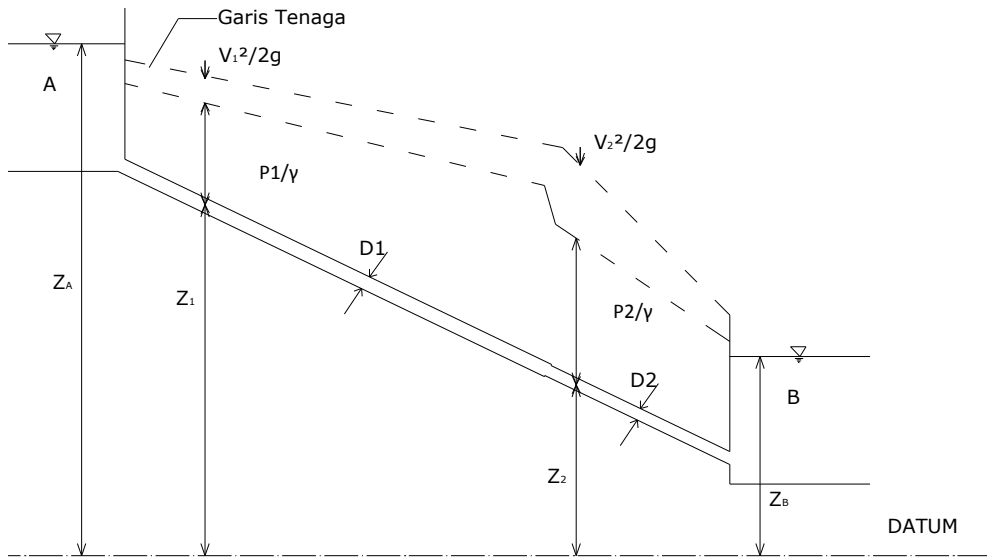


SISTEM PIPA

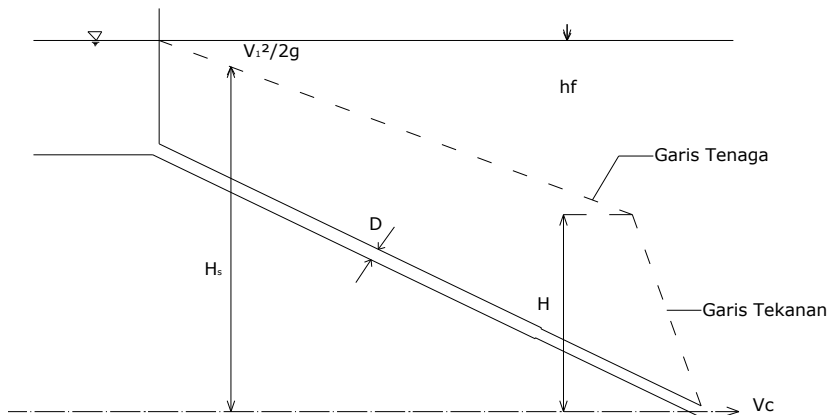
1. Garis tenaga

Hukum Bernoulli : tinggi energy/tenaga total = tinggi elevasi + tinggi tekanan + tinggi kecepatan



2. Pipa dengan turbin

Tenaga air → PLTA untuk memutar turbin ujung pipa dibuat Curat → V yang besar



H = tinggi tekanan efektif, H_s = tinggi tekanan statis

$H = H_s - h_f \rightarrow h_f$ Darcy – Weisbach

$$h_f = f(L/D) \cdot (V^2/2g) = 8f \cdot L \cdot Q^2 / g \cdot \pi^2 \cdot D^5$$

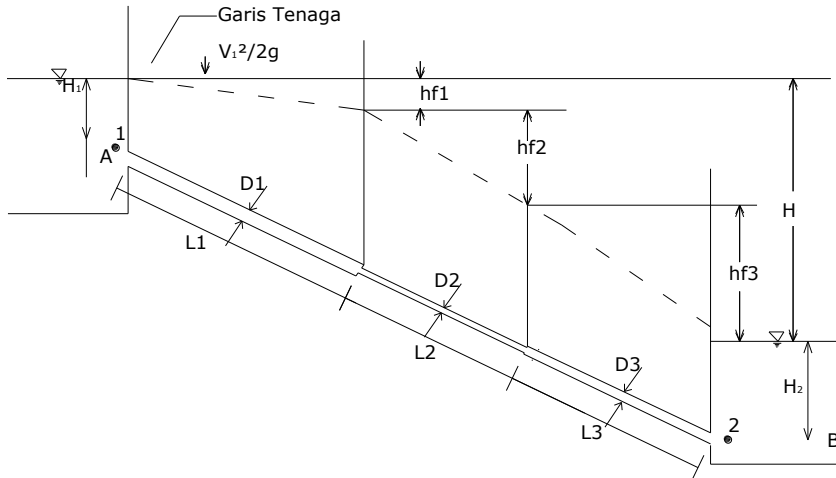
$$V = Q/A = Q / \pi \cdot D^2 / 4$$

$$H = 8f \cdot L \cdot Q^2 / g \cdot \pi^2 \cdot D^5 \dots\dots\dots 1$$

Daya pada Curat , $D = Q \cdot H \cdot \gamma$ (kgfm/det)

- $D = (Q.H.\gamma)/75.(HP).....2$
- Efisien turbin η , daya yang diberikan turbin
- $D = (Q.H.\gamma.\eta)/753$
- Substitusi nilai H ke persamaan 3
- $D = (Q.H.\gamma)/75.(H_s - (8f.L.Q^2/g.\Pi^2.D^5)).....4$

3. System pemipaan
a. Hubungan seri



Jika H diketahui, Q pada pipa bisa dihitung dengan persamaan kontinuitas 2 energi (Bernoulli)

Persamaan kontinuitas : $Q = Q_1=Q_2=Q_35$

Persamaan Bernoulli pada titik 1 dan 2

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + hf_1 + hf_2 + hf_3$$

Tinggi tekanan di 1, H_1 , di 2, H_2 : $V_1 = V_2 = 0$

$$Z_1 + H_1 = Z_2 + H_2 + hf_1 + hf_2 + hf_3$$

$$(Z_1 + H_1) - (Z_2 + H_2) = hf_1 + hf_2 + hf_3$$

$$H = hf_1 + hf_2 + hf_36$$

Dengan persamaan, Carcy – Weisbach, persamaan 6 menjadi:

$$H = f_1 + \frac{L_1}{D_1} + \frac{v_1^2}{2g} = f_2 + \frac{L_2}{D_2} + \frac{v_2^2}{2g} = f_3 + \frac{L_3}{D_3} + \frac{v_3^2}{2g}7$$

$$v_1 = \frac{Q}{\pi D_1^2 / 4}; v_2 = \frac{Q}{\pi D_2^2 / 4}; v_3 = \frac{Q}{\pi D_3^2 / 4}$$

$$H = \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2} \cdot \left(\frac{f_1 L_1}{D_1^5} + \frac{f_2 L_2}{D_2^5} + \frac{f_3 L_3}{D_3^5} \right) \dots\dots\dots 8$$

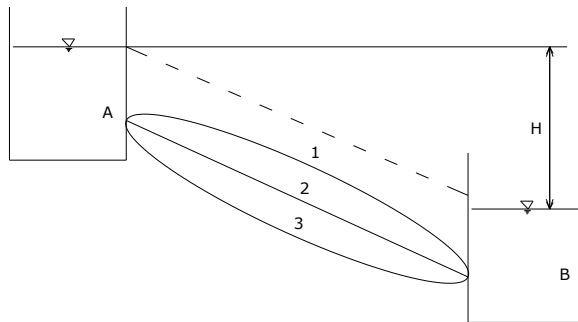
$$Q = \frac{\pi \sqrt{2gH}}{\left(4 \cdot \frac{f_1 L_1}{D_1^5} + \frac{f_2 L_2}{D_2^5} + \frac{f_3 L_3}{D_3^5} \right)^{1/2}} \dots\dots\dots 9$$

Pipa seri → - satu pipa ekuivalen (penampang seragam)
 - Dari pipa terpanjang

$$H = \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2} \cdot \frac{feLe}{De^5} \rightarrow \text{substitusikan kepersamaan 8}$$

$$Le = \frac{De^5}{fe} \left(\frac{f_1 L_1}{D_1^5} + \frac{f_2 L_2}{D_2^5} + \frac{f_3 L_3}{D_3^5} \right) \dots\dots\dots 10$$

b. Hubungan paralel



Persamaan kontinuitas

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots\dots\dots 11$$

$$Q = \frac{\pi}{4} (D_1^2 V_1 + D_2^2 V_2 + D_3^2 V_3)$$

$$H = hf_1 = hf_2 = hf_3$$

$$H = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{v_1^2}{2g} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{v_2^2}{2g} = f_3 \frac{L_3}{D_3} \frac{v_3^2}{2g}$$

$$H = \frac{8Q^2}{g \cdot \pi^2} \cdot \frac{feLe}{De^5}$$

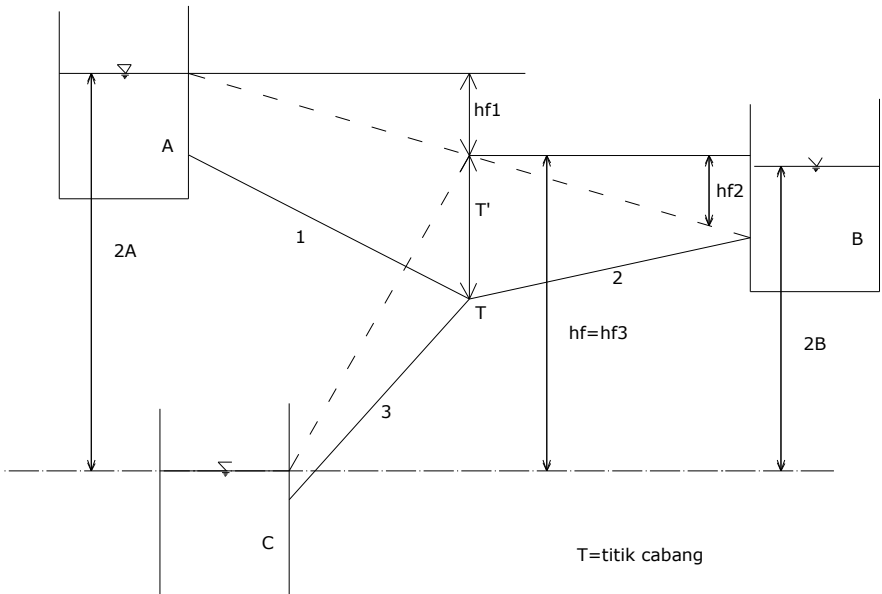
$$\text{Atau } Q = \frac{\pi}{4} \left(\frac{De^5}{FeLe} \right)^{1/2} H^{1/2}$$

$$Q_1 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_1^5}{F_1 L_1} \right)^{1/2} H^{1/2}; Q_2 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_2^5}{F_2 L_2} \right)^{1/2} H^{1/2}; Q_3 = \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_3^5}{F_3 L_3} \right)^{1/2} H^{1/2}$$

Substitusikan ke persamaan 11

$$\frac{D_e^5}{F_e L_e} = \left(\frac{D_1^5}{F_1 L_1} \right)^{1/2} + \frac{\pi}{4} \left(\frac{D_2^5}{F_2 L_2} \right)^{1/2} + \left(\frac{D_3^5}{F_3 L_3} \right)^{1/2} \dots\dots\dots 12$$

4. Pipa bercabang
Menghubungkan beberapa kolam/reservoir



Persamaan kontinuitas ; aliran $\rightarrow T =$ aliran yang meninggalkan T
 $Q_1 = Q_2 + Q_3$ (a) atau $Q_1 + Q_2 = Q_3$ (b).....13

Persamaan 13a berlaku elevasi garis tekanan di T > elevasi muka air kolam B, sebaliknya \rightarrow persamaan 13 b

Prosedur perhitungan

1. Anggap garis tekanan di T' mempunyai elevasi h_T
2. Hitung Q_1 , Q_2 dan Q_3 untuk keadaan tersebut
3. Jika persamaan kontinuitas dipenuhi, maka nilai Q_1 , Q_2 dan Q_3 adalah benar
4. Jika aliran $\rightarrow T \neq$ aliran $T \rightarrow$ dibuat anggapan baru elevasi garis tekanan di T
 Elevasi T dinaikan bila aliran $\rightarrow T$ lebih besar dari aliran $T \rightarrow$ elevasi T diturunkan bila aliran $\rightarrow T$ lebih kecil dari aliran keluar
5. Ulangi prosedur tersebut sampai dipenuhi persamaan kontinuitas untuk kondisi seperti gambar : elevasi garis tekanan di T < muka air B, $h_T < Z_B$; maka persamaan energi

$$Z_A - h_T = hf_1 = f_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{v_1^2}{2g}$$

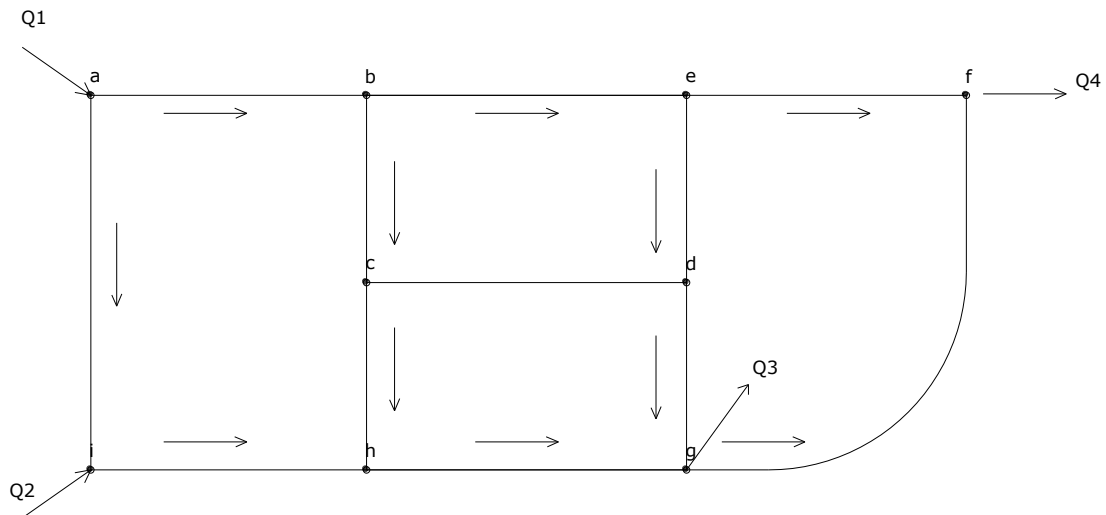
$$Z_B - h_T = hf_2 = f_2 \frac{L_2 v_2^2}{D_2 2g}$$

$$h_T = hf_2 = f_3 \frac{L_3 v_3^2}{D_3 2g}$$

Jika Z_A , Z_B dan sifat –sifat pipa diketahui, maka h_T , Q_1 , Q_2 dan Q_3 dapat dihitung

5. Jaringan Pipa

- Distribusi air minum



Metoda hardy - Cross

- Aliran masuk/ keluar dari system terjadi pada titik simpul
- Hitungan iterative :
 - awal → ditetapkan debit aliran melalui masing-masing pipa
 - hitung debit aliran di semua pipa
 - Persamaan kontinuitas terpenuhi

Persamaan kontinuitas dan tenaga

1. Hukum gesekan pipa untuk aliran pipa tunggal

$$hf = \frac{8f \cdot L}{g \cdot \pi^2 D^5} \cdot Q^2$$

2. Aliran masuk ke dalam tiap titik simpul = aliran keluar

$$\sum Q_i = 0$$

3. Jumlah aljabar kehilangan tenaga dalam satu jaringan tertutup = 0

$$\sum hf = 0$$

Hubungan hf dan Q dalam jaringan pipa:

$$Hf = k Q^m \rightarrow \text{Darcy - Weisbach : } hf = k \cdot Q^2$$

$$k = \frac{8f.L}{g.\pi^2 D^5}.$$

Prosedur Hitungan Metode Hardy – Cross

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas
2. Hitung h_f pada tiap pipa, $h_f = k.Q^2$
3. Jaringan pipa dibagi menjadi sejumlah jarring tertutup (tiap pipa minimal masuk dalam satu jarring)
4. Hitung $\sum h_f$ tiap jarring, jika pemhgaliran seimbang, $\sum h_f = 0$
5. Hitung nilai $\sum |2kQ|$ untuk tiap jarring
6. Hitung koreksi debit ΔQ
$$\Delta Q = (\sum kQ_0^2) / (\sum |2kQ|)$$

 $Q_0 =$ debit pemisalan
7. Koreksi debit, $Q = Q_0 + \Delta Q$, prosedur 1 – 6 diulangi hingga diperoleh $\Delta Q \approx 0$

TABEL METODE HARDY – CROSS