

PERTEMUAN KE 1-2 PERANCANGAN SISTEM FLUIDA

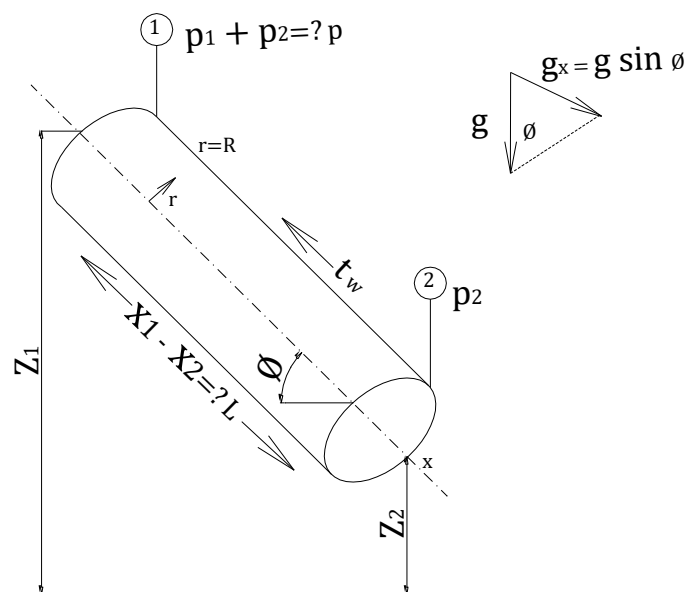
MODUL 1. PRINSIP PERANCANGAN SISTEM FLUIDA

1. PENDAHULUAN : PRINSIP ALIRAN FLUIDA

Persamaan kontinuitas untuk aliran didalam pipa untuk fluida inkompresibel, lurus antara dua titik adalah :

$$Q_1 = Q_2 = \text{tetap ; atau}$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} ; \text{ dan } V_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$



Karena pipanya mempunyai penampang yang luasnya tetap. Persamaan energy aliran-tunak adalah :

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2}a_1V_1^2 + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{1}{2}a_2V_2^2 + gz_2 + gh_f$$

Factor energy kinetik $a_1 = a_2$ untuk $V_1 = V_2$, maka persamaan untuk kerugian gesekan h_f .

$$h_f = \left(z_1 + \frac{p_1}{\rho g} \right) - \left(z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \right) = \Delta \left(z + \frac{p}{\rho g} \right) = \Delta z + \frac{\Delta p}{\rho g}$$

Kerugian tersebut sama dengan perubahan jumlah energy tekanan dan energy gravitasi. Persamaan momentum pada volume kendali dalam Gambar 4.1 dengan memperhitungkan gaya-gaya yang disebabkan oleh tekanan, medan gravitasi dan geseran adalah

$$\Delta p \pi R^2 + \rho g (\pi R^2) \Delta L \sin \theta - T_w (2\pi R) \Delta L = m(V_1 - V_2) = 0$$

Persamaan ini menghubungkan h_f dengan tegangan geser dinding

$$\Delta z + \frac{\Delta p}{\rho g} = h_f = \frac{2T_w \Delta L}{\rho g R}$$

dimana:

$$\Delta z = \Delta L \sin \theta$$

Berlaku apakah aliran laminar atau turbulen. Korelasi T_w dengan kondisi aliran adalah

$$T_w = F(\rho, V, \mu, d, \varepsilon)$$

dimana ε ialah kekasaran dinding. Maka menurut analisis dimensional

$$\frac{8\tau_w}{\rho V^2} = f = F\left(Re_d, \frac{\varepsilon}{d}\right)$$

Parameter tak berdimensi f dimana factor gesekan Darcy, menurut nama insinyur Prancis Henry Darcy (1803-1858) dengan aliran pipanya pada tahun 1857 untuk pertama kalinya mengungkapkan efek kekasaran pada hambatan pipa.

Dengan menggabungkan persamaan di atas diperoleh rumus untuk **kerugian aliran pada pipa adalah** :

$$h_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g}$$

(Darcy-Weibbasch Formula)

Dimana :

H_f = Kerugian head karena gesekan (friksi), (m).

f = faktor gesek

L = Panjang Pipa, (m)

d = Diameter dalam pipa/saluran, (m)

V = Kecepatan rata-rata aliran, (m/s)

g = Percepatan gravitasi = 9,8 m/s²

atau dalam bentuk kerugian tekanan sebagai

$$\Delta P = f \frac{L \rho V^2}{d 2}$$

Inilah persamaan **Darcy-Weibbasch** yang berlaku untuk aliran *conduit* dengan penampang lintang sembarang baik alirannya *laminar* maupun *turbulen*. Untuk aliran laminar atau turbulen, persamaan kontinuitas dalam koordinat silinder ialah

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} (v_\theta) + \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

Diasumsikan bahwa tidak ada pusaran atau perubahan keliling sehingga $U_\theta = \frac{\partial}{\partial \theta} = 0$ dan alirannya telah berkembang penuh (fully developed), sehingga $U = U(r)$. Maka persamaan diatas menjadi

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (rv_r) = 0$$

atau

$$ru_r = \text{tetap}$$

Tetapi pada dinding $r = R$, $u_r = 0$ (tak gelincir); karena itu persamaan tersebut menyiratkan bahwa $ur = 0$. Jadi dalam aliran yang telah berkembang penuh hanya ada satu komponen kecepatan yaitu $u = u_r$ penuh hanya ada satu komponen kecepatan yaitu $u = u(r)$.

Persamaan diferensial momentum dalam koordinat silinder menjadi

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{dp}{dx} + \rho g_x + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\tau)$$

dimana τ dapat melambangkan geseran laminar atau turbulen. Tetapi ruas kiri sama dengan nol karena $u = u(r)$ saja. Dengan $g_x = g \sin \theta$ dari gambar diperoleh

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r\tau) = \frac{d}{dx} (p - \rho g x \sin \theta) = \frac{d}{dx} (p + \rho g z)$$

Untuk mendapatkan distribusi geseran di dalam pipa, dengan memanfaatkan syarat bebas $\tau = 0$ pada $r = 0$.

$$\tau = \frac{1}{2} r \frac{d}{dx} (p + \rho g z) = \text{konstan} (r)$$

Jadi geseran itu berubah-ubah secara linier dari sumbu tabung ke dinding, baik untuk aliran laminar maupun untuk aliran turbulen. Pada $r = R$, kita mempunyai geseran dinding

$$\tau_w = \frac{1}{2} R \frac{\Delta p + \rho g \Delta z}{\Delta L}$$

Aliran Laminer

Aliran laminar diatur oleh hukum yang menghubungkan tegangan geser ke laju perubahan bentuk sudut yaitu hasil kali kekentalan fluida dan gradient kecepatan atau $\tau = \mu dv/dy$. Kekentalan fluida tersebut dominan dan karenanya mencegah setiap kecenderungan menuju kondisi-kondisi turbulen.

Dalam persamaan diatas bahwa kemiringan $d(p+\rho g z)/dx$ adalah negative sebab tekanan dan ketinggiannya menurun dengan x . Untuk aliran laminar, $\tau = \mu du/dr$, sehingga

$$\mu \frac{du}{dr} = \frac{1}{2} r \frac{d}{dx} (p + \rho g z)$$

Integral sekali

$$u = \frac{1}{4} r^2 \frac{1}{\mu} \frac{d}{dx} (p + \rho g z) + C_1$$

Konstanta C_1 ditentukan dengan keadaan tak gelincir pada dinding $u = 0$ pada $r = R$

$$0 = \frac{1}{4} R^2 \frac{1}{\mu} \frac{d}{dx} (p + \rho g z) + C_1$$

Atau $C_1 = -\frac{1}{4} R^2 \frac{1}{\mu} \frac{d}{dx} (p + \rho g z)$ maka penyelesaian yang eksak dari aliran pipa laminar yang telah berkembang penuh adalah

$$u = \frac{1}{4\mu} \left[-\frac{d}{dx} (p + \rho g z) \right] (R^2 - r^2)$$

$$u_{maks} = \frac{R^2}{4\mu} \left[-\frac{d}{dx} (p + \rho g z) \right]$$

Hasil-hasil lainnya untuk aliran pipa adalah Persamaan debitnya yaitu

$$\begin{aligned} Q &= \int u dA = \int_0^R u_{maks} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right) 2\pi r dr \\ &= \frac{1}{2} u_{maks} \pi R^2 = \frac{\mu R^2}{8\mu} \left[-\frac{d}{dx} (p + \rho g z) \right] \end{aligned}$$

Jadi kecepatan rata-rata dalam aliran laminar ialah separuh kecepatan maksimumnya yaitu

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi R^2} = \frac{1}{2} u_{maks}$$

Untuk tabung yang mendatar ($\Delta z = 0$), maka Persamaan Hagen menjadi

$$\Delta p = \frac{128 \mu L Q}{\pi D^4}$$

Geseran dindingnya dihitung dari gradient kecepatan pada dinding

$$\tau_w = \left| \mu \frac{du}{dr} \right| = \frac{2\mu u_{maks}}{R} = \frac{1}{2} R \left| \frac{d}{dx} (p + \rho g z) \right|$$

Ini merupakan suatu teori untuk factor gesekan Darcy aliran laminar

$$f = \frac{8\tau_w}{\rho V^2} = \frac{8(\mu V / d)}{\rho V^2} = \frac{64\mu}{\rho V d}$$

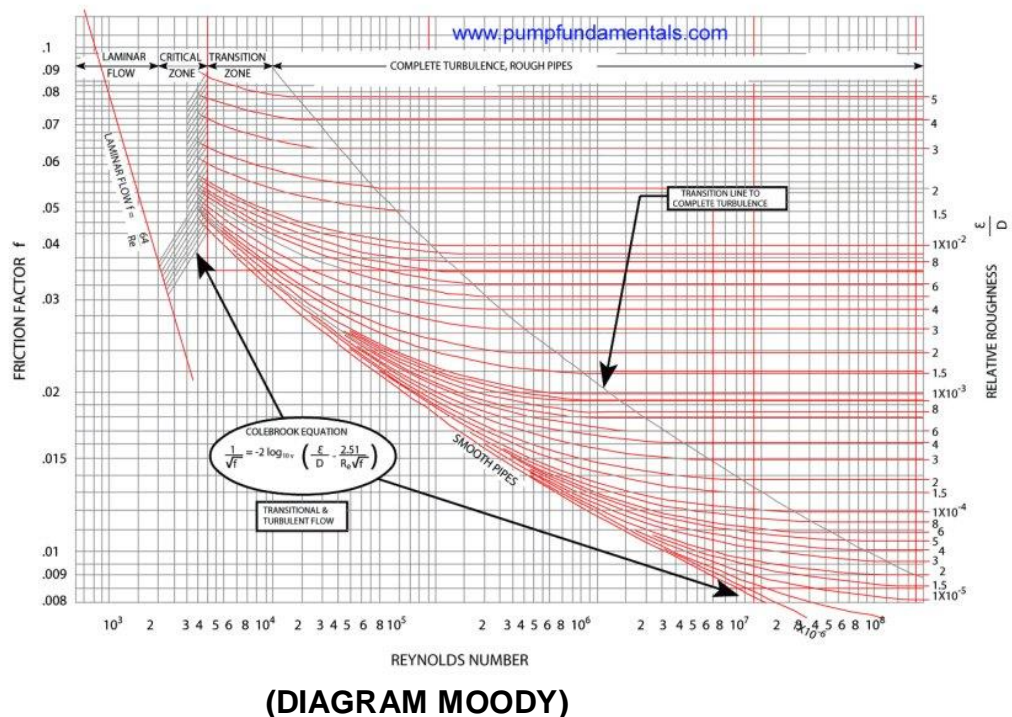
$$f = \frac{64}{Re} \rightarrow \text{Untuk aliran Laminer}$$

Kerugian dalam aliran laminar dapat diturunkan dari Persamaan diatas menjadi

$$\frac{\Delta p}{\rho g} = h_f = \frac{128 \mu L Q}{\pi \rho d g^4}$$

$$f = 0,3164 \left(\frac{\mu}{\rho V D} \right)^{0.25}$$

$f = \frac{0,3164}{(Re)^{0.25}} \rightarrow \text{Untuk aliran Turbulen pipa mulus (Re = 4000 - 100.000)}$
Atau menggunakan Diagram "MOODY" (Secara Umum).



MODUL 2. MENENTUKAN KAPASITAS, HEAD, DAN DAYA POMPA

Pompa Angkat (CONTOH)

Kapasitas pompa angkat yang dipakai adalah sesuai dengan kebutuhan air pada jam puncak (Q_h maks) yaitu $0,5 \text{ m}^3/\text{menit}$. Kecepatan aliran pompa diasumsikan 3 m/s dengan menggunakan rumus :

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

Dimana : Q = Kapasitas pompa
 A = Luas penampang pipa
 V = Kecepatan aliran pompa

Sehingga akan didapat diameter pipa angkat dan kecepatan aliran.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{Q_h}{V} = \frac{0,5 \text{ m}^3/\text{menit}}{3 \text{ m/s}} = \frac{0,0083 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}} = 0,0028 \text{ m}^2$$

$$A = \pi r^2$$

$$r^2 = \frac{A}{\pi} = \frac{0,0028 \text{ m}^2}{3,14}$$

$$r = 0,0298 \text{ m} = 30 \text{ mm}$$

$$D = 60 \text{ mm} \approx 65 \text{ mm}$$

Pemeriksaan :

$$v = \frac{0,0083 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00332 \text{ m}^2} = 2,5 \text{ m/s} < 3 \text{ m/s}$$

Dari perhitungan diatas kita dapatkan bahwa diameter pipa angkat adalah 65 mm

Dengan kecepatan aliran adalah 2,5 m/s

Untuk mencari besar head pompa yang diperlukan dapat dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\text{Besar head total (H)} = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

H = Head total pompa (m)

h_a = Head statis total, yaitu vertical antara permukaan air sisi keluar dengan permukaan air sisi isap (m)

Δh_p = Perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_l = Kerugian head pada pipa yang menyangkut panjang pipa, fitting, katup (valve), dan lain-lain.

$\frac{V^2}{2g}$ = tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa (m)

1. *Head Statis* (H_a)
Adalah jarak antara permukaan air tangki atas dengan permukaan air tangki bawah, dalam gedung ini adalah 40 m
1. Perbedaan Head Tekanan pada kedua permukaan air (ΔH_p):
Karena P_1 dan P_2 merupakan tangki terbuka, maka P_1 dan $P_2 = 0$, sehingga :

$$\Delta H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} = 0 \text{ m}$$

1. Kerugian Head (H_i)
1. Head kerugian gesek dalam pipa (h_f)
Sebelum mencari head, ditentukan terlebih dahulu apakah aliran yang terjadi adalah aliran *laminer* atau aliran *turbulen*
Dengan menggunakan bilangan Reynolds, yaitu :

$$\text{Re} = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

dimana :

- Re : Bilangan Reynolds
 V : Kecepatan aliran (m/s)
 d : Diameter pipa (m)
 ν : Viskositas kinematik air (m^2/s)

Bila $\text{Re} < 2300$, aliran bersifat *laminer*
 Bila $\text{Re} > 4000$, aliran bersifat *turbulen*
 $\nu = 0,801 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (pada suhu 30°C)
 $d = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$

$$\text{maka : Re} = \frac{2,5 \text{ m/s} \times 0,065 \text{ m}}{0,801 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} = 202871,4$$

Karena $\text{Re} > 4000$, maka aliran yang terjadi bersifat *turbulen*.

Maka untuk menghitung kerugian gesek yang terjadi dalam pipa menggunakan rumus :

$$h_f = \lambda \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

dimana :

- h_f : Head kerugian dalam pipa (m)
 λ : Koefisien kerugian gesek
 L : Panjang pipa (m)
 d : diameter pipa (m)
 g : Percepatan Gravitasi (m/s^2)
 v : Kecepatan aliran (m/s)

Untuk mencari λ kita menggunakan formula Darcy untuk aliran turbulen, dengan rumusnya adalah :

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{0,065} = 0,0277$$

Dengan $L = 40$ m (panjang pipa transfer)
Maka kerugian gesek dalam pipa :

$$h_f = 0,0277 \times \frac{40(2,5)^2}{0,065(2 \times 9,81)} = 5,43m$$

2. Kerugian head kerugian *plumbing accessories*

Dengan menggunakan rumus :

$$h_e = K \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

h_e : Head kerugian *plumbing accessories* (m)
K : Koefisien kerugian

Kerugian *plumbing accessories* :

1. Lokasi : instalasi pompa di rumah pompa untuk 1 pipa

1. *Flexible Joint* : 1 x 10 = 10
2. *Gate Valve* : 1 x 0,19 = 0,19
3. *Check Valve* : 1 x 2,5 = 2,5
4. *Elbow 90°* : 2 x 0,9 = 1,8

1. Lokasi : Tangki atap

1. *Elbow 90°* : 2 x 0,9 = 1,8
-
1. Kerugian total (K total) = 16,29

Maka :

$$h_e = 16,29 \times \frac{(2,5)^2}{2 \times 9,81} = 5,2m$$

Setelah semua bagian $H_l = h_f + h_e$
 $= 5,43 + 5,2$
 $= 10,63$ m

1. Maka besar Head Total Pompa (H), adalah :
- 2.

$$H = H_a + \Delta H_p + H_l + \frac{v^2}{2g}$$

$$H = 40 + 0 + 10,63 + \frac{(2,5)^2}{2,9,81} = 50,95m$$

Jadi Head total pompa adalah **50,95 m** \approx **50 m**

Tetapi pada kenyataannya dalam praktek lapangan untuk mencari *head pompa* yang dipergunakan kita menggunakan rumus :

$$H = 1\frac{1}{2} \times t$$

dimana :

H = Head pompa

t = tinggi gedung

H = 1,5 x 30

= 45 m

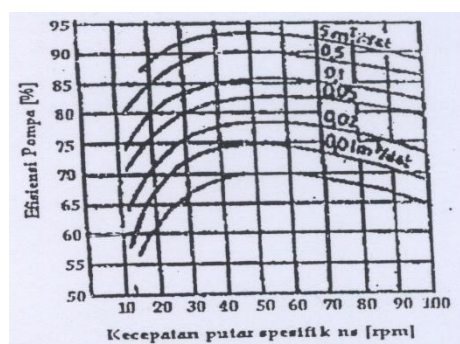
Setelah mendapatkan besar head pompa angkat, kemudian dihitung besar daya pompa dengan menggunakan rumus :

$$P_p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_p}$$

dimana :

P_p	: Daya pompa	:	(watt)
ρ	: Kerapatan air	:	(998,3 kg/m ³ pada suhu 20° C)
g	: Percepatan gravitasi	:	(9,81 m/s ²)
Q	: Kapasitas pompa	:	(m ³ /s)
H	: Head total pompa	:	(m)
η_p	: Efisiensi pompa	:	(%)

Untuk mencari efisiensi pompa (η_p), menggunakan grafik yang ada pada gambar 14.3 Berikut ini :



Gambar 14.3 Grafik η_p , n_s , dan Q

Dan untuk mencari putaran spesifik pompa (n_s), menggunakan rumus :

$$n_s = \frac{n\sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}}$$

Dimana :

- n_s : Putaran spesifik pompa
 n : Putaran pompa (rpm)
 Q : Kapasitas pompa (m^3 /menit)
 H : Head pompa (m)

Dengan asumsi $n = 3000$ rpm, maka akan didapatkan sebagai berikut :

$$n_s = \frac{3000\sqrt{0,5}}{50,95^{\frac{3}{4}}} = 111,2$$

Karena kapasitas pompa angkat yang kecil ($0,0083 m^3/s$) dan tidak terdapat dalam grafik efisiensi pompa (gambar 14.3) maka perhitungan untuk menentukan efisiensi pompa dihitung ulang dengan menghitung kapasitas pompa dengan metode berikut ini :

1. Volume tangki atap (*roof tank*) adalah sebesar $40 m^3 = 40000$ liter
2. Jangka waktu kerja pompa pengisi kita tentukan sebesar 20 menit
3. Pompa akan bekerja apabila air dalam *roof tank* volumenya tinggal 20% dari volume total *roof tank*, sehingga volume *roof tank* menjadi :

$$40000 \text{ liter} \times 20 \% = 8000 \text{ liter}$$

Jadi pompa akan bekerja apabila volume *roof tank* hanya

$$40000 \text{ liter} - 8000 \text{ liter} = 32000 \text{ liter}$$

Dan kapasitas pompa (Q) adalah : 32000

Jangka waktu kerja pompa pengisi

$$Q = \frac{32000 \text{ liter}}{20 \text{ menit}} = 1600 \text{ liter / menit}$$

Jadi kapasitas pompa transfer/pengisi adalah = 1600 liter/menit

$$= 1,6 m^3/\text{menit}$$

$$= 0,027 m^3/\text{detik} \approx 0,03 m^3/\text{detik}$$

Sehingga n_s kita hitung kembali menjadi :

$$n_s = \frac{3000\sqrt{1,6}}{50,95^{\frac{3}{4}}} = 198,98$$

Maka dari grafik efisiensi pompa (gambar 14.3) kita dapatkan efisiensi pompa (η_p) sebesar **65 %**

Maka daya pompa adalah :

$$P_p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_p}$$

$$P_p = \frac{998,3 \times 9,81 \times 0,027 \times 50,95}{0,73} = 18455,05 \text{ watt}$$

$$P_p = 18,45 \text{ kW} \approx 18 \text{ kW}$$

Tentunya setelah menghitung daya poros (P_p) dihitung juga daya motor yang digunakan untuk menggerakkan poros tersebut. Rumus yang digunakan adalah :

$$P_m = 1,15 \frac{P_p}{\eta_{transmisi}}$$

Dimana : $P_p =$ Daya poros
 $\eta_{\text{transmisi}} =$ ditentukan sebesar 0,9
 sehingga perhitungannya adalah :

$$P_m = 1,15 \frac{18}{0,9} = 23 \text{ kW}$$

Jadi daya motor yang diperlukan adalah sebesar 23 kW.

Karena ada perubahan besarnya kapasitas pompa transfer ($Q=0,03 \text{ m}^3/\text{s}$).
 Maka diameter pipa transfer juga berubah, oleh karena itu perhitungan diameter pipa transfer harus dihitung ulang dan perhitungannya adalah sebagai berikut :

1. Diketahui : $Q = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$
 $V = 3 \text{ m/s}$

Perhitungan :

$$A = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m/s}} = 0,01 \text{ m}^2$$

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

$$d = \sqrt{\frac{4xA}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,01}{3,14}} = 0,112 \text{ m} = 112 \text{ mm} \approx 100 \text{ mm}$$

Pemeriksaan :

$$v = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \pi (0,1)^2} = 3,8 \text{ m/s} > 3 \text{ m/s}$$

karena $v > 3 \text{ m/s}$ maka pipa transfer dengan diameter 100 mm tidak dapat digunakan.

Memang pada sistem instalasi pipa yang umumnya dipergunakan adalah pompa jenis putar karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu :

1. Ukurannya kecil dan ringan
2. Dapat memompa terus menerus tanpa gejolak (stabil)
3. Konstruksinya sederhana dan mudah dioperasikan.

2 Pompa Booster

Pompa *booster* digunakan untuk mendistribusikan air pada lantai 5 sampai roof floor. Untuk pompa ini tidak perlu dihitung head total, karena yang penting untuk pompa ini adalah tekanan yang mampu dihasilkan. Untuk memenuhi tekanan minimum alat-alat plambing maka dalam perancangan ini tekanan pompa booster yang digunakan sebesar 2 kg/cm^2 atau 196000 N/m^2 . Kapasitas pompa *booster* dapat ditentukan dengan jumlah penghuni yang menempati lantai 5 sampai roof floor (terdiri dari 3 Lantai).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penghuni} &= 88 \text{ kamar} + 14 \text{ kamar} \\ &= 102 \text{ kamar} \end{aligned}$$

$$1 \text{ Kamar} = 2 \text{ orang}$$

$$102 \text{ Kamar} = 204 \text{ orang}$$

$$\begin{aligned} Q &= 204 \times 300 \text{ liter/hari} \\ &= 61200 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

$$= 61,2 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 6,12 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,1 \text{ m}^3/\text{menit}$$

maka kapasitas pompa booster yang dibutuhkan $0,1 \text{ m}^3/\text{menit}$.

3 Pemakaian *Submersible Pump*

Pompa submersible adalah suatu pompa dengan konstruksi dimana bagian pompa dan motor listriknya merupakan suatu kesatuan dan terbenam dalam air.

Pompa ini digunakan untuk memindahkan air dari *deep well* ke *ground water reservoir*. Pada perencanaan ini *submersible pump* tersebut akan ditanam sedalam 23 m dari permukaan tanah sehingga pompa yang akan digunakan mempunyai *head* sekitar 33 m.

Pipa Air Kotor dan Air Buangan

1 Ukuran Minimum Pipa Cabang Mendatar.

Pipa cabang mendatar harus mempunyai ukuran yang sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar dari perangkat alat plambing yang dilayaninya Diameter perangkat dan pipa pengering alat plambing dapat dilihat dalam tabel 5.6

2 Ukuran Minimum Pipa Tegak

Pipa tegak harus mempunyai ukuran yang sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar cabang mendatar yang disambungkan ke pipa tegak tersebut.

3 Pengecilan Ukuran Pipa

Pipa tegak maupun cabang mendatar tidak boleh diperkecil diameternya dalam arah aliran air buangan. Pengecualian hanya ada pada kloset, dimana pada lubang keluarnya dengan diameter 100 mm dipasang pengecilan pipa (reducer) 100 x 75 mm. Cabang mendatar yang melayani satu kloset harus mempunyai diameter sekurang-kurangnya 75 mm, dan untuk dua kloset atau lebih sekurang-kurangnya 100 mm.

4 Pipa di Bawah Tanah

Pipa pembuangan yang ditanam dalam tanah atau di bawahnya lantai bawah tanah harus mempunyai ukuran sekurang-kurangnya 50 mm

5 Penentuan Ukuran Instalasi Pipa Air Kotor dan Air Buangan

Dalam penentuan ukuran instalasi pipa air kotor dan air buangan pada perencanaan ini menggunakan metoda Unit Alat Plambing. Adapun langkah-langkah perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Menentukan daerah yang akan dilayani oleh pipa air kotor atau air buangan, Lihat pada gambar isometri pipa air kotor dan air buangan (gambar terlampir)
2. Melihat nilai Unit alat plambing sebagai beban (table 14.6).

3. Menentukan ukuran pipa air kotor atau air buangan (table 14.5).

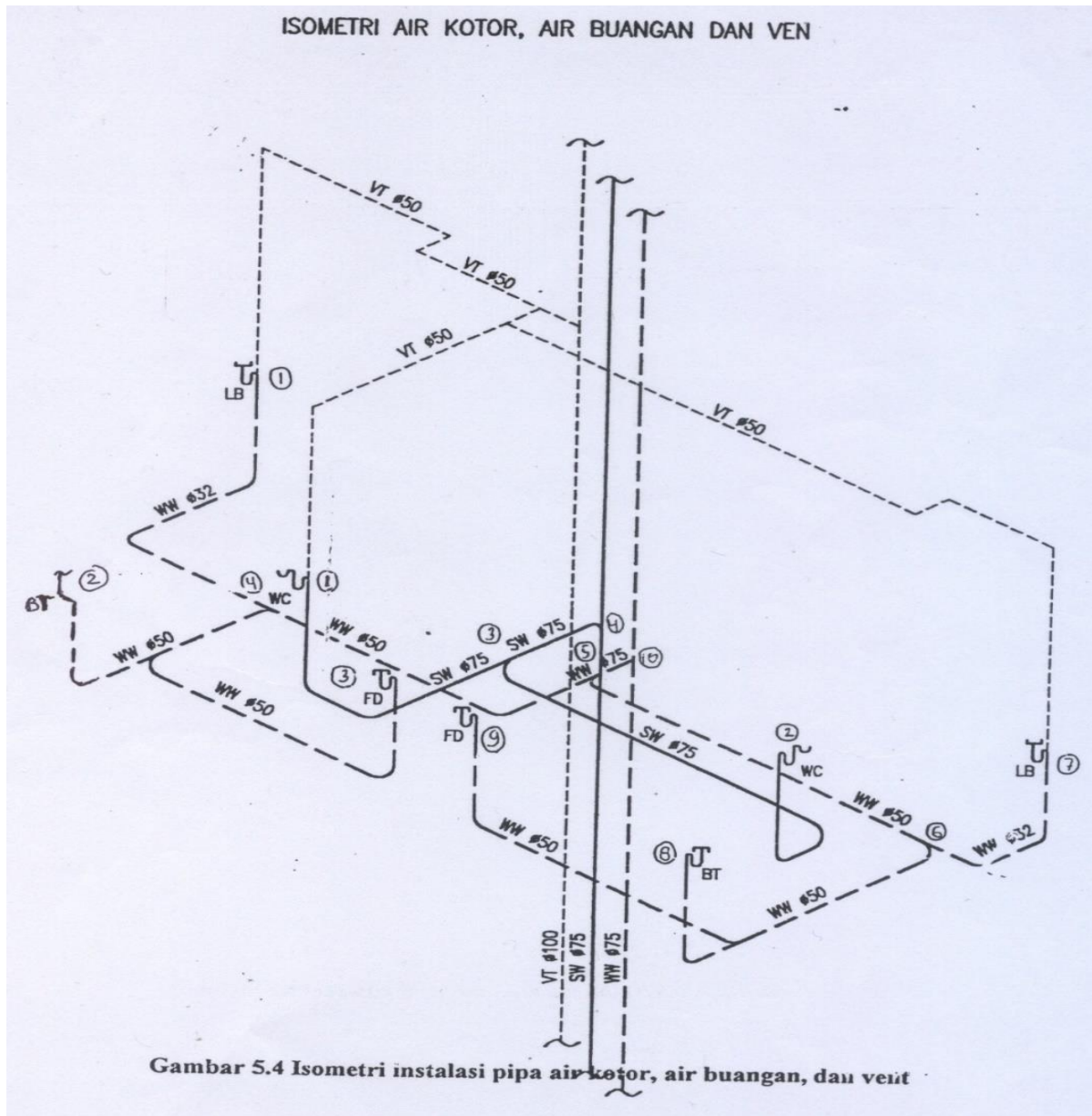
Tabel 14.5 Diameter pipa air kotor dan air buangan

Diameter pipa (mm)	Unit alat plambing
32	1
40	3
50	5
65	10
75	14
100	96
125	216
150	372
200	840
250	1500
300	2340
375	3500

Tabel 1 Unit alat plambing sebagai beban, setiap alat atau kelompok

Alat plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit alat Plambing Sebagai Beban
Alat plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit alat Plambing Sebagai Beban

1 Kloset : tangki gelontor katup gelontor	75	4 8
2 Peturasan :		
1. Tipe menempel di dinding	40	4
2. Tipe gantung di dinding	40-50	4
3. Tipe dengan kaki, siphon jet atau <i>blow-out</i>	75	8 2
4. Untuk umum, model palung setiap 0,60 m	32	1
3 Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	1
4 Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>) :	25	0,5
5. Ukuran biasa	32	1
6. Ukuran kecil	32	0,5
5 Bak cuci, praktek dokter gigi	32	2
7. Alat perawatan gigi	32	0,5
6 Bak cuci, salon dan tempat cukur		
7 Pancuran minum	40-50	3
8 Bak mandi :	40	2
8. Berendam (<i>bath tub</i>)	50-75	4-6
9. Model Jepang (untuk di rumah)		
10. Untuk umum	50	2
9 Pancuran mandi :		3
11. Untuk rumah	32	3
12. Untuk umum, tiap pancuran	75-100	8
10 Bidet	40	2
11 Bak cuci, untuk pel	50	3
12 Bak cuci pakaian	40	4
13 Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian		2
14 Kombinasi bak cuci dapur dengan penghancur kotoran	40-50	1,5 1,5
15 Bak cuci tangan, kamar bedah		
13. Ukuran besar	40-50	2-4
14. Ukuran kecil	40-50	3
16 Bak cuci, laboratorium kimia	50	4
17 Bak cuci, macam-macam :	32	1,5
15. Dapur, untuk rumah	40-50	2-4
16. Dapur, dengan penghancur makanan, untuk rumah	40	2
17. Hotel, komersial	-	0,5
18. Bar	40	0,5
19. Dapur kecil, cuci piring	50	1
18 Mesin cuci :	75	2
20. Untuk rumah		
21. Paralel, dihitung setiap orang		
19 Buangan lantai (<i>floor drain</i>)		
20 Kelompok alat plambing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, satu bak mandi rendam atau satu pancuran mandi :		
22. Dengan kloset tangki gelontor		
23. Dengan kloset katup gelontor		
21 Pompa penguras (<i>sump pump</i>), untuk setiap 3,8 liter/min		



Tabel 2. Diameter pipa air kotor yang digunakan

Daerah pipa	Alat plambing	Unit alat Plambing	Jumlah Unit Alat Plambing	Diameter Pipa (mm)
1-3	Water Closet	4	4	75
2-3	Water Closet	4	4	75
3-4			8	75

Karena bentuk bangunan, macam, dan jumlah alat plambing yang digunakan pada hotel ini adalah sama (*typical*) maka hasil perhitungan tersebut dapat dipakai pada lantai-lantai yang lain.

Tabel 3. Diameter pipa air buangan yang digunakan

Daerah pipa	Alat Plambing	Unit Alat Plambing	Jumlah Unit Alat Plambing	Diameter Pipa (mm)
1-4	Lavatory	1	1	32
2-4	Bath Tub	3	3	50
3-4	Floor Drain	1	1	50
4-5			5	50
6-7	Lavatory	1	1	32
6-8	Bath Tub	3	3	50
6-9	Floor Drain	1	1	50
5-6			5	50
5-10			10	75

Dengan diketahuinya diameter pipa buangan mendatar, maka kita dapat menentukan diameter pipa tegak. Diameter yang kita ambil adalah 100 mm, karena diameter pipa mendatar terbesar adalah 75 mm.

6. Sistem Instalasi Pipa Vent

Seperti yang telah dijelaskan dalam bab 2, sesuai buku pedoman Plambing Indonesia 1979 dijelaskan bahwa untuk ukuran minimum pipa vent tegak adalah 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter pipa alat plambing yang dilayaninya. Untuk itu pada instalasi pipa vent pada apartemen ini dipakai diameter 50 mm untuk pipa tegak dan diameter 100 mm untuk pipa utama.

7. Pembahasan Hasil Rancangan

Hasil perencanaan instalasi pipa pada Hotel Kemanggisan ini dapat kita lihat bahwa didalam shaft pipa terdapat 6 buah pipa utama yaitu pipa distribusi air bersih yang mengalirkan air dari tangki atas ke toilet pada tiap lantai, pipa *supply* air bersih yang mengalirkan air dari pompa ke *roof tank*, pipa air kotor yang membuang air kotor dari alat plambing ke *sewage treatment plant* (STP), pipa air buangan yang membuang air buangan ke STP, pipa instalasi hidrant yang mengalirkan air dari pompa ke *hidrant box* dari pipa ven.

Berikut ini hasil dari perencanaan ulang sistem distribusi pipa air bersih dan instalasi pipa air buangan pada Hotel Kemanggisan dapat dilihat sebagai berikut :

Pompa yang dipakai

1. Pompa Transfer (Untuk *supply* air bersih)

Tipe : *Centrifugal multistage pump*

Kapasitas : 0,5 m³/menit

Head : 60 m

Jumlah : 2 unit

2. *Booster Pump*

Tipe : **Centrifugal end suction**

Kapasitas : 0,1 m³/menit

Tekanan : 2 kg/cm²

Jumlah: 2 unit

Ground Water Reservoir (Tangki Bawah)

Volume : 55 m³
 Lokasi : dibawah rumah pompa (*Basement*)

Roof tank (Tangki Atap)

Kapasitas : 40 m³
 Jumlah : 2 unit
 Lokasi : Lantai atap

Pipa dan *Fitting*

Untuk instalasi pipa air bersih : pipa GIP

Untuk instalasi pipa air kotor, buangan dan ven : pipa PVC kaku

Untuk instalasi pipa ven : pips PVC kak

Diameter Pipa :

- | | | |
|-----------------------------------|---|--------|
| 1. Pipa transfer | : | 65 mm |
| 2. Pipa utama air bersih | : | 100 mm |
| 3. Pipa utama air kotor / buangan | : | 75 mm |
| 4. Pipa utama ven | : | 100 mm |

Pada perencanaan ulang ini terdapat beberapa perbaikan-perbaikan yang semuanya Itu bertujuan untuk melakukan penghematan pada pemakaian pipa dan peningkatan kualitas sistem instalasi pipa tersebut. Berikut ini perbedaan hasil perencanaan ulang dengan perencanaan sebelumnya :

Pada kenyataannya ada beberapa diameter pipa yang dipakai cenderung menggunakan pipa dengan diameter yang lebih besar dari hasil perhitungan penulis. Hal ini mungkin disebabkan karena pengalaman kontraktor di lapangan.

Tebal Pipa

Dalam perencanaan ini digunakan pipa jenis *GIP (Galvanized Carbon Steel)*

Diameter	Tebal Pipa
15 mm	: 3,03 mm
20 mm	: 3,04 mm
25 mm	: 3,05 mm
32 mm	: 3,06 mm
40 mm	: 3,08 mm
75 mm	: 3,15 mm
100 mm	: 3,2 mm

Tekanan

Tekanan gravitasi yang terjadi pada pipa distribusi air bersih adalah 134481 – 293412 N/m².