

SISTEM PENDISTRIBUSIAN DEBIT AIR BERSIH PADA GEDUNG BERTINGKAT

Fadwah Maghfurah¹, Munzir Qadri², Sulis Yulianto³

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Raya 27 Jakarta Pusat Telp 021-4256024

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Raya 27 Jakarta Pusat Telp 021-4256024

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta
Jl. Cempaka Putih Raya 27 Jakarta Pusat Telp 021-4256024

Email : fmaghfurah@yahoo.com

ABSTRAK

Pendistribusian air bersih pada gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh lantai pada gedung. Perbedaan tinggi tiap lantai gedung dari permukaan tanah pada gedung bertingkat tidak sama, ini menyebabkan besar tekanan air bersih yang keluar dari alat plumbing pada tiap lantai tidak sama. Untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang optimal dibutuhkan perancangan instalasi yang baik. Untuk itu dirancang suatu sistem pendistribusian air bersih pada suatu gedung bertingkat untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada gedung tersebut. Dimana perancangan ini meliputi Perhitungan kebutuhan tekanan aliran air bersih pada tiap lantai, Menghitung headloss yang terjadi pada tiap pipa serta menghitung spesifikasi pompa yang dibutuhkan, dimana pada tiap tingkat diperlukan tekanan air yang sama, untuk itu diperlukan tambahan alat pengatur tekanan atau pressure regulator untuk ditempatkan pada beberapa tingkat dengan menggunakan metoda rumus Darcy – Weisbach.

Kata kunci: *metoda darcy-weisbach; Sistem pendistribusian; debit air; headloss; pompa.*

Pendahuluan

Pendistribusian air bersih pada gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh tempat pada gedung. Perbedaan tinggi tiap lantai gedung dari permukaan tanah pada gedung bertingkat tidak sama, ini menyebabkan besar tekanan air bersih yang keluar dari alat *plumbing* pada tiap lantai tidak sama. Untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang optimal dibutuhkan perancangan instalasi yang baik. Untuk mengatasi keadaan ini, diperlukan pembangunan sistem distribusi air yang baik untuk menjamin ketersediaan air bersih bagi konsumen dan evaluasi terhadap sistem penyediaan air bersih yang ada sekarang ini, terutama sistem jaringan pipa distribusinya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kendala-kendala yang mungkin terjadi pada jaringan pipa distribusi sehingga hal tersebut menyebabkan ketidaklancaran pendistribusian air bersih ke tiap lantai. Pasokan air ke konsumen umumnya dilakukan melalui jaringan pipa distribusi air yang biasanya sangat kompleks dalam suatu gedung dengan menggunakan metoda darcy-weisbach.

Bahan dan Metode Pembahasan

Ø Peta jaringan pipa air bersih

Pendistribusian air pada gedung diperoleh dari tangki air yang merupakan pasokan dari pompa air, dimana air yang dipompakan bersumber pada *reservoir*. Dalam perencanaan air yang mengisi *reservoir* merupakan air yang diperoleh dari PAM. Gambar jaringan pipa pada gedung ini disajikan pada lampiran I.

Ø Ukuran dan jenis pipa

Ukuran pipa minimum didapat dari perhitungan pipa dalam kebutuhan debit gedung dengan elevasi tertentu. Biasanya untuk gedung kantor bertingkat 4 (empat) direncanakan pipa berjenis pvc karena memiliki banyak keunggulan dibanding pipa jenis lain.

Satu kelemahan dari jenis pipa PVC adalah koefisien muai yang cukup besar sehingga tidak tahan terhadap suhu yang terlalu tinggi.

Ø Volume reservoir

volume reservoir harus lebih besar dari kebutuhan air yang direncanakan. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kekurangan air pada gedung tersebut.

Ø Karakteristik pompa

Kapasitas pompa yang dipilih harus sama atau lebih besar dari kapasitas air yang dibutuhkan dalam suatu gedung. serta Head pompa harus dapat menyuplai air pada keadaan yang paling tinggi.

Ø Tangki Air

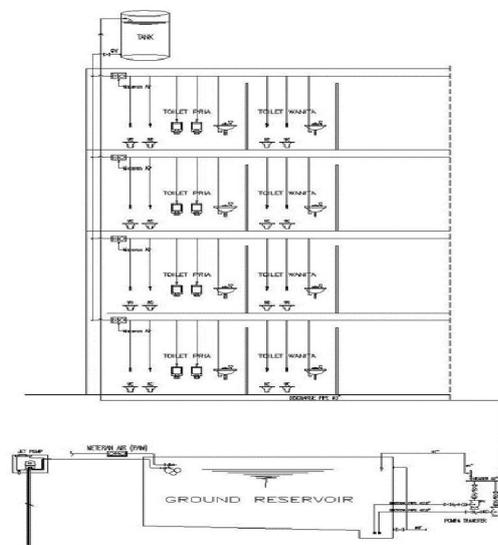
Tangki distribusi merupakan elemen yang sangat penting dalam sebuah sistem distribusi air untuk gedung bertingkat.

Ø Denah bangunan

Denah Bangunan merupakan hasil perencanaan dari penulis. (data terlampir)

Ø Jumlah karyawan

Jumlah Karyawan direncanakan sesuai fungsi gedung kantor. Perencanaan didasarkan pada penggunaan lantai kerja perorangan yang mengacu pada PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NOMOR: 45/PRT/M/2007 tentang pedoman teknis pembangunan bangunan gedung negara.



Gambar 1 Jaringan instalasi air dari pompa

Data yang didapat dari perencanaan dihitung dalam analisa manual dengan menggunakan rumus kehilangan energi h_f dengan menggunakan rumus Darcy Weisbach, dan besarnya kerugian minor h_m akibat adanya kelengkapan pipa. Nilai $head$ pompa yang diperoleh dari penjumlahan antara nilai beda tinggi dan nilai kerugian energy, serta t nilai $head$ yang berbeda sesuai debit yang diinginkan. Pemilihan pompa didasarkan pada nilai head dan kapasitas yang dibutuhkan. Perencanaan pemilihan diameter pipa minimum diperhitungkan berdasarkan rumus serta Kehilangan energi pada pipa dihitung menggunakan rumus darcy weisbach. Dimana koefisien gesekan (f) bergantung pada nilai bilangan Reynolds (Re). Nilai total $head$ diperoleh dari hasil pengurangan nilai $head$ dengan kerugian $head$.

Hasil dan Pembahasan

Kebutuhan Air Pada Gedung 4 Lantai

Pada lantai 1 terdapat 6 kloset, 3 peturasan, 4 bak cuci tangan, dan 4 bak cuci dapur. $(6 \cdot 10) + (3 \cdot 5) + (4 \cdot 2) + (1 \cdot 4) = 87$, Jadi jumlah unit beban alat plambing pada lantai 1 sebesar 87. Untuk lantai berikutnya diterapkan perhitungan yang sama. Berdasarkan perhitungan diatas, maka total unit alat plambing pada gedung bertingkat 4: $= (87 + 87 + 95 + 93) = 362 = 450 \text{ l/m}$ (dilihat dari Kurva hubungan antara unit beban plambing dengan laju aliran). kebutuhan air maksimum terjadi pada periode II (06.00-12.00) WIB yaitu sebesar 259.200 Liter/6 jam.

Diameter Pipa

Diasumsikan kecepatan air 2m/s dimana perhitungan pada titik A-B sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 2 \text{ m/s}}} = 0,004774789 \text{ m} = 4,77 \text{ mm} \approx 69 \text{ mm} \tag{1}$$

Dalam hal ini kecepatan air yang melalui pipa ini adalah :

$$V = \frac{Q}{A} = 1,65 \text{ m/s.} \tag{2}$$

Kerugian Head

Pada suatu head adalah merupakan kerugian 51arall dan setiap fluida yang mengalir melalui saluran pipa, total 51arall yang dimiliki cenderung menurun pada arah aliran kapasitas. Kerugian head umumnya terdiri dari dua tipe yaitu Kerugian Fitting Head Minor dan Kerugian Pipa Head Mayor.

Perencanaan Pompa

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa pemakaian air total untuk Gedung bertingkat 4 = 0,0075 m³/s (27 m³/jam). Pompa penyalur biasanya bekerja tanpa fluktuasi aliran yang cukup berarti. Adapun jumlah pompa yang diperlukan untuk memenuhi jumlah air yang dibutuhkan dapat ditentukan berdasarkan 51aral berikut:

Tabel 1 Jumlah pompa distribusi terpasang

Debit yang direncanakan (m ³ /jam)	Jumlah Pompa Utama	Jumlah Pompa Cadangan	Jumlah Pompa keseluruhan
Sampai 125	2	1	3
120 - 450	Besar 1	1	Besar 2
	Kecil 1		Kecil 1
Lebih dari 400	Besar: 3-5	Besar: 1	Besar: 4-6
	atau lebih	atau lebih	atau lebih
	Kecil: 1	Kecil: 1	Kecil: 2

Sumber : A Sularso, Haruo Tahara, 2000, *Pompa dan Kompresor : Pemilihan*,

Menurut 51aral di atas maka direncanakan digunakan pompa sebanyak 2 unit dengan spesifikasi yang sama. Kedua pompa dihubungkan secara 51arallel, 1 unit pompa bekerja dan 1 unit pompa sebagai cadangan. Kapasitas pompa yang direncanakan Q_p adalah :

$$Q_p = 2 \cdot Q = 2 \cdot 0,00375 \text{ m}^3/\text{s} = 0,00750 \text{ m}^3/\text{s} = 7,5 \text{ l/s.} \tag{3}$$

Penentuan Ukuran Pipa

Ø Diameter pipa hisap (Suction pipe)

Diameter pipa hisap ditentukan dengan kecepatan aliran air antara 2,44 sampai 3,66 m/s. Dalam perancangan ini diambil kecepatan V = 3 m/s, sehingga diameternya :

$$Q_p = V_s \cdot A_s \tag{4}$$

$$D_s = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_p}{\pi \cdot V_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 3 \text{ m/s}}} = 0,056 \text{ m} = 2,22 \text{ in.} \tag{5}$$

Dari hasil perhitungan di atas, dipilih pipa berdiameter 2,5 inch (sesuai dengan tabel pipa tabel 4.10). Pipa yang digunakan terbuat dari bahan PVC.

Ø Diameter pipa tekan (Discharge pipe)

Kecepatan aliran didalam pipa tekan umumnya 1,22 m/s sampai 2,13 m/s. Dalam perancangan ini diambil kecepatan V = 2 m/s, sehingga diameternya:

$$Q_{total} = V_d \cdot A_d \tag{6}$$

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{total}}{\pi \cdot V_d}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0075 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 2 \text{ m/s}}} = 0,069 \text{ m} = 2,72 \text{ inch} \tag{7}$$

Perencanaan Head Pipa

Untuk keadaan seperti gambar 1, head yang diperlukan untuk memindahkan air dari titik 1 ke titik 2 dapat ditentukan dengan rumus :

$$H_p = \frac{v^2}{2g} + z_2 - z_1 \tag{8}$$

Sebelum melakukan perhitungan head pompa, maka perlu dicari terlebih dahulu head losses yang terjadi sepanjang pipa. Fitting dari pompa s/d tangki: 2 globe valve, 1 check valve, dan 3 elbow. Jadi nilai koefisien total head loss titik

$$A-B : k = (2 \cdot 10) + (1 \cdot 3) + (3 \cdot 0,5) = 24,5 \tag{9}$$

Jadi didapat nilai h_m :

$$h_m = k \cdot \frac{v^2}{2g} = 24,5 \cdot \frac{v^2}{2g} = 3,3996 \text{ m} \tag{10}$$

Kerugian head akibat gesekan pada pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut, yaitu :

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,01589 \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,54978 \text{ m} \tag{11}$$

Maka Head losses:

$$H_l = H_{fitting} + h_{pipa} = (3,3996 + 0,54978) \text{ m} = 3,94938 \text{ m} \tag{12}$$

Nilai head pompa adalah :

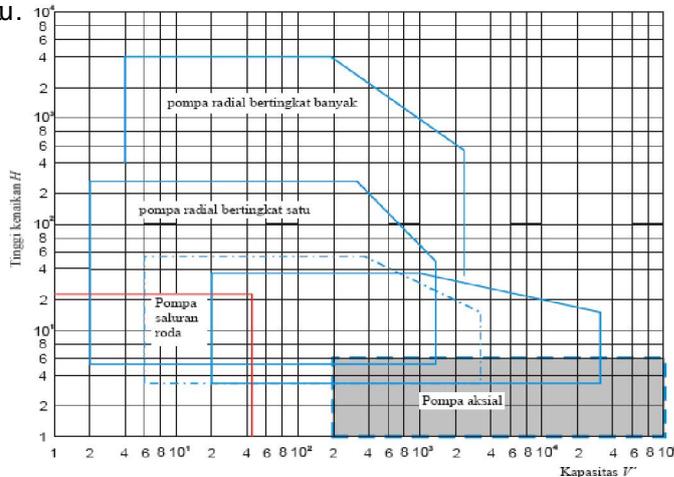
$$H = \frac{v^2}{2g} + z_2 - z_1 \tag{13}$$

$$H = \frac{v^2}{2g} + \frac{v^2}{2g} + 19 = 1 \cdot 3,94938 \tag{14}$$

$$H = 32,11785 \text{ m} \approx 32 \text{ m} \tag{15}$$

Pemilihan Jenis Pompa

Pemilihan jenis pompa dilakukan berdasarkan kapasitas dan head pompa yang akan direncanakan sebelumnya. Dengan kapasitas $Q = 0,0075 \text{ m}^3/\text{s} = 27 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan head pompa $H_p = 32 \text{ m}$, maka dari gambar di bawah ini dapat dilihat jenis pompa yang cocok digunakan adalah pompa radial bertingkat satu. Pada perancangan ini dipilih pompa radial bertingkat satu.



Gambar 2. Daerah Kerja Beberapa Jenis Konstruksi Pompa Sentrifugal

Sumber : 'Turbine, Pompa dan Kompresor' Ir Dakso Sriyono dan Prof. Ing. Fritz Dietzel, Erlangga, Jakarta.1993, hal. 282.

Putaran Motor Penggerak Pompa

Pada pemilihan kali ini dipilih motor listrik dengan 4 buah kutub dan putaran 1500 rpm. Akibat adanya faktor slip, maka putaran motor harus diambil 1 – 2% lebih kecil dari harga-harga dalam tabel 5.3 di atas. Dalam perencanaan ini diambil faktor slip sebesar 2%, sehingga putaran motor sebenarnya adalah : $n = 1500 - (2\% \times 1500) = 1470 \text{ rpm}$

Putaran Spesifik dan Jenis Impeler

Jenis impeler pompa sentrifugal dapat ditentukan berdasarkan putaran spesifik pompa tersebut. Putaran spesifik pompa sentrifugal dengan satu tingkat impeler dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$n_s = 51,64 \frac{(\dots)^{1/4}}{(\dots)^{1/4}} \quad n_s = 51,64 \frac{(\dots)^{1/4}}{(\dots)^{1/4}} \quad n_s = 488,62 \quad 489 \quad (16)$$

Dari tabel diketahui bahwa untuk putaran spesifik, $n_s = 489$ maka jenis impeler yang sesuai adalah jenis *radial flow*.

Daya Motor Penggerak

Untuk mengetahui daya motor penggerak, terlebih dahulu dihitung daya poros pompa yang dipengaruhi oleh efisiensi pompa. Efisiensi pompa tergantung pada kerugian mekanis dan kerugian gesekan. Untuk putaran spesifik (n_s) = 488,62 dan kapasitas (Q) = 0,0075 m³/s = 118,88 gpm, diperoleh efisiensi pompa sebesar 55%. Daya poros pompa, N_p , merupakan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan impeler. Besar daya yang dibutuhkan pompa adalah:

$$N_p = \frac{\dots}{\dots} = 9,777 \times 10^3 \text{ (Nm}^3\text{)} = \text{Efisiensi pompa } 55 \text{ (\%)} \\ N_p = \frac{\dots}{\dots} = 4.266 \text{ W att } 4,3 \text{ Kw} \quad (17)$$

Dalam perencanaan ini, motor listrik dikopel langsung dengan poros pompa. Daya motor listrik sebagai motor penggerak poros pompa dapat dihitung dengan rumus

$$N_m = \frac{\dots}{\dots} = \frac{\dots}{\dots} = 6399 \text{ W att } 6,4 \text{ kW} \quad (18)$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka dipilih motor listrik dengan daya 6,4 kW.

Reservoir

Dari perhitungan diperoleh bahwa kebutuhan air per hari yang dibutuhkan dalam gedung bertingkat adalah sebesar 628000 m³/hari. Berdasarkan kebutuhan maksimum pemakaian air 6 jam per hari yaitu 292.200 m³/hari, maka diasumsikan reservoir yang dipakai berdimensi:

Panjang : 10000 mm Lebar: 10000 mm Tinggi: 3000 mm

Sehingga, volume total reservoir, yaitu:

$$\text{Volume Reservoir} = (p \times l \times t) = (10000 \times 10000 \times 3000) \text{ mm}^3 \\ = 300.000.000.000 \text{ mm}^3 \approx 300.000 \text{ liter} \quad (19)$$

Volume reservoir Volume kebutuhan
300.000 292.200

Tangki Air

Berdasarkan kebutuhan pemakaian air maka digunakan 4 tangki dengan spesifikasi sebagai berikut :

Capacity (L) : 5000 litres, Diameter : 3200 mm, Height : 4320 mm.

Kesimpulan

- Kapasitas total air bersih yang dibutuhkan dalam gedung bertingkat 4 (empat) adalah 450 liter/menit.
- Analisa perhitungan distribusi air bersih dilakukan dengan menggunakan rumus Darcy – Weisbach.
- Kebutuhan air maksimum pada gedung bertingkat terjadi pada periode II (06.00-12.00) yaitu sebesar 259.200 m³/6 jam.
- Pompa yang digunakan untuk mensuplai air bersih dari Reservoir ke tangki adalah Pompa Sentrifugal bertingkat 1 dengan jumlah 2 unit, dimana 1 unit beroperasi dan 1 unit cadangan.
- Pipa yang digunakan adalah pipa berbahan PVC
- Pipa Hisap (*Suction pipe*)
 - Diameter : 63,5 mm (2,5 inchi)
 - Bahan : PVC
- Pipa Tekan (*Discharge pipe*)
 - Diameter : 76,2 mm (3 inchi)
 - Bahan : PVC
- Pipa Distribusi

- Diameter : 3 inchi, 2½ inchi, 2 inchi, 1½ inchi, dan 1 inchi
- Bahan : PVC
- Volume reservoir yang digunakan sebesar 300 m³, dengan dimensi reservoir :
- Panjang = 10 m.
- Lebar = 10 m.
- Tinggi = 3 m
- Tangki air memiliki kapasitas ± 5000 liter. Dengan diameter 3200 mm dan tinggi 4320 mm.
- Data spesifikasi pompa rancangan :
- Jumlah pompa = 2 buah (1 bekerja, 1 cadangan)
- Kapasitas pompa (Qp) = 0,0075 m³/s
- Head pompa (Hp) = 32 m
- Putaran pompa (n) = 1.470 rpm
- Jenis pompa = Pompa Sentrifugal bertingkat 1
- Putaran spesifik pompa (ns) = 488,62
- Efisiensi pompa = 55 %
- Tipe impeler pompa = Radial
- Daya pompa (Np) = 4,3 kW
- Penggerak pompa = Motor listrik
- Frekuensi motor penggerak = 50 Hz
- Daya motor penggerak pompa (Nm) = 6,4 kW
- Pada tiap tingkat diperlukan tekanan air yang sama, untuk itu diperlukan tambahan alat pengatur tekanan atau pressure regulator untuk ditempatkan pada beberapa tingkat dengan menggunakan metoda rumus Darcy – Weisbach.

Daftar Pustaka

1. A Sularso, Haruo Tahara, , 2000, *Pompa dan Kompresor : Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta.
2. Dakso Sriyono, Fritz Dietzel, 1993, *Turbin Pompa dan Kompresor*, PT Erlangga, Jakarta.
3. <http://www.engineeringtoolbox.com/> (dari internet).
4. Igor J Karassik, 1986, *Pump Handbook*, McGraw Hill Book Company, Newyork. (dari internet).
5. Noerbambang, M.S dan Morimura, T, 2000, *Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plambing*, PT Pradnya Paramitha, Jakarta.
6. Ram S. Gupta, 1989, *Hydrology and Hydraulic Systems*, Prentice Hall, London. (dari internet).
7. Raswari, 2007, *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaian*, UI-Press, Jakarta.