BAB 5
DETAIL ENGINEERING DESIGN (DED)

Pada bab ini berisi perhitungan dimensi maupun ukuran dari masing-masing unit pengolahan yang direncanakan dan ukuran lahan yang akan digunakan. Untuk alternatif pengolahan yang dipilih yaitu alternatif 1

5.1 Unit Intake

A. Pipa Inlet

Intake yang digunakan adalah *River intake.* Pada pengambilan air baku dari sungai, diperlukan pipa inlet untuk mengalirkan air ke sumur pengumpul. Berikut data-data yang direncanakan untuk pipa inlet air baku.

- **Kriteria Perencanaan:**
  - Kecepatan (v) air pipa inlet = 0,6 – 1,5 m/s
  - Kemiringan dasar sumur = (1-2) %

    (*Sumber: Kawamura, "Integrated Design and Operation Of Water Treatment Facilities", 2nd 1991*)
  - *Headloss* yang diizinkan = 150 mm
  - Panjang pipa sadap (H > 3 m) (L) > 15 m

    (*Sumber: Permen PU No. 28 Tahun 2015, hal 6*)

- **Data Perencanaan:**
  - Debit air baku = 10000 m^3/hari → 0,12 m^3/s
  - Pemasangan 2 pipa Inlet (1 HWL dan 1 LWL)
  - Panjang pipa (L):

    L_{HWL} = 16 m

    L_{LWL} = 18 m
  - Kecepatan (v):

    v_{HWL} = 1 m/s

    v_{LWL} = 1.1 m/s

- Ketinggian (H):

  H_{HWL} = 4 m dari dasar sungai

  H_{LWL} = 2 m dari dasar sungai

  (*Sumber: Kawamura,"Integrated Design and Operation Of Water Treatment Facilities", 2nd*).

- Menggunakan Pipa *Cast Iron* dengan nilai C = 130

  (*Sumber: Evett & Liu, 1987*)

- **Perhitungan:**

1. Debit Tiap Intake (Q)

   $$Q = \frac{Q\ Kapasitas\ Produksi}{\sum Pipa}$$

   $$= \frac{0{,}12\ m3/s}{2\ buah}$$

   $$\mathbf{= 0{,}06\ m^3/s}$$

2. Luas Penampang Pipa Inlet (A)

   $$A_{HWL} = \frac{Q\ pipa\ tiap\ intake}{V\ HWL}$$

   $$= \frac{0{,}06\ \text{m3/s}}{1\ m/s}$$

   $$\mathbf{= 0{,}06\ m^2}$$

   $$A_{LWL} = \frac{Q\ pipa\ tiap\ intake}{V\ LWL}$$

   $$= \frac{0{,}06\ \text{m3/s}}{1.1\ m/s}$$

   $$\mathbf{= 0{,}05\ m^2}$$

3. Diameter pipa inlet (D)

   $$D_{HWL} = \left[\frac{4\ x\ A\ HWL}{\pi}\right]^{0,5}$$

   $$= \left[\frac{4\ x\ 0{,}06\ m2}{3{,}14}\right]^{0,5}$$

   $$= 0{,}27\ m$$

   = 0,25 m → 10 inch

   $$D._{LWL} = \left[\frac{4\ x\ A\ LWL}{\pi}\right]^{0,5}$$

$= \left[\frac{4\ x\ 0,05\ m2}{3,14}\right]^{0,5}$

= 0,26 m

= 0,25 m → 10 inch

4. Cek Kecepatan (v)

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

$= \frac{0,06\ m3/s}{\frac{1}{4} X\ 3,14\ X\ (0,25\ m)^2}$

= 1,14 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s)

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

$= \frac{0,06\ m3/s}{\frac{1}{4} X\ 3,14\ X\ (0,25\ m)^2}$

= 1,14 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s)

5. *Headloss* mayor

Hf HWL $= \left[\frac{Q}{0,2785\ x\ C\ X\ D^{2,62}}\right]^{1,85}$ X L

$= \left[\frac{0,06}{0,2785\ X\ 130\ X\ (0,25)^{2,62}}\right]^{1,85}$ X 16 m

= 0,08 m

Hf LWL $= \left[\frac{Q}{0,2785\ x\ C\ X\ D^{2,62}}\right]^{1,85}$ X L

$= \left[\frac{0,06}{0,2785\ X\ 130\ X\ (0,25)^{2,62}}\right]^{1,85}$ X 18 m

= 0,09 m

6. *Headloss* minor

Hf HWL $= K\ x \left[\frac{v^2}{2\ x\ g}\right]$

$= 0,19\ x \left[\frac{(0,14\ m/s)^2}{2\ x\ 9,81}\right]$

= 0,01 m

Hf LWL $= K\ x \left[\frac{v^2}{2\ x\ g}\right]$

$= 0,19\ x \left[\frac{(0,14\ m/s)^2}{2\ x\ 9,81}\right]$

= 0,01 m

7. *Headloss* sepanjang pipa

Hf_{HWL} = Hf mayor + Hf minor

= 0,08 m + 0,01 m

= 0,09 m

Hf_{LWL} = Hf mayor + Hf minor

= 0,09 m + 0,01 m

= 0,10 m

8. Kemiringan dasar pipa inlet (S)

$S_{HWL} = \frac{Hf}{L}$

$= \frac{0,09\ m}{16\ m}$

= 0,01 m/m

$S_{LWL} = \frac{Hf}{L}$

$= \frac{0,10\ m}{18\ m}$

= 0,01 m/m

- **Resume Pipa Intake:**
  - Debit air = 0,12 m^3/s
  - Debit pipa = 0,06 m^3/s
  - Jumlah pipa inlet:

    HWL = 1 buah

    LWL = 1 buah
  - Ketinggian pipa inlet (H):

    H_{HWL} = 2 m

    H_{LWL} = 4 m
  - Panjang pipa inlet (L):

    L_{HWL} = 16 m

    L_{LWL} = 18 m
  - Diameter pipa inlet (D):

    D_{HWL} = 0,25 m

    D_{LWL} = 0,25 m

- Cek kecepatan (v cek):

  v cek $_{HWL}$ = 1,14 m^3/s

  v cek $_{LWL}$ = 1,14 m^3/s

- Headloss sepanjang pipa (Hf):

  Hf HWL = 0,09 m

  Hf LWL = 0,10 m

- Slope (S):

  S $_{HWL}$ = 0,01m

  S $_{LWL}$ = 0,01 m

B. *Barscreen*

Sebelum air sungai masuk ke dalam pipa sadap air baku terlebih dahulu, air yang berasal dari sungai melewati *barscreen* yang berfungsi agar sampah dan kotoran-kotoran lain tidak ikut masuk dalam pipa sadap air baku. Data-data yang digunakan dan direncanakan dalam merencanakan *barscreen* adalah sebagai berikut:

- **Kriteria Perencanaan:**
  - Screen yang dipakai *Coarse Screen*
  - Tinggi screen mengikuti diameter pipa inlet yang terbesar
  - Jarak antar kisi (R) = 25 - 75 mm → 0,025 - 0,075 m
  - Diameter kisi = 0,25 – 5 inch
  - Kemiringan kisi (θ) = 45º - 60
  - Ukuran batang
  - Lebar (r) = 4 - 8 mm
  - Tebal = 25-50 mm
  - Kecepatan aliran melalui kisi (V) = kecepatan pipa
  - Faktor bentuk kisi bulat (β) = 1,79
  - *Headloss* (Hf) < 150 mm

  (*Sumber: Syed. R. Qosim., "Wastewater Treatment Plants, Planning, Design, and Operation", 158.)*

- **Data Perencanaan:**
  - Debit air baku = 10000 m^3/hari → 0,12 m^3/s
  - Pemasangan 2 pipa Inlet (1 HWL dan 1 LWL)
  - Debit tiap bar screen:

    Q_{HWL} = 0,06 m^3/s

    Q_{LWL} = 0,06 m^3/s
  - Lebar bukaan screen (D)

    W_{HWL} = 0,25 m

    W_{LWL} = 0,25 m
  - Lebar kisi (d) = 6 mm → 0,006 m
  - Kemiringan kisi (θ) = 45º
  - Diameter kisi = 0,5 inch → 0,13 m
  - Jarak antar kisi = 50 mm → 0,05 m
  - Tinggi tiap screen (H) = 0,5 m
  - Faktor bentuk kisi bulat (β) = 1,79 (*circular*)

- **Perhitungan:**
  1. Dimensi *screen*

     $L = \frac{H}{Tan \propto}$

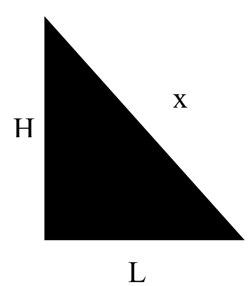
     $= \frac{0,25}{Tan\ 45}$

     = 0,25 m

     $X = \frac{H}{sin \propto}$

     $= \frac{0,25}{sin\ 45}$

     = 0,36 m



  2. Jumlah kisi (n)

     D = (n x d) + (n+1) x R

     0,25 = n x 0,013 + (n + 1) x 0,05

     0,25 = 0,05 n + 0,013n + 0,05

     0,20 = 0,063 n

n $= \frac{0,22}{0,063}$

= 3,6 → 4 kisi

3. Check r

Ws = n x d + (n+1) x r

0,25 = 4 x 0,013 + (4 + 1) x r

0,25 = 0,052 + (5r)

r = **0,04 m (memenuhi *range* 0,025 – 0,075)**

4. Lebar bukaan total *screen* (Wc)

Wc = Ws – (n x d)

= 0,25 m – (4 x 0,013 m)

= 0,20 m

5. Luas penampang *screen* (A)

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

$= \frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 0{,}25\ ^2$

= 0,05 m^2

6. Rerata radius hidraulik (R)

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

$= \frac{0{,}05\ m}{0{,}36\ m}$

= 0,14 m

7. Kemiringan energi (S)

S $= \left[\frac{(Qp\ x\ n)^2}{(A^2)\ x\ (R^{\frac{2}{3}})}\right]$

$= \left[\frac{(0{,}06\ x\ 4)^2}{(0{,}05^2)\ x\ (0{,}14^{\frac{2}{3}})}\right]$

= 0,003 m/m

8. Kecepatan melalui kisi (vc)

vc $= \left[\frac{1}{n}\ x\ \left(R^{2/3}\right)\ x\ (S^{1/2})\right]$

$= \left[\frac{1}{4}\ x\ \left(0{,}14^{2/3}\right)\ x\ (0{,}003^{1/2})\right]$

= 1,14 m^2/s (memenuhi = kecepatan pipa inlet)

9. Total penampang basah terbuka (b)

b = (n – 1) x r

= (4 – 1) x 0,2

= 0,15 m

10. Velocity head (Hv)

Hv $= \frac{Vc}{2g} = \frac{1{,}14\ m/s}{2x9{,}81} = \mathbf{006\ m/s}$

11. *Headloss* saat bersih (*non-clogging*)

Hf $= \frac{1}{C}\left(\frac{Vi^2 - V^2}{2g}\right)$

$= \frac{1}{0{,}7}\left(\frac{1{,}14^2 - 1{,}14^2}{2x9{,}81}\right)$

= 0,09 m (memenuhi syarat < 0,15 m)

12. *Headloss* saat tersumbat (*clogging)*

Hf $= \left[\beta \text{ x } \left(\frac{W}{b}\right)^{4/3} \text{ x Hv x sin } \propto\right]$

$= \left[1{,}79 \text{ x } \left(\frac{0{,}2}{0{,}15}\right)^{4/3} \text{ x } 0{,}06 \text{ x sin } 45^o\right]$

= 0,11 m

- **Resume Barscreen**
  - Panjang *screen* (x) = 0,36 m
  - Lebar *screen* (L) = 0,25 m
  - Tinggi *screen* (h) = 0,25 m
  - Kecepatan pada *barscreen* (v) = 1,14 m/s
  - Jarak antar kisi (r) = 0,04 m
  - Diameter kisi (d) = 0,013 m
  - Jumlah kisi (n) = 4 buah
  - Kemiringan kisi = 45°
  - *Headloss non-clogging* = 0,09 m
  - *Headloss clogging* = 0,11 m

C. Perhitungan Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul memiliki fungsi untuk mengumpulkan air baku pada yang berasal dari sungai untuk dapat mengantisipasi adanya fluktuasi air sungai. Level air sungai yang fluktuatif dapat mempengaruhi kinerja dari instalasi Pengolahan air minum, sehingga dapat dikhawatirkan proses pengolahan tidak dapat berjalan dengan maksimal. Berikut data data yang direncanakan pada sumur pengumpul:

- **Kriteria perencanaan:**
  - Waktu detensi = 1-5 menit
  - Tinggi *foot valve* dari dasar sumur > 0,6 m
  - Konstruksi kedap air dan tebal dinding = 20 cm atau lebih tebal
  - Kemiringan dasar sumur = 1-2%
  - Punya berat yang cukup dan kuat terhadap tekanan dan gaya yang ada (*Sumber: PERMEN PU, 2007*).

- **Data Perencanaan:**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Jumlah sumur pengumpul = 1 unit
  - Waktu detensi (td) = 5 menit → 300 s
  - *Koef manning* (n) = 0,015
  - Tebal dinding = 0,20 m
  - Free board (Fb) = 20% H
  - Kedalaman lumpur (H_{lumpur}) = 1 m
  - Kedalaman sungai = 4,5 m
  - Ketinggian pipa inlet:

    H_{HWL} = 4 m

    H_{LWL} = 2 m

- **Perhitungan**
  - Volume sumur (V)

    V = Q x td

= 0,12 m^3/s x 300 s

= 34,77 m^3

- H efektif sumur (H_{ef})

  H_{ef} = H HWL + H lumpur

  = 4 m + 1 m

  = 5 m

- Free board (Fb)

  Fb = 20% x H_{ef}

  = 20% x 5 m

  = 1 m

- H total (H_{tot})

  H_{tot} = H_{ef} + Fb

  = 5 m + 1 m

  = 6 m

- Luas penampang sumur (A)

  A $= \frac{Volume}{H\ total}$

  $= \frac{34{,}72\ m3}{5\ m}$

  = 6,94 m^2

- Dimensi sumur pengumpul

  Sumur berbentuk persegi sehingga L = W

  A = L x W

  6,94 m^2 = W^2

  W $= \sqrt{6{,}94\ m}$

  = 2,64 m

  L = W

  = 2,64 m

- Resume bangunan:
  - Debit sumur (Q) = 0,12 m^3 /s
  - Waktu detensi (Td) = 5 menit → 300 s

- Panjang sumur (L) = 2,64 m → 2,65 m
- Lebar sumur (W) = 2,64 m → 2,65 m
- Tinggi sumur (H_{tot}) = 6 m

D. Perhitungan Pipa Outlet

Pipa Outlet berfungsi untuk menyalurkan dari sumur pengumpul menuju. Berikut adalah data-data yang direncanakan pada pipa penguras:

- **Data Perencanaan:**
  - Debit sumur (Q) = 0,12 m^3/s
  - Kecepatan aliran (v) = 1 m/s

- **Perhitungan :**

1. Debit tiap unit

$$Q' = \frac{\text{Debit air baku (Q)}}{\text{jumlah unit (n)}}$$

$$= \frac{0,12\ m^3/s}{2}$$

$$\mathbf{= 0,06\ m^3/s}$$

2. Luas Permukaan (A)

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

$$= \frac{0,06\ m3/s}{1\ m/s}$$

$$\mathbf{= 0,06\ m^3/s}$$

3. Diameter pipa penguras (D)

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

$$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0,06\ m3/S}{3,14}}$$

= 0,276 m → 11 inch

(menggunakan diameter pasaran pipa seebesar 0,3 m)

4. Cek kecepatan (v_{cek})

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

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

$= \frac{0{,}06}{\frac{1}{4} x\, 3{,}14\, x\, 0{,}3^2}$

= **0,85 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s²)**

- Resume bangunan:
  - Debit lumpur (Q_L) = 0,03 m³/s
  - Luas permukaan (A) = 0,03 m²/s
  - Diameter pipa penguras (D) = 0,20 m → 8 inch
  - Cek Kecepatan (v_{cek}) = 0,89 m/s

E. Perhitungan Pipa Penguras

Pipa Penguras berfungsi untuk menguras lumpur endapan dari sumur pengumpul yang bertujuan mengantisipasi tidak terjadinya peningkatan kekeruhan air baku dan pendangkalan akibat endapan lumpur. Berikut adalah data-data yang direncanakan pada pipa penguras:

- **Data Perencanaan:**
  - Debit sumur (Q) = 0,12 m³/s
  - Kedalaman lumpur = 1 m
  - Kecepatan aliran (v) = 1 m/s
  - Waktu detensi (td) = 5 menit → 300 s

- **Perhitungan:**
  1. Debit Lumpur (Q_L)

     $Q_L = \frac{1}{4}\ x\ Q\ sumuran$

     $= \frac{1}{4}$ x 0,12 m³/s

     = 0,3 m³/s
  2. Luas Permukaan (A)

     $A = \frac{Q\ lumpur}{Volume}$

$= \frac{0,03 m3/s}{1\ m/s}$

= 0,03 m³/s

3. Diameter pipa penguras (D)

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

$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0,03\ m3/S}{3,14}}$

= 0,19 m → 7,55 inch → 8 inch (0,2 m)

4. Cek kecepatan (v_{cek})

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

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

$= \frac{0,03}{\frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ 0,20^2}$

= **0,89 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s²)**

- Resume bangunan:
  - Debit lumpur (Q_L) = 0,03 m^3/s
  - Luas permukaan (A) = 0,03 m^2/s
  - Diameter pipa penguras (D) = 0,20 m → 8 inch
  - Cek Kecepatan (v_{cek}) = 0,89 m/s

F. Perhitungan pompa

Pompa memiliki fungsi yang sangat penting dalam proses pengolahan antara lain dapat menaikkan level muka air menuju daerah yang lebih tinggi. Maka dari itu agar proses pengolahan dapat berjalan dengan lancar, maka pompa harus direncanakan dengan sebaik-baiknya. Pada bangunan sumur pengumpul digunakan 2 jenis pompa yakni *slurry pump* dan *centrifugal pump*. Kegunaan *slury pump* dalam bangunan sumur pengumpul pada pengolahan air minum yakni untuk menghisap lumpur yang terjadi akibat pengambilan air baku sekaligus digunakan apabila terjadi pengurasan sumur dalam perawatan bangunan pengolahan. Air baku yang telah terkumpul dalam sumur, nantinya akan dihisap menggunakan centrifugal pump dengan penambahan aksesoris seperti strainer untuk meminimalisir adanya partikulat ataupun lumpur yang ikut terhisap dalam pompa dengan mengatur peletakan pipa hisap (suction) beserta pemilihan aksesoris strainer sesuai dengan perhitungan yang telah direncanakan.

- Kriteria Perencanaan
  - K Elbow 90^0 = 0,9

    (*Sumber: Dake, J.M.K., Endang P. Tachyan dan Y.P. Pangaribuan, 1985. "Hidrolika Teknik* Edisi II", Erlangga. Jakarta)
  - K reducer = 0,25
  - K foot valve = 2,3
  - K Check Valve = 0,2

    (*Sumber: Practical Hydrolics For The Public Work Engineer, 1968*)

- Data perencanaan
  - Elbow 90^0 suction = 1 buah
  - Elbow 90^0 discharge = 2 buah
  - reducer suction = 1 buah
  - reducer discharge = 1 buah
  - Check valve = 1 buah
  - Foot valve = 1 buah
  - Q bak prasedimentasi = 0,06 m^3/s → 216 m^3/jam
  - L suction = 6,15 m
  - L discharge = 5,03 m
  - Diameter pipa = 0,3 m → 300 mm
  - Kecepatan pipa (v) = 0,85 m/s
  - Head statis = 4,44 m

- Perhitungan
  1. Perhitungan suction

     Headloss mayor

     Hf $= \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$

     $= \frac{10.7\ x\ 6{,}15\ m\ x\ (0{,}06\ m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85}\ x\ 0.3\ m^{4.87}}$

     = 0,02 m

     Headloss minor (elbow 90^0)

     Hf_{elbow} = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

     = (1 x 0.9 x $\frac{0.85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

     = 0,03 m

     Headloss minor (reducer)

     $Hf_{reducer}$ = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

     = (1 x 0.25 x $\frac{0.85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

     = 0,01 m

     Headloss minor (Foot valve)

     Hf_{fvalve} = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

     = (1 x 2,3 x $\frac{0{,}85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

     = 0,08 m

     ∑Hf minor

     Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor reducer + Hf foot valve

     = 0,03 m + 0,01 m + 0,08 m

     = 0,13 m

     ∑Hf suction

     Hfs = Hf mayor + Hf minor

     = 0,02 m + 0,13 m

     = 0,14 m
  2. Perhitungan Discharge

Headloss mayor

Hf $= \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$

$= \frac{10.7\ x\ 5{,}03\ m\ x\ (0.06\ m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85}\ x\ 0.3\ m^{4.87}}$

= 0,01 m

Headloss minor (elbow 90^0)

Hf_{elbow} = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

= (2 x 0.9 x $\frac{0.85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

= 0,07 m

Headloss minor (Check valve)

Hf_{cvalve} = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

Hf_{cvalve} = (1 x 2,0 x $\frac{0.85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

= 0,07 m

Headloss minor (reducer)

$Hf_{reducer}$ = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

$Hf_{reducer}$ = (1 x 0.25 x $\frac{0.85\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

= 0,01 m

∑Hf minor

Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor check valve + Hf minor reducer

= 0,07 m + 0,07 m + 0,01

= 0,15 m

∑Hf discharge

Hfd = Hf mayor + Hf minor

= 0.01 m + 0.15 m

= 0.16 m

3. Perhitungan Head total

$Head_{total}$ = Head statis + ∑Hf suction + ∑Hf discharge

= 4,44 m + 0,14 m + 0,16 m

= 4,74 m

4. Perhitungan Head pompa

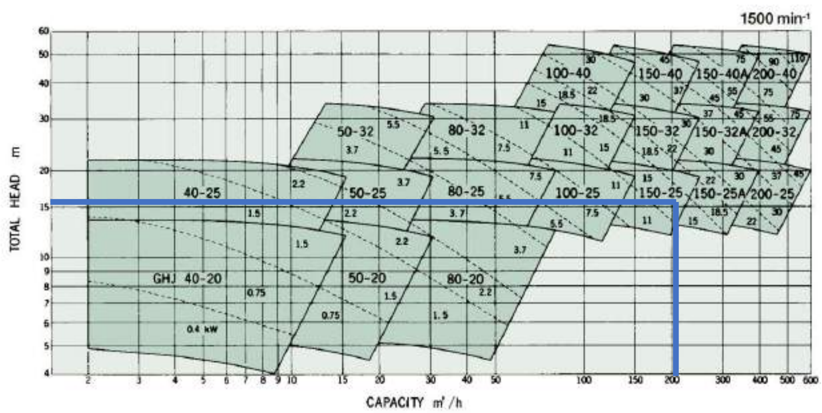
Head$_{pompa}$ = Head statis + L suction + L discharge

= 4,44 m + 6,15 m + 5,03 m

= 15,62 m

Head pompa > Head total

15,62 m > 4,74 m (memenuhi persyaratan)



Berdasarkan grafik di atas, maka dipilih centrifugal pump dengan merek Shinko GHJ dengan tipe 150-25 dengan spesifikasi yang tertera pada lampiran A.

G. Perhitungan *strainer*

Strainer berbentuk kubus, yang dimana kubus memiliki 6 luas penampang, namun karena salah satu penampangnya digunakan sebagai masuknya pipa *suction*, maka luas yang digunakan hanya 5 luas penampang yang terdapat lubang *strainer.*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan melalui lubang *striner* = 0,15 – 0,3 m/s
  - Bukaan pada lubang *strainer* = 6 – 12 mm

- Diameter *strainer* (D) = 1,5 – 2 x D*suction*

  (*Sumber: Prosser, 1980*)

- **Data Perencanaan**
  - Direncanakan bentuk strainer kubus berlubang
  - Q = 0,06 m^3/s
  - Bukaan lubang *strainer* = 12 mm → 0,012 m
  - D suction = 0,3 m → 12 inch
  - Kecepatan pipa *suction* = 0,85 m/s

- **Perhitungan**
  1. Luas efektif (A)

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

     $= \frac{0{,}06\ m^3/s}{0{,}85\ m/s}$

     = 0,07 m

  2. Luas tiap sisi (A_{sisi})

     A_{sisi} $= \frac{A}{5}$

     $= \frac{0{,}07\ m^2}{5}$

     = 0,04 m^2

  3. Luas Total (A_{tot})

     A_{tot} = 2 x Asisi

     = 2 x 0,04 m^2

     = 0,07 m^2

  4. Dimensi

     A = L x W

     L = W

     0,04 m^2 = L2

     L $= \sqrt{0{,}04\ m^2}$

     = 0,19 m → 0,2 m

W $\quad$ **= 0,19 m → 0,2 m**

5. Luas lubang strainer (A_{ls})

A_{ls} $= \frac{1}{4}$ x π x d^2

$= \frac{1}{4}$ x 3,14 x $(0{,}012\ m)^2$

= 0,000113 m^2 → 1,13 x 10^{-4} m^2

6. Jumlah lubang strainer (n)

n $= \frac{A\ tot}{A\ ls}$

$= \frac{0{,}07\ m^2}{1{,}13\ x\ 10^{-4}\ m^2}$

= 619 lubang

7. Jumlah lubang strainer tiap sisi (n_{sisi})

n_{sisi} $= \frac{n}{5}$

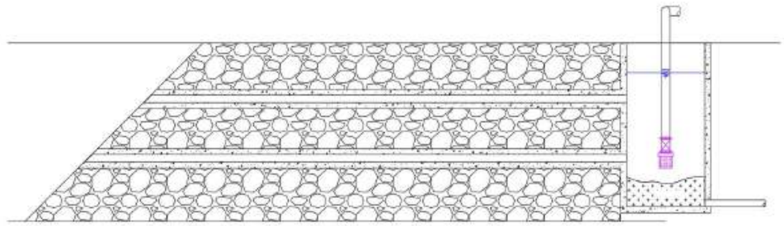
$= \frac{619\ lubang}{5}$

=124 lubang

- **Resume**
  - Panjang strainer (L) = 0,2 m
  - Lebar strainer (W) = 0,2 m
  - Diameter bukaan strainer (d) = 0,012 m
  - Jumlah lubang strainer (n) = 619 lubang
  - Jumlah lubang strainer tiap sisi (n_{sisi}) = 124 lubang

- **Sketsa**
  - Tampak denah

  - Tampak potongan



5.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi biasa digunakan untuk menghilangkan partikel padat seperti kerikil dan pasir yang berasal dari air sungai sebelum dipompa ke unit pengolahan. Prasedimentasi merupakan salah satu unit pada bangunan pengolahan air minum yang umumnya digunakan sebagai pengolahan pendahuluan.

A. Zona Pengendapan (*Settling Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Bentuk bak sedimentasi = *rectangular*
  - Kedalaman (H) = 3 – 4.9 m
  - Lebar (W) = 3 – 24 m
  - Panjang (L) = 15 – 90 m
  - *Flight Speed* = 0.6 – 1.2 m/menit
  - Waktu Detensi (Td) = 1.5 – 2.5 jam

  (*Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4^{th} Edition, hal 398***)**

  - Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 996,36 kg/m^3
  - Viskositas kinematik (υ) = 0,8036 x 10^{-6} m^2/s
  - Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2^{nd} edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**

  - Specific gravity solid (Ss) = 1.4
  - Specific gravity sludge (Sg) = 1.02

(*Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 1456*)

- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vs <1 (aliran laminar)

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 224. Boston: PWS Publishing Company*)
- Kemiringan dasar bak = 1 – 2%
- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vh <2000 (aliran laminar)
- Bilangan Froude (Nfr) = $>10^{-5}$

  (*Sumber: SNI 6774 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air 2008, hal 6*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Waktu detensi (td) = 2 jam → 7200 s
  - Jumlah unit = 2 buah
  - Kedalaman bak (H) = 3 m
  - Freeboard = 10% x H

- **Perhitungan**
  1. Debit tiap unit

     Q' $= \frac{\text{Debit air baku (Q)}}{\text{jumlah unit (n)}}$

     $= \frac{0{,}12\ m^3/s}{2}$

     = 0,06 m^3/s
  2. Volume bak pengendap (V)

     V = Q x td

     = 0,06 m^3/s x 7200 s

     = 416,67 m^3
  3. Luas permukaan (A)

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

$= \frac{416,67\ m^3}{3\ m}$

= **138.89 m²**

4. Dimensi bak pengendap

A = L x W

= 2W x W

= $2W^2$

W = $\sqrt{\frac{A}{2}}$

= $\sqrt{\frac{138,89\ m^2}{2}}$

= 8,33 m → 8,5 m

L = 2 x W

= 2 x 8,5 m

= 17 m

H **= 3 m**

H_{tot} = H + Freeboard

= H + (10% x H)

= 3 m + (10% x 3 m)

= 3 m + (0,3 m)

= 3,30 m

5. Cek volume max (V_{max})

V_{max} = L x W x H_{tot}

= 17 m x 8,5 m x 3,3 m

= **476,85 m^3**

6. Cek waktu detensi (td_{cek})

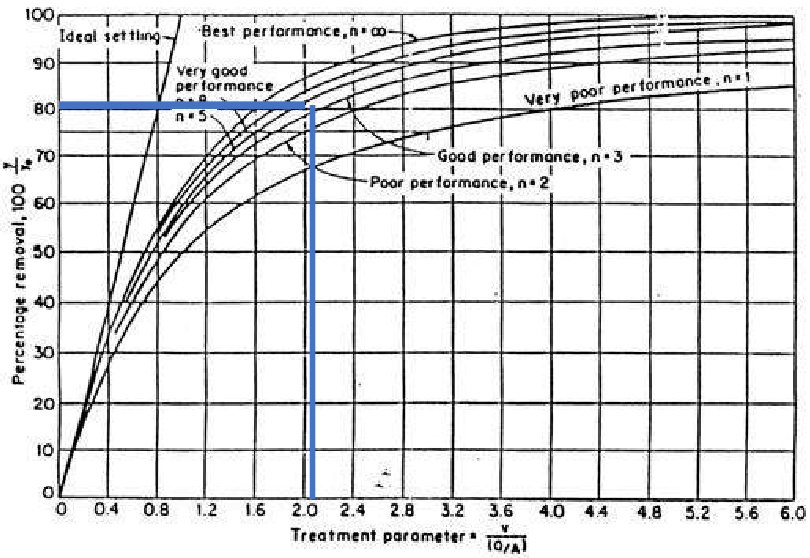
td_{cek} $= \frac{Vmax}{Q}$

$= \frac{476,85\ m3}{0,12\ m3/s}$

= **8239,97 s → 2,28 jam (memenuhi syarat 1,5 – 2,5 jam)**

7. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

%removal yang diinginkan = 80%



Direncanakan bak pengendap meremoval 90% kadar TSS, dari grafik good performance diperoleh nilai 2,15 untuk v/(Q/A)

$\frac{vs}{\left(\frac{Q}{A}\right)}$ = 2,15

$\frac{vs}{\left(\frac{0.06\ m3/l}{8,5\ m\ x\ 17\ m}\right)}$ = 2,15

vs **= 0.000861 m/s → 8,61 x 10^{-4} m/s**

8. Diameter paartikel (Dp)

Dp $= \sqrt{\frac{V_S\ x 18\ x\ v}{g\ (Ss-1)}}$

$= \sqrt{\frac{0.000861\ m/s\ x\ 18\ x\ 0.8039\ x\ 10^{-6}\ m2/s}{9.81\ m2/s\ (1.4-1)}}$

= 0,00182 m → 1,82 x 10^{-3} m → 0,18 cm

9. Jari-jari hidrolis (R)

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

$= \frac{8,5\ m\ x\ 3\ m}{8,5\ m + (2\ x\ 3\ m)}$

= 2 m

10. Massa jenis solid (ρs)

Sg $= \frac{\rho s}{\rho}$

1,03 $= \frac{\rho s}{996{,}36\ \text{kg/m}^3}$

ρs **= 1015.92 kg/m³**

11. Kecepatan Horizontal (Vh)

Vh $= \frac{Q}{W x\ H}$

$= \frac{0{,}06\ m3/s}{8{,}5\ m\ x\ 3\ m}$

= 0,00227 m/s → 2,27 x 10^{-3} m

12. Cek Bilangan Reynold (Nre)

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

$= \frac{0{,}00227\ m/s\ x\ 2\ m}{0{,}8039\ \text{x}\ 10^{-6}\ m2/s}$

= 4966,47 (tidak memenuhi, Nre < 2000)

13. Cek bilangan Froude (Nfr)

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

$= \frac{0{,}00227\ m/s}{\sqrt{9{,}81\ m/s2\ x\ 3\ m}}$

= 0,000418 m → 4,18 x 10^{-4}

(memenuhi syarat > 10^{-5})

14. Kecepatan penggerusan (Vsc)

Vsc $= \sqrt{\frac{8\ x\ \beta\ x\ g\ x\ (ps - pw) x\ NFr}{\lambda\ x\ pw}}$

$= \sqrt{\frac{8\ x\ 0{,}05\ x\ 9{,}81\ x\ (1015.92 - 99\ \ ,36)\ x\ 4{,}18\ x\ 10^{-4}}{0{,}03\ x\ 996{,}36}}$

= **0.03 m/s**

(Vsc > Vh memenuhi, tidak terjadi penggerusan)

15. Kemiringn dasar bak (S)

S = 1% x L

= 1% x 17 m

= 0,17 m/m

- **Resume Bangunan**
  - Panjang bak (L) = 17 m
  - Lebar bak (W) = 8,5 m
  - Tinggi bak (H) = 3 m
  - Freeboard (Fb) = 0,3 m
  - Tinggi total bak (H_{tot}) = 3,3 m

B. Zona *Inlet*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s
  - Slope maks. < 1 x 10^{-3} m/m
  - Freeboard (fb) = 10 – 20%

    (Sumber: Metcalf and Eddy, Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4^th^ Edition, halaman 316)
  - Koef. Manning (n) = 0.013 (beton)

    (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Tabel 4.2 Harga koefisien manning)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Kecepatan aliran (v) = 0,6 m/s
  - Jumlah saluran (n) = 2 buah
  - Panjang saluran (L) = 4 m
  - Freeboard (Fb) = 20%
  - Rasio lebar:tinggi (W:H) = 1:1

- **Perhitungan**
  1. Debit tiap unit (Q')

$$Q' = \frac{\text{Debit air baku (Q)}}{\text{jumlah unit (n)}}$$

$$= \frac{0{,}12\ m^3/s}{2}$$

$= 0{,}06\ m^3/s$

2. Luas permukaan

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

$= \frac{0{,}06\ m3/s}{0{,}6\ m/s}$

= 0.1 m²

3. Dimensi saluran

A = H x W

W $= \sqrt{A}$

$= \sqrt{0{,}1\ m^2}$

= 0,31 m → 0,3 m

H = W

= 0.3 m

Htot = H + (Fb x H)

= 0,3 m + (20% x 0,3 m)

= 0.3 m + (0,06 m)

= 0,36 m → 0,4 m

4. Cek kecepatan (v_{cek})

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

$= \frac{Q}{W\ x\ Htot}$

$= \frac{0{,}06\ m3/s}{0{,}3\ m\ x\ 0{,}4\ m}$

= 0,48 m/s

5. Jari – jari hidrolis

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

$= \frac{\text{0,3 m x 0,3 m}}{\text{0,3 m + (2 x 0,3 m)}}$

= 0,1 m

6. Kemiringan dasar saluran (S)

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

$= \left(\frac{0{,}013\ x\ 0{,}48\ m/s}{0{,}1^{\frac{2}{3}}\ m}\right)^2$

= 0,00085 m/m (memenuhi syarat < 0.001 m/m)

7. *Headloss* saluran (Hf)

   Hf = n x L

   = 0.013 x 4 m

   = 0.0034 m

- **Resume Bangunan**
  - Panjang saluran (L) = 4 m
  - Lebar saluran (W) = 0,3 m
  - Tinggi saluran (H) = 0,3 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,06 m
  - Tinggi total saluran (H_{tot}) = 0,36 m → 0,4 m

C. Zona Transisi (Transition Zone)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Koefisien manning (n) = 0,013

    (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Tabel 4.2 Harga koefisien manning)
  - Berat jenis air = 996,36 kg/m^3
  - Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**

- **Data Perencanaan**
  - kecepatan aliran (V) = 0,5 m/s
  - Lebar *baffle* = lebar zona pengendanpan (8,5 m)
  - Tinggi *baffle* = tinggi zona pengendanpan (3,3 m)
  - Diameter lubang (D) = 0,2 m

- **Perhitungan**

1. Luas *perforated baffle* (A_b)

   A_b = Lebar *baffle* (W_b) x tinggi *baffle* (H_b)

   = 8,5 m x 3,3 m

   = 28,05 m²

2. Luas per lubang (A_L)

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

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

   = 0,03 m²

3. Luas bersih *baffle* (A_{bb})

   A_{bb} = 40% x A_b

   = 40% x 28,05 m^2

   = 11,22 m²

4. Jumlah lubang total (n_{total})

   $n_{total} = \frac{\text{Luas bersih } baffle \text{ (Abb)}}{\text{luas per lubang (AL)}}$

   $= \frac{11{,}22 m^2}{0{,}03\ m^2}$

   = 357,32 → 357 lubang

5. Jumlah lubang horizontal (n_h)

   n_h **= 20 lubang**

6. Jumlah lubang vertikal (n_v)

   n_v **= 18 lubang**

7. Cek jumlah lubang (cek_n)

   Cek_n = lubang horizontal (n_h) x lubang vertikal (n_v)

   = 20 lubang x 18 lubang

   = **360 lubang (memenuhi syarat > 357 lubang)**

8. Jarak antar lubang horizontal (s_h)

   $s_h = \frac{Lebar\ baffle\ (Wb)}{\text{Jumlah lubang horizontal } (nh) + 1}$

   $= \frac{8{,}5\ m}{20 + 1}$

= 0,4 m → 40 cm

9. Jarak antar lubang vertikal (s_V)

s_V $= \frac{Lebar\ baffle\ (Wb)}{\text{Jumlah lubang vertikal } (vh) + 1}$

$= \frac{8{,}5\ m}{18 + 1}$

= 0,17 m → 17 cm

10. Debit per lubang (Q_L)

Q_L $= \frac{Q\ bak}{\text{Jumlah lubang } (n)}$

$= \frac{0{,}06\ m^3/s}{358 \text{ lubang}}$

= 0,000161 m³/s → 1,61 x 10⁻⁴ m³/s

11. Kecepatan aliran lewat lubang (v_L)

v_L $= \frac{Debit\ lubang\ (Ql)}{\frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } D^2}$

$= \frac{1{,}61 \text{ x } 10^{-4}\ m^3/s}{\frac{1}{4} \text{ x } 3{,}14 \text{ x } (0{,}2\ m)^2}$

= 0,00512 m/s → 5,12 x 10⁻³ m/s

12. Jari-jari lubang (R)

R $= \frac{Diameter\ lubang\ (D)}{2}$

$= \frac{0{,}2\ m}{2}$

= 0,1 m

13. Cek bilangan Reynold (Nre)

Nre $= \frac{\rho\ air\ x\ v\ lubang\ x\ R}{\mu\ air}$

$= \frac{996{,}36\ kg/m^3\ x\ (5{,}12\ x\ 10^{-3}\ m/s)\ x\ 0{,}1\ m}{0{,}8363 \text{ x } 10^{-3} \text{ Ns}/m^2}$

= 304,96 (memenuhi syarat aliran laminar < 2000)

14. Cek bilangan Froude (Nfr)

Nfr $= \sqrt{\frac{v}{(g\ x\ R)}}$

$= \sqrt{\frac{(5{,}12\ x\ 10^{-3}\ m/s)}{(9{,}81\ m/s^2)\ x\ 0{,}1\ m)}}$

= 0,00731 → 7,31 x 10⁻³ (memenuhi syarat > 10⁻⁵)

- **Resume Bangunan**
  - Lebar *baffle* = 8,5 m
  - Tinggi *baffle* = 3,3 m
  - Jarak *baffle* dengan zona *inlet* = 1,5 m
  - Jumlah lubang total = 358 lubang
  - Jumlah lubang horizontal = 20 lubang
  - Jumlah lubang vertikal = 18 lubang
  - Jarak antar lubang horizontal = 0,4 m → 40 cm
  - Jarak antar lubang vertikal = 0,17 m → 17 cm

D. Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Berat jenis air (ρw) = 996,36 kg/m^3

    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**
  - Specific Solid (Ss) = 1.4

    (Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 1456)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Persen removal TSS = 80%
  - Kadar TSS dalam air = 1100 mg/L
  - Kadar BOD dalam air = 25 mg/L
  - Kadar kepadatan lumpur = 5%
  - Periode pengurasan = 1 hari
  - Ruang lumpur = limas terpancung
  - Panjang atas zona lumpur = 6 m
  - Lebar atas zona lumpur = 8,5 m

- Panjang bawah zona lumpur = 4 m
- Lebar bawah zona lumpur = 6 m

- **Perhitungan**
  1. TSS yang teremoval

     TSS teremoval = %Removal x Kadar TSS

     = 80% x 1100 mg/l

     = 880 mg/L → 0,88 kg/m³

  2. Berat lumpur (Ws)

     Ws = Q limbah x TSS removal

     = 0.06 m^3/s x 0.88 kg/m^3

     = 50925,93 mg/s → 4400 kg/hari

  3. Berat air

     Ww $= \left(\frac{\text{Kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar padatan dalam lumpur}}\right) \text{ x Ws}$

     $= \left(\frac{95\%}{5\%}\right) \text{ x } 4400 \text{ kg/hari}$

     = 85500 kg/hari

  4. Berat jenis lumpur (ρs)

     ρs = (SS x 5%) + (Ww x 95%)

     = (1,4 x 5%) + (79799,12 kg/hari x 95%)

     = 946,61 kg/m³

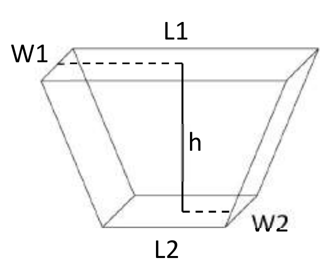
  5. Volume Lumpur

     V sludge $= \frac{\text{berat lumpur (Ws)+ berat air (Ww)}}{\text{Berat jenis lumpur } (\rho s)} \text{ x tp}$

     $= \frac{4400 \text{ kg/hari} + 88500 \text{ kg/hari}}{946{,}61 \text{ kg/m3}} \text{ x 0,5 hari}$

     = 47,48 m³

  6. Dimensi zona lumpur



a. Luas permukaan atas zona lumpur

A = L1 x W1

= 6 m x 8,5 m

= 51 m^2

b. Luas permukaan dasar zona lumpur

A' = L2 x W2

= 4 m x 6 m

= 24 m^2

V limas terpancung = $\frac{1}{3}$ x H x (A + $\sqrt{AA'}$ + A')

24 = $\frac{1}{3}$ x H x (51 + $\sqrt{51 \ x \ 24}$ + 24)

H = 1,7 m

- **Resume Bangunan**
  - Panjang atas zona lumpur (L1) = 6 m
  - Lebar atas zona lumpur (W1) = 8,5 m
  - Panjang bawah zona lumpur (L2) = 4 m
  - Lebar bawah zona lumpur (W2) = 6 m
  - Tinggi zona lumpur (H) = 1,7 m
  - Diameter pipa penguras (D) = 0,46 m → 17 inch

E. Zona Pelimpah (*Overflow Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - *Weir loading rate* = 125 – 500 m^3/m.hari

    (Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse 4th Edition, hal 398*)*
  - Koefisien drag (Cd) = 0,548
  - Sudut V notch = 45^0

- *(Sumber: Qasim, dkk., 2000, Water Works Engineering Planning, Design, and Operation)*

- **Data Perencanaan**
  - Zona *outlet* bak sedimentasi ini berupa *weir* bergerigi (v-*notch*)
  - Bentuk *gutter* = persegi panjang
  - 1 *gutter* = 2 pelimpah
  - Lebar V *notch* = 0,1 m
  - Jarak antar V *notch* = 0,05 m
  - Sudut V *notch* = 45º
  - *Weir loading* (m^3/m.hari) = 350 m^3/m^2.hari → 4 x 10^{-3} m^3/m^2.s
  - Q unit sedimentasi = 0,12 m^3/s
  - Jumlah unit *outlet* = 1 buah
  - Cd (koefisien *drag*) = 0,6

- **Perhitungan**
  1. Panjang total weir (Lw)

     $$Lw = \frac{Q\ bak}{WRL}$$

     $$= \frac{0{,}06\ \ m^3/s}{0{,}004\ m^3/m^2.s}$$

     $$= 14{,}29\ m$$

  2. Panjang pelimpah (L)

     $$L = \frac{Lw}{jumla\ \ pelimpah}$$

     $$= \frac{14{,}29\ m}{4\ buah}$$

     $$= 3{,}57\ m$$

  3. Debit tiap pelimpah (weir)

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

     $$= \frac{0{,}06\ m^3/s}{4\ buah}$$

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

4. Luas saluran gutter

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

$$= \frac{0,01\ m3/s}{0,6\ m/s}$$

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

5. Tinggi (H) dan Lebar (W) Pelimpah (gutter)

   Direncanakan H:W = 1 : 2 maka :

$$H = \sqrt{2\ x\ A}$$

$$= \sqrt{2\ x\ 0,02\ m^2}$$

= 0,10 m → 10 cm

W = 2 x H

= 2 x 0,10 m

= 0,20 m → 20 cm

6. Ketinggian air pada pelimpah (H air)

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

$$= \left(\frac{0,01\ m^3/s}{1,38\ x\ 0,2\ \ m}\right)^{2/3}$$

= 0,11 m → 11 cm

7. Tinggi gutter (h gutter)

   H gutter = h air + (h air x 20%)

   = 0,11 m + (0,11 x 0,2)

   = 0,132 m → 13,2 cm

8. Jari- jari hidrolis gutter

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

$$= \frac{0,11\ m\ x\ 0,2\ m}{(2\ x\ 0,11\ m) + 0,2\ m}$$

= 0,05 m

9. Luas basah gutter (A gutter)

   A = Lebar gutter x h air

   = 0,2 m x 0,11 m

   = 0,22 m

10. Slope gutter (S)

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

$$= \left(\frac{0{,}01\ m^3/s\ \ x\ 0{,}013}{0{,}02\ m\ x\ (0{,}05\ m)^{2/3}}\right)^2$$

= 0,000456 m/m → 4,56 x 10^{-4} m/m

11. Headloss pada gutter

Hf = L gutter x S gutter

= 3,57 m x 0,000456 m/m

= 0,00163 m → 1,63 x 10^{-3} m

12. Jumlah V notch

$$n = \frac{panjang\ weir}{jarak\ antar\ V\ notch + lebar\ V\ notch}$$

$$= \frac{3{,}57\ m}{0{,}05\ m + 0{,}1\ m}$$

= 23,8 buah → 24 buah

13. Debit mengalir tiap V notch

$$Qnotch = \frac{Q}{jumlah\ V\ notc}$$

$$= \frac{0{,}06\ m^3/detik}{24\ buah}$$

= 0,0025 m^3/s → 2,5 x 10^{-3} m^3/s

14. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

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

0,00241 m^3/s = $\frac{8}{15}$ (0,6) $\sqrt{2\ x\ 9{,}81}$ x tan $\frac{45}{2}$ x $H^{5/2}$

H = 0,0789 m → 7,89 cm

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah *gutter* = 2 buah
  - Jumlah *weir* = 4 buah
  - Panjang *gutter* = 3,57 m
  - Tinggi *gutter* = 0,132 m

- Lebar *gutter* = 0,2 m
- Tinggi air limpahan = 0,11 m → 11 cm
- Kemiringan dasar *gutter* = 0,000456 m/m → 4,56 x 10^{-4} m/m
- Jumlah V *notch* = 24 buah
- Tinggi peluapan V *notch* = 0,0789 m → 7,89 cm

F. Zona *Outlet*

- **Kriteria Perencanaan**
- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,06 m^3/s
  - Waktu detensi (Td) = 7 menit → 420 s
  - Lebar saluran = 8,5 m
  - Tinggi saluran = 3 m
  - Kecepatan aliran pipa outlet = 1 m/s

- **Perhitungan**

1. Volume saluran pengumpul (V)

   V = Debit (Q) x waktu detensi (td)

   = 0,06 m^3/s x 420 s

   = 24,31 m^3

2. Dimensi Saluran

   V = L x W x H

   24,31 m^3 = L x 8,5 m x 3 m

   24,31 m^3 = L x 25,5 m^2

   L = $\frac{24,31\ m2}{25,5\ m3}$

   = 0,95 m → 1 m

   H = 3 m

   H_{tot} = H + Freeboard

   = H + (10% x H)

   = 3 m + (10% x 3 m)

$= 3\ m + (0,3\ m)$

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

3. Jari-jari hidrolis (R)

R $= \dfrac{\mathbf{L\ x\ H}}{\mathbf{L + (2\ x\ H)}}$

$= \dfrac{\mathbf{1\ m\ x\ 3\ m}}{\mathbf{1\ m + (2\ x\ 3\ m)}}$

$\mathbf{= 0,43\ m}$

4. Luas penampang pipa (A)

A $= \dfrac{Debit\ air\ (Q)}{kecepaatan\ aliran\ (v)}$

$= \dfrac{0,06\ m3/s}{1\ m/s}$

$\mathbf{= 0,06\ m^2}$

5. Diameter pipa (D)

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

$= \sqrt{\dfrac{4\ x\ (0,06)\ m^2}{3,14}}$

= 0,27 m → 10,87 inch

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 12 inch (305 mm)

6. Cek kecepatan (v_{cek})

v_{cek} $= \dfrac{\text{Debit air (Q)}}{\text{luas penampang pipa (A)}}$

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

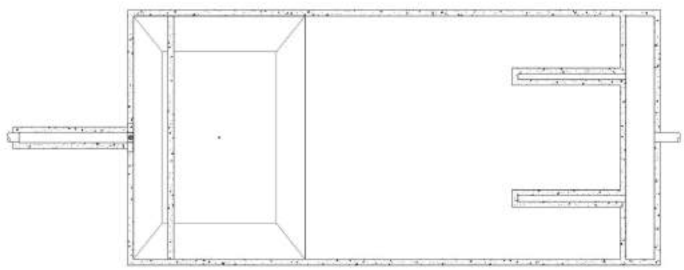
$= \dfrac{0,06\ m3/s}{\frac{1}{4}\ x\ 3,14\ x\ (0,305^2)\ m}$

= **0,79 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s²)**

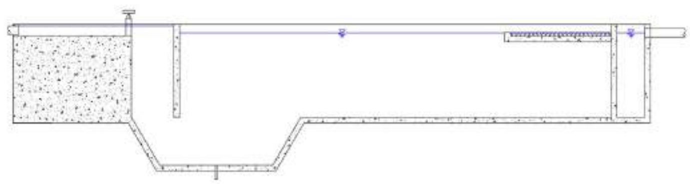
- **Resume Bangunan**
  - Panjang saluran pengumpul (L) = 1 m
  - Lebar saluran pengumpul (W) = 8,5 m
  - Tinggi saluran pengumpul (H) = 3 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,3 m

- Tinggi total saluran pengumpul (Htot) = 3,3 m
- Diameter pipa *outlet* saluran (D) = 0,305 m → 12 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.3 Netralisasi

Proses netralisasi bertujuan untuk menetralkan pH atau derajat keasaman air baku sampai menjadi netral sesuai dengan baku mutu yang ada.

A. Bak Pembubuh

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu tinggal di dalam bak (td) = 20 – 60 s
  - Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000 / s

    (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182)
  - Diameter *paddle* (Di) = 50 – 80% diameter bak
  - Lebar *paddle* (Wi) = 1/6 – 1/10 diameter *paddle*
  - Kecepatan putaran *paddle* (n) = 20 -150 rpm

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 185)

- Kedalaman bak (H) = 1 – 1,25 diameter
- Jarak *paddle* dari dasar = 30-50% Di

  (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 184)
- Reynold *number* (NRE) >10.000

  (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 187)

- **Data Perencanaan**
  - Jumlah unit = 1 buah
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s → 10000000 L/hari
  - Waktu detensi (td) = 30 s
  - Gradien kecepatan = 800/s
  - Jenis *impeller* (Di) = *flat paddles*, 2 *blades*; Di/Wi = 4; KT = 2,25
  - Lebar *paddle* (Wi) =1/6 diameter *paddle*
  - Kecepatan putaran *paddle* (n) = 120 rpm → 2 rps
  - Kedalaman bak (H) = 1,25 diameter
  - Jarak *paddle* dari dasar = 50% Di
  - Menggunakan HCl untuk menetralkan air buangan yang bersifat basa
  - Konsentrasi pasaran HCl = 32%
  - Massa jenis HCl = 1,18 kg/L
  - Massa jenis air = 995,7 kg/m3 (30°C)
  - Berat Molekul HCl = 36,458 g/mol
  - pH air baku = 9
  - pH air rencana = 7

- **Perhitungan**
  1. Dosis HCl

     Ph air limbah = 9

$P[H^+] = 9 - 2$

$= 7$

Dosis HCl untuk menetralkan air limbah yang bersifat basa

$$\text{Dosis HCl} = \frac{Y\,(mg)}{BM\left(\frac{g}{g}.mol\right)}\ x\ \frac{1000}{volume\ air}$$

$$= \frac{Y\,(mg)}{36{,}45\ \left(\frac{g}{g}.mol\right)}\ x\ \frac{1000}{120\ L}$$

$$= \frac{Y\,(mg)}{4{,}374}$$

Dimana Y adalah nilai dosis HCl

Persamaan reaksi $HCl = H^+ + Cl^-$

$$[H^+] = \frac{Y}{4{,}374}\ x\ 1$$

$$[H^+] = \frac{Y}{4{,}374}$$

$$pH = -\log [H^+]$$

$$1 = -\log \frac{Y}{4{,}374}$$

$$10^{-1} = \frac{Y}{4{,}374}$$

Y = 0,44 mg/L (untuk 1 tingkatan penurunan pH)

2Y = 0,44 X 2

= 0,88 mg/l

2. Kebutuhan HCl = dosis HCl x Q x Kadar HCl

$= 0{,}88\ mg/L\ x\ 10000000\ L/hari\ x\ \frac{100\%}{32\%}$

= 5956800 mg/hari → 5,96 kg/hari

$$\text{Volume HCl} = \frac{Kebutuhan\ HCl}{\rho\ HCl}\ x\ \text{Periode Pelarutan}$$

$$= \frac{5{,}96\ kg/hari}{1{,}18\ kg/l}\ x\ 1\ hari$$

= 5,05 L → 5,05 x 10^{-3} m^3

3. Kebutuhan Air Pelarut (konsentrasi larutan HCl diinginkan = 20%)

Vol. air pelarut $= \dfrac{\left(\frac{100\%-20\%}{20\%}\right) x\ Kebutuhan\ HCl}{p\ air}$

$= \dfrac{\left(\frac{100\%-20\%}{20\%}\right) x\ 5{,}96\ \text{kg/hari}}{996{,}3\ kg/m\text{^}3}$

= 0,02 m^3

4. Volume total tangki pembubuh

V total = V HCl + V air pelarut

= 5,05 x 10^{-3} m^3 + 0,02 m^3

= 2,9 x 10^{-2} m^3 → 29 liter

5. Dimensi tangki pelarut

V $= \frac{1}{4}$ x π x d^2 x h

0,029 $= \frac{1}{4}$ x 3,14 x d^2 x 1,25d

0,029 = 0,98 x d^3

D **= 0,31 m → 0,30 m**

H = 1,25 x d

= 1,25 x 0,30 m

= 0,38 m

H total = H + freeboard

= 0,38 m + (20% x 0,38 m)

= 0,49 m → 0,5 m

6. Power yang dibutuhkan

P = G^2 x μ x V

= $(800/s)^2$ x 0,8363.10^{-3} x 0,029 m^3

= 15,50 N.m/s → 0,02 kW

Dari perhitungan tenaga/power pengaduk yang didapat, maka spesifikasi motor pengaduk yang digunakan adalah tipe TECO model AEEB/AEVB, *class* F, 380/415V – 50 Hz, *output* 0.18 kW.

Performance Data TECO

Motor types AEEB and AEVB, Class F insulation, 380/ 415V - 50HZ

Output		Full Load Speed (RPM)	Frame Size	% Efficiency			% Power Factor			Current (A) 380 Volts		Current (A) 415 Volts		Torque				Rotor GD^2	Approx Weight AEEB	Approx Weight AEVB
HP	KW			Full Load	3/4 Load	1/2 Load	Full Load	3/4 Load	1/2 Load	Full Load	Locked Rotor	Full Load	Locked Rotor	Full Load Kg-m	Locked Rotor % FLT	Pull Up % FLT	Pull Out % FLT	Kgm^2	Kg	Kg
0.25	0.18	2740	63	61	59.5	55	77.5	69	57	0.60	2.6	0.55	2.4	0.066	335	335	340	0.0019	8	9
		1350	63	63.5	63	58	70	61	49	0.64	2.6	0.59	2.4	0.134	260	260	260	0.0025	9.5	10.5
		910	71	61	57	50	64	55	44	0.73	2.6	0.67	2.4	0.199	260	260	280	0.0073	12	13
		705	80	52	48	39	47	41	34	1.16	3.5	1.06	3.2	0.257	360	350	370	0.0010	16.5	17.5

7. Diameter Impeller

Di $= (\frac{P}{K_{T\,x\,n^3\,x\,\rho}})^{1/5}$

$= (\frac{15{,}50\ \text{N.m/s}}{2{,}25\ x\ (2\ rps)^3\ x\ 996{,}3\ kg/m3})^{1/5}$

= 0,24 m

Perbandingan diamater impeller dan diameter bak

Perbandingan $= \frac{Di}{D}$ x 100%

$= \frac{0{,}24}{0{,}30}$ x 100%

= 80% (memenuhi 50% - 80%)

8. Lebar Paddle (Bi)

Bi $= \frac{1}{6}$ x Di

$= \frac{1}{6}$ x 0,30 m

= 0,04 m

9. Jarak paddle dari dasar bak

Jarak paddle = 50% x Di

= 50% x 0,30 m

= 0,12 m

10. Cek Nre

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

$= \frac{(0{,}30\ m)^2\ x\ 2\ rps\ x\ 996{,}3\ \text{kg/m}^3}{0{,}8363\ x\ 10^{-3} N.s/m^2}$

= 135971,90 (memenuhi Nre>10000)

11. Diameter pipa *outlet* (menuju bak netralisasi)

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

$= \frac{(3,35 \times 10^{-7}) m3/s}{1\ m/s}$

$= 3,35 \times 10^{-7}\ m^2$

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

$= \sqrt{\frac{4 \times (3,35 \times 10^{-7}) m^2}{3,14}}$

$= 6,53 \times 10^{-4}$ m → 0,06 cm

- **Resume Bangunan**
  - Kebutuhan HCl = 5,96 kg/hari
  - Kebutuhan air pelarut = 0,02 m^3/hari
  - Diameter bak pembubuh (D) = 0,30 m
  - Tinggi bak pembubuh (H) = 0,38 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,11 m
  - Tinggi total bak pembubuh (H_{tot}) = 0,50 m
  - Power pengaduk (P) = 0,18 kW
  - Diameter impeller (Di) = 0,24 m
  - Lebar impeller (Wi) = 0,04 m
  - Jarak paddle dari dasar bak = 0,12 m

B. Bak Netralisasi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu tinggal di dalam bak (td) = 20 – 60 s
  - Gradien kecepatan (G) = 700 – 1000 / s

    (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182)
  - Diameter *paddle* (Di) = 30 – 50% diameter bak
  - Lebar *paddle* (Wi) = 1/6 – 1/10 diameter *paddle*
  - Kecepatan putaran *paddle* (n) = 20 -150 rpm

(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 185)

- Kedalaman bak (H) = 1 – 1,25 diameter
- Jarak *paddle* dari dasar = 30-50% Di

  (Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 184)
- Reynold *number* (NRE) >10.000
- *(Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 187)*

- **Data Perencanaan**
  - Jumlah unit = 1 buah
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s → 10000000 L/hari
  - Volume pembubuh (V) = 0,03 m^3
  - Waktu detensi (td) = 30 s
  - Gradien kecepatan = 800/s
  - Jenis *impeller* (Di) = *flat paddles*, 2 *blades*; Di/Wi = 4; KT = 2,25
  - Lebar *paddle* (Wi) =1/6 diameter *paddle*
  - Kecepatan putaran *paddle* (n) = 120 rpm → 2 rps
  - Kedalaman bak (H) = 1,25 diameter
  - Jarak *paddle* dari dasar = 50% Di

- **Perhitungan**
  1. Volume Tangki

     Vair baku = Q x td

     = 0,12 m^3/s x 30 s

     = 3,47 m^3

     Vtotal = V air baku + V pembubuh

     = 3,47 m^3 + 0,03 m^3

     = 3,50 m3

2. Dimensi tangki netralisasi

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

3,50 $= \frac{1}{4} \times 3{,}14 \times d^2 \times 1{,}25d$

3,50 $= 0{,}98 \times d^3$

D **= 1,53 m**

H $= 1{,}25 \times d$

$= 1{,}25 \times 1{,}53$ m

= 1,91 m

H Total = H + freeboard

= 1,91 m + (10% x 1,91 m)

= 2,10 m

3. Power yang dibutuhkan

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

$= (800/s)^2 \times 0{,}8363.10^{-3} \times 3{,}50\ m^3$

= 1873,95 N.m/s → 1,87 kW

Dari perhitungan tenaga/power yang didapat, maka spesifikasi motor pengaduk yang digunakan adalah TECO AESV2E/AESU2E TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0 50HZ 400V WINDING USED ON 60HZ 460V PLUS B RISE output 2,2 kW

TEFC, CLASS F, 40°C AMBIENT TEMP., IEC DESIGN N CONTINUOUS DUTY, S.F. 1.0 400V/50HZ

OUTPUT		FULL LOAD rpm	FRAME NO.	EFFICIENCY				POWER FACTOR				CURRENT		TORQUE				ROTOR GD² kg·m²	APPROX. WEIGHT kg
HP	kW			FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (%)	3/4 LOAD (%)	2/4 LOAD (%)	1/4 LOAD (%)	FULL LOAD (A)	LOCKED ROTOR (A)	FULL LOAD N·m	LOCKED ROTOR %FLT	PULL UP %FLT	BREAK DOWN %FLT		
3	2.2	2875	90L	83.2	84.3	83.4	77.9	87.5	82.0	70.5	48.5	4.36	35	7.297	285	240	335	0.014	28.0
		1450	100L	84.3	85.0	84.1	76.1	81.5	74.0	61.0	39.0	4.62	33	14.47	210	170	300	0.041	37.0
		960	112M	81.8	82.4	81.1	72.6	75.0	66.5	53.0	33.5	5.18	34	22.08	280	255	300	0.071	49.0
		710	132S	79.4	82.0	79.5	69.0	64.5	55.0	42.0	25.0	6.20	31	29.55	240	235	300	0.138	65.5

4. Diameter Impeller

Di $= \left(\frac{P}{K_{T} \times n^3 \times \rho}\right)^{1/5}$

$= \left(\frac{2200\ \text{N.m/s}}{2{,}25 \times (2\ rps)^3 \times 996{,}3\ kg/m3}\right)^{1/5}$

= 0,64 m

Perbandingan diamater impeller dan diameter bak

Perbandingan $= \frac{Di}{D}$ x 100%

$= \frac{0,64\ m}{1,53\ m}$ x 100%

= 42 % (memenuhi 30% - 50%)

5. Lebar Paddle (Wi)

Wi $= \frac{1}{6}$ x Di

$= \frac{1}{6}$ x 0,64 m

= 0,11 m

6. Jarak paddle dari dasar bak

Jarak paddle = 50% x Di

= 50% x 0,64 m

= 0,32 m

7. Cek Nre

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

$= \frac{(0,64\ m)^2\ x\ 2\ rps\ x\ 996,3\ \text{kg/m3}}{0,8363.10^{-3} N.s/m2}$

= 986867,96 (memenuhi syarat Nre > 10000)

8. Luas Permukaan (A)

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

$= \frac{0,12\ m3/s}{1\ m/s}$

= 0,12 m^2

9. Diameter *outlet* menuju bak aerasi (D)

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

$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0,12\ m2}{3,14}}$

= 0,39 m → 15,16 inch

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 16 inch (410 mm)

10. Cek Kecepatan (v_{cek})

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

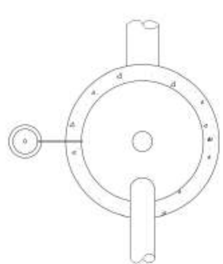
$$= \frac{Q\ air\ baku + Q\ koagulan}{0{,}25\ x\ \pi\ x\ d2}$$

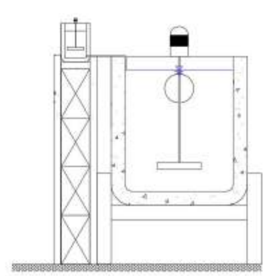
$$= \frac{0{,}12 + (7{,}31\ x\ 10^{-5})}{0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}41)^2}$$

= 0,90 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1 m/s)

- **Resume Bangunan**
  - Diameter bak netralisasi (D) = 1,53 m
  - Tinggi bak netralisasi (H) = 1,91 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,19 m
  - Tinggi total bak pembubuh (H_{tot}) = 2,10 m
  - Power pengaduk (P) = 2,2 kW
  - Diameter impeller (Di) = 0,64 m
  - Lebar impeller (Wi) = 0,11 m
  - Jarak paddle dari dasar bak = 0,32 m
  - Diameter pipa outlet = 0,41 m → 16 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah
  - Tampak potongan





5.4 Aerasi

A. Pipa inlet dan outlet

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s
    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*
  - C Pipa HDPE = 150
    (*Sumber: Hazen-Williams*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Kecepatan (v) = 0,6 m/s
  - Panjang pipa (L) = 4 m
  - Jumlah unit (n) = 1 unit

- **Perhitungan**

1. Luas Permukaan (A)

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

$$= \frac{0,12\ m3/s}{1\ m/s}$$

= 0,12 m²

2. Diameter *Inlet* dan *outlet* (D)

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

$$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0,12\ m2}{3,14}}$$

= 0,39 m → 15,16 inch

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 16 inch (410 mm)

3. Cek Kecepatan (v_{cek})

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

$$= \frac{Q\ air\ baku + Q\ koagulan}{0{,}25\ x\ \pi\ x\ d2}$$

$$= \frac{0{,}12 + (7{,}31\ x\ 10^{-5})}{0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}41)^2}$$

= 0,90 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1 m/s)

4. *Headloss* sepanjang pipa (Hf)

$$Hf = \left[\frac{10{,}67\ x\ Q^{1,85}}{C^{1,85}\ x\ D^{4,87}}\right] x\ L$$

$$= \left[\frac{10{,}67\ x\ 0{,}12^{1,85}}{150^{1,85}\ x\ 0{,}41^{4,87}}\right] x\ 4\ m$$

= 0,00634 m → 6,34 x 10^{-3} m

5. Kemiringan dasar pipa (S)

$$S = \frac{Hf}{L}$$

$$= \frac{6{,}34\ x\ 10^{-3}\ m}{4\ m}$$

= 0,00158 m → 1,58 x 10^{-3} m

- **Resume Bangunan**
  - Diameter pipa *inlet* (D) = 0,41 m → 16 inch
  - Diameter pipa *outlet* (D) = 0,41 m → 16 inch
  - Headloss pipa (Hf) = 0,00634 m → 6,34 x 10^{-3} m
  - Kemiringan dasar pipa (S) = 0,00158 m → 1,58 x 10^{-3} m

B. Bak Aerasi

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 116,71 L/s → 0,12 m^3/s
  - Kedalaman bak (H) = 2,5 m
  - Waktu detensi (td) = 5 menit → 300 s
  - Jumlah bak = 1 buah

- **Perhitungan**
  1. Volume bak (V)

V $= Q \times td$

$= 0{,}12\ m3/s \times 300\ s$

$\mathbf{= 35{,}01\ m^3}$

2. Luas Bak Penampung (A)

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

$= \frac{35{,}01\ m3}{2{,}5\ m}$

$\mathbf{= 14\ m^2}$

3. Dimensi bak

A $= L \times W$

$= 2W \times W$

$= 2W^2$

W $= \sqrt{\frac{A}{2}}$

$= \sqrt{\frac{14\ m}{2}}$

= 2,65 m

L = 2 x W

= 2 x 2,65 m

= 5,30 m

H = 2,50 m

H_{tot} = H + *Freeboard*

= H + (20% x H)

= 2,50 m + (20% x 2,50 m)

= 2,50 m + (0,50 m)

= 3,00 m

- **Resume Bangunan**
  - Panjang bak (L) = 5,30 m
  - Lebar bak (W) = 2,65 m
  - Kedalaman bak (H) = 2,50 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,50 m

- Kedalaman total bak (H_{tot}) = 3,00 m

C. Kebutuhan Oksigen Terlarut

- **Kriteria Perencanaan**
  - Konsentrasi oksigen jenuh 28^0C (Cs) = 7,81 mg/L

    (*Sumber: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, and WPCF. Washington D.C, 15th ed, 1981)*

- **Data Perencanaan**
  - Fe influent = 23 mg/L
  - Mn influent = 20 mg/L
  - %Removal Fe = 90%
  - %Removal Mn = 60%
  - Oksigen terlarut awal dalam sungai (Co) = 7 mg/L
  - Oksigen terlarut rencana akhir (DO) > 6,5 mg/L
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Kedalaman bak (H) = 2,5 m

- **Perhitungan**
  1. Removal Fe

     Fe effluent = Fe_{inf} – (Fe_{inf} x (100% - % *Removal* Fe)

     = 23 mg/L – (23 mg/L x (100% - 90%)

     = 23 mg/L – 2,30 mg/L

     = 20,70 mg/L
  2. Removal Mn

     Mn effluent = Mn_{inf} – (Mn_{inf} x (100% - % *Removal* Fe)

     = 20 mg/L – (20 mg/L x (100% - 60%)

     = 20 mg/L – 6,00 mg/L

     = 12,00 mg/L
  3. Kebutuhan oksigen untuk mereduksi Fe

Keb. O_2 Fe = 0,14 x Fe effluent

= 0,14 mg/L x 20,70 mg/L

= 2,90 mg/L

4. Kebutuhan oksigen terlarut untuk mereduksi Mn

Keb. O_2 Mn = 0,14 x Fe effluent

= 0,29 mg/L x 12,00 mg/L

= 3,48 mg/L

5. Total kebutuhan oksigen terlarut

Total Keb. O_2 = Keb. O2 Fe + Keb. O2 Mn

= 2,90 mg/L + 3,48 mg/L

= 6,38 mg/L

6. Oksigen terlarut yang tersisa (Ctx)

Ctx = Co – Total keb. O_2

= 7 mg/L – 6,38 mg/L

= 0,62 mg/L

7. Konsentrasi pada tiap satuan waktu (Ct)

Ct = Ctx + DO rencana

= 0,62 mg/L + 6,5 mg/L

= 7,12 mg/L

8. Waktu reaksi pada reaktor (Tc)

Tc $= \sqrt{\frac{2\ x\ H}{g}}$

$= \sqrt{\frac{2\ x\ 2,5\ m}{9,81\ m/s^2}}$

= 0,71 s

9. Koefisien transfer gas (KLa)

KLa =

= 0,23 kg O_2/ jam

10. Koefisien oksigenase (Oc)

Oc = V x (KLa x Cs)

= 35,01 m^3 x (0,23 kg O_2/ jam x 7,81 mg/L)

= 62,53 Kg O_2/jam

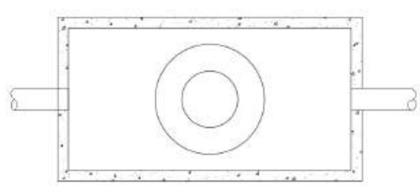
Type	Motor		Surface Aerator				
	Power (hp)	Speed (r/min)	OC-HR (kg/h)	MD (m)	MZ (m)	D (m)	PR (m^3/min)
SAR-32	2	1450	3.0	6	12	2~3	5
SAR-33	3	1450	4.2	9	18	3~4	7
SAR-35	5	1450	6.6	12	24	3~4	9
SAR-37	$7^1/2$	1450	9.6	16	32	3~4	11
SAR-310	10	1450	11.5	19	38	3~4	19
SAR-315	15	1450	16.5	27	54	3~4	24
SAR-320	20	1450	21.0	32	64	3~4	29
SAR-325	25	1450	27.5	36	72	3~4	33
SAR-330	30	1450	31.0	40	80	3~4	37
SAR-340	40	1450	38.0	45	90	5~6	46
SAR-350	50	1450	50	50	100	5~6	55
SAR-360	60	1450	61	56	112	5~6	65
SAR-375	75	1450	73	62.5	125	5~6	80
SAR-3100	100	1450	95	70	140	5~6	120

MZ: Diameter of Mixing Zone. (m)
OC-HR: Kgs Oxygenation Capacity per Hour. (kg/h)
MD: Diameter of Complete Mixing in Meter at minimum average velocity of 1.2 meter per second (approx). (m)
D: Depth in Meter of Complete Mixing, related to MD.
PR: Pumping Rate, m^3 per Minute.

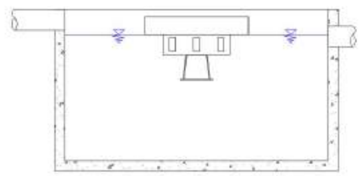
Berdasarkan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan, diperlukan *surface aerator* SAR-375 untuk memenuhi kebutuhan oksigen dengan kapasitas transfer oksigen sebesar 75 kg/jam.

- **Resume Bangunan**
  - Kebutuhan transfer oksigen = 62,53 kg O_2/jam
  - Jenis aerator = *surface aerator* SAR-375
  - Jumlah aerator = 1 buah

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.5 Koagulasi

Pada perencanaan ini dipilih koagulasi dengan pengadukan cepat (*mixing*) yang bertujuan untuk menyatukan partikel koloid hingga menjadi flok-flok yang akan diendapkan melalui unit selanjutnya. Berikut kriteria, data-data, dan perhitungan yang akan direncanakan:

A. Bak Koagulan

- **Kriteria Perencanaan**
  - Gradien kecepatan (G) = 700-1000/s
    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 182. Boston: PWS Publishing Company*)
  - Tinggi bak (H) = 1 – 1,25 lebar bak
  - Jarak *impeller* dari dasar = 30 - 50% diameter *impeller*
    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company*)
  - Lebar *impeller* = 1/6 – 1/10 m
    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company*)
  - Nre >10000 Turbulen
  - Kecepatan turbin *impeller* = 400-1750 rpm
    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company*)

- Dosis alum = 75-250 mg/l

  (*Sumber: Eckenfelder, W., W. 2000. Industrial Water Pollution Control 3rd edition, hal 132. Singapore: McGraw-Hill Companies, Inc)*
- Kadar alum = 15-22%

  (Sumber: Qasim Hal 236 pdf)
- ρ alum = 960-1010 kg/m^3

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 175. Boston: PWS Publishing Company*)
- Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 0,9963 g/cm^3 → 996,3 kg/m^3
- Viskositas Absolut (μ) T (28°C) = 0,8363 x 10^{-3} N.s/m2

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762. Boston: PWS Publishing Company*)

- **Data Perencanaan**
  - Menggunakan bahan kimia Aluminium Sulfat (1 bak koagulan)
  - Debit (Q) = 0,12 m^3/s → 10.083.416 L/hari
  - Menggunakan 1 tangki koagulan
  - Dosis Alum yang dibutuhkan = 250 mg/L
  - Berat jenis Alum cair (ρ Alum) = 2,67 kg/L
  - Periode pelarutan Alum (td) = 12 jam → 0,5 hari
  - Gradien Kecepatan (G) = 700/s
  - Jenis *impeller* = *Propeller pitch 1, 3 blades*
  - Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen = 0,32
  - Kecepatan putaran propeller (n) = 700 rpm → 11,67 rps
  - Periode pelarutan (T) = 12 jam → 0,5 hari
  - Kadar alum = 15%
  - Massa jenis alum = 998,2 kg/m^3

- **Perhitungan**

1. Kebutuhan alum harian

   Alum = Dosis alum x Q

   = 250 mg/L x 10.083.416 L/hari

   = 2520853953,02 mg/hari

   = 2520,85 kg/hari

2. Kebutuhan koagulan sesungguhnya

   Kadar Kebutuhan Koagulan = Kadar Alum x Kebutuhan Alum

   = 15% x 2520,85 kg/hari

   = 378,13 kg/hari

3. Debit Alum

   Q_{alum} $= \frac{Kebutuhan\ Alum}{p\ Alum}$ x td

   $= \frac{2520{,}85\ kg/har}{998{,}2}$ x 0,5 hari

   = 1,26 m^3/hari

4. Debit air pelarut (direncakan 20 % pelarut)

   $Q_{air\ pelarut}$ $= \frac{100-20}{20}$ x debit alum

   $= \frac{100-}{20}$ x 1,26 m^3/hari

   = 5,05 m^3/hari

5. Debit bak pembubuh

   Q total = Q alum + Q air pelarut

   = 1,26 m^3/hari + 5,05 m^3/hari

   = 6,31 m^3/hari → 7.31 x 10^{-5} m^3/s

6. Volume bak pembubuh (pembubuhan dilakukan 1 hari)

   V = Q total x td

   = 6,31 m^3/hari x 0,5 hari

   = 3,16 m^3

7. Dimensi bak (bak bentuk tabung)

   V = ¼ x π x d^2 x H

   3,16 m^3 = ¼ x 3,14 x d^2 x 1,25d

   3,16 m^3 = 0,98 d^3

D = **1,79 m → 1,8**

Kedalaman

H = 1,25 D

H = 1,25 x 1,8 m

H **= 2,25 m**

Freeboard

Fb = 20% x H

= 20% x 2,25 m

= 0,25 m

H_{tot} = H + Fb

= 2,25 m + 0,25 m

= 2,50 m

8. Daya Pengadukan

P = G^2 x u x V

= $(700/s)^2$ x 0,8363 x 10^{-3} N.s/m^2 x 3,16 m^3

= 1293,59 N.m/detik → **1,294 kw**

Standard specification

Model	Frame number	Motor			Impeller				Shaft length
		Power (kW)	Number of poles (P)	Phase and voltage (V)	Frequency (Hz)	Revolution (min^{-1})	Diameter (mm)	Stage	(mm)
A720-0.065A	1	0.065	4	Single-phase 100	50 60	300 360	150	1	600
A720-0.1A		0.1	4	Single-phase 100	50 60	300 360	220	1	800
A720-0.1B		0.1	4	Three-phase 200	50 60	300 360	220	1	800
A720-0.2A	2	0.2	4	Single-phase 100	50 60	300 360	270	1	1000
A720-0.2B		0.2	4	Three-phase 200	50 60	300 360	270	1	1000
A720-0.4B	3	0.4	4	Three-phase 200	50 60	300 360	310	1	1250
A725-0.4B	4	0.4	6	Three-phase 200	50 60	200 240	350	1	1500
A720-0.75B		0.75	4	Three-phase 200	50 60	300 360	350	1	1500
A725-0.75B	5	0.75	6	Three-phase 200	50 60	200 240	400	1	2000
A720-1.5B		1.5	4	Three-phase 200	50 60	300 360	400	1	2000

* The standard materials for the shaft and the impeller are SUS304 or SUS316.

* The A720 and A725 are the replacement for the A520.

Berdasarkan perhitungan daya yang dibutuhkan, maka digunakan pengaduk dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merek = Satake A720-1,5B
- Power = 1,5 kw

- Diameter (Di) = 0,4 m

9. Jarak Impeller dengan dasar (Hi)

   Hi = 50% x Di

   = 50% x 0,4 m

   = 0,2 m

10. Lebar impeller (Wi)

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

   $= \frac{0,4}{8}$

   = 0,05 m

11. Cek lebar impeller (Cek_{Wi})

   $Cek_{Wi} = \frac{Wi}{Di}$

   $= \frac{0,05}{0,4}$

   = 0,125 m (memenuhi persyaratan 0,1 – 0,16 m)

12. Cek Nre

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

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

   $= \frac{0,4^2 \ x \quad x \ 998,2 \ kg/m3}{0,8363 \ x \ 10-3 \ N.detik/m2}$

   = 2223795,29 (memenuhi syarat > 10.000)

13. Diameter pipa *outlet* (menuju bak koagulasi)

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

   $= \frac{(7,31 \ x \ 10^{-5})m3/s}{0,6 \ m/s}$

   = 0,000122 m² → 1,22 x 10⁻⁴ m²

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

   $= \sqrt{\frac{4 \ x \ (1,22 \ x \ 10^{-4})m^2}{3,14}}$

   = $1,25 \ x \ 10^{-2}$ m → 1,25 cm

14. *Dosing Pump* (menuju bak koagulasi)

$Q_{koagulan}$ = **6,31 m³/hari → 263,06 L/jam**

Pump model	Flow max. (l/h)	Pressure max. (kg/cm²g)		Stroke length (mm)	Stroke speed (spm)	Motor speed (rpm)	Motor power (kW)	End Connections (Suction & Discharge)	
		0.37 kW	0.75 kW					Plastic Head	Metallic Head
GB401	75	8	10	12	36	1440	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB402A	120	8	10	12	48	960	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB402	160	8	10	12	72	1440	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB403A	220	8	10	12	96	960	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB403	320	5	10	12	144	1440	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB404	400	5	10	12	180	1440	0.37/0.75	½" BSP (F)	½" BSP (F)
GB603	450	3	7	12	144	1440	0.37/0.75	1 ½" BSP (M)	1" BSP (M)
GB604	560	3	7	12	180	1440	0.37/0.75	1 ½" BSP (M)	1" BSP (M)
GB803	940	-	3.5	12	144	1440	0.75	1 ½" BSP (M)	1" BSP (M)
GB804A	760	-	3.5	12	120	960	0.75	1 ½" BSP (M)	1" BSP (M)
GB804	1175	-	3.5	12	180	1440	0.75	1 ½" BSP (M)	1" BSP (M)

Berdasarkan tabel yang tersedia, dengan debit liter/jam maka spesifikasi *dosing pump* yang dapat digunakan yaitu:

- Merek *Dosing Pump* = Milton roy
- Model *Dosing Pump* = GB403
- Kecepatan maksimal = 320 liter/jam

- **Resume Bangunan**
  - Kebutuhan alum = 378,13 kg/hari
  - Periode pelarutan (td) = 12 jam → 0,5 hari
  - Debit alum (Q_{alum}) = 1,26 m³/hari
  - Debit pelarut ($Q_{air\ pelarut}$) = 5,05 m³/hari
  - Debit total (Q_{tot}) = 6,31 m³/hari
  - Volume bak (V) = 3,16 m³
  - Diameter bak (D) = 1,80 m
  - Kedalaman bak (H) = 2,25 m
  - Freeboard (Fb) = 0,25 m
  - Kedalaman total bak (H_{tot}) = 2,50 m
  - Daya pengaduk (P) = 1,5 kw
  - Diameter Impeller (Di) = 0,4 m
  - Lebar Impaller (Wi) = 0,05 m
  - Jarak impaller dari dasar bak (Hi) = 0,20 m
  - Diameter pipa *dosing pump* (Dp) = 1,25 cm

B. Bak Koagulasi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu detensi (td) = 20 – 60 s
  - Gradien kecepatan (G) = 700-1000/s

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Richards c. 2003. Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th edition, hal 182*)
  - Tinggi bak (H) = 1 – 1,25 lebar bak
  - Jarak *impeller* dari dasar = 30 - 50% diameter *impeller*

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company*)
  - Diameter turbin *impeller* = 30 – 50% diameter atau lebar bak
  - Lebar *impeller* = 1/6 – 1/10 m

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 184. Boston: PWS Publishing Company*)
  - Nre >10000 Turbulen
  - Kecepatan turbin *impeller* = 400-1750 rpm

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 187. Boston: PWS Publishing Company*)

- **Data Perencanaan**
  - Jenis impeller = Propeller pitch 1, 3 blades
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Waktu detensi (td) = 60 s
  - Gradien Kecepatan = 750/s
  - Konstanta pengaduk untuk aliran turbulen = 0,32
  - Kecepatan putaran propeller (n) = 700 rpm → 11,67 rps

- **Perhitungan**

1. Volume air baku

   V = Q air baku x td

   = 0,12 m^3/s x 60 s

   = 7,00 m^3

2. Volume Koagulan

   V = Q koagulan x td

   = 7,31 x 10^{-5} m^3/s x 60 s

   = 4,38 x 10^{-3} m^3

3. Volume Total

   V total = V air baku + V koagulan

   = 7,00 m^3 + 4,38 x 10^{-3} m^3

   = 7,007 m^3

4. Dimensi bak (bak bentuk tabung)

   V = ¼ x π x d^2 x H

   7,007 m^3= ¼ x 3,14 x d^2 x 1,25d

   7,007 m^3= 0,98 d^3

   D **= 2,67 m**

   Kedalaman

   H = 1,25 D

   = 1,25 x 2,67 m

   = 3,34 m

   Freeboard

   Fb = 20% x H

   = 20% x 3,34 m

   = 0,67 m

   H_{tot} = H + Fb

   = 3,34 m + 0,67 m

   = 4,01 m → 4 m

5. Daya Pengadukan

P = G^2 x u x V

= $(700/s)^2$ x 0,8363 x 10-3 N.s/m^2 x 2,884 m^3

= 2871,28 N.m/s → 2,87 kw

Model	Capacity (L)	Power (kw)	Mixing Blade (mm)
KJB-L-100	100	2.2	250
KJB-L-200	200	4	350
KJB-L-300	300	5.5	350
KJB-L-500	500	7.5	350
KJB-L-1000	1000	11	400
KJB-L-2000	2000	15	500
KJB-L-3000	3000	22	600
KJB-L-5000	5000	30	700
KJB-L-6000	6000	37	800

Berdasarkan perhitungan daya yang dibutuhkan, maka digunakan pengaduk dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Merek = Konmixchina
- Power = 37 kw
- Diameter (Di) = 0,8 m

6. Cek Di

Cek Di = $\frac{Di}{D}$ x 100%

= $\frac{0,8}{2,67}$ x 100%

= 30 % (Memenuhi syarat 30-50% Diameter bak)

7. Jarak impeller dengan dasar (Hi)

Hi = 50 % x Di

= 50 % x 0,8 m

= 0,4 m

8. Lebar impeller (Wi)

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

= $\frac{0,8}{8}$

= 0,1 m

9. Cek lebar impeller (Cek_{Wi})

$Cek_{Wi} = \frac{Wi}{Di}$

$= \frac{0,1}{0,8}$

= 0,125 m (memenuhi persyaratan 0,1 – 0,16 m)

10. Check Nre

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

$= \frac{0,8^2 \ x \ 11,67 \ \ x \ 998,2 \ kg/m3}{0,8363 \ x \ 10{-}3 \ N.detik/m2}$

= 2814490,91 (memenuhi syarat > 10.000)

11. Diameter pipa *outlet*

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

$= \frac{0,12 \ m3/s}{1 \ m/s}$

= 0,12 m²

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

$= \sqrt{\frac{4 \ x \ 0,12 \ m2}{3,14}}$

= 0,39 m → 15,16 inch

Berdasarkan tabel di atas, maka diameter pipa outlet menuju bak flokulasi sebesar 16 inch (410 mm).

12. Cek Kecepatan (v_{cek})

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

$= \frac{Q \ air \ baku + \ \ koagulan}{0,25 \ x \ \pi \ x \ d2}$

$= \frac{0,12 \ m3/s + (7,31 \ x \ 10^{-5}) \ m3/s}{0,25 \ x \ 3,14 \ x \ (0,41 \ m)^2}$

= 0,9 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

13. Ketinggian jatuhan ($H_{terjunan}$)

$H_{terjunan} = \frac{G^2 \ x \ \mu \ x \ td}{\rho \ x \ g}$

$$= \frac{(700/s)^2 \text{ x } 0{,}83 \text{ x } 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \text{ x } 60 \text{ s}}{996{,}36 \text{ kg/m}^3 \text{ x } 9{,}81 \text{ m/s}^2}$$

= 2.52 m

14. Waktu terjunan ke bak koagulasi ($t_{terjunan}$)

$$t_{terjunan} = \sqrt{\frac{2 \text{ x } H_{terjunan}}{g}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \text{ x } 2{,}52 \text{ m}}{9{,}81 \text{ m/s}^2}}$$

= 0,72 s

15. Kecepatan terjun ke bak koagulasi ($v_{terjunan}$)

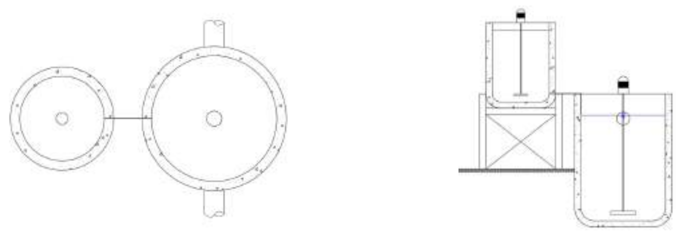
$$v_{terjunan} = \frac{H_{terjunan}}{t_{terjunan}}$$

$$= \frac{2.52 \text{ m}}{0{,}72 \text{ s}}$$

= 3,51 m/s

- **Resume Bangunan**
  - Diameter bak (D) = 2,67 m
  - Kedalaman bak (H) = 3,34 m
  - Freeboard (Fb) = 0,67 m
  - Kedalaman total bak (H_{tot}) = 4,00 m
  - Daya pengaduk (P) = 37 kw
  - Diameter Impeller (Di) = 0,8 m
  - Lebar Impaller (Wi) = 0,1 m
  - Jarak impaller dari dasar bak (Hi) = 0,20 m
  - Diameter pipa *outlet* (Dp) = 0,41 m → 16 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah
  - Tampak potongan



5.6 Flokulasi

A. Pipa Inlet dan Outlet

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s
    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*
  - C Pipa HDPE = 150
    (*Sumber: Hazen-Williams*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Kecepatan (v) = 0,6 m/s
  - Panjang pipa (L) = 3 m
  - Jumlah unit (n) = 1 unit

- **Perhitungan**
  1. Luas Permukaan (A)

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

     $$= \frac{0{,}12\ m3/s}{1\ m/s}$$

     $$\mathbf{= 0{,}12\ m^2}$$

  2. Diameter *Inlet* dan *outlet* (D)

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

     $$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}12\ m2}{3{,}14}}$$

$= \mathbf{0{,}39\ m \rightarrow 15{,}16\ inch}$

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 16 inch (410 mm)

3. Cek Kecepatan (v_{cek})

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

$$= \frac{Q\ air\ baku + \ \ koagulan}{0{,}25\ x\ \pi\ x\ d2}$$

$$= \frac{0{,}12 + (7{,}31\ x\ 10^{-5})}{0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}41)^2}$$

= 0,90 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1 m/s)

4. *Headloss* sepanjang pipa (Hf)

$$Hf = \left[\frac{10{,}67\ x\ Q^{1{,}85}}{C^{1{,}85}\ x\ D^{4{,}87}}\right] x\ L$$

$$= \left[\frac{10{,}67\ x\ 0{,}12^{1{,}85}}{150^{1{,}85}\ x\ 0{,}41^{4{,}87}}\right] x\ 3\ m$$

$= \mathbf{0{,}00475\ m \rightarrow 4{,}75\ x\ 10^{-3}\ m}$

5. Kemiringan dasar pipa (S)

$$S = \frac{Hf}{L}$$

$$= \frac{4{,}75\ x\ 10^{-3}\ m}{3\ m}$$

$= \mathbf{0{,}00158\ m \rightarrow 1{,}58\ x\ 10^{-3}\ m}$

- **Resume Bangunan**
  - Diameter pipa *inlet* (D) = 0,41 m → 16 inch
  - Diameter pipa *outlet* (D) = 0,41 m → 16 inch
  - Headloss pipa (Hf) = 0,00475 m → 4,75 x 10^{-3} m
  - Kemiringan dasar pipa (S) = 0,00158 m → 1,58 x 10^{-3} m

B. Bak Flokulasi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu tinggal (td) = 15 – 30 menit
  - Kecepatan aliran (V) = 0,6 – 1,5 m/s
  - Gradien kecepatan (G) = 10 – 100 /s
  - Jarak antar *baffle* > 45 cm

- Jarak *baffle* dengan dinding > 60 cm
- Kedalaman air (H) > 1 meter
- Koefisien kekasaran dinding (f) = 0,3

  (*Sumber: wahyono hadi, hal 70*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit total (Q) = 0,12 m3/s
  - Jumlah kompartemen = 3 kompartemen
  - Tinggi bak (h) = 2 m
  - Jumlah unit = 1 unit
  - Kecepatan aliran (V) = 0,6 m/s
  - Konstanta empiris (k) = 3
  - Waktu tinggal (td) = 20 menit → 1200 s
  - Freeboard (Fb) = 15% x H
  - Koefisien Maning (n) = 0,015
  - Gradien kecepatan (G) dan waktu tinggal (td) tiap kompartemen
  - Kompartemen I G = 45/s (td = 1200 s)
  - Kompartemen II G = 35/s (td = 1200 s)
  - Kompartemen III G = 25/s (td = 1200 s)

- **Perhitungan**
  1. Debit bak (Qb)

     Qb $= \frac{Q}{n}$

     $= \frac{0,12}{1}$

     = 0,12 m³/s ($= 0,12\ m^3/s$)
  2. Waktu detensi total (td_{tot})

     td_{tot} = kompartemen I + kompartemen II + kompartemen III

     = 1200 detik + 1200 detik + 1200 detik

     = 3600 detik
  3. Volume bak total (V_{tot})

V_{tot} = Q x Td tot

= 0,12 m3/detik x 3600 detik

= **420,67 m³**

4. Dimensi

Direncanakan W x L = 1 : 2

V = W x L x H

420,67 m^3 = W x 2W x 3

W **= 8,4 m**

L = 2B

= 2 x 8,4 m → 17 m

H total = H + Hfb

= 2 m + (20% x H)

= 2 m + (0,4 m)

= 2,4 m

Lebar dibagi 3 karena ada 3 kompartemen

Lebar (W) $= \frac{8{,}4\ m}{3}$

= 2,8 m

5. Kompartemen I

a) *Headloss* (Hf_1)

Hf_1 $= \frac{\mu \text{ x td}}{p\ x\ g} \text{ x } G^2$

$= \frac{0{,}0008363 \text{ x } 1200}{996{,}3\ x\ 9{,}81} \text{ x } 45^2$

= 0,21 m

b) Jumlah *baffle* (n)

n $= \left[\left(\frac{2\ x\ \mu \text{ x td}}{p(1{,}44+f)}\right)\left(\frac{h\ x \text{ L x G}}{Q}\right)^2\right]^{\frac{1}{3}}$

$= \left[\left(\frac{2\ x\ 0{,}0008363\ x\ 1200}{996{,}3(1{,}44+0{,}3)}\right)\left(\frac{2\ x \text{ 17 x 45}}{0{,}12}\right)^2\right]^{1/3}$

= 58 buah

c) Jarak antar *baffle*

Jarak $= \frac{L}{n+1}$

$= \frac{17}{58+1}$

= 0,29 m

d) Jari – jari hidrolis (R)

R $= \frac{b\ x\ h}{b+2h}$

$= \frac{8{,}4\ m\ x\ 2\ m}{8{,}{,}4\ m+2\ x\ 2\ m}$

= 1,35 m

6. Kompartemen II

a) *Headloss* (Hf_2)

$Hf_2 = \frac{\mu \text{ x td}}{p\ x\ g} \text{ x } G^2$

$= \frac{0{,}0008363 \text{ x } 1200}{996{,}3\ x\ 9{,}81} \text{ x } 35^2$

= 0,13 m

b) Jumlah *baffle* (n)

$$n = \left[\left(\frac{2\ x\ \mu \text{ x td}}{p(1{,}44+f)}\right)\left(\frac{h\ x \text{ L x G}}{Q}\right)^2\right]^{\frac{1}{3}}$$

$$= \left[\left(\frac{2\ x\ 0{,}0008363\ x\ 1200}{996{,}3(1{,}44+0{,}3)}\right)\left(\frac{2\ x\ 17 \text{ x } 35}{0{,}12}\right)^2\right]^{1/3}$$

= 49 buah

c) Jarak antar *baffle*

Jarak $= \frac{L}{n+1}$

$= \frac{17}{49+1}$

= 0,34 m

d) Jari – jari hidrolis (R)

R $= \frac{b\ x\ h}{b+2h}$

$= \frac{8{,}4\ m\ x\ 2\ m}{8{,}4\ m+2\ x\ 2\ m}$

= 1,35 m

7. Kompartemen III

a) *Headloss* (Hf_3)

$Hf_3 = \frac{\mu \text{ x td}}{p \text{ x } g} \text{ x } G^2$

$= \frac{0{,}0008363 \text{ x } 1200}{996{,}3 \text{ x } 9{,}81} \text{ x } 25^2$

= 0,06 m

b) Jumlah *baffle* (n)

$n = \left[\left(\frac{2 \text{ x } \mu \text{ x td}}{p(1{,}44+f)}\right)\left(\frac{h \text{ x L x G}}{Q}\right)^2\right]^{\frac{1}{3}}$

$= \left[\left(\frac{2 \text{ x } 0{,}0008363 \text{ x } 1200}{996{,}3(1{,}44+0{,}3)}\right)\left(\frac{2 \text{ x } 17 \text{ x } 25}{0{,}12}\right)^2\right]^{1/3}$

= 39 buah

c) Jarak antar *baffle*

$\text{Jarak} = \frac{L}{n+1}$

$= \frac{17}{39+1}$

= 0,42 m

d) Jari – jari hidrolis (R)

$R = \frac{b \text{ x } h}{b+2h}$

$= \frac{8{,}4 \text{ m x } 2 \text{ m}}{8{,}4 \text{ m} + 2 \text{ x } 2 \text{ m}}$

= 1,35 m

8. *Headloss* total (Hf_{tot})

$Hf_{tot} = Hf_1 + Hf_2 + Hf_3$

$= 0{,}21 \text{ m} + 0{,}13 \text{ m} + 0{,}06 \text{ m}$

= 0,4 m

9. Kemiringan dasar bak (S)

$S = \frac{Hftot}{L}$

$= \frac{0{,}4 \text{ m}}{17 \text{ m}}$

= 0,02 m/m

10. Cek bilangan Reynold (Nre)

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

$= \frac{0{,}6 \text{ x } 1{,}35}{0{,}0008363}$

= 971 (memenuhi syarat < 2000)

11. Cek bilangan Froud (Nfr)

Nfr $= \frac{Vh^2}{g \ x \ R}$

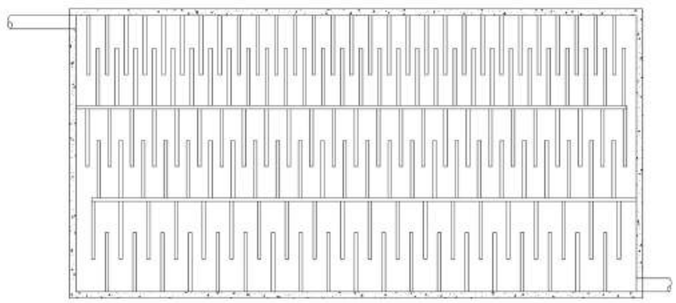
$= \frac{0,6^2}{9,81 \ x \ 1,35}$

= 0,03 (memenuhi syarat >10^{-5})

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah unit = 1 buah
  - Jumlah kompartemen = 3 buah
  - Dimensi bak flokulasi:
    - Panjang = 17 m
    - Lebar = 8,4 m
    - Kedalaman = 2 m
    - Freeboard = 0,3 m
    - Kedalaman total = 2,3 m
  - Dimensi kompartmen:
    - Kompartmen 1:
      a. Jumlah baffle = 58 buah
      b. Jarak antar sekat = 0,28 m
      c. Headloss = 0,21 m
    - Kompartmen 2:
      a. Jumlah baffle = 49 buah
      b. Jarak antar sekat = 0,34 m
      c. Headloss = 0,13 m
    - Kompartmen 3:
      a. Jumlah baffle = 39 buah
      b. Jarak antar sekat = 0,42 m
      c. Headloss = 0,06 m
  - Headloss total bak = 0,4 m
  - Slope bak = 0,02 m/m

- Diameter pipa *inlet* = 0,60 m → 22 inch
- Diameter pipa *outlet* = 0,60 m → 22 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan

5.7 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pengendapan partikel flokulen yang mana selama pengendapan terjadi saling interaksi antar partikel. Selama operasi pengendapan, ukuran partikel flokulen bertambah besar, sehingga kecepatannya juga meningkat. Berikut data yang direncanakan pada bangunan sedimentasi.

A. Zona Pengendapan (*Settling Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Bentuk bak sedimentasi = *rectangular*
  - Kedalaman (H) = 3 – 4.9 m
  - Lebar (W) = 3 – 24 m
  - Panjang (L) = 15 – 90 m

- *Flight Speed* = 0.6 – 1.2 m/menit
- Waktu Detensi (Td) = 1.5 – 2.5 jam

  (*Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 398*)
- Massa jenis air (ρ), T = 28°C = 996,36 kg/m^3
- Viskositas kinematik (υ) = 0,8036 x 10^{-6} m^2/s
- Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company*)
- Specific gravity solid (Ss) = 1.4
- Specific gravity sludge (Sg) = 1.02

  (*Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4th Edition, hal 1456*)
- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vs <1 (aliran laminar)

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 224. Boston: PWS Publishing Company*)
- Kemiringan dasar bak = 1 – 2%
- Bilangan Reynold (Nre) untuk Vh <2000 (aliran laminar)
- Bilangan Froude (Nfr) = >10^{-5}

  (*Sumber: SNI 6774 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air 2008, hal 6*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Waktu detensi (td) = 2 jam → 7200 s
  - Kemiringan *plate settler* = 60^0
  - Panjang *plate settler* = 2/3 Panjang zona pengendapan
  - Lebar *plate settler* = 0,1 m
  - Tinggi *plate settler* = 1,5 m

- Jarak antar *plate settler* = 5 cm → 0,05 m
- Kedalaman bak (H) = 3 m
- Freeboard = 20% x H

- **Perhitungan**

1. Volume bak pengendap (V)

V = Q x td

= 0,12 m^3/s x 7200 s

= 841,34 m^3

2. Luas permukaan (A)

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

$= \frac{841,34}{3\ m}$

= **280,45 m^2**

3. Dimensi bak pengendap

A = L x W

= 2W x W

= 2W^2

W $= \sqrt{\frac{A}{2}}$

$= \sqrt{\frac{280,45\ m2}{2}}$

= 11,84 m → 12 m

L = 2 x W

= 2 x 12 m

= 24 m

H **= 3 m**

H_{tot} = H + Freeboard

= H + (15% x H)

= 3 m + (15% x 3 m)

= 3 m + (0,45 m)

= 3,45 m

4. Cek volume max (V_{max})

V_{max} = L x W x H_{tot}

= 24 m x 12 m x 3,45 m

= **993,60 m³**

5. Cek waktu detensi (td_{cek})

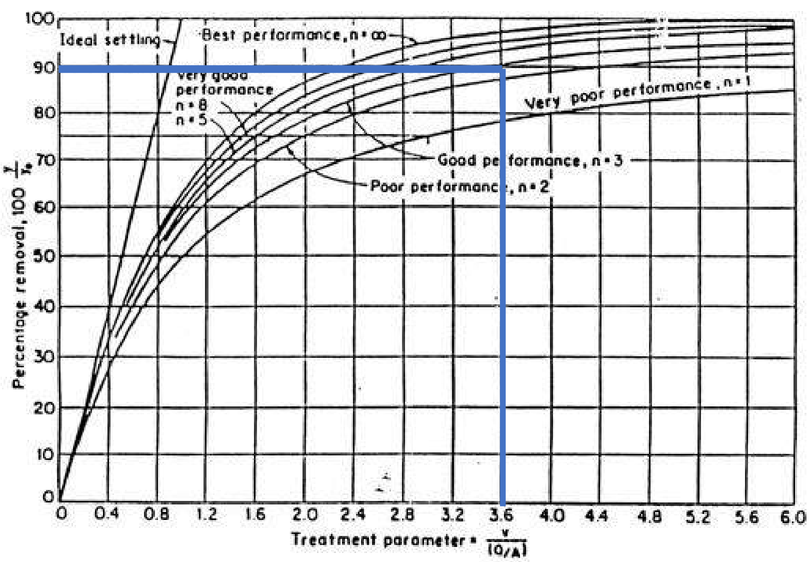
$td_{cek} = \frac{Vmax}{Q}$

$= \frac{993{,}60\ m3}{0{,}12\ m3/s}$

= **8503,04 s → 2,36 jam**

6. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

%removal yang diinginkan = 90%



Direncanakan bak pengendap meremoval 90% kadar TSS, dari grafik good performance diperoleh nilai 3,6 untuk v/(Q/A)

$\frac{vs}{\left(\frac{Q}{A}\right)} = 3{,}6$

$\frac{vs}{\left(\frac{0.12\ m3/l}{12\ m\ x\ 24\ m}\right)} = 3{,}6$

vs **= 0.00146 m/s → 1,46 x 10⁻³ m/s**

7. Diameter paartikel (Dp)

$Dp = \sqrt{\frac{V_S\ x 18\ x\ v}{g\ (Ss-1)}}$

$$= \sqrt{\frac{0.00146\ m/s\ x\ 18\ x\ 0.8039\ x\ 10^{-6}\ m2/s}{9.81\ m2/s\ (1.4-1)}}$$

= 0,00237 m → 2.37 x 10^{-3} m → 0,24 cm

8. Jari-jari hidrolis (R)

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

$= \frac{12\ m\ x\ 3\ m}{12\ m+(2\ x\ 3\ m)}$

= 2 m

9. Massa jenis solid (ρs)

Sg $= \frac{\rho s}{\rho}$

1,03 $= \frac{\rho s}{996{,}36\ \text{kg/m}^3}$

ρs **= 1015.92 kg/m^3**

10. Kecepatan Horizontal (Vh)

Vh $= \frac{Q}{W x\ H}$

$= \frac{0{,}12\ m3/s}{12\ m\ x\ 3\ m}$

= 0,00324 m/s → 3,24 x 10^{-3} m

11. Cek Bilangan Reynold (Nre)

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

$= \frac{0{,}00324\ m/s\ x\ 2\ m}{0{,}8039\ \text{x}\ 10^{-6}\ m2/s}$

= 8078,39 (tidak memenuhi, Nre < 2000)

12. Cek bilangan Froude (Nfr)

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

$= \frac{0{,}00324\ m/s}{\sqrt{9{,}81\ m/s2\ x\ 3\ m}}$

= 0,000598 m → 5,98 x 10^{-4}

(memenuhi syarat > 10^{-5})

13. Kecepatan penggerusan (Vsc)

Vsc $= \sqrt{\frac{8\ x\ \beta\ x\ g\ x\ (ps-p\quad)x\ NFr}{\lambda\ x\ pw}}$

$= \sqrt{\frac{8\ x\ 0{,}05\ x\ 9{,}81\ x\ (1015.92-996{,}36)\ x\ 5{,}98\ x\ 10^{-4}}{0{,}03\ x\ 996{,}36}}$

= **0.04 m/s > 0.00324 m/s**

(Vsc > Vh memenuhi, tidak terjadi penggerusan)

14. Kemiringn dasar bak (S)

S = 1% x L

= 1% x 24 m

= 0,24 m/m

15. Panjang miring plate settler (Lp)

Lp $= \frac{Tinggi\ plate\ settler\ (Hp)}{\sin 60^0}$

$= \frac{1{,}5\ m}{0{,}866}$

= 1,73 m

16. Panjang area plate settler (Lps)

Lps = 2/3 x L

= 2/3 x 22 m

= 16 m

17. Jumlah plate settler (np)

n $= \frac{Lps-Sps}{Sps+\ Wps}$

$= \frac{16\ m - 0{,}05\ m}{0{,}05\ m + 0{,}1\ m}$

= 106 buah

- **Resume Bangunan**
  - Panjang bak (L) = 24 m
  - Lebar bak (W) = 12 m
  - Tinggi bak (H) = 3 m
  - Freeboard (Fb) = 0,45 m

- Tinggi total bak (H_{tot}) = 3,45 m
- Kemiringan *plate settler* = 60^0
- Lebar *plate settler* = 0,1 m
- Tinggi *plate settler* = 1,5 m
- Jarak antar *plate settler* = 5 cm → 0,05 m
- Panjang miring plate settler = 1,73 m
- Panjang area plate settler = 16 m
- Jumlah plate settler = 106 buah

B. Zona *Inlet*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran (v) = 0.3 – 0.6 m/s
  - Slope maksimal < 1 x 10^{-3} m/m
  - Freeboard (fb) = 10 – 20%

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

  - Koef. Manning (n) = 0.013 (beton)

  (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Tabel 4.2 Harga koefisien manning)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s
  - Kecepatan aliran (v) = 0,5 m/s
  - Panjang saluran (L) = 4 m
  - Freeboard (Fb) = 20%
  - Rasio lebar:tinggi (W:H) = 1:1

- **Perhitungan**

  1. Luas permukaan

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

$= \frac{0,12\ m3/s}{0,5\ m/s}$

= 0.23 m²

2. Dimensi saluran

A = H x W

W $= \sqrt{A}$

$= \sqrt{0,23\ m^2}$

= 0,48 m

H = W

= 0.48 m

Htot = H + (Fb x H)

= 0,48 m + (20% x 0,48 m)

= 0.48 m + (0,1 m)

= 0,58 m → 0,6 m

3. Cek kecepatan (v_{cek})

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

$= \frac{Q}{W\ x\ Htot}$

$= \frac{0,12\ m3/s}{0,48\ m\ x\ 0,6\ m}$

= 0,40 m/s

4. Jari – jari hidrolis

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

$= \frac{0,48 \text{ m x } 0,48 \text{ m}}{0,48 \text{ m} + (2 \text{ x } 0,48 \text{ m})}$

= 0,16 m

5. Kemiringan dasar saluran (S)

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

$= \left(\frac{0,013\ x\ 0,40\ m/s}{0,16^{\frac{2}{3}}\ m}\right)^2$

= 0,00031 m/m (memenuhi syarat < 0.001 m/m)

6. *Headloss* saluran (Hf)

Hf = n x L

= 0.013 x 4 m **= 0.0325 m**

- **Resume Bangunan**
  - Panjang saluran (L) = 4 m
  - Lebar saluran (W) = 0,48 m
  - Tinggi saluran (H) = 0,48 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,1 m
  - Tinggi total saluran (H_{tot}) = 0,60 m

C. Zona Transisi (Transition Zone)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Koefisien manning (n) = 0,013

    (Sumber: Bambang Triadmodjo, 2008, Hidraulika II, Tabel 4.2 Harga koefisien manning)
  - Berat jenis air = 996,36 kg/m^3
  - Viskositas dinamik (µ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**

- **Data Perencanaan**
  - kecepatan aliran (V) = 0,5 m/s
  - Lebar *baffle* = lebar zona pengendanpan (12 m)
  - Tinggi *baffle* = tinggi zona pengendanpan (3,45 m)
  - Diameter lubang (D) = 0,2 m

- **Perhitungan**

1. Luas *perforated baffle* (A_b)

   A_b = Lebar *baffle* (W_b) x tinggi *baffle* (H_b)

   = 12 m x 3,45 m

$= \mathbf{41{,}40\ m^2}$

2. Luas per lubang (A_L)

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

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

$= \mathbf{0{,}03\ m^2}$

3. Luas bersih *baffle* (A_{bb})

A_{bb} $= 40\% \text{ x } A_b$

$= 40\% \text{ x } 41{,}40 \text{ m}^2$

$= \mathbf{16{,}56\ m^2}$

4. Jumlah lubang total (n_{total})

n_{total} $= \frac{\text{Luas bersih } baffle \text{ (Abb)}}{\text{luas per lubang (AL)}}$

$= \frac{16{,}56\ m^2}{0{,}03\ m^2}$

= 527,38 → 527 lubang

5. Jumlah lubang horizontal (n_h)

n_h **= 24 lubang**

6. Jumlah lubang vertikal (n_v)

n_v **= 22 lubang**

7. Cek jumlah lubang (cek_n)

Cek_n = lubang horizontal (n_h) x lubang vertikal (n_v)

= 24 lubang x 22 lubang

= **528 lubang (memenuhi)**

8. Jarak antar lubang horizontal (s_h)

s_h $= \frac{Lebar\ baffle\ (Wb)}{\text{Jumlah lubang horizontal } (nh) + 1}$

$= \frac{12\ m}{24 + 1}$

$= \mathbf{0{,}48\ m}$

9. Jarak antar lubang vertikal (s_v)

S_V $= \frac{Lebar\ baffle\ (Wb)}{\text{Jumlah lubang vertikal } (vh) + 1}$

$= \frac{12\ m}{22 + 1}$

= 0,15 m

10. Debit per lubang (Q_L)

Q_L $= \frac{Q\ bak}{\text{Jumlah lubang } (n)}$

$= \frac{0{,}12\ m^3/s}{158 \text{ lubang}}$

= 0,000221 m^3/s → 2,21 x 10^{-4} m^3/s

11. Kecepatan aliran lewat lubang (v_L)

v_L $= \frac{Debit\ lubang\ (Ql)}{\frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } D^2}$

$= \frac{2{,}21 \text{ x } 10^{-4}\ m^3/s}{\frac{1}{4} \text{ x } 3{,}14 \text{ x } (0{,}2\ m)^2}$

= 0,00704 m/s → 7,04 x 10^{-3} m/s

12. Jari-jari lubang (R)

R $= \frac{Diameter\ lubang\ (D)}{2}$

$= \frac{0{,}2\ m}{2}$

= 0,1 m

13. Cek bilangan Reynold (Nre)

Nre $= \frac{\rho\ air\ x\ v\ lubang\ x\ R}{\mu\ air}$

$= \frac{996{,}36\ kg/m^3\ x\ (7{,}04\ x\ 10^{-3}\ m/s)\ x\ 0{,}1\ m}{0{,}8363 \text{ x } 10^{-3} \text{ Ns}/m^2}$

= 419,85 (memenuhi syarat aliran laminar < 2000)

14. Cek bilangan Froude (Nfr)

Nfr $= \sqrt{\frac{v}{(g\ x\ R)}}$

$= \sqrt{\frac{(7{,}04\ x\ 10^{-3}\ m/s)}{(9{,}81\ m/s^2)\ x\ 0{,}1\ m)}}$

= 0,01 (memenuhi syarat > 10^{-5})

- **Resume Bangunan**

- Lebar *baffle* = 12 m
- Tinggi *baffle* = 3,45 m
- Jarak *baffle* dengan zona *inlet* = 1,5 m
- Jumlah lubang total = 528 lubang
- Jumlah lubang horizontal = 24 lubang
- Jumlah lubang vertikal = 22 lubang
- Jarak antar lubang horizontal = 0,48 m
- Jarak antar lubang vertikal = 0,15 m

D. Zona Lumpur (*Sludge Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Berat jenis air (ρw) = 996,36 kg/m^3

    (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering* 2^{nd} *edition, hal 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**
  - Specific Solid (Ss) = 1.4

    (Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, 4^{th} *Edition, hal 1456)*

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Persen removal TSS = 90%
  - Persen removal BOD = 80%
  - Kadar TSS dalam air = 440 mg/L
  - Kadar BOD dalam air = 10 mg/L
  - Kadar kepadatan lumpur = 5%
  - Periode pengurasan = 1 hari
  - Ruang lumpur = limas terpancung
  - Panjang atas zona lumpur = 7 m
  - Lebar atas zona lumpur = 12 m
  - Panjang bawah zona lumpur = 4 m

- Lebar bawah zona lumpur = 10 m

- **Perhitungan**

1. BOD yang teremoval = %Removal x BOD Influent

   = 80% x 10 mg/l

   = 8 mg/L → 0,01 kg/m^3

2. TSS yang teremoval

   TSS teremoval = %Removal x Kadar TSS

   = 90% x 440 mg/l

   = 396 mg/L → 0,396 kg/m^3

3. Berat lumpur (Ws)

   Ws = Q limbah x TSS removal x BOD teremoval

   = 0.12 m^3/s x 0.396 kg/m^3 x 0,01 kg/m^3

   = 0.05 kg/s → 4078,80 kg/hari

4. Berat air

   Ww $= \left(\frac{\text{Kadar air dalam lumpur}}{\text{kadar padatan dalam lumpur}}\right) \text{ x Ws}$

   $= \left(\frac{95\%}{5\%}\right) \text{ x } 4078{,}80 \text{ kg/hari}$

   = 79497,22 kg/hari

5. Berat jenis lumpur (ρs)

   ρs = (SS x 5%) + (Ww x 95%)

   = (1,4 x 5%) + (79799,12 kg/hari x 95%)

   = 946,61 kg/m^3

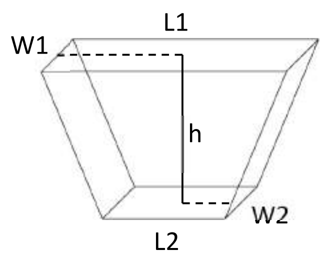
6. Volume Lumpur

   V sludge $= \frac{\text{berat lumpur (Ws)+ berat air (Ww)}}{\text{Berat jenis lumpur (ρs)}} \text{ x tp}$

   $= \frac{4078{,}80 \text{ kg/hari} + 79497{,}22 \text{ kg/hari}}{946{,}61 \text{ kg/m3}} \text{ x 1 hari}$

   = 86,09 m^3

7. Dimensi zona lumpur



a. Luas permukaan atas zona lumpur

A = L1 x W1

= 7 m x 12 m

= 84 m²

b. Luas permukaan dasar zona lumpur

A' = L2 x W2

= 4 m x 10 m

= 40 m²

V limas terpancung = $\frac{1}{3}$ x H x (A + $\sqrt{AA'}$ + A')

86,09 m³ = $\frac{1}{3}$ x H x (84 + $\sqrt{84 \; x \; 40}$ + 40)

86,09 m³ = $\frac{1}{3}$ x H x 181,97

86,09 m³ = 60,66 x H

H = 1.91 m → 2 m

- **Resume Bangunan**
  - Panjang atas zona lumpur (L1) = 7 m
  - Lebar atas zona lumpur (W1) = 12 m
  - Panjang bawah zona lumpur (L2) = 4 m
  - Lebar bawah zona lumpur (W2) = 10 m
  - Tinggi zona lumpur (H) = 2 m

E. Zona Pelimpah (*Overflow Zone*)

- **Kriteria Perencanaan**
  - *Weir loading rate* = 125 – 500 m^3/m.hari

    (Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse 4^{th} Edition, hal 398*)*
  - Koefisien drag (Cd) = 0,548
  - Sudut V notch = 45^0
  - *(Sumber: Qasim, dkk., 2000, Water Works Engineering Planning, Design, and Operation)*

- **Data Perencanaan**
  - Zona outlet bak sedimentasi ini berupa weir bergerigi (v-notch)
  - Bentuk gutter = persegi panjang
  - 1 gutter = 2 pelimpah
  - Lebar V notch = 0,1 m
  - Jarak antar V notch = 0,05 m
  - Sudut V notch = 45º
  - Weir loading (m^3/m.hari) = 350 m^3/m^2.hari → 4 x 10^{-3} m^3/m^2.s
  - Q unit sedimentasi = 0,12 m^3/s
  - Jumlah unit outlet = 1 buah
  - Cd (koefisien drag) = 0,6

- **Perhitungan**
  1. Panjang total weir (Lw)

$$Lw = \frac{Q\ bak}{WRL}$$

$$= \frac{0{,}12\ m^3/s}{0{,}004\ m^3/m^2.s}$$

$$\mathbf{= 28{,}85\ m}$$

  2. Panjang pelimpah (L)

L $= \frac{Lw}{jumla \quad pelimpah}$

$= \frac{28,85\ m}{4\ buah}$

= 7,21 m

3. Debit tiap pelimpah (weir)

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

$= \frac{0,12\ m^3/s}{4\ buah}$

= 0,03 $\mathbf{m^3/s}$

4. Luas saluran gutter

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

$= \frac{0,03\ m3/s}{0,6\ m/s}$

= 0,05 $\boldsymbol{m^2}$

5. Tinggi (H) dan Lebar (W) Pelimpah (gutter)

Direncanakan H:W = 1 : 2 maka :

H $= \sqrt{2\ x\ A}$

$= \sqrt{2\ x\ 0,05\ m^2}$

= 0,19 m → 0,2 m

W = 2 x H

= 2 x 0,2 m

= 0,4 m

6. Ketinggian air pada pelimpah (H air)

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

$= \left(\frac{0,03\ m^3/s}{1,38\ x\ 0,4\ \ m}\right)^{2/3}$

= 0,14 m → 14 cm

7. Tinggi gutter (h gutter)

H gutter = h air + (h air x 20%)

= 0,14 m + (0,14 x 0,2)

= 0,17 m → 17 cm (memenuhi 0,2 m)

8. Jari- jari hidrolis gutter

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

$= \frac{0{,}14\ m\ x\ 0{,}4\ m}{(2\ x\ 0{,}14\ m) + 0{,}4\ m}$

= 0,08 m

9. Luas basah gutter (A gutter)

A = Lebar gutter x h air

= 0,4 m x 0,14 m

= 0,06 m

10. Slope gutter (S)

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

$= \left(\frac{0{,}03\ m^3/s\ \ x\ 0{,}013}{0{,}06\ m\ x\ (0{,}08\ m)^{2/3}}\right)^2$

= 0,00185 m/m → 1,85 x 10^{-3} m/m

11. Headloss pada gutter

Hf = L gutter x S gutter

= 7,21 m x 0,00185 m/m

= 0,00134 m

12. Jumlah V notch

n $= \frac{panjang\ weir}{jarak\ antar\ V\ notch + leba\ \ V\ notch}$

$= \frac{7{,}21\ m}{0{,}05 + 0{,}1}$

= 48,07 buah → 48 buah

13. Debit mengalir tiap V notch

Qnotch $= \frac{Q}{jumla\ \ V\ notc}$

$= \frac{0{,}12\ m^3/detik}{48\ buah}$

= 0,00243 m3/s → 2,43 m3/s

14. Tinggi peluapan melalui V notch (H)

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

0,00243 m^3/s = $\frac{8}{15}$ (0,6) $\sqrt{2\ x\ 9{,}81}$ x tan $\frac{45}{2}$ x $H^{5/2}$

H = 0,0792 m → 7,92 cm

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah *gutter* = 2 buah
  - Jumlah *weir* = 4 buah
  - Panjang *gutter* = 7,21 m
  - Tinggi *gutter* = 0,2 m
  - Lebar *gutter* = 0,4 m
  - Tinggi air limpahan = 0,14 m → 14 cm
  - Kemiringan dasar *gutter* = 0,00185 m/m
  - Jumlah V *notch* = 48 buah
  - Tinggi peluapan V *notch* = 0,079 m → 7,92 m

F. Zona *Outlet*

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m3/s
  - Waktu detensi (Td) = 5 menit → 300 s
  - Lebar saluran = 12 m
  - Tinggi saluran = 3 m
  - Kecepatan aliran pipa outlet = 1 m/s

- **Perhitungan**
  1. Volume saluran pengumpul (V)

     V = Debit (Q) x waktu detensi (td)

     = 0,12 m3/s x 300 s

     = 35,06 m^3
  2. Dimensi Saluran

     V = L x W x H

     35,06 m^3 = L x 12 m x 3 m

$35{,}06\ m^3 = L \times 36\ m^2$

$L = \frac{36\ m2}{35{,}06\ m3}$

$= 1{,}03\ m \rightarrow 1\ m$

$H = 3\ m$

$H_{tot} = H + \textit{Freeboard}$

$= H + (15\% \times H)$

$= 3\ m + (15\% \times 3\ m)$

$= 3\ m + (0{,}45\ m)$

= 3,6 m

3. Jari-jari hidrolis (R)

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

$= \frac{\mathbf{1\ m \ x \ 3\ m}}{\mathbf{1\ m + (2 \ x \ 3\ m)}}$

= 0,43 m

4. Luas penampang pipa (A)

$A = \frac{Debit\ air\ (Q)}{kecepaatan\ aliran\ (v)}$

$= \frac{0{,}12\ \mathrm{m3/s}}{1\ m/s}$

= 0,12 m²

5. Diameter pipa (D)

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

$= \sqrt{\frac{4\ x\ (0{,}12)\ m^2}{3{,}14}}$

= 0,39 m → 15,16 inch

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 16 inch (410 mm)

6. Cek kecepatan (v_{cek})

$v_{cek} = \frac{\text{Debit air (Q)}}{\text{luas penampang pipa (A)}}$

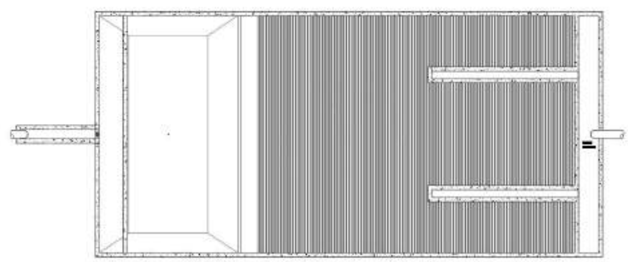
$= \frac{Q}{\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ D^2}$

$= \frac{0{,}12\ \mathrm{m3/s}}{\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 0{,}41^2\ m}$

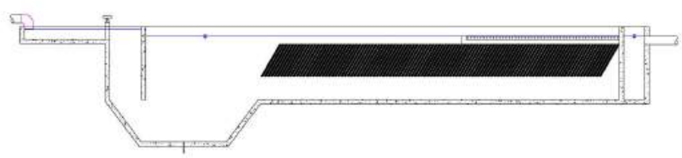
= **0,92 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s^2)**

- **Resume Bangunan**
  - Panjang saluran pengumpul (L) = 1 m
  - Lebar saluran pengumpul (W) = 12 m
  - Tinggi saluran pengumpul (H) = 3 m
  - *Freeboard* (Fb) = 0,45 m
  - Tinggi total saluran pengumpul (Htot) = 3,45 m
  - Diameter pipa *outlet* saluran (D) = 0,41 m → 16 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.8 Filtrasi (Rapid Sand Filter)

Pada perencanaan ini dipilih filter pasir cepat dengan multimedia, yaitu media pasir, antrasit dan garnet. Bagian-bagian dari filter pasir cepat meliputi:

1. Bak filter
2. Media filter
3. Sistem *underdrain*

A. Zona *Inlet*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s
    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*

- **Data Perencanaan**
  - Debit yang diproduksi = 10000 liter/detik → 0.12 m^3/detik
  - Kecepatan (v) = 1 m/s
  - Jumlah unit = 2

- **Perhitungan**
  1. Debit saluran pembawa (Qs)

     $$Qs = \frac{Q}{n}$$
     $$= \frac{0{,}12\ m3/s}{2}$$
     $$= \mathbf{0{,}06\ m^3/s}$$

  2. Luas permukaan (A)

     $$A = \frac{Q}{V}$$
     $$= \frac{0.06\ \text{m3/s}}{1\ m/s}$$
     $$= 0{,}06\ m^2$$

  3. Diameter

     $$D = \sqrt{\frac{4\ x\ A}{\pi}}$$
     $$= \sqrt{\frac{4\ x\ (0{,}06)\ m^2}{3{,}14}}$$

     = 0,275 m → 10,87 inch

     Berdasarkan hal tersebut diambil pipa PVC pasaran sebesar 12 inch (35,5 mm)

  4. Cek kecepatan (v_{cek})

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

$= \frac{0.06\ \text{m3/detik}}{\frac{1}{4} x\ 3{,}14\ x\ 0{,}305^2}$

= 0,82 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

- **Resume Bangunan**
  - Debit saluran pembawa (Q) = 0,06 m^3/s
  - Panjang pipa (L) = 4 m
  - Diameter pipa (D) = 0,305 m → 12 inch
  - Kecepatan aliran (v) = 0,82 m/s

B. Bak Filtrasi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan penyaringan (v penyaringan) = 6-11 m/jam
    (*Sumber: Masduqi & Assomadi 2012:172*)
  - Perbandingan Bak Filtrasi (L : W) = 1 : 1 hingga 2 : 1
    (*Sumber: Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 188*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0.12 m3/s
  - Kecepatan penyaringan (v penyaringan) = 9 m/jam → 0,003 m/s
  - Perbandingan bak filtrasi (L : W) = 2 : 1
  - Jumlah Unit = 2

- **Perhitungan**
  1. Debit tiap bak filtrasi (Q_{bak})

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

$= \frac{0{,}12\ m3/s}{2}$

= **0,06 m^3/s**

2. Luas permukaan (A)

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

$= \frac{0.06 \text{ m3/s}}{0,003\ m/s}$

= 23,37 m²

3. Dimensi saluran pembawa (W:L = 1:2)

A = W x L

= W x 2W

23,37 m^3 = $2W^2$

W $= \sqrt{\frac{23,37\ m3}{2}}$

= 3,42 m

L = 2 x W

= 2 x 3,42 m

= 6,84 m

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah bak (n) = 2 buah
  - Debit tiap bak (Q) = 0,06 m3/s
  - Luas bak (A) = 23,37 m2
  - Lebar bak (W) = 3,42 m
  - Panjang bak (L) = 6,48 m

C. Kehilangan Tekanan Media Filtrasi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 996,36 kg/m^3
  - Viskositas kenematik (υ) = 0,8036 x 10^{-6} m^2/s
  - Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, page 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**

- Diameter media antrasit (d) = 1 mm → 0,001 m
- Diameter media pasir (d) = 0,5 mm → 0,0005 m
- Diameter media garnet (d) = 0,2 mm → 0,0002 m
- Rate filtrasi = 4,08 L/s.m^2
- Kecepatan filtrasi (Va) = 0,00408 m/s
- Kedalaman media antrasit (D) = 460 mm → 0,46 m
- Kedalaman media pasir (D) = 230 mm → 0,23 m
- Kedalaman media garnet (D) = 150 mm → 0,15 m

  (Sumber: Richard & Reynolds, 1996, hal 317)
- Shape factor antrasit (∅) = 1,57
- Shape factor pasir (∅) = 0,82
- Shape factor garnet (∅) = 0,60

  (*Sumber: Davis, 2010, hal 11 – 43*)
- Porositas antrasit (ε) = 0,60
- Porositas pasir (ε) = 0,40
- Porositas garnet (ε) = 0,38

  (*Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012 hal 179)*

- **Perhitungan**

a. Antrasit

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

$$\text{Nre} = \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (d) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$$

$$= \frac{1{,}57 \text{ x } 996{,}36 \text{ kg/m}^3 \text{ x } 0{,}001 \text{ m x } 0{,}00408 \text{ m/s}}{0{,}8363 \text{ x } 10^{-3} \text{ N s/m}^2}$$

= 7,63

2. Koefisien *drag* (Cd)

$$\text{Cd} = \frac{24}{\text{Nre}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Nre}}} + 0{,}34$$

$$= \frac{24}{7{,}63} + \frac{3}{\sqrt{7{,}63}} + 0{,}34$$

= 4,57

3. Kehilangan tekanan (H_1)

(H1) $= \frac{1,067}{\emptyset} \times \frac{d}{g} \times \frac{(Va^2)}{(\varepsilon^4)} \times \frac{Cd}{d}$

$= \frac{1,067}{1,57} \times \frac{0,001\ m}{9,81\ m/s^2} \times \frac{(0,00408^2\ m/s)}{(0,6^4)} \times \frac{4,57}{0,001\ m}$

= 0,02 m

b. Pasir

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

Nre $= \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (d) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$

$= \frac{0,82 \times 996,36\ kg/m^3 \times 0,0005\ m \times 0,00408\ m/s}{0,8363 \times 10^{-3}\ N\ s/m^2}$

= 1,99

2. Koefisien *drag* (Cd)

Cd $= \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$

$= \frac{24}{1,99} + \frac{3}{\sqrt{1,99}} + 0,34$

= 14,51

3. Kehilangan tekanan (H_2)

(H_2) $= \frac{1,067}{\emptyset} \times \frac{d}{g} \times \frac{(Va^2)}{(\varepsilon^4)} \times \frac{Cd}{D}$

$= \frac{1,067}{0,82} \times \frac{0,0005\ m}{9,81\ m/s^2} \times \frac{(0,00408^2\ m/s)}{(0,4^4)} \times \frac{14,51}{0,0005\ m}$

= 0,58 m

c. Garnet

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

Nre $= \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (D) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$

$= \frac{0,6 \times 996,36\ kg/m^3 \times 0,0002\ m \times 0,00408\ m/s}{0,8363 \times 10^{-3}\ N\ s/m^2}$

= 0,58

2. Koefisien *drag* (Cd)

Cd $= \frac{24}{Nre} + \frac{3}{\sqrt{Nre}} + 0,34$

$= \frac{24}{0,58} + \frac{3}{\sqrt{0,58}} + 0,34$

= 41,15

3. Kehilangan tekanan (H_3)

$(H_3) \quad = \frac{1,067}{\emptyset} \text{ x } \frac{d}{g} \text{ x } \frac{(Va^2)}{(\varepsilon^4)} \text{ x } \frac{Cd}{d}$

$= \frac{1,067}{0,6} \text{ x } \frac{0,0002 \text{ m}}{9,81 \text{ m}/s^2} \text{ x } \frac{(0,00408^2 \text{ m/s})}{(0,38^4)} \text{ x } \frac{41,15}{0,0002 \text{ m}}$

= 4,47 m

- **Resume Bangunan**
  - Kehilangan tekanan antrasit (H_1) = 0,02 m
  - Kehilangan tekanan pasir (H_2) = 0,58 m
  - Kehilangan tekanan garnet (H_3) = 4,47 m

D. Backwash

- **Kriteria Perencanaan**
  - Massa jenis air (ρ), T (28°C) = 996,36 kg/m^3
  - Viskositas kenematik (υ) = 0,8036 x 10^{-6} m^2/s
  - Viskositas dinamik (μ) = 0,8363 x 10^{-3} N s/m^2

  (*Sumber: Reynolds, Tom D. dan Paul A. Richards. 1996. Unit Operations and Processes in Environmental Engineering 2nd edition, page 762 (Appendix C). Boston: PWS Publishing Company***)**
  - Diameter media antrasit (d) = 1 mm → 0,001 m
  - Diameter media pasir (d) = 0,5 mm → 0,0005 m
  - Diameter media garnet (d) = 0,2 mm → 0,0002 m
  - Rate filtrasi = 4,08 L/s.m^2
  - Kecepatan filtrasi (Va) = 0,00408 m/s
  - Kedalaman media antrasit (D) = 460 mm → 0,46 m
  - Kedalaman media pasir (D) = 230 mm → 0,23 m
  - Kedalaman media garnet (D) = 150 mm → 0,15 m

  (Sumber: Richard & Reynolds, 1996, hal 317)
  - Shape factor antrasit (∅) = 1,57
  - Shape factor pasir (∅) = 0,82
  - Shape factor garnet (∅) = 0,60
  - *Specific gravity* antrasit = 1,60

- *Specific gravity* pasir = 2,65
- *Specific gravity* garnet = 3,90

  (*Sumber: Davis, 2010, hal 11 – 43*)
- Porositas antrasit (ε) = 0,60
- Porositas pasir (ε) = 0,40
- Porositas garnet (ε) = 0,38
- Massa jenis antrasit (ρ) = 1,35 kg/L → 1350 kg/m^3
- Massa jenis pasir (ρ) = 2,65 kg/L → 2650 kg/m^3
- Massa jenis garnet (ρ) = 1,95 kg/L → 1950 kg/m^3

  (*Sumber: Masduqi & Assomadi, 2012 hal 179)*

- **Perhitungan**

a. Antrasit

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

$$\text{Nre} = \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (D) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$$

$$= \frac{0{,}6 \text{ x } 1350 \text{ kg/m}^3 \text{ x } 0{,}0002 \text{ m x } 0{,}00408 \text{ m/s}}{0{,}8363 \text{ x } 10^{-3} \text{ N s/m}^2}$$

$$\mathbf{= 10{,}34}$$

2. Koefisien *drag* (Cd)

$$\text{Cd} = \frac{24}{\text{Nre}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Nre}}} + 0{,}34$$

$$= \frac{24}{10{,}34} + \frac{3}{\sqrt{10{,}34}} + 0{,}34$$

$$\mathbf{= 3{,}59}$$

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

$$\text{Vs} = \left[\frac{4 \text{ x g}}{3 \text{ x Cd}} \text{ x } (\text{Sg} - 1) \text{ x d}\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{4 \text{ x } 9{,}8 \text{ m/s}^2}{3 \text{ x } 3{,}59} \text{ x } (1{,}6 - 1) \text{ x } 0{,}001 \text{ m}\right]^{1/2}$$

$$\mathbf{= 0{,}047 \text{ m/s}}$$

4. Kecepatan *backwash* (Vb)

$$\text{Vb} = \text{Vs x } \varepsilon^{4,5}$$

$$= 0{,}047 \text{ m/s x } 0{,}6^{4,5}$$

= 0,005 m/s

5. Debit *backwash* (Qb)

Qb = Vb x 1000 L/m^3

= 0,005 m/s x 1000 L/m^3

= 4,69 L/s.m^2

6. Kehilangan tekanan awal *backwash* (H_L)

H_L = (Sg – 1) x (1 – ε) x D

= (1,6 – 1) x (1 – 0,6) x 0,46 m

= 0,11 m

7. Tinggi ekspansi media antrasit Le

$$Le = D \text{ x } \frac{(1-d)}{\left[1-(\frac{Va}{Vs})^{0,22}\right]}$$

$$= 0,46 \text{ m x } \frac{(1-0,001\ m)}{\left[1-(\frac{0,00408\ m/s}{0,047\ m/s})^{0,22}\right]}$$

= 0,46 m

b. Pasir

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

$$Nre = \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (D) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$$

$$= \frac{0,6 \text{ x } 2650 \text{ kg/m}^3 \text{ x } 0,0002 \text{ m x } 0,00408 \text{ m/s}}{0,8363 \text{ x } 10^{-3} \text{ N s/m}^2}$$

= 5,30

2. Koefisien *drag* (Cd)

$$Cd = \frac{24}{\text{Nre}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Nre}}} + 0,34$$

$$= \frac{24}{5,30} + \frac{3}{\sqrt{5,30}} + 0,34$$

= 6,17

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

$$Vs = \left[\frac{4 \text{ x g}}{3 \text{ x Cd}} \text{ x (Sg} - 1) \text{ x d}\right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{4 \text{ x } 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \text{ x } 6,17} \text{ x } (2,65 - 1) \text{ x } 0,0005 \text{ m}\right]^{1/2}$$

= 0,042 m/s

4. Kecepatan *backwash* (Vb)

Vb $= Vs \times \varepsilon^{4,5}$

$= 0{,}042 \text{ m/s} \times 0{,}4^{4,5}$

= 0,000677 m/s

5. Debit *backwash* (Qb)

Qb $= Vb \times 1000 \text{ L/m}^3$

$= 0{,}000677 \text{ m/s} \times 1000 \text{ L/m}^3$

= 0,677 L/s.m²

6. Kehilangan tekanan awal *backwash* (H_L)

H_L $= (Sg - 1) \times (1 - \varepsilon) \times D$

$= (2{,}65 - 1) \times (1 - 0{,}4) \times 0{,}23 \text{ m}$

= 0,228 m

7. Tinggi ekspansi media pasir (Le)

Le $= D \times \frac{(1-d)}{\left[1-(\frac{Va}{Vs})^{0,22}\right]}$

$= 0{,}23 \text{ m} \times \frac{(1 - 0{,}001\ m)}{\left[1-(\frac{0,00408\ m/s}{0,042\ m/s})^{0,22}\right]}$

= 0,23 m

c. Garnet

1. Menghitung nilai bilangan Reynold (Nre)

Nre $= \frac{\text{Shape factor } (\emptyset) \text{ x Massa jenis } (\rho) \text{ x diameter (D) x kec.filtrasi (Va)}}{\text{Viskositas dinamik } (\mu)}$

$= \frac{0{,}6 \times 1950 \text{ kg/m}^3 \times 0{,}0002 \text{ m} \times 0{,}00408 \text{ m/s}}{0{,}8363 \times 10^{-3} \text{ N s/m}^2}$

= 1,14

2. Koefisien *drag* (Cd)

Cd $= \frac{24}{\text{Nre}} + \frac{3}{\sqrt{\text{Nre}}} + 0{,}34$

$= \frac{24}{1{,}14} + \frac{3}{\sqrt{1{,}14}} + 0{,}34$

= 21,02

3. Kecepatan pengendapan partikel (Vs)

Vs $= \left[\frac{4 \times g}{3 \times Cd} \times (Sg - 1) \times d\right]^{1/2}$

$= \left[\frac{4 \times 9{,}8 \text{ m/s}^2}{3 \times 21{,}02} \times (3{,}9 - 1) \times 0{,}0002 \text{ m}\right]^{1/2}$

= 0,019 m/s

4. Kecepatan *backwash* (Vb)

   Vb = Vs x $\varepsilon^{4,5}$

   = 0,019 m/s x $0,38^{4,5}$

   = 0,00024 m/s

5. Debit *backwash* (Qb)

   Qb = Vb x 1000 L/m^3

   = 0,00024 m/s x 1000 L/m^3

   = 0,24 L/s.m^2

6. Kehilangan tekanan awal *backwash* (H_L)

   H_L = (Sg – 1) x (1 – ε) x D

   = (3,9 – 1) x (1 – 0,38) x 0,15 m

   = 0,27 m

7. Tinggi ekspansi media garnet (Le)

   Le $= D \times \frac{(1-d)}{\left[1-(\frac{Va}{Vs})^{0,22}\right]}$

   $= 0,15 \text{ m} \times \frac{(1-0,001\ m)}{\left[1-(\frac{0,00408\ m/s}{0,019\ m/s})^{0,22}\right]}$

   = 0,15 m

- **Resume Bangunan**
  - Tinggi ekspansi media antrasit = 0,46 m
  - Tinggi ekspansi media pasir = 0,23 m
  - Tinggi ekspansi media garnet = 0,15 m

E. Sistem *Manifold*

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

    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*
  - Jarak antar *manifold* = 7,5 – 30 cm
  - Jarak antar lateral = 7,5 – 30 cm

- Jarak antar *orifice* = 7,5 – 30 cm
- Diameter *orifice* = 0,6 – 2 cm

(*Sumber: Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 202*)

- **Data Perencanaan**
  - Debit bak = 0,06 m^3/s
  - Kecepatan aliran pipa *manifold* = 1,5 m/s
  - Kecepatan aliran pipa *lateral* = 1,5 m/s
  - Jarak antar *manifold* dengan dinding = 20 cm → 0,2 m
  - Jarak antar *lateral* = 20 cm → 0,2 m
  - Jarak antar *orifice* = 15 cm → 0,15 m
  - Diameter pipa *lateral* = 1/3 diameter *manifold*
  - Diameter pipa *orifice* = 0,02 m
  - Luas tiap unit filtrasi = 23,37 m^2

- **Perhitungan**

a. **Pipa *Manifold***

1. Luas penampang pipa (A)

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

$$= \frac{0{,}06\ m^3/s}{1{,}5\ m/s}$$

$$= \mathbf{0{,}04\ m^2}$$

2. Diameter pipa *manifold* (D_m)

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

$$= \sqrt{\frac{4\ x\ (0{,}04\ m^2)}{3{,}14}}$$

$$= \mathbf{0{,}22\ m \rightarrow 8{,}76\ inch}$$

Berdasarkan tabel katalog pipa pada lampiran, maka dipilih pipa dengan ukuran pasaran 10 inch (267 mm)

3. Cek Kecepatan aliran pipa (V_{cek})

V_{cek} $= \frac{Q}{\frac{1}{4} \text{ x } \pi \text{ x } D^2}$

$= \frac{0,06 \ m^3/s}{\frac{1}{4} \text{ x } 3,14 \text{ x } (0,27 \text{ m})^2}$

= 1,04 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

4. Panjang pipa *manifold* (L_m)

L_m = Panjang bak filtrasi

= 6,80 m

b. Pipa *Lateral*

1. Diameter pipa *lateral* (D_L)

D_L $= \frac{1}{3} \text{ x } D_m$

$= \frac{1}{3} \text{ x } 0,27 \text{ m}$

= 0,089 → 89 mm

2. Luas penampang pipa (A)

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

$= \frac{1}{4} \text{ x } 3,14 \text{ x } (0,089 \text{ m})^2$

= 0,01 m^2

3. Debit tiap pipa *lateral* (Q_L)

Q_L = V x A

= 1,5 m/s x 0,01 m^2

= 0,01 m^3/s

4. Jumlah pipa *lateral* (n)

n $= \frac{\text{Debit tiap bak filtrasi (Q)}}{\text{Debit tiap pipa leteral } (Q_L)}$

$= \frac{0,06 \text{ m}^3/\text{s}}{0,01 \text{ m}^3/\text{s}}$

= 6 buah

5. Jumlah lateral tiap sisi (n)

n $= \frac{\text{jumlah pipa lateral (n)}}{2}$

$= \frac{6 \text{ buah}}{2}$

= 3 buah

6. Cek debit *lateral* (Q_{cek})

Q_{cek} $= \frac{\text{Debit tiap bak filtrasi (Q)}}{\text{Jumlah pipa lateral (n)}}$

$= \frac{0{,}06 \text{ m}^3/\text{s}}{6 \text{ buah}}$

= 0,01 m³/s

7. Panjang pipa *lateral* (L_L)

L_L $= \frac{\text{Lebar bak (W)} - D_m \text{ x } (2 \text{ x } D_L)}{2}$

$= \frac{3{,}42 \text{ m} - 0{,}267 \text{ m x } (2 \text{ x } 0{,}089 \text{ m})}{2}$

= 1,69 m

c. Orifice

1. Luas lubang *orifice* (A)

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

$= \frac{1}{4} \text{ x } 3{,}14 \text{ x } (0{,}02 \text{ m})^2$

= 0,000314 m² → 3,14 x 10⁻⁴ m²

2. Jumlah lubang *orifice* tiap bak filter (n)

n $= \frac{0{,}0025 \text{ x Luas penampang baak filtrasi (A)}}{\text{Luas penampang orifice (A)}}$

$= \frac{0{,}0025 \text{ x } 23{,}15 \text{ m}^2}{3{,}14 \text{ x } 10^{-4} \text{ m}^2}$

= 186,07 buah → 186 buah

3. Jumlah *orifice* tiap pipa lateral (n)

n $= \frac{\text{Jumlah lubang orifice (n)}}{\text{Jumlah pipa lateral (n)}}$

$= \frac{186 \text{ buah}}{6 \text{ buah}}$

= 31,01 buah → 31 buah

- **Resume Bangunan**
  - Jarak antar *manifold* dengan dinding = 20 cm → 0,2 m
  - Jarak antar *lateral* = 20 cm → 0,2 m
  - Jarak antar *orifice* = 15 cm → 0,15 m

- Diameter pipa *manifold* = 0,27 m → 10 inch
- Diameter pipa *lateral* = 0,09 m
- Diameter lubang *orifice* = 0,02 m
- Panjang pipa *manifold* = 6,80 m
- Panjang pipa *lateral* = 1,69 m
- Jumlah pipa *lateral* = 6 buah
- Jumlah pipa *lateral* tiap sisi = 3 buah
- Jumlah lubang *orifice* = 186 buah
- Jumlah lubang *orifice* tiap pipa *lateral* = 31 buah

F. Pipa *Outlet*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Koefisien elbow 90^0 pipa (K) = 0,8
  - Koefisien *gate valve* (K) = 0,19
  - Koefisien *tee* pipa (K) = 0,3
  - Koefisien kekasaran pipa PVC (C) = 130

- **Data Perencanaan**
  - Debit tiap bak filtrasi (Q) = 0,06 m^3/s
  - Diameter pipa *outlet* = Diameter pipa manifold (0,27 m)
  - Panjang pipa *outlet* = 4 m

- **Perhitungan**
  1. Luas penampang pipa (A)

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

     $= \frac{1}{4} \text{ x } 3{,}14 \text{ x } (0{,}27 \text{ m})^2$

     = 0,06 m²
  2. Kecepatan aliran pipa *outlet* (v)

     v $= \frac{\text{Debit tiap bak filtrasi (Q)}}{\text{Luas penampang pipa (A)}}$

$= \frac{0{,}06\ m^3/s}{0{,}06\ m^2}$

= 1,04 m/s

3. *Headloss* mayor pipa *outlet* (Hf mayor)

Hf mayor $= \frac{10{,}7 \text{ x } (Q)^{1{,}852}}{(C)^{1{,}852} \text{ X } (D)^{4{,}87}} \text{ x L}$

$= \frac{10{,}7 \text{ x } (0{,}06)^{1{,}852}}{(130)^{1{,}852} \text{ X } (0{,}27)^{4{,}87}} \text{ x 4 m}$

= 0,02 m

4. *Head* kecepatan pipa *outlet* (Hv)

Hv $= \frac{v^2}{2 \text{ x } g}$

$= \frac{(1{,}04\ m/s)^2}{2 \text{ x } 9{,}81\ m/s^2}$

= 0,06 m

5. *Headloss* minor pipa *outlet* (Hf minor)

Hf Elbow 90^0 $= \text{K x } \frac{v^2}{2 \text{ x } g}$

$= 0{,}8 \text{ x } \frac{(1{,}04\ m/s)^2}{2 \text{ x } 9{,}81\ m/s^2}$

= 0,04

Hf Gate valve $= \text{K x } \frac{v^2}{2 \text{ x } g}$

$= 0{,}19 \text{ x } \frac{(1{,}04\ m/s)^2}{2 \text{ x } 9{,}81\ m/s^2}$

= 0,01 m

Hf Tee $= \text{K x } \frac{v^2}{2 \text{ x } g}$

$= 0{,}3 \text{ x } \frac{(1{,}04\ m/s)^2}{2 \text{ x } 9{,}81\ m/s^2}$

= 0,02 m

Hf minor = Hf Elbow 90^0 + Hf Gate valve + Hf Tee

= 0,04 m + 0,01 m + 0,02 m

= 0,07 m

6. *Headloss* total pipa *outlet* (Hf total)

Hf total = Hf mayor + Hf minor

= 0,02 m + 0,07 m

= 0,09 m

- **Resume Bangunan**

1. *Headloss* mayor pipa *outlet* (Hf mayor) = 0,02 m
2. *Head* kecepatan pipa *outlet* (Hv) = 0,06 m
3. *Headloss* minor pipa *outlet* (Hf minor) = 0,07 m
4. *Headloss* total pipa *outlet* (Hf total) = 0,09 m

G. Volume Air untuk Pencucian

- **Kriteria Perencanaan**

1. Kecepatan pencucian (v) = 45 m/jam → 0,0125 m/s

   (*Sumber: Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 172)*
2. Durasi *backwash* (tbw) = 10 menit → 600 s

   (*Sumber: Masduqi dan Assomadi, (2016), Operasi & Proses Pengolahan Air hal 202*)

- **Data Perencanaan**

1. Debit tiap bak filtrasi (Q) = 0,06 m^3/s
2. Jumlah unit (n) = 2 buah
3. Kecepatan aliran (V) = 0,5 m/s
4. Panjang bak filtrasi (L) = 6,84 m
5. Lebar bak filtrasi (W) = 3,42 m
6. Panjang saluran (Ls) = 5 m

- **Perhitungan**

1. Luas bak filtrasi (A)

   A = Panjang bak (L) x lebar bak (W)

   = 6,84 m x 3,24 m

   = 23,37 m^2

2. Volume air untuk *backwash* (Vbw)

Vbw = A x v x tbw

= 23,37 m^2 x 0,0125 m/s x 600 s

= 175,28 m^3

3. Debit *backwash* (Qbw)

Qbw $= \frac{Vbw}{tbw}$

$= \frac{175{,}28\ m^3}{600\ s}$

= 0,29 m^3/s

- **Resume Bangunan**

1. Volume pencucian (V total) = 178,28 m^3
2. Debit pencucian (Q total) = 0,29 m^3/s

H. Saluran Pelimpah (*Gutter*)

- **Data Perencanaan**

1. Debit pencucian (Q) = 0,58 m^3/s
2. Jumlah *gutter* (n) = 1 buah
3. Panjang *gutter* (Lw) = Panjang bak filtrasi (6,84 m)
4. Lebar bak filtrasi (W) = 3,42 m
5. Freeboard = 20% x H_0

- **Perhitungan**

1. Kedalaman air pada *gutter* (H_0)

H_0 $= 1{,}73 \text{ x } \left[\frac{Q^2}{g \text{ X } W}\right]^{1/3}$

$= 1{,}73 \text{ x } \left[\frac{(0{,}58\ m^3/s)^2}{9{,}81\ m/s^2 \text{ X } 3{,}42\ m}\right]^{1/3}$

= 0,37 m

2. Lebar *gutter* (Ww)

Ww = 1,5 x H_0

= 1,5 x 0,37 m

= **0,56 m**

3. Tinggi *gutter* (Hw)

   Hw = H_0 + (Fb x H_0)

   = 0,37 m + (20% x 0,37 m)

   = **0,45 m**

- **Resume Bangunan**
  1. Jumlah *gutter* (n) = 1 buah
  2. Panjang *gutter* (Lw) = 6,84 m
  3. Lebar *gutter* (Ww) = 0,56 m
  4. Tinggi air pada *gutter* (H0) = 0,37 m
  5. *Freeboard* (Fb) = 0,08 m
  6. Tinggi total *gutter* (Hw) = 0,45 m

I. Tinggi Bak Filtrasi

- **Data Perencanaan**
  - Tinggi ekspansi media antrasit = 0,46 m
  - Tinggi ekspansi media pasir = 0,23 m
  - Tinggi ekspansi media garnet = 0,15 m
  - Tinggi total *gutter* = 0,45 m
  - Diameter pipa *manifold* = 0,27 m → 10 inch
  - *Freeboard* (Fb) = 20% x H

- **Perhitungan**
  1. Tinggi bak filtrasi (H)

     H = Tinggi ekspansi media (antrasit + pasir + garnet) + tinggi total *gutter* + diameter pipa *manifold*

     = (0,46 m + 0,23 m + 0,15 m) + 0,45 m + 0,27 m

     = **1,55 m**
  2. Tinggi total bak filtrasi (H_{tot})

     H_{tot} = H + (Fb x H)

= 1,55 m + (20% x 1,55 m)

= 1,55 m + 0,31 m

= 1,86 m

- **Resume Bangunan**
  1. Tinggi bak filtrasi (H) = 1,55 m
  2. *Freeboard* (Fb) = 0,31 m
  3. Tinggi total bak filtrasi (H_{tot}) = 1,86 m

J. Ruang Penampung *Backwash*

- **Data Perencanaan**
  1. Volume air pencucian (V total) = 175,28 m^3
  2. Tinggi filtrasi (H total) = 1,86 m
  3. Panjang bak filtrasi (L) = 6,84 m
  4. Jumlah bak filtrasi (n) = 2 buah

- **Perhitungan**
  1. Panjang bak penampung (L)

     L = Panjang bak filtrasi (L) x jumlah bak filtrasi (n)

     = 6,84 m x 2 buah

     = 13,67 m → 14 m
  2. Lebar bak penampung (W)

     $$W = \frac{\text{Volume air pencucian (V)}}{\text{Panjang bak (L) x Tinggi bak (H)}}$$

     $$= \frac{175{,}28\ m^3}{6{,}84\ m\ x\ 1{,}86\ m}$$

     = 23,84 m → 24 m

- **Resume Bangunan**
  1. Panjang bak penampung (L) = 13,67 m → 14 m
  2. Lebar bak penampung (W) = 23,84 m → 24 m

K. Pipa *Drain Backwash*

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

    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*

- **Data Perencanaan**
  1. Debit pencucian (Q) = 0,29 m^3/s
  2. Kecepatan aliran (V) = 1 m/s
  3. Jumlah pipa *drain* = 1 buah

- **Perhitungan**
  1. Luas penampang pipa (A)

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

     $$= \frac{0{,}29\ m^3/s}{1\ m/s}$$

     $$\mathbf{= 0{,}29\ m^2}$$

  2. Diameter pipa *drain* (D_d)

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

     $$= \sqrt{\frac{4\ x\ (0{,}29\ m^2)}{3{,}14}}$$

     $$\mathbf{= 0{,}61\ m \rightarrow 610\ mm}$$

     Berdasarkan tabel katalog pipa pada lampiran, maka dipilih pipa dengan ukuran pasaran 600 mm

  3. Cek Kecepatan aliran pipa (V_{cek})

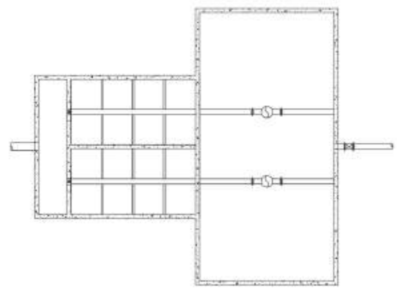
     $$V_{cek} = \frac{Q}{\frac{1}{4}\ x\ \pi\ x\ D^2}$$

     $$= \frac{0{,}29\ m^3/s}{\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}60\ m)^2}$$

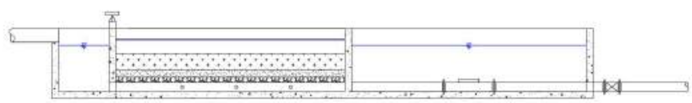
     = 1,03 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

- **Resume Bangunan**
  1. Diameter pipa drain = 0,60 m

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.9 Desinfeksi

Desinfeksi diartikan sebagai destruksi mikroba yang bersifat patogen. Disinfeksi dimaksudkan untuk melindungi pengguna air dari penularan penyakit yang dapat disebarkan melalui air saat proses distribusi, antara lain: *disenteri, kolera, tipus, poliomyelitis, hepatitis*, dan sebagainya.

A. Kebutuhan Klor

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu detensi (td) = 10 – 120 menit
  - Dosis klor = 0,2 – 4 mg/L

  (*Sumber: Qasim, Motley, & Zhu. 2000 page 491*).
  - Kandungan klor aktif = 99%
  - Sisa klor = 0,25 – 0,35 mg/L

  (*Sumber: SNI 6774: 2008 Tata cara perencanaan unit paket instalasi* *pengolahan air, hal 9*).

- **Data Perencanaan**
  - Debit air baku (Q) = 0,12 m^3/s → 116,78 L/s
  - Sisa klor = 0,3 mg/L
  - Dosis klor optimum = 3 mg/L
  - Kadar klor yang aktif = 99%
  - Waktu detensi = 30 menit → 1800 s

- **Perhitungan**
  1. Total klor

     Total klor = Dosis klor optimum + Sisa klor

     = 3 mg/L + 0,3 mg/L

     = 3,30 mg/L
  2. Kebutuhan klor

     Keb. Klor = kadar klor aktif x total klor x Debit air baku (Q)

     = 99% x 3,30 mg/L x 116,78 L/s

     = 1156,11 mg/s → 99,89 kg/hari

Air Kapasitas (L)	Bekerja Tekanan (Bar)	PENGUJIAN Tekanan (Bar)	Max Mengisi Jumlah (Kg)	Dinding Ketebalan (Mm)	Nominal Diameter (Mm)	Panjang (Mm)	Berat (Kg)	Bahan	Valve	Standar
840L	20	30	1000	10	800	2100	480	HP345	QF-10D	GB5100-20
800L	20	30	1000	10	800	2000	445	HP345	QF-10D	GB5100-20
400L	20	30	500	8	600	1780	260	HP345	QF-10D	GB5100-20

     Berdasarkan tabel di atas, dipilih merek GB5100-20 dengan kapasitas 800 L dengan maksimal mengisi 1000 kg/tabung
  3. Kebutuhan tabung klor

     $$\text{Keb. Tabung} = \frac{\text{Kebutuhan klor}}{\text{Kapasitas tabung klor}}$$

     $$= \frac{99{,}98 \text{ kg/hari}}{1000 \text{ kg}}$$

     = 0,10 tabung/hari
  4. Lama penggantian tabung

$t_{penggantian}$ $= \frac{\text{jumlah tabung}}{\text{Kebutuhan tabung klor}}$

$= \frac{\text{1 tabung}}{\text{0,10 tabung/hari}}$

= 10 hari

- **Resume Bangunan**
  - Kebutuhan klor = 99,89 kg/hari
  - Tabung gas klor = GB5100-20 (1000 kg/hari)
  - Lama penggantian tabung = 10 hari

B. Pipa *outlet* desinfeksi

- **Kriteria Perencanaan**
  - Koefisien kekasaran pipa = 130
  - Massa jenis gas klorin = 0,003214 g/cm^3

- **Data Perencanaan**
  - Panjang pipa (L) = 5 m
  - Kecepatan aliran (v) = 0,5 m/s
  - Kebutuhan gas klorin = 99,89 kg/hari → 27,75 g/s

- **Perhitungan**

1. Debit gas klorin (Qc)

Qc $= \frac{kebutuha\ \ gas\ klorin}{massa\ jenis\ gas\ klorin}$

$= \frac{27{,}75\ g/s}{3{,}21\ x\ 10^{-3}\ g/cm3}$

= 8633,09 cm^3/s → 0,00863 m^3/s → 8,63 x 10^{-3} m^3/s

2. Luas penampang pipa (A)

A $= \frac{Debit\ gas\ klorin\ (Qc)}{kecepaatan\ aliran\ (v)}$

$= \frac{8{,}63 \text{ x } 10^{-3} \text{ m3/s}}{0{,}6\ m/s}$

= 0,0143 m^2 → 1,43 x 10^{-2} m^2

3. Diameter pipa (D)

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

$= \sqrt{\frac{4 \ x \ (1{,}43 \text{ x } 10^{-2}) \ m^2}{3{,}14}}$

= 0,14 m → 5,33 inch

Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 4 inch (100 mm)

4. Cek kecepatan (v_{cek})

$v_{cek} = \frac{\text{Debit gas klorin (Qc)}}{\text{luas penampang (A)}}$

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

$= \frac{8{,}63 \text{ x } 10^{-3} \text{ m3/s}}{\frac{1}{4} x \ 3{,}14 \ x \ 0{,}10^2 \ m}$

= 1,07 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s^2)

- **Resume Bangunan**
  - Panjang pipa (L) = 5 m
  - Diameter pipa (D) = 0,10 m → 4 inch

5.10 Resevoir

A. Pipa *inlet* dan *outlet*

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

    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*

- **Data Perencanaan**
  - Debit masuk (Q) = 124 L/s → 0,12 m3/s
  - Kecepatan aliran pipa (V) = 1,5 m/s
  - Asumsi waktu dari *ground reservoir* – PDAM = 00.00 – 24.00
  - Asumsi waktu dari PDAM – Distribusi = 03.00 – 23.00

- **Perhitungan**
  1. Luas penampang pipa (A)

     `A $= \frac{Debit\ gas\ klorin\ (Qc)}{kecepaatan\ aliran\ (v)}$

     $= \frac{0{,}12\ \text{m3/s}}{1{,}5\ m/s}$

     = 0,08 m2
  2. Diameter pipa (D)

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

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

     = 0,32 m → 12,80 inch

     Berdasarkan tabel di atas maka dipilih pipa sebesar 14 inch (360 mm)
  3. Cek kecepatan (v_{cek})

     v_{cek} $= \frac{\text{Debit gas klorin (Qc)}}{\text{luas penampang (A)}}$

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

     $= \frac{0{,}12\ \text{m3/s}}{\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ 0{,}36^2\ m}$

     = **1,25 m/s (memenuhi range 0,6 – 1,5 m/s^2)**

- **Resume Bangunan**
  - Diameter pipa inlet = 0,36 m → 14 inch
  - Diameter pipa outlet = 0,36 m → 14 inch

B. Bak reservoir

- **Data Perencanaan**
  - Waktu detensi (td) = 20 menit → 1200 s
  - Debit air baku (Q) = 124 L/s → 0,12 m^3/s
  - Jumlah unit (n) = 1 buah
  - Tinggi bak (H) = 3 m
  - Rasio Panjang:Lebar (L:W) = 2:1

- **Perhitungan**
  1. Volume bak (V)

     V = (Q) x td

     = 0,12 m^3/s x 1200 s

     = 149,24 m^3
  2. Luas Bak Penampung (A)

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

     $= \frac{149{,}24\ m3}{3\ m}$

     = 49,75 m^2
  3. Dimensi bak

     A = L x W

     = 2W x W

     = $2W^2$

     W $= \sqrt{\frac{A}{2}}$

     $= \sqrt{\frac{49{,}75\ m}{2}}$

     = 4,99 m → 5 m

     L = 2 x W

     = 2 x 5 m

     = 10 m

     H = 3 m

     H_{tot} = H + Freeboard

     = H + (20% x H)

     = 3 m + (20% x 3 m)

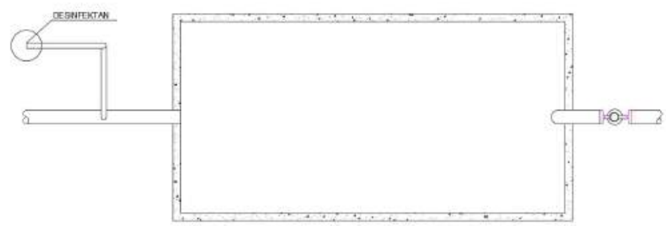
     = 3 m + (0,6 m)

     = 3,6 m

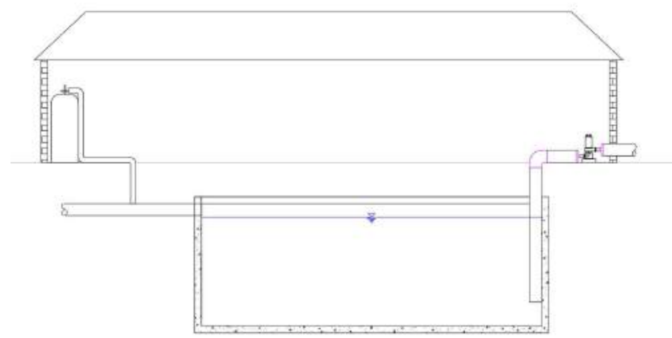
- **Resume Bangunan**
  - Panjang bak (L) = 10 m

- Lebar bak (W) = 5 m
- Tinggi bak (H) = 3 m
- Freeboard (Fb) = 0,6 m
- Tinggi total (H_{tot}) = 3,6 m

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.11 *Sludge Thickener*

A. Dimensi *Sludge Thickener*

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kedalaman unit (H) = 3 – 4 m
  - Waktu detensi (td) = 24 jam → 1 hari

    (*Sumber: Qasim, S. R. (1999). Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation. Florida: CRC Press)*
  - Kemiringan dasar tangki (S) = 2:12 – 3:12
  - Beban Solid = 50 kg/m^2.hari

- Beban hidraulik = 10 – 32 m^3/m^2.hari

  (*Sumber: Buku A Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja, Direktorat Jenderal Cipta Karya Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, hal 33)*

- **Data Perencanaan**
  - Debit lumpur = 276,03 m^3/hari → 0,00319 m^3/s
  - Konsentrasi TSS = 2200 mg/L → 2200 g/m^3
  - Konsentrasi BOD = 10 mg/L → 10 g/m^3
  - Densitas lumpur = 946,61 kg/hari
  - Konsentrasi air dalam lumpur = 95%
  - Konsentrasi solid dalam lumpur = 5%
  - Kedalaman unit = 2 m

- **Perhitungan**
  1. Beban massa TSS dalam *influent*

     Massa $TSS_{influent}$ = Konsentrasi TSS x debit lumpur (Q)

     $$= \frac{2200 \text{ g/m}^3 \text{ x } 276{,}03 \text{ m}^3\text{/hari}}{1000 \text{ g/kg}}$$

     = 607,27 kg/hari
  2. Luas permukaan TSS dalam *influent*

     A $TSS_{influent}$ $= \frac{\text{beban TSS dalam influent}}{\text{beban solid}}$

     $$= \frac{607{,}27 \text{ kg/hari}}{50 \text{ kg/m}^3\text{.hari}}$$

     = 12,15 m^2
  3. Dimensi bak

     Diameter (D) $= \sqrt{\frac{4 \text{ x A}}{\pi}}$

     $$= \sqrt{\frac{4 \text{ x } 12{,}15 \text{ m}^2}{3{,}14}}$$

     = 3,93 m → 4 m

     Jari-jari (r) $= \frac{\text{Diameter (D)}}{2}$

$= \frac{4 \text{ m}}{2}$

= 2 m

Tinggi *Thickening* (H) = 2 m

Tinggi *Thickening* total = H + *Freeboard*

= H + (10% x H)

= 2 m + (10% x 2 m)

= 2 m + 0,2 m

= 2,2 m

4. Cek luas permukaan (A_{cek})

A_{cek} $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$

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

= 12,56 m² $= \mathbf{12{,}56\ m^2}$

5. Jari-jari hidrolis (R)

R $= \frac{\text{jari−jar (r) x tinggi thickening (H)}}{\text{jari−jari (r) + (2 x tinggi thickening (H)}}$

$= \frac{2 \text{ m } x \text{ } 2 \text{ } m}{2 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m})}$

= 0,67 m

6. Beban hidraulik

Beban hidraulik $= \frac{\text{Debit lumpur (Q)}}{\text{Cek luas permukaan (Acek)}}$

$= \frac{276{,}03 \ m^3/\text{hari}}{12{,}56 \ m^2}$

$\mathbf{= 21{,}97\ m^3/m^2.hari}$

7. Total konsentrasi solid

Total konsentrasi solid $= \frac{\text{beban massa TSS influent}}{\text{densitas lumpur } (\rho) \text{ x debit lumpur (Q)}} \times 100\%$

$= \frac{607{,}27 \text{ kg/hari}}{946{,}61 \text{ kg/hari x } 276{,}03 \ m^3/\text{hari}} \times 100\%$

= 0,23%

8. Beban TSS terpadatkan (*effluent)*

Beban TSS terpadatkan = efisiensi penyisihan TSS x massa $TSS_{influent}$

= 90% x 607,27 kg/hari

$$= \mathbf{546{,}54\ kg/hari}$$

9. Debit lumpur terpekatkan

Q lumpur *effluent* $= \frac{\text{beban TSS terpadatkan (effluent)}}{\text{konsentrasi solid dalam lumpur x densitas lumpur}}$

$= \frac{546{,}54\ \text{kg/hari}}{5\ \%\ \text{x}\ 946{,}61\ \text{kg/hari}}$

$= \mathbf{11{,}55\ m^3/hari}$

10. Konsentrasi TSS dalam lumpur terpekatkan

Konsentrasi TSS_{eff} $= \frac{\text{beban TSS terpadatkan (effluent)}}{\text{Debit lumpur terpektkan (Q)}}$

$= \frac{546{,}54\ \text{kg/hari}}{11{,}65\ \text{m}^3\text{/hari}}$

$= \mathbf{47{,}33\ g/m^3 \rightarrow 47{,}33\ mg/L}$

11. Beban TSS dalam *supernatant*

TSS *supernatant* = beban *TSS influent* – beban TSS *effluent*

= 607,72 kg/hari – 546,55 kg/hari

= 60,72 kg/hari

12. Debit *supernatant*

Q *supernatant* = debit lumpur *inf* – debit lumpur *eff*

= 276,03 m^3/hari – 11,55 m^3/hari

$= \mathbf{264{,}48\ m^3/hari}$

13. Konsentrasi TSS dalam *supernatant*

Konsentrasi TSS_{sup} $= \frac{\text{bean TSS supernatant}}{\text{debit supernatant}}$

$= \frac{60{,}72\ \text{kg/hari x 1000 g/kg}}{264{,}48\ \text{m}^3\text{/hari}}$

$= \mathbf{229{,}61\ g/m^3 \rightarrow 229{,}61\ mg/L}$

14. Estimasi penyisihan TSS

% *Removal* TSS $= \frac{\text{TSS influent} - \text{TSS effluent}}{\text{TSS influent}}$ x 100%

$= \frac{2200\ \text{mg/L} - 47{,}33\ \text{mg/L}}{2200\ \text{mg/L}}$ x 100%

= 90%

15. Estimasi penyisihan BOD

% *Removal* BOD = 40%

= (1 – 0,4) x 10 mg/L

= **6 mg/L**

16. Tinggi ruang lumpur

V *sludge* = Volume kerucut

11,55 m^3 = $\frac{1}{3}$ x π x H x (R^2 + r^2 + R x r)

11,55 m^3 = $\frac{1}{3}$ x 3,14 x H x ($0,67^2$ + 2^2 +(0,67 x 2))

H **= 1,55 m → 1,6 m**

17. Tinggi total bangunan (H_{tot})

H_{tot} = Tinggi total *thickening* + Tinggi lumpur

= 2,2 m + 1,6 m

= 3,8 m (memenuhi syarat 3 – 4 m)

- **Resume Bangunan**
  - Debit *influent* = 276,03 m^3/hari
  - Debit terpadatkan = 11,55 m^3/hari
  - Debit *supernatant* = 264,48 m^3/hari
  - Tinggi unit (H) = 2 m
  - Tinggi ruang lumpur = 1,6 m
  - *Freeboard* = 0,2 m
  - Tinggi total = 3,8 m

B. Zona inlet

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

    (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*

- **Data perencanaan**
  - Debit lumpur *influent* = 276,03 m^3/hari → 0,00319 m^3/s
  - Kecepatan pipa *inlet* = 1 m/s

- **Perhitungan**

1. Diameter *inlet wall* (D')

   D' = 20% x diameter bak

   = 20% x 4 m

   = 0,8 m

2. Kecepatan air di *inlet wall*

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

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

   $= \frac{0{,}00319\ m^3/s}{\frac{1}{4}\, x\ 3{,}14\ x\ (0{,}8\ m)^2}$

   = 0,00636 m/s → 6,36 x 10^{-3} m/s

3. Pipa *inlet*

   Luas penampang pipa

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

   $= \frac{0{,}00319\ m^3/s}{1\ m/s}$

   = 0,00319 m^2 → 3,19 x 10^{-3} m2

   Diameter pipa *inlet*

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

   $= \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}00319}{3{,}14}}$

   = 0,06 m → 2,51 inch

   Berdasarkan pipa yang ada di pasaran, didapatkan diameter sebesar **75 mm** atau 2,5 **inch** merek rucika.

KELAS D

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
inch	mm				
1-1/4	42	1,30	4	SC	510042001
1-1/2	48	1,30	4	SC	510048001
2	60	1,30	4	SC	510060001
2-1/2	76	1,40	4	SC	510076001
3	89	1,60	4	SC	510089001
4	114	2,00	4	SC	510114001
5	140	2,60	4	SC	510140001
6	165	3,00	4	SC	510165001
8	216	4,20	4	SC	510216001
10	267	5,20	4	SC	510267001
12	318	6,20	4	SC	510318001

SC : Solvent Cement (Penyambungan dengan Lem)

Cek kecepatan pipa *inlet*

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

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

$= \frac{0{,}00319\, m^3/s}{\frac{1}{4}\, x\, 3{,}14\, x\, (0{,}075\, m)^2}$

= 1,01 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1 m/s)

- **Resume Bangunan**
  - Diameter *inlet well* = 0,8 m
  - Diameter pipa *inlet* = 0,075 m → 2,5 inch

C. Perhitungan pompa *Sludge Thickener* menuju SDB

- Kriteria Perencanaan
  - K Elbow 90^0 = 0,9
  - Tee = 1,25

  (*Sumber: Dake, J.M.K., Endang P. Tachyan dan Y.P. Pangaribuan, 1985. "Hidrolika Teknik* Edisi II", Erlangga. Jakarta)
  - K increaser = 0,25
  - Check valve = 2
  - K foot valve = 2,3

  (*Sumber: Practical Hydrolics For The Public Work Engineer, 1968*)

- Data perencanaan
  - Elbow 90^0 suction = 4 buah
  - Elbow 90^0 discharge = 3 buah
  - Reducer suction = 1 buah
  - Reducer discharge = 1 buah
  - Foot valve = 2 buah
  - Check valve = 1 buah
  - Tee = 1 buah
  - Q lumpur = 0,00319 m^3/s → 0,24 m^3/jam
  - L suction = 44,23 m
  - L discharge = 12,65 m
  - Diameter pipa = 0,075 m → 2,5 inch
  - Kecepatan pipa (v) = 1,01 m/s
  - Head statis = 6,87 m

- Perhitungan
  1. Perhitungan suction

     Headloss mayor

     $$Hf = \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$$

     $$= \frac{10.7\ x\ 44{,}23\ m\ x\ (0{,}00319\ m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85}\ x\ 0.3\ m^{4.87}}$$

     = 0,42 m

     Headloss minor (elbow 90^0)

     $$Hf_{elbow} = n\ x\ k\ x\ \frac{v^2}{2g}$$

     $$= (4\ x\ 0.9\ x\ \frac{1{,}01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$$

     = 0,19 m

     Headloss minor (increaser)

     $$Hf_{increaser} = n\ x\ k\ x\ \frac{v^2}{2g}$$

     $$= (1\ x\ 0.25\ x\ \frac{1{,}01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$$

= 0,01 m

Headloss minor (Tee)

Hf_{Tee} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (1 \times 0.25 \times \frac{1,01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,06 m

Headloss minor (Foot valve)

Hf_{fvalve} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (1 \times 2,3 \times \frac{1,01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,24 m

∑Hf minor

Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor increaser + Hf Tee + Hf foot valve

= 0,19 m + 0,01 m + 0,06 m + 0,24 m

= 0,50 m

∑Hf suction

Hfs = Hf mayor + Hf minor

= 0,42 m + 0,50 m

= 0,93 m

2. Perhitungan Discharge

Headloss mayor

Hf $= \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$

$= \frac{10.7\ x\ 12,65\ m\ x\ (0.00319\ m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85}\ x\ 0.3\ m^{4.87}}$

= 0,12 m

Headloss minor (elbow 90^0)

Hf_{elbow} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (3 \times 0.9 \times \frac{1,01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,14 m

Headloss minor (increaser)

$Hf_{increaser}$ = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

$Hf_{reducer}$ = (1 x 0.25 x $\frac{1,01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

= 0,01 m

Headloss minor (Check valve)

Hf_{checkv} = n x k x $\frac{v^2}{2g}$

Hf_{checkv} = (1 x 2 x $\frac{1,01\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2}$)

= 0,10 m

∑Hf minor

Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor check valve + Hf minor Increaser

= 0,14 m + 0,10 m + 0,01 m

= 0,26 m

∑Hf discharge

Hfd = Hf mayor + Hf minor

= 0.12 m + 0,26 m

= 0.38 m

5. Perhitungan Head total

$Head_{total}$ = Head statis + ∑Hf suction + ∑Hf discharge

= 6,87 m + 0,93 m + 0,38 m

= 8,17 m

6. Perhitungan Head pompa

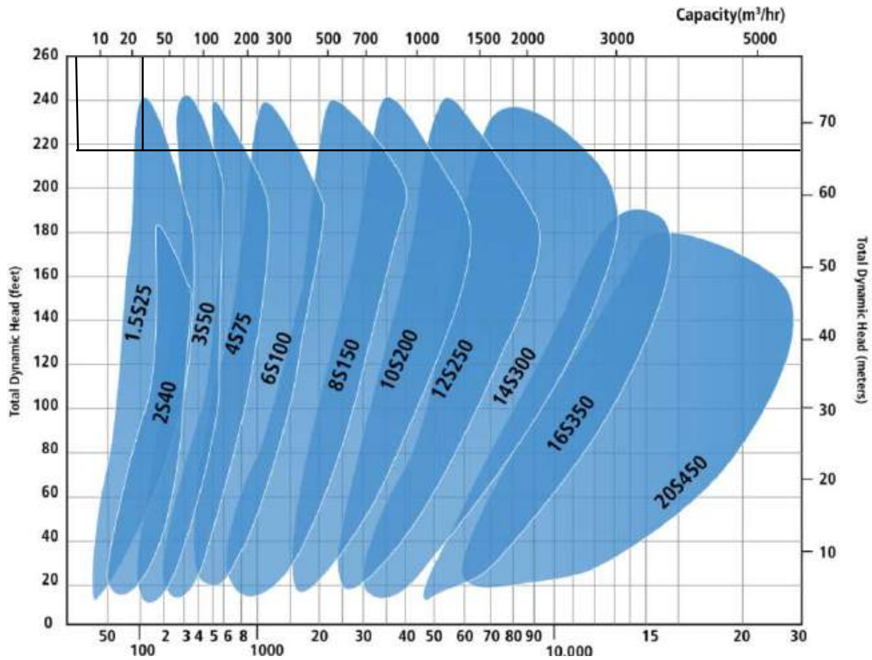
$Head_{pompa}$ = Head statis + L suction + L discharge

= 6,87 m + 44,23 m + 12,65 m

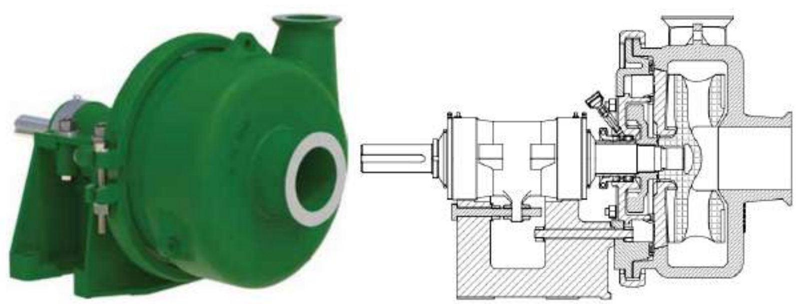
= 63,75 m

Head pompa > Head total

63,75 m > 8,17 m (memenuhi persyaratan)



Berdasarkan grafik di atas, maka dipilih pompa dengan merek Schurco *Slurry Pump* S Series tipe 1,5S25 dengan spesifikasi yang tertera pada lampiran A.



D. Zona Outlet

- **Kriteria Perencanaan**
  - Kecepatan aliran pipa (v) = 0,6 – 1,5 m/s
  - (*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*
  - Koefisien drag (Cd) = 0,6
  - Sudut V notch = 45^0

- *(Sumber: Qasim, dkk., 2000, Water Works Engineering Planning, Design, and Operation)*

- **Data Perencanaan**
  - Jarak antar V *notch* = 50 cm → 0,5 m
  - Debit lumpur *effluent* = 266 m^3/hari → 0,00301 m^3/s

- **Perhitungan**
  1. Panjang pelimpah (*weir)*

     L = π x D bak

     = 3,14 x 4 m

     = 12,56 m
  2. Jumlah V *notch*

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

     $= \frac{12{,}56\ m}{0{,}5\ m}$

     = 25 buah
  3. Debit melalui V *notch*

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

     $= \frac{0{,}003\ m3/s}{47}$

     = 0,00012 m^3/s
  4. Tinggi limpasan melalui V *notch*

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

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

     $= \sqrt[5]{\frac{0{,}00012\ m3/s}{\frac{8}{15}\ x\ 0{,}6\ x\ \sqrt{2\ x\ 9{,}81}\ x\ tan45}^{2}}$

     = 0,0988 m → 9,88 cm
  5. Saluran Pelimpah

a. Luas permukaan saluran pelimpah (A)

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

$= \frac{0{,}00301\ m3/s}{0{,}6\ m/s}$

= 0,0051 m²

b. Dimensi saluran pelimpah W:H = 2:1

A = W x H

= W x 2W

$= 2W^2$

H $= \sqrt{2\ x\ A}$

$= \sqrt{2\ x\ 0{,}0051\ m2}$

= 0,05 m

W = 2 x H

= 2 x 0,05

= 0,1 m

Fb = 20% x H

= 20% x 0,05 m

= 0,01 m

H_{tot} = H + Fb

= 0,05 m + 0,01 m

= 0,06 m → 0,1 m

6. Pipa *outlet*

Luas Penampang Pipa

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

$= \frac{0{,}00301\ m3/s}{1\ m/s}$

= **0,00301 m²**

Diameter Pipa Outlet

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

$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}00301\ m2}{3{,}14}}$

= **0,06 m → 2,46 inch**

Berdasarkan pipa yang ada di pasaran, didapatkan diameter sebesar **216 mm** atau **2,5-inch** merek rucika.

KELAS D

Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
inch	mm				
1-1/4	42	1,30	4	SC	510042001
1-1/2	48	1,30	4	SC	510048001
2	60	1,30	4	SC	510060001
2-1/2	76	1,40	4	SC	510076001
3	89	1,60	4	SC	510089001
4	114	2,00	4	SC	510114001
5	140	2,60	4	SC	510140001
6	165	3,00	4	SC	510165001
8	216	4,20	4	SC	510216001
10	267	5,20	4	SC	510267001
12	318	6,20	4	SC	510318001

SC : Solvent Cement (Penyambungan dengan Lem)

Cek kecepatan pipa *outlet*

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

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

$$= \frac{0{,}00301\ m^3/s}{\frac{1}{4} x\ 3{,}14\ x\ (0{,}075\ m)^2}$$

= 0,7 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah V *notch* = 25 buah
  - Jarak antar V *notch* = 0,5 m
  - Tinggi limpasan V *notch* = 9,88 cm
  - Lebar saluran pengumpul = 0,1 m
  - Tinggi saluran pengumpul = 0,05 m
  - Tinggi total saluran = 0,1 m
  - Diameter pipa = 0,075 m → 2,5 inch

E. Pipa outlet menuju SDB

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

(*Sumber: Susumu Kawamura, "Integrated Design and Operation of Water Treatment Facilities")*

- **Data Perencanaan**
  1. Debit lumpur effluent (Q) = 0,000134 m^3/s
  2. Kecepatan aliran (V) = 1,2 m/s
  3. Jumlah pipa *outlet* = 1 buah

- **Perhitungan**
  2. Luas penampang pipa (A)

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

     $= \frac{0{,}000134\ m^3/s}{1{,}2\ m/s}$

     = 0,000111 m²
  4. Diameter pipa

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

     $= \sqrt{\frac{4\ x\ (0{,}000111\ m^2)}{3{,}14}}$

     = 0,01 m → 0,47 inch

     Berdasarkan tabel katalog pipa pada lampiran, maka dipilih pipa dengan ukuran pasaran 0,5 inch
  5. Cek Kecepatan aliran pipa (V_{cek})

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

     $= \frac{0{,}000134\ m^3/s}{\frac{1}{4}\ x\ 3{,}14\ x\ (0{,}01\ m)^2}$

     = 1,05 m/s (memenuhi syarat 0,6 – 1,5 m/s)

- **Resume Bangunan**
  1. Diameter pipa = 0,01 m → 0,5 inch

F. Perhitungan pompa *Sludge Thickener* menuju SDB

- Kriteria Perencanaan
  - K Elbow 90^0 = 0,9
  - Tee = 1,25

  (*Sumber: Dake, J.M.K., Endang P. Tachyan dan Y.P. Pangaribuan, 1985. "Hidrolika Teknik* Edisi II", Erlangga. Jakarta)
  - K increaser = 0,25
  - Check valve = 2
  - K foot valve = 2,3

  (*Sumber: Practical Hydrolics For The Public Work Engineer, 1968*)

- Data perencanaan
  - Elbow 90^0 suction = 3 buah
  - Elbow 90^0 discharge = 2 buah
  - Reducer suction = 1 buah
  - Reducer discharge = 1 buah
  - Foot valve = 1 buah
  - Q lumpur = 0,00000668 m^3/s → 0,24 m^3/jam
  - L suction = 7,05 m
  - L discharge = 7,00 m
  - Diameter pipa = 0,01 m → 0,5 inch
  - Kecepatan pipa (v) = 1,05 m/s
  - Head statis = 4,08 m

- Perhitungan
  1. Perhitungan suction

     Headloss mayor

     $$Hf = \frac{10.7 \; x \; L \; x \; Q^{1.85}}{C^{1.85} \; x \; D^{4.87}}$$

     $$= \frac{10.7 \; x \; 7{,}05 \; m \; x \; (0{,}00000668 \; m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85} \; x \; 0.3 \; m^{4.87}}$$

     = 0,3 m

Headloss minor (elbow 90^0)

Hf_{elbow} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (3 \times 0.9 \times \frac{1{,}05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,15 m

Headloss minor (increaser)

$Hf_{increaser} = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (1 \times 0.25 \times \frac{1{,}05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,01 m

Headloss minor (Foot valve)

Hf_{fvalve} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (1 \times 2{,}3 \times \frac{1{,}05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,13 m

∑Hf minor

Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor increaser + Hf foot valve

= 0,03 m + 0,01 m + 0,08 m

= 0,30 m

∑Hf suction

Hfs = Hf mayor + Hf minor

= 0,30 m + 0,30 m

= 0,60 m

2. Perhitungan Discharge

Headloss mayor

Hf $= \frac{10.7\ x\ L\ x\ Q^{1.85}}{C^{1.85}\ x\ D^{4.87}}$

$= \frac{10.7\ x\ 7\ m\ x\ (0.0000668\ m3/detik)^{1.85}}{130^{1.85}\ x\ 0.3\ m^{4.87}}$

= 0,30 m

Headloss minor (elbow 90^0)

Hf_{elbow} $= n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$= (2 \times 0.9 \times \frac{1,05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,10 m

Headloss minor (increaser)

$Hf_{increaser} = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$Hf_{reducer} = (1 \times 0.25 \times \frac{1,05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,01 m

Headloss minor (Tee)

$Hf_{Tee} = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$Hf_{Tee} = (1 \times 1,25 \times \frac{1,05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,07 m

Headloss minor (Check valve)

$Hf_{checkv} = n \times k \times \frac{v^2}{2g}$

$Hf_{checkv} = (1 \times 2 \times \frac{1,05\ m/s^2}{2\ x\ 9.81\ m/s2})$

= 0,11 m

∑Hf minor

Hf_{minor} = Hf minor elbow 90^0 + Hf minor check valve + Hf minor Increaser + Hf minor Tee

= 0,10 m + 0,11 m + 0,01 m + 0,07 m

= 0,30 m

∑Hf discharge

Hfd = Hf mayor + Hf minor

= 0.30 m + 0,30 m

= 0.60 m

3. Perhitungan Head total

$Head_{total}$ = Head statis + ∑Hf suction + ∑Hf discharge

= 4,08 m + 0,60 m + 0,60 m

= 5,27 m

4. Perhitungan Head pompa

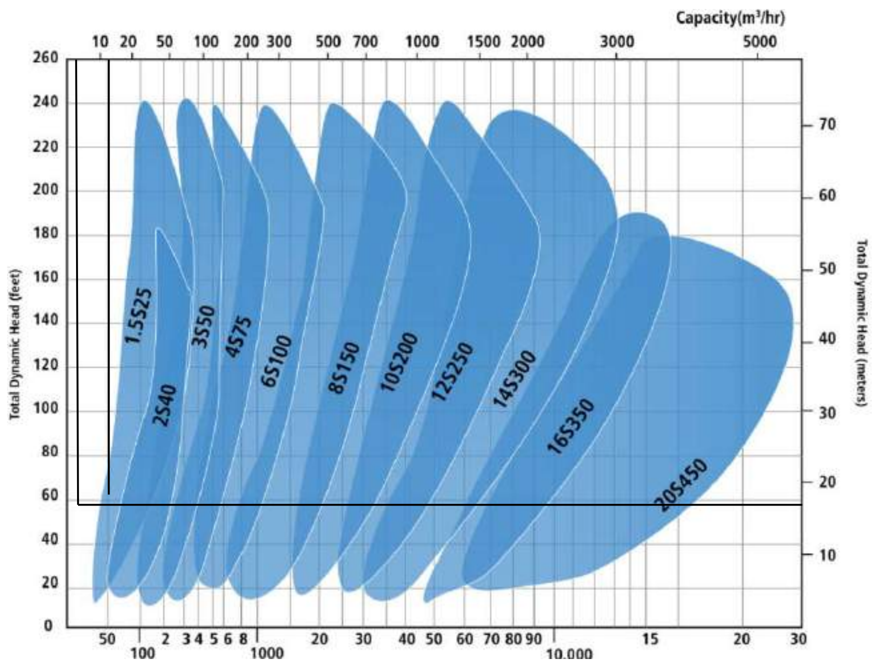
$Head_{pompa}$ = Head statis + L suction + L discharge

= 4,08 m + 7,05 m + 7,00 m

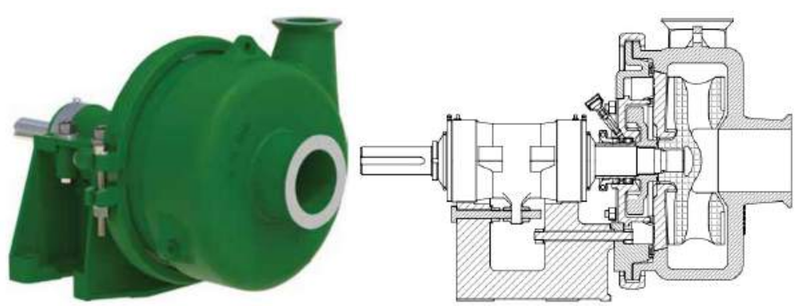
= 18,13 m

Head pompa > Head total

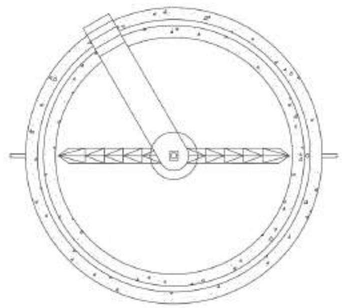
18,13 m > 5,27 m (memenuhi persyaratan)



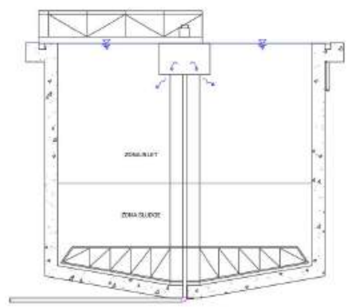
Berdasarkan grafik di atas, maka dipilih pompa dengan merek Schurco *Slurry Pump* S Series tipe 1,5S25 dengan spesifikasi yang tertera pada lampiran A.



- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



5.12 *Sludge Drying Bed* (SDB)

- **Kriteria Perencanaan**
  - Waktu pengeringan = 10 - 15 hari
  - Tebal *sludge cake* = 20 – 30 cm
  - Tebal pasir = 23 – 30 cm
  - Lebar = 6 m
  - Panjang = 6 – 30 m
  - Slope = 1%
  - Kecepatan aliran pipa (v) > 0,75 m/s
  - Berat air dalam cake (Pi) = 60% - 70%
  - Kadar air (P) = 60% - 80%
  - Kadar solid = 20% - 40%
  - *Sludge loading rate* = 120 – 150 kg/solid kering/m^2.tahun

(Sumber: Metcalf & Eddy, Wastewater Engineering Treatment & Reuse, Fourth Edition, hal 1570-1572)

- **Data Perencanaan**
  - Menggunakan 1 unit *sludge drying bed* dengan 3 *bed*
  - Volume lumpur total = 11,55 m^3/hari
  - Tebal pasir = 0,3 m
  - Tebal kerikil = 0,3 m
  - Tebal *sludge cake* = 0,3 m
  - Waktu pengeringan = 10 hari
  - Berat air dalam *cake* = 60%
  - Kadar solid = 20%
  - Kadar air (P) = 80%
  - *Freeboard* = 10%

- **Perhitungan**
  1. Tebal media

     Tebal media = tebal pasir + tebal kerikil + tebal *cake*

     = 0,3 m + 0,3 m + 0,3 m

     = 0,9 m
  2. Volume lumpur tiap *bed* (Vb)

     $$Vb = \frac{Vol.\ lumpur\ total}{jumla\ \ bed}$$

     $$= \frac{11{,}55\ m^3}{2}$$

     = 5,77 m^3/hari
  3. Debit Pipa *Inlet*

     Qp = **5,77 m^3/hari → 0,000067 m^3/s**
  4. Volume *sludge cake* (Vi)

     $$Vi = \frac{Vb\ (1 - P)}{1 - Pi}$$

     $$= \frac{5{,}77\ m^3/\text{hari}\ (1 - 80\%)}{1 - 60\%}$$

= 2,89 m^3/hari

5. Volume *sludge drying bed* (V)

V = Vi x td

= 2,89 m^3/hari x 10 hari

= 28,87 m^3

6. Dimensi tiap *bed*

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

$= \frac{28{,}87\ m^3}{0{,}3\ m}$

= 96,23 m^2

W **= 6 m**

A = L x W

96,23 m^2 = L x 6 m

L $= \frac{96{,}23\ m^3}{6\ m}$

= 16,04 m → 16 m

7. Volume air (Va)

Va $= \frac{Vol.\ lumpur\ total\ \ (Vi\ x\ td)}{jumla\ \ bed}$

$= \frac{11{,}55\ m^3 - (2{,}89\ m^3/\text{hari}\ x\ 1\ hari)}{2}$

= 4,33 m^3

8. Kedalaman *underdrain*

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

$= \frac{4{,}33\ m^3}{96{,}23\ m^2}$

= 0,05 m

9. Kedalaman total

Htot = H total media + H *underdrain*

= 0,9 m + 0,05 m

= 0,95 m → 1 m

H bangunan = H air + *freeboard*

= 1 m + (20% x 1 m)

= 1,2 m

10. Diameter pipa *underdrain*

Q $= \frac{Va}{td}$

$= \frac{4{,}33\ m^3}{3600\ detik}$

= 0,00120 m³/s → 1,20 x 10⁻³ m³/s

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

$= \sqrt{\frac{4\ x\ 0{,}00120}{3{,}14}}$

= 0,003914 m → 39,14 mm → 1,54 inch

KELAS D

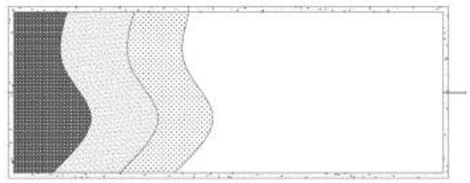
Diameter		Tebal Dinding (mm)	Panjang (m)	Sistem Penyambungan	Kode Produk
inch	mm				
1-1/4	42	1,30	4	SC	510042001
1-1/2	48	1,30	4	SC	510048001
2	60	1,30	4	SC	510060001
2-1/2	76	1,40	4	SC	510076001
3	89	1,60	4	SC	510089001
4	114	2,00	4	SC	510114001
5	140	2,60	4	SC	510140001
6	165	3,00	4	SC	510165001
8	216	4,20	4	SC	510216001
10	267	5,20	4	SC	510267001
12	318	6,20	4	SC	510318001

SC : Solvent Cement (Penyambungan dengan Lem)

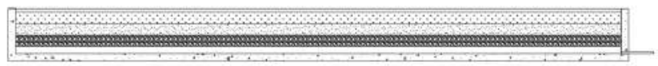
Berdasarkan tabel di atas, maka digunakan pipa berukuran 1,5 inch untuk pipa *underdrain*.

- **Resume Bangunan**
  - Jumlah *bed* = 3 buah
  - Tebal media:
    1. Pasir = 0,3 m
    2. Kerikil = 0,3 m
    3. *Cake* = 0,3 m
  - Panjang (L) = 16 m
  - Lebar (W) = 6 m
  - Tinggi total (H) = 1,2 m
  - Diameter pipa *underdrain* = 1,5 inch

- **Sketsa**
  - Tampak denah



  - Tampak potongan



BAB 6
PROFIL HIDROLIS

1. *Intake*

- ***Bar screen* dan pipa *inlet***

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H pipa $_{HWL}$ = 4 m
- H pip $_{LWL}$ = 2 m
- Elevasi awal = 0 m

H pipa $_{HWL}$ = elevasi awal – 4 m
= 0 m – 4m
= - 4 m (di bawah permukaan tanah)

H pipa $_{LWL}$ = elevasi awal – 2 m
= 0 m – 2m
= - 2 m (di bawah permukaan tanah)

- **Sumur pengumpul**

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 6 m
- H air = 5 m
- *Freeboard* = 1 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal – (H total + tebal dinding)
= 0 m – (6 m + 0,2 m)
= - 6,2 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal - *freeboard*
= 0 m – 0,5 m

= - 0,5 m (di bawah permukaan tanah)

2. Prasedimentasi

- **Zona *inlet***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 0,4 m
- H air = 0,3 m
- *Freeboard* = 0,1 m
- Tebal dinding = 3,1 m
- *Slope* (S) = 0,00085
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal + (H total + tebal dinding)
= 0 m + (0,4 m + 3,1 m)
= + 3,5 m (di atas permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H total + tebal dinding) – S
= 0 m + (0,4 m + 3,1 m) – 0,0034
= + 3,49915 m (di atas permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*
= 3,5 m – 0,1 m
= + 3,4 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *settling***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 3,3 m
- H air = 3 m
- *Freeboard* = 0,3 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Kemiringan dasar saluran (S) = 0,17
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal + (H total + tebal dinding)
= 0 m + (3,3 m + 0,2 m)
= + 3,5 m (di atas permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H total + tebal dinding) – S
= 0 m + (3,3 m + 0,2 m) – 0,17
= + 3,33 m (di atas permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*
= 3,5 m – 0,3 m
= + 3,2 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *sludge***

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 1,7 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)
= 0 m - (1,7 m + 0,2 m)
= + 1,9 m (di bawah permukaan tanah)

- **Zona *pelimpah***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 0,132 m
- H air zona settling = 3,2 m
- H air limpahan = 0,11 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- *Slope* (S) = 0,000456
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal + (H air zona settling - H air limpahan – tebal dinding)

= 0 m + (3,2 m - 0,11 m – 0,2)

= + 2,99 m (di atas permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H air zona settling - H air limpahan – tebal dinding) - S

= 0 m + (3,2 m - 0,11 m – 0,2) – 0,000456

= + 2,9895 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *Outlet***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 3,3 m
- H air = 3 m
- *Freeboard* = 0,3 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan = elevasi awal + (H total + tebal dinding)

= 0 m + (3,3 m + 0,2 m)

= + 3,5 m (di atas permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*

= 3,5 m – 0,3 m

= + 3,2 m (di atas permukaan tanah)

3. Netralisasi

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total tangki = 2,1 m
- H penyangga = 0,835 m
- H air = 1,91 m

- *Freeboard* = 0,19 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan = elevasi awal + (H total + tebal dinding + H penyangga)
= 0 m + (2,1 m + 0,2 m + 0,835)
= + 3,135 m (di atas permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*
= 3,135 m - 0,6 m
= + 2,535 m (di atas permukaan tanah)

4. Aerasi

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 3 m
- H air = 2,5 m
- *Freeboard* = 0,5 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 2,7 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H tangki + tebal dinding)
= 2,7 m - (3 m + 0,2)
= - 0,5 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal – *freeboard*
= 2,7 m - 0,5 m
= + 2,2 m (di atas permukaan tanah)

5. Koagulasi

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 4 m
- H air = 3,34 m
- *Freeboard* = 0,67 m

- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 2,365 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H tangki + tebal dinding)
= 2,365 m - (4 m + 0,2)
= - 1,835 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal - *freeboard*
= 2,365 m - 0,67 m
= + 1,695 m (di atas permukaan tanah)

6. Flokulasi

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 2,4 m
- H air = 2 m
- *Freeboard* = 0,4 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 1,795 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H tangki + tebal dinding)
= 1,795 m - (2,4 m + 0,2)
= - 0,805 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal - *freeboard*
= 1,795 m - 0,4 m
= + 1,395 m (di atas permukaan tanah)

7. Sedimentasi

- ***Zona inlet***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 0,6 m
- H air = 0,48 m

- *Freeboard* = 0,1 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- *Slope* (S) = 0,00031
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal + (H total + tebal dinding)
= 0 m + (0,6 m + 0,2 m)
= + 0,8 m (di atas permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H total + tebal dinding – S)
= 0 m + (0,6 m + 0,2 m) – 0,00031
= + 0,79969 m (di atas permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*
= 0,8 m – 0,1 m
= + 0,7 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *settling***

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 3,45 m
- H air = 3 m
- *Freeboard* = 0,45 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0,8 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)
= 0,8 m - (3,45 m + 0,2 m)
= - 2,85 m (di bawah permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H total + tebal dinding – S)
= 0,8 m - (3,45 m + 0,2 m – 0,17)
= -3,02 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal - *freeboard*

= 0,8 m – 0,45 m

= + 0,35 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *sludge***

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 2 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = -2,65 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)

= -2,65 m - (2 m + 0,2 m)

= -4,85 m (di bawah permukaan tanah)

- **Zona *pelimpah***

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 0,2 m
- H air zona settling = 0,35 m
- H air limpahan = 0,14 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- *Slope* (S) = 0,00185
- Elevasi awal = 0,8 m

Tinggi bangunan awal = elevasi awal - (H air zona settling - H air limpahan – tebal dinding)

= 0,8 m - (0,35 m - 0,14 m – 0,2)

= + 0,11 m (di atas permukaan tanah)

Tinggi bangunan akhir = elevasi awal + (H air zona settling - H air limpahan – tebal dinding – S)

= 0,8 m - (0,35 m - 0,14 m – 0,2 – 0,00185)

= + 0,10815 m (di atas permukaan tanah)

- **Zona *Outlet***

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 3,45 m
- H air = 3 m
- *Freeboard* = 0,45 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0,8 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)

= 0,8 m - (3,45 m + 0,2 m)

= - 2,85 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = tinggi bangunan - *freeboard*

= 3,5 m – 0,3 m

= + 3,2 m (di atas permukaan tanah)

8. Filtrasi

Direncanakan bangunan diletakkan di atas permukaan tanah

- H total = 1,87 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0,35 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)

= 0,35 m - (1,87 m + 0,2)

= - 1,72 m (di bawah permukaan tanah)

9. Reservoar

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 3,6 m
- H air = 3 m

- *Freeboard* = 0,6 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = - 1,205 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)
= - 1,205 m - (3,6 m + 0,2)
= - 5,005 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka air = elevasi awal - *freeboard*
= - 1,205 m - 0,6 m
= - 1,805 m (di bawah permukaan tanah)

10. *Sludge thickener*

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 3,8 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)
= 0 m - (3,8 m + 0,2)
= - 4 m (di bawah permukaan tanah)

11. *Sludge Drying Bed*

Direncanakan bangunan diletakkan di bawah permukaan tanah

- H total = 1,2 m
- *Freeboard* = 0,1 m
- Tebal *cake sludge* = 0,3 m
- Tebal dinding = 0,2 m
- Elevasi awal = 0,209 m

Tinggi bangunan = elevasi awal - (H total + tebal dinding)
= 0,209 m - (1,2 m + 0,2 m)
= - 1,191 m (di bawah permukaan tanah)

Level muka media = elevasi awal – (*freeboard* + tebal *cake sludge*)

= 0,209 m - (0,1 m + 0,3 m)

= - 0,191 (di bawah permukaan tanah)

BAB 7
BILL OF QUANTITIY (BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

7.1 *Bill of Quantity* (BOQ)

Perhitungan *Bill of Quantity* ini digunakan dalam menentukan kuantitas perencanaan kebutuhan apa saja dalam pembangunan Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM), mulai dari kebutuhan persiapan, pengerjaan *site*, dan semua fasilitas pendukung yang dibutuhkan, berikut BOQ Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM):

Tabel 7. 1 BOQ Pembetonan

BOQ PEMBETONAN										
Perencanaan					Setelaah pembetonan					Volume Beton
P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	V2 - V1
Pipa Inlet dan Bar Screen										
-	-	18,00	0,45	2,86	-	-	18,00	0,65	5,97	3,11
-	-	16,00	0,45	2,54	-	-	16,00	0,65	5,31	2,76
Sumur Pengumpul										
2,65	2,65	6,00	-	42,14	3,05	3,05	6,20	-	57,68	15,54
Total Pembetonan Intake										21,41
Prasedimentasi Zona Settling										
11,00	8,50	3,30	-	308,55	11,20	8,90	3,50	-	348,88	40,33
Prasedimentasi Zona Inlet										
4,00	0,36	0,36	-	0,52	4,20	0,76	3,50	-	11,17	10,65
Sedimentasi Zona Sludge										
8,00	6,00	2,00	-	53,66	8,4	6,4	2,20	-	66,71	13,06
6,00	4,00		-		6,4	4,4		-		
Prasedimentasi Zona Transisi										
-	8,50	3,30		28,05	-	8,70	3,30		28,71	0,66
Prasemintasi Zona Outlet										
8,50	1,00	3,30	-	17,40	8,70	1,40	3,50		42,63	25,23
Total Pembetonan Prasedimentasi 2 buah										179,86
Bak Pembubuh Netralisasi										
		0,50	0,30	0,04			0,70	0,50	0,14	0,10
Bak Netralisasi										
		2,10	1,53	3,86			2,30	1,73	5,40	1,54
Total Pembetonan Netralisasi										1,65

BOQ PEMBETONAN										
Perencanaan					Setelaah pembetonan					Volume Beton
P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	V2 - V1
Bak Aerasi										
5,30	2,65	2,50	-	35,11	5,70	3,05	2,70	-	46,94	11,83
Bak Pembubuh Koagulan										
		4,00	2,67	22,38			4,20	2,87	27,16	4,77
Bak Koagulasi										
		2,50	1,80	6,36			2,70	2,00	8,48	2,12
Total Pembetonan Koagulasi										6,89
Flokulasi Baffle Channel Horizontal										
17,00	8,40	2,30	-	328,44	17,40	8,80	2,50	-	382,80	54,36
Sedimentasi Zona Settling										
17,00	12,00	3,45	-	703,80	17,20	12,40	3,65	-	778,47	74,67
Sedimentasi Zona Inlet										
4,00	0,48	0,48	-	0,92	4,00	0,88	0,68		2,39	1,47
Sedimentasi Zona Transisi										
-	12,00	3,45	-	41,40	-	12,20	3,45		42,09	0,69
Sedimentasi Zona Sludge										
7,00	12,00	2,00	-	106,78	7,4	12,4	2,20	-	127,77	20,99
4,00	10,00		-		4,4	10,4		-		
Semintasi Zona Outlet										
12,00	1,00	3,45	-	17,40	12,20	1,40	3,65		62,34	44,94
Total Pembetonan Sedimentasi										142,77
Filtrasi Zona Inlet										
7,00	1,50	1,86	-	19,53	7,40	1,90	2,06	-	28,96	9,43
Bak Filtrasi										
6,48	3,42	1,86	-	41,22	6,88	3,82	2,06	-	54,14	12,92
Bak Backwash										
24,00	14,00	1,86	-	624,96	24,40	14,40	2,06	-	723,80	98,84
Total Pembetonan Filtrasi 2 buah										220,04
Reservoir										
10,00	5,00	3,00	-	150,00	10,40	5,40	3,20	-	179,71	29,71
Sludge Thickener (Zona Thickening)										
-	-	2,00	4,00	25,12	-	-	2,20	4,20	30,46	5,34
Sludge Thickener (Zona Sludge)										
-	-	1,60	-	11,55	-	-	1,80	-	13,40	1,85
Sludge Thickener (Zona Outlet)										
12,56	0,10	0,10	-	0,13	12,56	0,30	0,30	-	1,13	1,00
Total Pembetonan Sludge Thickener										8,20
Sludge Drying Bed										
16,00	6,00	1,20	-	115,20	16,40	6,40	1,40	-	146,94	31,74

BOQ PEMBETONAN										
Perencanaan					Setelaah pembetonan					Volume Beton
P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	P (m)	L (m)	T (m)	Ø (m)	V (m3)	V2 - V1
Total Pembetonan 3 Unit Sludge Drying Bed										95,23
Total Pembetonan IPAM										771,94

Tabel 7. 2 BOQ Galian

BOQ GALIAN				
Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Diameter (m)	Volume (m3)
Pipa Inlet dan screen				
18	0,45	4		32,40
16	0,45	2		14,40
Total Galian Pipa Inlet				46,80
Sumur Pengumpul				
3,04	3,04	5,7	-	52,68
Prasedimentasi zona sludge				
8,40	6,40	2,20	-	66,71
6,40	4,4		-	
Aerasi				
5,70	3,05	0,5		8,69
Koagulasi				
-	-	1,84	2,00	5,76
Flokulasi				
17,40	8,80	0,81		123,26
Sedimentasi Zona Settling				
11,20	8,90	2,85		284,09
Sedimentasi Zona Sludge				
8,40	6,40	2,20		66,71
6,40	4,40			
Sedimentasi Zona Outlet				
8,70	1,40	2,85		34,71
Total Galian Sedimentasi				385,51
Filtrasi Zona Inlet				
7,44	1,9	1,72		24,31
Bak Filtrasi				
6,84	7,44	1,72		87,53
Bak Backwash				
14,4	7,40	1,72		183,28
Total Galian Filtrasi				295,13
Reservoir				
5,40	10,40	5,00		280,80

Sludge thickener				
		4	4,00	50,24
Sludge Drying Bed				
16,40	6,40	1,19		374,71
Total Galian IPAM				1690,29

7.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya merupakan suatu perkiraan kebutuhan biaya yang diperlukan dalam melaksanakan suatu kegiatan pelaksanaan pekerjaan. Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun berdasarkan harga satuan pekerjaan dan volume pekerjaan yang dilaksanakan sesuai dengan bentuk dan ukuran yang telah direncanakan. Rencana Anggaran Biaya pada pembangunan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) sebagai berikut:

Tabel 7. 3 RAB Aksesoris Bangunan

RAB AKSESORIS BANGUNAN							
Uraian	Uk.	Satuan	Jml	Satuan	Harga Satuan	Estimasi Harga	Harga Total Sub Unit
Intake							
Kisi			8	buah	Rp 100.000	Rp 800.000	Rp162.137.000
Pipa PVC AW (4 m)	10	inch	9	buah	Rp 2.398.000	Rp 21.582.000	
Gate Valve			2	buah	Rp 11.990.000	Rp 23.980.000	
Pompa penguras lumpur			1	buah	Rp 2.497.000	Rp 2.497.000	
Pompa Centrifugal			2	buah	Rp 20.000.000	Rp 40.000.000	
Pipa PVC AW (4 m)	12	inch	6	buah	Rp 3.289.000	Rp 19.734.000	
Reducer			4	buah	Rp 550.000	Rp 2.200.000	
Elbow 90			6	buah	Rp 2.749.000	Rp 16.494.000	
Foot Valve			2	buah	Rp 11.925.000	Rp 23.850.000	
Check Valve			2	buah	Rp 4.500.000	Rp 9.000.000	
Strainer			2	buah	Rp 1.000.000	Rp 2.000.000	
Prasedimentasi							
Pipa PVC AW (4 m)	12	inch	4	buah	Rp 3.289.000	Rp 12.662.650	Rp45.532.650
Elbow 90			2	buah	Rp 2.749.000	Rp 5.498.000	
Tee			1	buah	Rp 2.372.000	Rp 2.372.000	
Pompa penguras lumpur			1	buah	Rp 25.000.000	Rp 25.000.000	
Netralisasi							

RAB AKSESORIS BANGUNAN							
Uraian	Uk.	Satuan	Jml	Satuan	Harga Satuan	Estimasi Harga	Harga Total Sub Unit
Dosing pump			1	buah	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp23.820.000
Impeller (flat paddles 2 blades)			2	unit	Rp 2.000.000	Rp 4.000.000	
Motor pengaduk (TECO AESV2E)			1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	
Motor pengaduk (TECO AEEB)			1	buah	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	
Pipa PVC AW (4 m)	0,6	mm	2	buah	Rp 10.000	Rp 20.000	
Pipa PVC AW (4 m)	16	inch	1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	
Menara Air Netrlisasi	1,2	m	1	buah	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	
Manara Air Bak Pembubuh	4	m	1	buah	Rp 3.500.000	Rp 3.500.000	
Aerasi							
Pipa PVC AW (4 m)	16	inch	1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp8.000.000
Surface Aerator (SAR-375)			1	buah	Rp 4.600.000	Rp 4.600.000	
Koagulasi							
Dosing pump (Miltonroy GB4013)			1	buah	Rp 26.730.000	Rp 26.730.000	Rp54.680.000
Propeller pitch 1, 3 blades			1	buah	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	
Motor pengaduk (Satake A720-1,5B)			1	buah	Rp 7.500.000	Rp 7.500.000	
Motor pengaduk (Konmixchina KJB-L-6000)			1	buah	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	
Pipa PVC AW (4 m)	16	inch	1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	
Pipa PVC AW (4 m)	12,5	mm	1	buah	Rp 50.000	Rp 50.000	
Flokulasi							
Elbow 90			1	buah	Rp 2.749.000	Rp 2.749.000	Rp6.149.000
Pipa PVC AW (4 m)	16	inch	1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	
Sedimentasi							
Pipa PVC AW (4 m)	16	inch	1	buah	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp38.249.000
Elbow 90			1	buah	Rp 2.749.000	Rp 2.749.000	

RAB AKSESORIS BANGUNAN							
Uraian	Uk.	Satuan	Jml	Satuan	Harga Satuan	Estimasi Harga	Harga Total Sub Unit
Pintu Air			1	buah	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	
Pompa penguras lumpur			1	buah	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	
Plate Settler			106	buah	Rp 100.000	Rp 10.600.000	
Filtrasi							
Pintu Air			2	buah	Rp 1.500.000	Rp 3.000.000	Rp58.903.760
Antrasit			20,39	m3	Rp 290.000	Rp 5.912.715	
Pasir			10,19	m3	Rp 350.000	Rp 3.568.018	
Garnet			6,65	m3	Rp 475.000	Rp 3.158.028	
Pipa Manifold	10	inch	4	buah	Rp 2.398.000	Rp 9.592.000	
Pipa Lateral	9	mm	5	buah	Rp 15.000	Rp 75.000	
Orifice			372	buah	Rp 50.000	Rp 18.600.000	
Pipa PVC AW (4 m)	14	inch	3	buah	Rp 2.800.000	Rp 8.400.000	
Increaser			2	buah	Rp 550.000	Rp 1.100.000	
Elbow 90			2	buah	Rp 2.749.000	Rp 5.498.000	
Desinfeksi							
Pipa PVC AW (4 m)	4	inch	2	buah	Rp 419.000	Rp 838.000	Rp14.585.000
Increaser			1	buah	Rp 325.000	Rp 325.000	
Tee			1	buah	Rp 675.000	Rp 675.000	
Elbow 90			3	buah	Rp 2.749.000	Rp 8.247.000	
Check Valve			1	buah	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	
Reservoir							
Pipa PVC AW (4 m)	14	inch	2	buah	Rp 2.800.000	Rp 5.600.000	Rp9.791.000
Elbow 90			1	buah	Rp 4.191.000	Rp 4.191.000	
Sludge Thickener							
Skimmer			1	buah	Rp 4.320.000	Rp 4.320.000	Rp35.498.700
Tee			1	buah	Rp 13.000	Rp 13.000	
Elbow 90			3	buah	Rp 20.000	Rp 60.000	
Increaser			2	buah	Rp 10.000	Rp 20.000	
Pipa PVC D (4 m)	2,5	inch	8	buah	Rp 119.900	Rp 959.200	
Pipa PVC D (4 m)	0,5	inch	5	buah	Rp 25.300	Rp 126.500	
Pompa Centrifugal Slurry			1	buah	Rp 20.000.000	Rp 20.000.000	
Motor penggerak			1	buah	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	
Sludge Drying Bed							
Tee			1	buah	Rp 6.725	Rp 6.725	Rp36.024.725
Elbow 90			6	buah	Rp 319.000	Rp 1.914.000	
Increaser			2	buah	Rp 50.000	Rp 100.000	

RAB AKSESORIS BANGUNAN							
Uraian	Uk.	Satuan	Jml	Satuan	Harga Satuan	Estimasi Harga	Harga Total Sub Unit
Pompa Centrifugal Slurry			1	buah	Rp 15.000.000	Rp 15.000.000	
Pipa PVC D (4 m)	1,5	inch	10	buah	Rp 57.200	Rp 572.000	
Pasir			28,8	m3	Rp 350.000	Rp 10.080.000	
Kerikil			28,8	m3	Rp 290.000	Rp 8.352.000	
Total RAB Aksesoris Bangunan IPAM							Rp493.370.835

Tabel 7. 4 Detail RAB RAW Pembetonan

Untuk membuat 1 m3 dinding beton bertulang (200 kg Besi + bekisting)							
No	Uraian	Koef.	Jml Unit	Total	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Semen PC 40 kg	8,4	1	8,4	zak	Rp 63.000	Rp 529.200
2	Pasir Cor	0,54	1	0,54	m3	Rp 265.300	Rp 143.262
3	Batu Pecah Mesin 1/2 cm	0,81	1	0,81	m3	Rp 243.300	Rp 197.073
4	Besi Beton Polos	210	1	210	kg	Rp 13.500	Rp 2.835.000
5	Paku Usuk	3	1	3	kg	Rp 14.800	Rp 44.400
6	Plywood Uk. 122x244x9 mm	2,5	1	2,5	Lembar	Rp 105.000	Rp 262.500
7	Kawat Beton	3	1	3	kg	Rp 25.900	Rp 77.700
8	Kayu Meranti Bekisting	0,25	1	0,25	m3	Rp 3.622.500	Rp 905.625
9	Kayu meranti balok 4/6, 5/7	0,105	1	0,105	m3	Rp 4.968.000	Rp 521.640
10	Minyak Bekisting	1,2	1	1,2	Liter	Rp 30.100	Rp 36.120
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 4.994.760
Pekerjaan dinding beton (200 kg Besi + Bekisting)							
No	Uraian	Koef.	Jml	Jumlah Pekerja	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Mandor	0,323	1	0	oh	Rp 180.000	Rp 58.140
2	Tukang	1,56	1	2	oh	Rp 165.000	Rp 257.400
3	Tukang	1,4	1	1	oh	Rp 165.000	Rp 231.000
4	Tukang	0,275	1	0	oh	Rp 165.000	Rp 45.375
5	Pembantu tukang	5,65	1	6	oh	Rp 155.000	Rp 875.750
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 1.467.665
Pekerjaan Galian tanah Biasa							
No	Uraian	Koef.	Jml	Jumlah Pekerja	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total Harga Satuan (Rp)
1	Mandor	0,025	1	0	oh	Rp 180.000	Rp 4.500
2	Pembantu tukang	0,75	1	1	oh	Rp 155.000	Rp 116.250
TOTAL RINCIAN BIAYA							Rp 120.750

Tabel 7. 5 RAB Pra-Kontruksi

RAB PRA KONTRUSKSI						
Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Estimasi Harga	
Pembersihan Lahan	5617	m2	Rp	100.000	Rp	561.700.000
Papan Nama	1	unit	Rp	350.000	Rp	350.000
Administrasi dan Dokumentasi	1	paket	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000
Paket K3	1	paket	Rp	6.883.000	Rp	6.883.000
Total RAB Pra Kontruksi						Rp573.933.000

Tabel 7. 6 RAB Pembetonan

RAB PEMBETONAN						
Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Estimasi Harga	
Intake	21,41	m3	Rp	4.994.760	Rp	106.949.300
Prasedimentasi	179,86	m3	Rp	4.994.760	Rp	898.345.427
Netralisasi	1,65	m3	Rp	4.994.760	Rp	8.225.157
Aerasi	11,83	m3	Rp	4.994.760	Rp	59.073.027
Koagulasi	6,89	m3	Rp	4.994.760	Rp	34.422.953
Flokulasi	54,36	m3	Rp	4.994.760	Rp	271.515.154
Sedimentasi	142,77	m3	Rp	4.994.760	Rp	713.086.675
Filtrasi	220,04	m3	Rp	4.994.760	Rp	1.099.028.610
Reservoir	29,71	m3	Rp	4.994.760	Rp	148.404.309
Sludge Thickener	8,20	m3	Rp	4.994.760	Rp	40.952.437
Sludge Drying Bed	95,23	m3	Rp	4.994.760	Rp	475.660.984
Total RAB Pembetonan IPAL					Rp	3.855.664.032

Tabel 7. 7 RAB Pekerja Galian

RAB PEKERJAAN GALIAN						
Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan		Estimasi Harga	
Intake	99,48	m3	Rp	120.750	Rp	12.011.862
Prasedimentasi	66,71	m3	Rp	120.750	Rp	8.055.479
Aerasi	8,69	m3	Rp	120.750	Rp	1.049.619
Koagulasi	5,76	m4	Rp	120.750	Rp	695.749
Flokulasi	123,26	m5	Rp	120.750	Rp	14.883.838
Sedimentasi	385,51	m6	Rp	120.750	Rp	46.550.700
Filtrasi	295,13	m7	Rp	120.750	Rp	35.636.613
Reservoir	280,80	m8	Rp	120.750	Rp	33.906.600
Sludge Thickener	50,24	m9	Rp	120.750	Rp	6.066.480
Sludge Drying Bed	374,71	m10	Rp	120.750	Rp	45.245.894
Buangan Tanah Galian	1690,29	m3	Rp	29.915	Rp	50.565.104
Total RAB Galian IPAL					Rp	254.667.940

Tabel 7. 8 RAB Pekerja Pembetonan

RAB PEKERJA PEMBETONAN				
Uraian	Jumlah	Satuan	Harga Satuan	Estimasi Harga
Intake	21,4123	m3	Rp 1.467.665	Rp 31.426.083
Prasedimentasi	179,858	m3	Rp 1.467.665	Rp 263.970.669
Netralisasi	1,64676	m3	Rp 1.467.665	Rp 2.416.888
Aerasi	11,827	m3	Rp 1.467.665	Rp 17.358.074
Koagulasi	6,89181	m3	Rp 1.467.665	Rp 10.114.873
Flokulasi	54,36	m3	Rp 1.467.665	Rp 79.782.269
Sedimentasi	142,767	m3	Rp 1.467.665	Rp 209.534.063
Filtrasi	220,036	m3	Rp 1.467.665	Rp 322.939.606
Reservoir	29,712	m3	Rp 1.467.665	Rp 43.607.262
Sludge Thickener	8,19908	m3	Rp 1.467.665	Rp 12.033.503
Sludge Drying Bed	95,232	m3	Rp 1.467.665	Rp 139.768.673
Total RAB Pembetonan IPAL				Rp 1.132.951.964

Tabel 7. 9 RAB Tenaga Kerja

RAB TENAGA KERJA (SDM DAN NON-SDM)					
Uraian	Harga HSPK	Satuan	Jumlah	Estimasi Harga	Harga Total
Tim Humas dan Administrasi	Rp 500.000	OH	10	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
Kontruktor	Rp 2.500.000	OH	5	Rp 12.500.000	Rp 12.500.000
Pekerja Galian	Rp 120.750	OH	-		Rp 254.667.940
Pekerja Pembetonan	Rp 1.467.665	OH	-		Rp 1.132.951.964
Dump Truck 4 x 2	Rp 1.680.000	Unit	5	Rp 8.400.000	Rp 42.000.000
Excavator	Rp 3.679.992	Unit	4	Rp 3.679.992	Rp 14.719.968
Total RAB Tenaga Kerja (SDM dan Non-SDM)					Rp 1.461.839.872

Tabel 7. 10 Total RAB IPAM

TOTAL RAB IPAL	
Uraian	Harga Sub RAB
RAB AKSESORIS BANGUNAN	Rp 493.370.835
RAB PRA KONTRUSKSI	Rp 573.933.000
RAB PEMBETONAN	Rp 3.855.664.032
RAB TENAGA KERJA (SDM DAN NON-SDM)	Rp 1.461.839.872
TOTAL	Rp 6.384.807.740