3\%}$ x 1209,6 kg/hari = 39.110,4 kg/hari

- Volume air (V_{air})

$V_{air} = \frac{m\ air}{\rho\ air}$

$= \frac{39.110,4\ kg/hari}{996\ kg/m^3}$ = 39,27 m^3/hari

- Volume *Sludge*

$V_{sludge} = V_{TSS} + v_{air}$

= 0,87 + 39,27

= 40,14 m^3/hari

- Berat *sludge* (m_{sludge})

M_{sludge} = Vsludge x ρsludge

= 40,14 m^3/hari x 1015,92 kg/m^3

= 40,78 kg/hari

- Dimensi ruang lumpur

Direncanakan pengurasan dilakukan setiap 2 minggu sekali dan ruang lumpur berbentuk kerucut terpancung, dengan asumsi sebagai berikut : Diameter permukaan atas = diameter bak *settling*

= 12 m

Jari-jari permukaan atas (R) = 6 m Diameter permukaan bawah = 1 m (asumsi)Jari-jari permukaan bawah (r) = 0,5 m

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

40,78 m^3 = $\frac{1}{3}$ x 3.14 x H x (6^2 + $0,5^2$ + (6 x 0,5))

H = 0,99 m

- Kedalaman total Unit Bangunan Sedimentasi
- Htot = H Settling + H Sludge

  = 3,3 m + 0,99 m

  = 4,29 m **(memenuhi, 3,5 m < Htot < 6 m)**
- Pompa Outlet Lumpur

Pengurasan lumpur pada bak pengendap I menuju *Sludge Drying Bed* dibantu dengan pompa s*ubmersible slurry pump*. Dari volume lumpur yangdihasilkan sebesar 16,72 m^3/jam, sehingga diperoleh spesifikasi pompa sebagai berikut :

- Merk : MAXPUMP
- Model pompa : YW50-20-150-1.5
- Kec. Aliran (Q) : 25 m^3/jam
- *Head pump* : 10 m
- Diameter inlet : 50 mm
- Diameter outlet : 50 mm
- Motor Power : 1,5 kW

Zona Outlet

- Panjang keliling *weir*

P = π x diameter bak

= 3,14 x 12 m

= 37,68 m

- Jumlah *V notch* setiap pelimpahan (*weir*)

n = $\frac{panjang\ keliling\ pelimpah}{jarak\ antar\ v\ notch}$

= $\frac{37,68}{0,5} = 75,36\ buah = 75\ buah$

- Debit V *notch*

Q v notch = $\frac{Qin}{n}$

=$\frac{0,05\ m^3/s}{75\ buah}$ = 0,0006 m^3/s

- Tinggi pelimpah setelah melalui V notch

Q v notch = $\frac{8}{15}$ x cd x $\sqrt{2g}$ x tan $\frac{a}{2}$ x $h^{2/5}$

0,0006 m^3/s = $\frac{8}{15}$ x 0,584 x $\sqrt{2.9,81}$ x tan $\frac{90}{2}$ x $h^{2/5}$

h = 0,03 m

- Luas permukaan saluran pelimpah (A pelimpah)

A Saluran Pelimpah = $\frac{Q\ in}{v}$

= $\frac{0,05\ m^{3}/s}{0,5\ m/s}$ = 0,1 m^2

- Dimensi saluran pelimpah

A = W x h

0,1 m^2 = 2h x h

h = 0,22 m

Htot = H + (20% x H)

= 0,22 m + (20% x 0,22 m)

= 0,26 m

W = 2 x h

= 2 x 0,26 m

= 0,53 m

- Pipa Outlet (Unit Sedimentasi menuju *Biofilter Anaerob*)

<u>Luas penampang pipa (A)</u>

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

$= \frac{0{,}05\ m^{3}/s}{0{,}5\ m/s}$ = 0,1 m^2

- Diameter pipa (d)

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

$= \sqrt{\frac{4\ .\ 0{,}1}{3{,}14}}$ = 0,4 m = 15,7 inch = 7 inch

Digunakan pipa WAVIN 16 inch, 400 mm.

- Headloss Mayor

Hf Mayor pipa $= \left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x L

$= \left(\frac{0{,}5}{(0{,}2785).110.0{,}4^{2{,}65}}\right)^{1{,}85}$ x 3 m = 0,5 m

- Hf minor $= \left(\frac{N\ X\ k\ v^2}{2.g}\right)$

1 elbow 90^o (K = 1,1)

$= \left(\frac{N\ X\ k\ v^2}{2.g}\right)$

$= \left(\frac{1\ X\ 1{,}1\ 0{,}5^2}{2.9{,}81}\right)$

= 0,014 m

Total head = hf mayor + hf minor

= 0,5 + 0,014 = 0,56 m

<u>**Resume Bangunan**</u>

- Diameter Sedimentasi I = 12 m
- Diameter *inlet well* = 2,4 m

- Tinggi total = 4,29 m
- Panjang sal. Pelimpah (weir) = 37,68 m
- Jumlah *V notch* (n) = 75 buah
- Jarak antar *V notch* = 0,5 m

7) **Biofilter Anaerob**

a. Kriterian Perencanaan

1) Waktu tinggal (td)	= 6 – 8 jam
2) Tinggi ruang lumpur	= 0,5 m
3) Beban BOD/volume media	= 0,4 – 4,7 kg BOD /m^3.hari
4) Beban BOD/satuan permukaan media (LA)	= 5 – 30 g/m2 .hari
5) Tinggi bed media pembiakkan mikroba	= 0,9 – 1,5 m
6) Efisiensi penyisihan	
• BOD	= 90 - 95%

(Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori dan Aplikasi. Halaman: 302. Jakarta: Erlangga)

7) 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 danAplikasi. Halaman: 305. Jakarta: Erlangga)

b. Data Perencanaan

1) Menggunakan 5 biofilter anaerob
2) Debit (Q) = 43200 m^3/hari
   = 43200 : 3 = 8640 m^3/hari
3) BOD inlet = 300 mg/L
   = 300 g/m^3
4) Efisiensi BOD = 98%
5) Waktu tinggal = 6 jam
6) Beban BOD/volume media = 2 kg/m^3.hari
7) Beban BOD/satuan permukaan media (LA) = 30 g/m^2.hari
8) Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
9) Tinggi bed media pembiakkan mikroba = 1,5 m
10) Tinggi air di atas bed media = 0,4 m
11) Volume media = 60% volume reactor
12) 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
13) Kedalaman = 2 m
14) Lebar = 4 m

c. **Perhitungan**

1) Beban BOD di dalam air limbah = Debit limbah x BOD inlet

= 8640 m^3/hari x 300 g/m^3

= 2.592.000 g/hari

Beban BOD di dalam air limbah = 2592 kg/hari

2) Volume media yang diperlukan = $\frac{\boldsymbol{Beban\ COD\ di\ dalam\ air}}{\boldsymbol{Beban\ BOD\ per\ volume\ media}}$

= $\frac{\mathbf{2592\ \ kg/hari}}{\mathbf{2\ kg/m^3.hari}}$ **= 1296 m^3**

3) Volume reactor yang diperlukan = $\frac{\mathbf{100}}{\mathbf{60}}$ x v media yang diperlukan

= $\frac{\mathbf{100}}{\mathbf{60}}$ x 1296 m^3 = 2160 m^3

4) Waktu tinggal di dalam reactor = $\frac{\boldsymbol{Vreactor}}{\boldsymbol{Q}}$

= $\frac{\mathbf{3600\ m^3}}{\mathbf{8640\ m^3/\ hari}}$ = 0,25 hari

= 6 jam

5) Dimensi reactor

Diketahui :

- Lebar = 1
- Panjang = 2 x 1
- Kedalaman air efektif = 7,5 m
- Tinggi freeboard = 0,5 m
- Kedalaman total = 7,5 m + 0,5 = 8m
- Volume reactor = p x l x h

2160 = 2L x 1 x 8

270 = $2l^2$

L^2 = 135

L = 12 m

Jadi, p = 2 x l

P = 2 x 12 m = 24 m

- Volume total = p x l x t

  = 24 m x 12 m x 8 m

  = 2304 m^3

- Cek waktu tinggal rata-rata = $\frac{Vtotal}{Q}$

  = $\frac{2304}{8640}$ = 0,23 hari = 6 jam

  (MEMENUHI 6-8 jam) (Sumber : Said, N.I.Teknologi Pengolahan Air Limbah Teori danAplikasi. Halaman: 302. Jakarta: Erlangga)

6) Dimensi media

Diketahui : p = 2 x l ; h = 5 m

V = p x l x h

1296 = p x l x 5

259 = 2 l x l

L^2 = 129

L = 11 m

P = 2 x l

= 2 x 11 = 22 m

7) BOD Loading per volume media = $\frac{Beban\ BOD\ dalam\ air\ limbah}{volume\ media\ reaktor}$

= $\frac{2590}{2160}$ = 1,2 kg.BOD/m^3.hari

8) BOD loading (jika media yang dipakai mempunyai luas spesifik 150 m^2/m^3)

BOD loading $= \frac{BOD\ loading\ per\ vol\ media}{luas\ spesifik\ media}$

$= \frac{3}{150}$ = 20 x 10^{-3} kg.BOD/m^2 luas media per hari

= 20 gBOD/m^2 luas media per hari

9) Produksi Sludge

Beban COD yang diterima setiap unit

Beban COD = Debit influen x konsentrasi influen COD

= 8640 m^3/hari x 650.000 mg/m^3

= 5616 x 10^6 mg/hari = 5616 kg/hari

Beban COD Lumpur = efisiensi penyisihan COD x COD

= 90% x 5616 kg/hari

= 5054 kg/hari

Volume lumpur biofilter anaerobik

Volume lumpur $= \frac{\text{beban COD lumpur}}{konsentrasi\ solid\ x\ densitas\ lumpur}$

$= \frac{5054}{0{,}04\ x\ 1030}$ 122 m^3/hari

10) Pipa inlet

<u>Luas penampang pipa (A)</u>

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

$= \frac{0{,}1\ m^3/s}{0{,}5\ m/s}$ = 0,2 m^2

- Diameter pipa (d)

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

$$= \sqrt{\frac{4\ .\ 0{,}5}{3{,}14}} = 0{,}5 \text{ m} = 19 \text{ inch}$$

Digunakan pipa GALVANIS SPINDO 18 inch, 450 mm.

11) Pipa Outlet

Diameter pipa outlet *biofilter anaerob* sama dengan diameter pipa inlet dari biofilter anaerob yaitu 450 mm atau 18 inch. kemudian dilakukan cek kecepatan :

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

$V = \frac{0{,}1}{\frac{1}{4} x\ 3{,}14\ x\ d^2} = \frac{0{,}1}{\frac{1}{4} x\ 3{,}14\ x\ 0{,}5^2} =$ 0,2 m/s

- Headloss Mayor
    - Hf Mayor pipa suction = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2{,}65}} \right)^{1{,}85}$ x L

      $= \left(\frac{0{,}1}{(0{,}2785).120.0{,}5^{2{,}65}} \right)^{1{,}85}$ x 3,2 m = 0,003 m
    - Hf Mayor pipa discharge = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2{,}65}} \right)^{1{,}85}$ x L

      $= \left(\frac{0{,}1}{(0{,}2785).120.0{,}5^{2{,}65}} \right)^{1{,}85}$ x 5 m = 0,005 m
    - Hf minor = $k \frac{v^2}{2.g}$

1 elbow 90^o (K = 0,5)

= 0,5 x ($\frac{1{,}9^2}{2.9{,}81}$) = 0,09 m

1 gate valve (K = 0,75)

= 0,75 x ($\frac{1{,}9^2}{2.9{,}81}$) = 0,13 m

Hf statis = 0,5 m

Total head = hf mayor + hf minor + hf statis

= 0,008 + 0,22 + 0,5 = 0,7 m

12) Pompa Outlet menuju bak *Clarifier* dan *Sludge Drying Bed*

Direncanakan :

V = 0,5 m/s

Q = 43200 m^3/hari : 5

= 0,1 m^3/s

= 360 m^3/jam

Type	Max. power	Capacity	Head	Speed	Max.Eff	NPSH	Impeller Dia.	Max.particle size
	(kw)	(m³/h)	(m)	(r/min)	(%)	(m)	(mm)	(mm)
MAH1.5-1	15	12-28	6-65	1200-3800	40	2-4	150	14
MAH2-1.5	15	32-72	6-58	1200-3200	45	3.5-8	185	19
MAH3-2	30	39-86	12-64	1300-2700	55	4-6	215	25
MAH4-3	60	86-198	9-52	1000-2200	71	4-5	245	28
MAH6-4	120	162-360	12-56	800-1500	68	5-8	365	44
MAH8-6	120	360-830	10-61	500-1140	72	2-9	510	63
MAH10-8	260	612-1368	11-61	400-850	71	4-10	685	76
MAH12-10	560	936-1980	7-68	400-750	82	1-5	760	86
MAH14-12	560	1260-2772	13-63	300-600	77	3-10	965	90

Jenis pompa dan diameter pipa didapat dari perhitungan debit air limbah sebesar 360 m^3 /jam, sehingga diperoleh spesifikasi pompa sentrifugal sebagai berikut :

- Merk : Modo
- Tipe pompa : MAH 8-6
- Head pompa : 10-61 m
- Ø Pipa suction (inlet) : 1,5 inch
- Ø Pipa discharge (outlet) : 1 inch
- Daya Pompa (P) : 260 kW

13) Resume Bangunan

1) Panjang reaktor = 24 m
2) Lebar reaktor = 12 m
3) Tinggi air = 0,5 m
4) Tinggi reaktor = 8 m

5) Panjang media = 22 m

6) Lebar media = 11 m

7) Tinggi media = 5 m

8) Pipa inlet = 450 mm = 18 inch

8) Bak Pengendap Akhir

a Kriteria Perencanaan

- Diameter = 3 – 60 m

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

- Waktu detensi (td) = 1,5 – 2,5 jam

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

- Weir Loading Rate = 125 – 500 m^2/hari

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

- *Over Flow Rate* (*average flow*) = 40 – 64 m/hari

  (Sumber*: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition*, hal 401)

- Diameter inlet wall = 15 – 20% diameter tangki

  (Sumber*: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition*, hal 401)

- Tinggi inlet wall = 0,5 – 0,7 m

  (Sumber*: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition*, hal 401)

- Kedalaman tangki = 3,5 – 6 m

  (Sumber*: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition*, hal 687)

- MLSS = 4000 – 12000 mg/L

  (Sumber*: Metcalf & Eddy, Waste Water Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition,* hal 690)
- 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)
- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vh < 2000 (laminer)

  (Sumber: SNI 6774 Tata Cara Perancangan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air 2008, hal 6)
- Bilangan Froude (Nfr) > 10^{-5} (laminer)

  (Sumber: SNI 6774 Tata Cara Perancangan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air 2008, hal 6)
- Koef. β (*uni-granular sand/ non-uniform*) = 0,04 – 0,06

  (Sumber: Huisman, L. 2004. Sedimentation and Flotation, hal. 57. Delft: Delft University of Technology)

- Factor gesekan hidrolis (λ) = 0,03

  (Sumber: Huisman, L. 2004. Sedimentation and Flotation, hal. 57. Delft: Delft University of Technology)
- *Spesific gravity sludge (Primary Sludge)* = 1,005

  (Sumber: Metcalf & Eddy. 2003. *Wastewater Engineering: Treatmentand Reuse 4th edition,* hal 1456. New York: McGraw-Hill Companies,Inc)
- Massa jenis solid (ρs) = Sg x ρ

  = 1,005 x 996 kg/m^3

  = 1000,9 kg/m^3

  (Sumber: Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159.New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)
- Freeboard (fb) = 5 – 30% kedalaman

(Sumber: Chow, Ven Te. 1959. Open Channel Hydraulics, hal 159.New York, USA: Mc. Graw-Hill Book company, Inc)

- Koefisien kekasaran aksesoris pipa (K) :

  1. *Elbow 90º* = 1,1

  2. *Gate Valve* = 0,2

  3. *Check Valve* = 2,5 4. *Tee* = 1,00

  5. *Increaser* = 0,5

  (Sumber: Kawamura, S. 2000. Intergrated Design and Operation of Water Treatment Facilities 2 nd, hal 159. New York: John Wiley andSons, Inc)

b **Data yang direncanakan**

- Digunakan 5 bak pengendap berbentuk *circular*
- Debit (Q) = 43200 m^3/hari : 5 = 8640 m^3/hari
- Over flow rate = 40 m^3/m^2.hari
- Diameter inlet well (D’) = 20% diameter bak
- Waktu detensi (td) = 2 jam = 7200 s
- *Freeboard* (fb) = 20% kedalaman
- *Spesific gravity sludge (Primary Sludge)* = 1,005
- Massa jenis solid (*ρs*) = Sg x ρ

  = 1,005 x 996 kg/m^3

  = 1000,9 kg/m^3
- Massa jenis air (ρ), T = 28°C = 0,99626 g/cm^3 = 996 kg/m^3
- Viskositas kinematik (v) = 0,8394 x 10-6 m^2/s
- Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10-3 N s/m^2
- Konstanta kohesi untuk partikel yang saling mengikat (k) = 0,06
- Faktor friksi Darcy-Weisbach = 0,02 – 0,03
- Koef. β (*uni-granular sand/ non-uniform*) = 0,05

- Diameter pipa inlet = diameter pipa outlet *Biofilter Anaerob*

Zona *Sludge*

- Waktu pengurasan = 2 hari
- Ruang lumpur berbentuk kerucut terpancung
- Sludge terdiri dari 95% air dan 5% solid
- Diameter permukaan atas = diameter bak *settling*
- Diameter permukaan bawah = 5 m (asumsi)

Zona Outlet

- θ *V notch* = 90°
- Jarak antar V notch = 50 cm
- Coefficient of Discharge (Cd) = 0,6

(Sumber: Qasim, Syed R. Wastewater Treatment and Reuse, Vol. 1,Guang Zhu, hal: 9-21)

- Kecepatan saluran pelimpah = 0,5 m/s
- Lebar saluran pelimpah = 2 x kedalaman saluran pelimpah
- Kecepatan pipa outlet = 0,5 m/s
- Panjang pipa outlet (L) = 1,5 m
- Digunakan pipa jenis *Ductile Cast Iron Pipe* (DCIP), nilai C = 110

(Sumber: Darmasetiawan, M. 2004. Teori dan Perancangan InstalasiPengolahan Air. Jakarta: Ekamitra Engineering)

c Perhitungan

1. Luas Area Permukaan (A)

$A = \frac{Q}{OLR} = \frac{8640}{40} = 216 \text{ m}^2$

2. Diameter (D)

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

$= \sqrt{\frac{4\ .\ 216}{3,14}}$ = 16 m (syarat 3-60 m) **(Sumber*: Metcalf & Eddy,* hal 398)**

r = 8 m

3. Cek luas *surface area*

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

$= \frac{1}{4}$ x 3,14 x 16^2 = 200 m^2

Zona inlet

4. Diameter *inlet well* (D')

D' = 20% x diameter *Clarifier*

= 0,2 x 16 m = 3,2 m

5. Kecepatan air di *inlet well*

V $= Q\ x\ td =$0,1 m^3/s x 7200 s = 720 m^3

6. Kedalaman Zona Settling (H settling)

V = A x H

720 m^3 = 200 m^2 x H

H = 3,6 m

7. Cek waktu td

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

$= \frac{\frac{1}{4} x\ 3,14\ x\ 16^2\ x\ 3,6}{0,1}$ = 7033 s = 1,9 jam (**memenuhi, 1,5 jam – 2,5 jam) (Sumber*: Metcalf & Eddy,* hal 398)**

8. kecepatan penggerusan (V_s)

V_s $= \frac{H}{td} = \frac{3,6}{1,9}$ = 1,84 m/jam = 0,0005 m/s

9. Kecepatan pengendapan (vh)

$V_h = \frac{Qin}{2 \times \pi \times r \times H} = \frac{0,1}{2 \times 3,14 \times 8 \times 3,6} = 0,00055$ m/s

10. Diameter partikel

D partikel = $\sqrt{\frac{vs \times 18 \times v}{g\ (sg-1)}} = \sqrt{\frac{0,0005 \times 18 \times 0,8004 \times 10^{-6}}{9,81\ (1,005-1)}}$

= 0,0004 m

11. jari jari hidrolis (R)

R $= \frac{r\ .\ H}{r+(2H)}$

$= \frac{8\ .\ 3,6}{8+(2x3,6)} = 1,86$ m

12. Cek bilangan Reynold (Nre)

Cek Nre = $\frac{\rho s \times dp \times vs}{v}$

$= \frac{1000,998 \times 0,00036 \times 0,0005}{0,0008004\ N.s/m^2} = 0,23$ **(Laminer, Nre < 1)**

13. Cek bilangan Froud (Nfr)

Cek Nfr $= \frac{vh}{\sqrt{g \times h}} = \frac{0,0006}{\sqrt{9,81 \times 3,6\ m}} = 1x10^{-4}$ **(Laminer, Nfr > 10^{-5})**

14. Cek penggerusan / kecepatan Scouring (vsc)

Vsc = $\sqrt{\frac{8x\ k\ (sg-1) \times g \times d}{f}}$

$= \sqrt{\frac{8x\ 0,06\ (1,4-1) \times 9,81 \times 0,0004}{0,03}}$

= 0,025 m/s **(memenuhi, tidak terjadi resuspensi, vsc > vs) (memenuhi, tidak terjadi penggerusan, vsc > vh)**

Zona *Sludge*

1) Total lumpur terkumpul = Produksi lumpur x waktu pengurasan

= 5054 kg/hari kg/hari x 2 hari

= 10108 kg/hari

2) Volume lumpur pada bak

Volume lumpur = Volume lumpur *biofilter anaerobik*

= 122 m^3/hari

3) Volume air

Vol air = 95% x 0,12 m^3 = 4,85 m^3

4) Berat air

Berat air = Volume air x berat jenis air

= 4,85 m^3 x 1780 kg/ m^3

= 8633 kg

5) Volume Solid

Vol solid = 5% x V_L

= 5% X 122 m^3

= 6,1 m^3

6) Berat Solid

Berat solid = Volume solid x berat jenis solid

= 0,25 m^3 x 1000,98 kg/ m^3

= 256 kg

7) Dimensi ruang lumpur

Direncanakan pengurasan dilakukan setiap 2 minggu sekali dan ruang lumpur berbentuk kerucut terpancung, dengan asumsi sebagai berikut :

Diameter permukaan atas = diameter bak *settling* = 16 m

Jari-jari permukaan atas (R) = 8 m Diameter permukaan bawah = 5 m (asumsi)

Jari-jari permukaan bawah (r) = 2,5 m

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

122 m^3 = $\frac{1}{3}$ x 3.14 x H x ($8^2 + 6{,}5^2$ + (8 x 6,5))

H = 0,7 m

- Kedalaman total *Secondary Clarifier*

Htot = H Settling + H Sludge

= 3,6 m + 0,7 m

= 4,3 m **(memenuhi, 3,5 m - 6 m)**

Zona Outlet

- Panjang keliling *weir*

P = π x diameter bak

= 3,14 x 16 m

= 50,24 m

- Jumlah *V notch* setiap pelimpahan (weir)

n = $\frac{\text{panjang keliling weir}}{\text{jarak antar v notch}} = \frac{50{,}24}{0{,}5}$ = 100,48 buah = 101 buah

- Debit *v notch*

Q v notch = = $\frac{0{,}1}{100}$ = 0,001 m^3/s

- Tinggi pelimpah setelah melalui V notch

Q v notch = $\frac{8}{15}$ x cd x $\sqrt{2g}$ x tan $\frac{a}{2}$ x $h^{2/5}$

0,001 m^3/s = $\frac{8}{15}$ x 0,584 x $\sqrt{2.9{,}81}$ x tan $\frac{90}{2}$ x $h^{2/5}$

h = 0,23 m

- Luas permukaan saluran pelimpah (A pelimpah)

A Saluran Pelimpah = $\frac{Q\ in}{v}$

$= \frac{0,1\ m^3/s}{0,5\ m/s} = 0,2\ m^2$

- Dimensi saluran pelimpah

A = W x h

0,2 m^2 = 2h x h

h = 0,32 m

Htot = H + (20% x H)

= 0,32 m + (20% x 0,32 m)

= 0,38 m

W = 2 x h

= 2 x 0,38 m

= 0,77 m

- Pipa Outlet (Unit *clarifier* menuju *Sludge Drying Bed*)

Luas penampang pipa (A)

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

$= \frac{0,1\ m^3/s}{0,3\ m/s} = 0,2\ m^2$

- Diameter pipa (d)

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

$= \sqrt{\frac{4\ .\ 0,2}{3,14}} = 0,5\ m = 20$ inch

Digunakan pipa SCH 20 inch, 500 mm.

- Pompa Outlet Lumpur dari *Secondary Clarifier* ke *Sludge Drying Bed* Pengurasan lumpur dari *Secondary Clarifier* menuju *Sludge Drying Bed* dibantu dengan pompa *centrifugal slurry pump*. Spesifikasi pompa yangdigunakan pada volume lumpur sebesar 122 m^3 adalah :

Tipe	Max. Daya (Kw)	Jelas Kinerja Air					Menangani Partikel Diameter
		Kapasitas	Kepala	Kecepatan	Max.eff	(NPSH)r	Max (mm)
		(M3/h)	(M)	(R/min)	(%)	(M)	
40ZJ-I-A17	7.5	4.5-23.4	9.1-44.6	1400-2900	52.4	2.5	11
50ZJ-I-A46	55	23-94	17.9-85.8	700-1480	44.7	1.4	14
65ZJ-I-A30	15	23-79	7.4-34.8	700-1460	63.5	2	19
80ZJ-I-A36	45	46-190	9.6-51.4	700-1480	67.7	2.5	24
100ZJ-I-B42	90	83-365	12.7-66.8	700-1480	71.6	2.5	40
150ZJ-I-C42	132	142-550	12.1-62.8	700-1480	77.1	2.2	69
200ZJ-I-A65	250	235-950	16.4-72.0	490-980	79.6	2.5	62
250ZJ-I-A85	800	376-1504	30.1-128.7	490-980	76.5	3.5	76
300ZJ-I-A100	450	464-1826	15.3-65.2	300-590	81.1	3	88
350ZJ-I-C104	560	1335-3300	36.6-66.9	490-590	77.6	7.3	180

- Merk : JXSC or OEM
- Model pompa : 80ZJ-I-A36
- Kecepatan Aliran (Q) : 46-190 m^3/jam
- *Head pump* : 9,6-51,4 m
- Diameter inlet :24 mm
- Diameter outlet : 24 mm
- Motor power : 45 Kw

- Luas penampang pipa

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

$= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}5)^2$

$= 0{,}19\ m^2$

- Headloss Mayor
  - Hf Mayor pipa suction = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2,65}}\right)^{1,85}$ x L

    $= \left(\frac{0{,}1}{(0{,}2785).120.0{,}685^{2,65}}\right)^{1,85}$ x 5 m = 0,0007 m
  - Hf Mayor pipa discharge = $\left(\frac{Q}{(0{,}2785).C.D^{2,65}}\right)^{1,85}$ x L

    $= \left(\frac{0{,}1}{(0{,}2785).120.0{,}685^{2,65}}\right)^{1,85}$ x 17,8 m = 0,0017 m

- Hf minor = k $\frac{v^2}{2.g}$

1 elbow 90° (K = 0,3)

= 0,3 x $\frac{0,5^2}{2.9,81}$ = 0,003 m

1 gate valve (K = 0,19)

= 0,19 x ($\frac{0,5}{2.9,81}$) = 0,002 m

Hf statis = 0,5 m

Total head = hf mayor + hf minor + hf statis

= 0,009 + 0,005 + 0,5 = 0,514 m

Syarat head pump ≥ Hf total

68 m ≥ 0,514 m

Resume bangunan

- Diameter *Clarifier* = 16 m
- Diameter *inlet well* = 3,2 m
- Tinggi total = 3,65 m
- Panjang sal. Pelimpah (weir) = 50,24 m
- Jumlah *V notch* (n) = 101 buah
- Jarak antar *V notch* = 0,5 m
- Diameter pipa outlet ke SDB = 0,011 m

9) Sludge Drying Bed

a Kriteria Perencanaan

- Waktu pengeringan = 5 - 15 hari

  (Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition,* hal 1572. New York: McGraw-Hill Book Company)
- Kadar solid = 60%
- Kadar air = 40%
- Berat air dalam *cake* (*pi*) = 20 – 50%

(Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* 4^{th} *edition,* hal 1572. New York: McGraw-Hill Book Company)

- Tebal *sludge cake* = 200 – 300 mm

  (Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* 4^{th} *edition,* hal 1570. New York: McGraw-Hill Book Company)

- Media

  Tebal pasir halus = 150 mm Tebal pasir kasar = 75 mm Tebal kerikil halus = 75 mm Tebal kerikil sedang = 75 mm Tebal kerikil kasar = 75 – 150 mm

  (Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* 4^{th} *edition,* hal 1571. New York: McGraw-Hill Book Company)

- Kecepatan minimum pipa lumpur = 0,75 m/s

  (Sumber: Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* 4^{th} *edition,* hal 1572. New York: McGraw-Hill Book Company)

b Data yang direncanakan

- Lumpur dari Sedimentasi 1

  Jumlah bak = 10 bak

  Volume lumpur = 40,14 m^3

  Berat lumpur = 40,78 kg

  Volume solid = 0,67 m^3

  Berat solid = 940 kg

- Lumpur dari *Biofilter Anaerob*

  Jumlah bak = 5 bak

  Volume lumpur = 122 m^3

  Berat lumpur = 5054 kg

- Lumpur dari *Secondary Clarifier*

  Jumlah bak = 5 bak

  Volume lumpur = 122 m^3

  Berat lumpur = 256 kg

  Volume solid = 6,1 m^3

  Berat solid = 256 kg

- Volume total yang masuk dari Sedimentasi 1, *Biofilter Anaerob* dan *Secondary Clarifier*

  Vol lumpur = Vol lumpur Sedimentasi 1 + Vol *Biofilter Anaerob* + Vol lumpur *SecondaryClarifier*

  = 40,14 m^3 + 122 m^3 + 122 m^3

  = 284,14 m^3

  Berat lumpur = Berat lumpur Sedimentasi 1 + Berat lumpur *Biofilter* + Berat lumpur *SecondaryClarifier*

  = 40,78 kg + 5054 kg + 256 kg

  = 5351 kg

  Volume solid = Vol solid Sedimentasi 1 + Vol solid *Secondary Clarifier*

  = 0,67 m^3 + 0,25 m^3

  = 0,92 m^3

  Berat solid = Berat solid Sedimentasi 1 + Berat solid *Secondary Clarifier*

  = 940 kg + 256 kg

  = 1196 kg

- Media

  Tebal pasir halus = 150 mm

  Tebal pasir kasar = 75 mm

Tebal kerikil halus = 75 mm

Tebal kerikil sedang = 75 mm

Tebal kerikil kasar = 150 mm

- Tebal *sludge cake* = 300 mm = 0,3 m
- Waktu pengeringan = 10 hari
- Berat air dalam cake (*pi*) = 20%

c Perhitungan

- Tebal media = tebal pasir halur + tebal pasir kasar + kerikil halus
  +kerikil sedang + kerikil kasar
  = 150 mm + 75 mm + 75 mm + 75 mm + 150 mm
  = 525 mm ~ 0,525 m
- Volume *sludge cake*

  $V_i = \frac{vin\ x\ (1-Pa)}{1-Pi} = \frac{284\ \ x\ (1-0{,}4)}{1-0{,}2}$

  $= 213\ m^3/hari$

- Volume *Sludge Drying Bed* (V)

  V = Vi x waktu pengeringan

  $= 53{,}3\ m^3/hari\ x\ 5\ hari$

  $= 266{,}25\ m^3$

- Jumlah efektif bak

  $N = \frac{waktu\ pengeringan}{waktu\ pengurasan} + 1$

  $= \frac{5\ hari}{2\ hari} + 1 = 4\ bak$

- Volume tiap bakk

  $Vbed = \frac{v\ lumpur}{jumlah\ bed}$

  $= \frac{266{,}25}{4} = 66{,}56\ m^3$

- Dimensi tiap bed

  $A = \frac{vbed}{tebal\ cake}$

  $= \frac{66{,}25}{0{,}3\ m} = 221{,}88\ m^2$

A = L x W

221,88 m^2 = 2B x B

B = 10 m

L = 2 x 10 = 20 m

- volume air (Va)

  Va $= \frac{\text{Vlumpur} - \text{Vi}}{\sum \text{bed}} \times Td = \frac{284{,}14 - 213}{4}$ x 1 hari = 17,79 m^2

- kedalaman *underdrain*

  H $= \frac{volume\ air}{A} = \frac{17{,}79}{221{,}88}$ = 0,08 m

  Kedalaman *Bed*

  H = tebal *cake* + H media + H *underdrain*

  = 0,3 m + 0,525 m + 0,08 m

  = 0,9 m

  Htotal = H + freeboard

  = H + (20% x H)

  = 0,9 m + (20% x 0,9 m)

  = 1 m

- Jari-jari hidrolis (R)

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

  $= \frac{10 \times 1}{10+1}$ = 0,9 m

- Slope (S)

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

  $= \frac{0{,}5 \times 0{,}015}{0{,}9^{2/3}}$ = 0,008 m

- Direncanakan :

  V = 0,5 m/s

  Q = 213 m^3/hari = 0,002 m^3/s

Luas penampang pipa (A)

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

$= \frac{0{,}002 \text{ m}^3/\text{s}}{0{,}5 \ m/s} = 0{,}0041 \text{ m}^2$

-Diameter pipa (d)

d $= \sqrt{\frac{4 \,.A}{\pi}}$

$= \sqrt{\frac{4 \,.\, 0{,}0041}{3{,}14}} = 0{,}07$ m = 2,7 inch = 3 inch

Digunakan pipa RUCIKA 3 inch, 89 mm.

<u>Resume bangunan</u>

- Panjang bak (P) = 20 m
- Lebar bak (L) = 10 m tiap 1 bed (total 4 bed)
- Tinggi bak (H) = 1 m
- Tinggi *underdrain* = 0,09 m

BAB VI
PROFIL HIDROLIS

1) Saluran Pembawa dan *Bar Screen*

a Direncanakan datum sebagai tinggi permukaan tanah = 0,00 m

b Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

c Kedalaman total = 1,2 m

d Kedalaman air = 1 m

e Tebal dinding = 0,15 m

f Tinggi bangunan = Datum + (Kedalaman total + tebal dinding)

= 0,00 m + (1,2 m + 0,15 m)

= 1,35 m

g Level muka air = Datum + Tinggi bangunan – *freeboard*

= 0,00 m + 1,35 m – 0,2 m

= + 1,15 m

2) Bak Penampung

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanah sebagian di bawah permukaan tanah

b. Kedalaman total = 3,6 m

c. Kedalaman air = 3,0 m

d. Tebal dinding = 0,15 m

e. Ketinggian di atas permukaan tanah = 0,45 m

f. Ketinggian di bawah permukaan tanah = 2,70 m

g. Tinggi bangunan = Datum + (Ketinggian di atas permukaan tanah + ketinggian dibawah permukaan tanah) + tebal dinding

= 0,00 m + (0,45 m + 2,70 m) + 0,15 m

= 3,30 m

h Level muka air = Datum + Ketinggian di atas permukaan tanah – *freeboard*

= 0,00 m + 0,45 m – 0,2 m

= +0,25 m

h. Saluran pembawa dari bak penampung menuju Netralisasi direncanakan menggunakan saluran tertutup atau pipa

3) Bak Netralisasi

a. Tangki Pembubuh

- Tinggi penyangga = 2,18 m
- Tinggi air = 2,39 m
- Tinggi tangki = 4,5 m

· Level permukaan bangunan = datum + tinggi penyangga + tinggi tangki

= 0,00 m + 2,18m + 4,5 m

= + 6,68 m

· Level dasar bangunan = datum + tinggi penyangga

= 0,00 m + 2,18m

= + 2,18m

· Level muka air awal = datum + tinggi penyangga + tinggi air

= 0,00m + 2,18m + 2,39 m

= + 3,6 m

b. Tangki Netralisasi

Tinggi air = 2 m

Tinggi tangki = 5,8 m

- Level perm bangunan = datum + tinggi tangki

  = 0,00 m + 5,8 m

  = + 5,8 m

- Level dasar bangunan = datum

  = 0,00 m

- Level muka air = datum + tinggi air

  = 0,00m + 2 m

  = + 2 m

4) Koagulasi-Flokulasi

Unit Bangunan Koagulan

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanahdengan menara

b. Kedalaman total = 3,9 m

c. Kedalaman air = 2 m

d. Tebal dinding = 0,0015 m

e. Tinggi menara = 0,75 m

f. Tinggi bangunan = Datum + (Tinggi Menara + Kedalaman unit + tebal dinding)

= 0,00 m + (0,75 m + 3,9 m + 0,0015 m)

= 4,65 m

g. Level muka air = Datum + Tinggi bangunan – *Freeboard*

= 0,00 m + 4,65 m – 0,2 m

= + 4,45 m

h. Saluran pembawa dari bak pembubuh koagulan menuju Koagulasi menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

Unit Bangunan Koagulasi

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanah, sebagian di bawah permukaan tanah

b. Kedalaman total = 4,3 m

c. Kedalaman air = 2 m

d. Tebal dinding = 0,05 m

e. Ketinggian di atas permukaan tanah = 0,56 m

f. Ketinggian di bawah permukaan tanah = 0,78 m

g. Tinggi bangunan = Datum + (Ketinggian di atas permukaan tanah + ketinggian dibawah permukaan tanah) + tebal dinding

= 0,00 m + (0,56 m + 0,78 m) + 0,05 m

= 1,34 m

h. Level muka air = Datum + Ketinggian di atas permukaan tanah – *freeboard*

= 0,00 m + 0,56 m + 0,26 m

= + 0,30 m

i. Saluran pembawa dari bak Koagulasi menuju Flokulasi menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

Unit Bangunan Flokulasi

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanah, sebagian di bawah permukaan tanah

b. Kedalaman total = 10,5 m

c. Kedalaman air = 8,75 m

d. Ketinggian di atas permukaan tanah = 0,45 m

e. Ketinggian di bawah permukaan tanah = 3,05 m

f. Tebal dinding = 0,05 m

g. Tinggi bangunan = Datum + (Ketinggian di atas permukaan tanah + ketinggian dibawah permukaan tanah) + tebal dinding

= 0,00 m + (0,45 m + 3,05 m) + 0,05 m

= 3,55 m

h. Level muka air = Datum + Ketinggian di atas permukaan tanah – *freeboard*

= 0,00 m + 0,45 m – 0,15

= + 0,30 m

h. Saluran pembawa dari Unit Bangunan Flokulasi menuju unit Sedimentasi menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

5) Sedimentasi

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanah dansebagian di bawah permukaan tanah

b. Kedalaman total = 4,3 m

c. Ketinggian di atas permukaan tanah = 0,60 m

d. Ketinggian di bawah permukaan tanah = 3,80 m

e. Kedalaman air = 3,4 m

f. Tebal dinding = 0,15 m

g. Tinggi bangunan = Datum + (Ketinggian di atas permukaan tanah +

ketinggian dibawah permukaan tanah) + tebal dinding

= 0,00 m + (0,60 m + 3,80 m) + 0,15 m

= 4,55 m

i. Level muka air = Datum + Ketinggian di atas permukaan tanah

freeboard - tinggi *gutter*

= 0,00 m + 0,60 m - 0,10 m – 0,20 m

= + 0,30 m

j. Saluran pembawa dari unit bangunan Sedimentasi menuju *Biofilter Anaerob* menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

6) **Biofilter Anaerob 1**

H total = 5 m

H air = 4 m

Tebal beton bawah = 0,2 m

Freeboard = 0,8 m

Level muka bangunan = 0 m

- Level dasar bangunan = datum – h total + tebal dinding atas - tebal dindingbawah

  = 0 – 5 m – 0,2 m + 0,2 m

  = - 5 m

- Level muka air = datum – h total + h air

  = 0 – 5 m + 4 m

  = -1 m

Saluran pembawa dari unit bangunan *Biofilter Anaerob* menuju *Secondary Clarifier* menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

7) Secondary Clarifier

a. Direncanakan bangunan diletakkan sebagian di atas permukaan tanah dansebagian di bawah permukaan tanah
b. Kedalaman total = 3,65 m
c. Ketinggian air = 3,55 m
d. Ketinggian di atas permukaan tanah = 0,60 m
e. Ketinggian di bawah permukaan tanah = 5,0 m
f. Tebal dinding = 0,15 m

h. Tinggi bangunan = Datum + (Ketinggian di atas permukaan tanah + ketinggian dibawah permukaan tanah) + tebal dinding

= 0,00 m + (0,6 m + 5,0 m) + 0,15 m

= 5,75 m

k. Level muka air = Datum + Ketinggian di atas permukaan tanah *freeboard* - tinggi *gutter*

= 0,00 m + 0,60 m - 0,10 m – 0,20 m

= + 0,30 m

j. Saluran pembawa dari *Secondary Clarifier* menuju *Sludge Drying Bed* menggunakan saluran tertutup atau pipa PVC.

8) Sludge Drying Bed

a. Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah
b. Kedalaman total = 1,0 m
c. Kedalaman air = 0,844 m
d. Tebal dinding = 0,15 m
e. Tinggi bangunan = Datum - (Kedalaman total + tebal dinding)

= 0,00 m - (1 m + 0,15)

= 1,05 m

f. Level muka air = Datum - *freeboard*

= 0,00 m – 0,15 m

= - 0,15 m

BAB VII

BILL OF QUANTITY DESIGN (BOQ) dan RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

Penggalian tanah biasa untuk konstruksi							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Pekerja	0,75	1	0,75	oh	Rp 110.000	Rp 82.500
2	Mandor	0,25	1	0,25	oh	Rp 140.000	Rp 35.000
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 117.500

Untuk membuat 1 m3 dinding beton bertulang							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Semen PC 50 kg	8,4	1	8,4	zak	Rp 58.000	Rp 487.200
2	Batu Pecah	0,81	1	0,81	m3	Rp 225.000	Rp 182.250
3	Pasir Cor	0,54	1	0,54	m3	Rp 240.000	Rp 129.600
4	Besi Beton Polos	157,5	1	157,5	kg	Rp 17.000	Rp 2.677.500
5	Paku Usuk	3,2	1	3,2	kg	Rp 20.500	Rp 65.600
6	kayu perancah	2,8	1	2,8	Lembar	Rp 95.000	Rp 266.000
7	Kawat Beton	2,25	1	2,25	kg	Rp 21.000	Rp 47.250
8	Kayu Meranti Bekisting	0,24	1	0,24	m3	Rp 3.484.000	Rp 836.160
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 4.691.560

Saluran pembawa dan Bar Screen							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
Saluran pembawa							
1	Volume Beton	48,57	1	48,57	m3	Rp 4.691.560	Rp 227.869.069
Bar Screen							
1	Kisi Diameter 10 mm	1	40	40	Buah	Rp 150.000	Rp 6.000.000
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 237.252.189

Bak Penampung							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Volume Beton	224	1	224	m3	Rp 4.691.560	Rp 1.050.909.440
2	Pompa Penguras submersible	1	1	1	Buah	Rp 45.779.458	Rp 45.779.458
3	Pipa PVC 10"	1	1	1	Buah	Rp 630.000	Rp 630.000
4	Volume galian	30	1	30	m3	Rp 117.500	Rp 3.525.000
5	elbow	1	2	2	buah	Rp 100.000	Rp 200.000
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 1.344.096.087

Bak Netralisasi										
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)		Total Harga Satuan (Rp)		
Bak Pembubuh Koagulan										
1	H2SO4	386	1	386	kg/hari	Rp	25.000	Rp	9.650.000	
2	Kaiquan Mixer Tank KQ-1000L	1	1	1	Buah	Rp	72.048.250	Rp	72.048.250	
3	Bentai Agitator BLD13	1	1	1	Buah	Rp	2.881.930	Rp	2.881.930	
4	Pipa Pembubuh 1"	1	1	1	Buah	Rp	25.000	Rp	25.000	
5	Dosing Pump Hephis SUS304	1	1	1	Buah	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	
6	Menara Air 2,5 meter	1	1	1	Buah	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	
7	Pompa modo	1	1	1	buah	Rp	28.814.100	Rp	28.814.100	
1	Pipa Galvanis 12"	1	1	1	Buah	Rp	470.235	Rp	470.235	
TOTAL RINCIAN BIAYA								Rp	119.389.515	

Koagulasi									
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)		Total Harga Satuan (Rp)	
Bak Pembubuh Koagulan									
1	Al2(SO4)3	4300	1	4300	kg/hari	Rp	10.000	Rp	43.000.000
2	Tyrone YC 112M-2	1	1	1	Buah	Rp	72.001.750	Rp	72.001.750
3	Jin He Agitator JHX1500	1	1	1	Buah	Rp	50.401.225	Rp	50.401.225
4	Propeller pitch of 1, 3 blade	1	1	1	Buah	Rp	2.404.858	Rp	2.404.858
5	Pipa Wavin 12"	1	1	1	Buah	Rp	50.000	Rp	50.000
6	Dosing Pump Ailipu JZM-A 6560 35	1	1	1	Buah	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000
7	Menara Air 2,5 meter	1	1	1	Buah	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000
Bak Koagulasi									
1	mixer tank Dials QDSJ40T	1	1	1	Buah	Rp	132.489.660	Rp	132.489.660
3	Jin He Agitator JHX1500	1	1	1	Buah	Rp	50.401.225	Rp	50.401.225
1	Pipa Galvanis 12"	1	1	1	Buah	Rp	55.000	Rp	55.000
TOTAL RINCIAN BIAYA								Rp	363.803.718

Flokulasi							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
Bak Flokulator							
1	Volume Beton	46,92	1	46,92	m3	Rp 4.691.560	Rp 220.127.995
2	Volume Galian	270	1	270	m3	Rp 117.500	Rp 31.725.000
Kompartemen							
1	Volume beton komp I	45	1	45	m3	Rp 4.691.560	Rp 211.120.200
2	Volume beton komp II	31,4	1	31,4	m3	Rp 4.691.560	Rp 147.314.984
3	Volume beton komp III	27	1	27	m3	Rp 4.691.560	Rp 126.672.120
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 736.960.299

Sedimentasi							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
Zona Inlet							
1	Volume Beton	35	10	350	m3	Rp 4.691.560	Rp 1.642.046.000
2	Volume Galian	0,9	10	9	m3	Rp 117.500	Rp 1.057.500
Zona Pengendapan							
1	Volume Beton	60,3	10	603	m3	Rp 4.691.560	Rp 2.829.010.680
2	Volume Galian	250	10	2500	m3	Rp 117.500	Rp 293.750.000
Zona Lumpur							
1	Volume Beton	15,3	10	153	m3	Rp 4.691.560	Rp 717.808.680
2	Volume Galian	48,16	10	481,6	m3	Rp 117.500	Rp 56.588.000
3	Pipa Sludge 23"	1	10	10	Buah	Rp 470.925	Rp 4.709.250
1	Volume Beton	9,3	1	9,3	m3	Rp 4.691.560	Rp 43.631.508
3	Pipa Outlet Wavin 16"	1	1	1	Buah	Rp 470.325	Rp 470.325
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 5.589.071.943

Biofilter Anaerob							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Volume Beton	1472	2	2944	m3	Rp 4.691.560	Rp 13.811.952.640
2	Volume Galian	777,4	2	1554,8	m3	Rp 117.500	Rp 182.689.000
3	Pompa Modo	1	1	1	buah	Rp 28.814.100	Rp 28.814.100
4	Volume media filter	1080	2	2160	m3	Rp 550.000	Rp 1.188.000.000
5	Pipa Spindo 32"	1	1	1	buah	Rp 525.000	Rp 525.000
6	elbow	1	1	1	buah	Rp 100.000	Rp 100.000
7	gate valve	1	1	1	buah	Rp 100.000	Rp 100.000
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 15.212.180.740

Secondary Clarifier							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
Zona Inlet							
1	Volume Beton	35	5	175	m3	Rp 4.691.560	Rp 821.023.000
2	Volume Galian	0,9	5	4,5	m3	Rp 117.500	Rp 528.750
Zona Lumpur							
1	Volume Beton	60,3	5	301,5	m3	Rp 4.691.560	Rp 1.414.505.340
2	Volume Galian	250	5	1250	m3	Rp 117.500	Rp 146.875.000
Zona Outlet							
1	Volume Beton	15,3	5	76,5	m3	Rp 4.691.560	Rp 358.904.340
2	Volume Galian	48,16	5	240,8	m3	Rp 117.500	Rp 28.294.000
3	Pompa JXSC	1	5	5	Buah	Rp 43.203.150	Rp 216.015.750
4	reducer	1	5	5	buah	Rp 175.000	Rp 875.000
5	scrapper ZXG-20	1	5	5	buah	Rp 792.057.750	Rp 3.960.288.750
6	Pipa Outlet Spindo 19"	1	5	5	Buah	Rp 470.325	Rp 2.351.625
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 6.949.661.555

Sludge Drying Bed							
No	Uraian	Volume/ Panjang	Jumlah Unit	Total	Satuan	HSPK (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Volume Beton	3235	1	3235	m3	Rp 4.691.560	Rp 15.177.196.600
2	Volume Galian	120	1	120	m3	Rp 117.500	Rp 14.100.000
3	Gate Valve Pompa	1	1	1	Buah	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
4	Check Valve	1	1	1	Buah	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
5	Pompa Distribusi	1	1	1	Buah	Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
6	Pipa Inlet 3"	1	1	1	Buah	Rp 196.000	Rp 196.000
7	Pipa Distribusi	1	1	1	Buah	Rp 1.250.000	Rp 1.250.000
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 15.346.242.600

Saluran pembawa dan Bar Screen	**Rp**	**237.252.189**
Bak Penampung	Rp	1.344.096.087
Bak Netralisasi	Rp	119.389.515
Koagulasi	Rp	363.803.718
Flokulasi	Rp	736.960.299
Sedimentasi	Rp	5.589.071.943
Biofilter Anerobik	Rp	15.212.180.740
Secondary Clarifier	Rp	6.949.661.555
SDB	Rp	15.346.242.600
Total Biaya Keseluruhan	Rp	45.898.658.647