

PERHITUNGAN *PRESSURE DROP* SISTEM PLAMBING AIR BERSIH DENGAN MENGGUNAKAN MEDIA *MICROSOFT EXCEL* SEBAGAI *DATABASE* PADA GEDUNG “X” JAKARTA SELATAN

Pratomo Setyadi*, Septyanto Eko Nurcahyo²

Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta

Jl. Rawamangun Muka, RT.11/RW.14, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220

*Email : pratomo_setyadi@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem perpipaan air bersih dari sumber ke *ground tank* menuju ke *roof tank* beserta perlengkapan yang dibutuhkan. Penelitian ini juga bertujuan menghitung kebutuhan air bersih, mendapatkan perhitungan *pressure drop* sistem plambing dengan menggunakan media *microsoft excel* sebagai *database* dan menghitung kebutuhan head pompa serta daya pompa gedung “X” dengan jumlah 35 lantai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu observasi lapangan, mempelajari dokumen atau arsip yang berhubungan sistem plambing air bersih di gedung “X” Jakarta Selatan. Dan metode komputasi dengan *software microsoft excel* untuk membuat rumus perhitungan sebagai *database*. Hasil perhitungan kebutuhan air bersih total gedung “X” Jakarta Selatan adalah 205 m³/hari. Pada gedung “X” terdapat 2 buah tangki atap yaitu 1 buah di lantai *refuge* dengan kapasitas tangki 30 m³ untuk distribusi ke toilet lantai 17 sampai dengan toilet lantai basement 2 dan 1 buah di lantai atap dengan kapasitas 15 m³ untuk distribusi ke toilet lantai 31 sampai dengan toilet lantai 18. Sedangkan untuk toilet dilantai 34, 33 & 32 distribusi air menggunakan pompa *booster*. Hasil *pressure drop* tertinggi pada toilet tipikal lantai 3 s/d lantai 20 yaitu 41,41 meter. Hasil *pressure drop* terendah pada toilet executive lantai 2 s/d lantai 34 yaitu 1,95 meter. Untuk head pompa transfer dari *ground tank* ke lantai *refuge* adalah 102,28 m dan daya pompa 19,97 kW. Head pompa transfer dari lantai *refuge* menuju *roof tank* adalah 61,07 m dan daya pompa 6,03 kW. Head pompa *booster* adalah 3,18 m dan daya pompa 0,27 kW.

Kata kunci : Plambing, *Pressure drop*, Head Pompa

ABSTRACT

This research aims to determine the piping system of clean water from the source to ground tank towards roof tank including equipments that are required. This research is also aiming to calculate clean water needs, calculation of pressure drop on plumbing system using microsoft excel media as a database and calculation the head pump requirements and pump power of building "X" with 35 floors. The method used in this research is field observation, studying documents in archives related to the clean water plumbing system in building x south jakarta and computation method using microsoft excel to make equations as database. The result of calculation of clean water plumbing system in building x south jakarta is 205 m³/day. In building x there are 2 roof tanks, 1 on refuge floor with capacity of 30 m³ to distribute water to 17th floor to the basement 2, and 1 tank on the roof floor with capacity of 15 m³ to distribute water to 31st to 18th floor. Meanwhile toilets on the 34th, 33rd and 32nd floors get water provided by booster pump. The highest result of pressure drop on the typical toilets on 2nd to 20th is 32.54 m. The lowest result of pressure drop on the executive toilets on the 2nd to 34th floors is 0.76 m. For the head pump, transfer from ground tank to refuge floor is 102.28 m and pump power 19.97 kW. Head pump transfer from refuge floor to roof tank is 61.07 m and pump power 6.03 kW. Booster head pump is 3.18 m and pump power is 0.27 kW.

Keywords : *Plumbing, Pressure drop, Head Pump*

LATAR BELAKANG MASALAH

Kemajuan zaman semakin mendorong manusia untuk menciptakan fasilitas-fasilitas untuk menunjang aktivitas yang berkaitan dengan kebutuhan manusia. Salah satu dari

sekian banyak kemajuan tersebut adalah menciptakan gedung-gedung bertingkat di kota-kota besar. Gedung-gedung bertingkat memiliki fasilitas yang berfungsi untuk memberikan

kenyamanan bagi pengguna gedung tersebut. Macam-macam fasilitas tersebut antara lain terdapat pada sistem elektrikal & elektronik, sistem tata udara dan sistem plambing.

Salah satu dari sistem yang paling penting adalah sistem plambing, karena sistem ini berkaitan dengan penyediaan air bersih dan penyaluran air buangan yang merupakan kebutuhan mendasar bagi manusia. Secara khusus, pengertian plambing merupakan sistem perpipaan dalam bangunan yang meliputi sistem perpipaan untuk :

- penyediaan air bersih
- penyaluran air buangan + sistem vent
- penyaluran air hujan

Perencanaan dan perancangan sistem plambing haruslah dilakukan bersamaan dan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan dan perancangan gedung itu sendiri, dengan memperhatikan secara seksama hubungannya dengan bagian-bagian konstruksi gedung serta dengan sistem lainnya yang ada dalam gedung tersebut.

Distribusi air dalam gedung membutuhkan pipa vertikal untuk mensupply ke lantai-lantai. Hal ini menyebabkan pengaruh pola aliran pada aliran dua fase, instalasi perpipaan berupa aliran vertikal ke horizontal melalui elbow. Dalam suatu aliran yang melewati sistem atau instalasi pipa akan terjadi hambatan aliran, hambatan tersebut diakibatkan faktor-faktor bentuk instalasi. Hambatan aliran akan menyebabkan turunnya energi dari fluida tersebut yang sering juga disebut dengan kerugian tinggi tekan (*head loss*) atau penurunan tekanan (*pressure drop*). *Head loss* atau *pressure drop* merupakan pengaruh yang ditimbulkan karena gesekan fluida (*friction losses*) dan perubahan pola aliran (terjadi karena fluida harus mengikuti bentuk dari dindingnya). Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti terdorong untuk mengetahui lebih lanjut dalam perhitungan *pressure drop* sistem plambing dengan menggunakan media *microsoft excel* sebagai *database*.

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Bagaimana sistem perpipaan air bersih dari sumber ke *ground tank* lalu menuju ke *roof tank* beserta perlengkapan yang dibutuhkan

2. Berapa *net positive suction head* yang dibutuhkan pompa untuk mengangkut daya keatas *roof tank*
3. Berapa jarak dari tangki atas ke tiap-tiap keluaran disetiap lantai
4. Berapa kebutuhan total debit per jam nya pada gedung “X” untuk melayani 35 lantai, untuk mengisi kebutuhan tiap lantai
5. Jenis pompa yang dibutuhkan pada gedung “X” untuk melayani 35 lantai
6. Menghitung besaran *pressure drop* sistem plambing air bersih pada gedung “X” dengan jumlah 35 lantai
7. Membuat perhitungan *pressure drop* sistem plambing air bersih pada media *microsoft excel* sebagai database

PEMBATASAN MASALAH

Dalam penelitian ini penulis membatasi permasalahan dalam sistem perpipaan air bersih, yaitu berapa *head* yang dibutuhkan pada keluaran disetiap lantai dan perhitungan *pressure drop* sistem plambing air bersih dengan media *microsoft excel* sebagai database pada gedung “X” dengan jumlah 35 lantai di Jakarta Selatan.

PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang diteliti dalam penelitian ini adalah seberapa besar penurunan yang terjadi pada gedung “X” dengan jumlah 35 lantai di tiap-tiap lantainya setelah dilakukan perhitungan *pressure drop* dengan menggunakan media *microsoft excel* sebagai *database*.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui sistem perpipaan air bersih dari sumber ke *ground tank* menuju ke *roof tank* beserta perlengkapan yang dibutuhkan
2. Menghitung kebutuhan air bersih pada gedung “X” dengan jumlah 35 lantai
3. Menghitung *pressure drop* instalasi air bersih dengan menggunakan media *microsoft excel* sebagai *database* pada gedung “X” dengan jumlah 35 lantai
4. Menghitung kebutuhan head pompa dan daya pompa gedung “X” dengan jumlah 35 lantai

MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang dapat di ambil dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui cara kerja sistem perpipaan khususnya sistem plambing air bersih pada gedung.
2. Mendapatkan perhitungan pompa yang efisien

TEKNIK ANALISIS DATA

Data yang didapat dari perencanaan dihitung dalam analisa manual dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

- a) Menghitung luas total bangunan 35 lantai
 - b) Menghitung jumlah penghuni total gedung
- $$\text{Jumlah populasi} = \frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Beban hunian}}$$
- c) Pemakaian air dalam satu hari (Q_1) pada gedung yaitu

$$Q_1 = \text{Jumlah populasi} \times \text{Pemakaian Air}$$

- d) Pemakaian air rata-rata pada gedung

$$Q_h = \frac{Q_d}{t}$$

Di mana

Q_h : Pemakaian air rata-rata (m^3/jam)

Q_d : Pemakaian air rata-rata sehari (m^3)

t : Jangka waktu pemakaian air dalam 1 hari (jam)

- e) Pemakaian air pada jam puncak pada gedung

$$Q_{h - \max} = (C_1) (Q_h)$$

Dimana:

C_1 = konstanta yang berkisar antara 1,5 - 2

- f) Pemakaian air pada hari puncak pada gedung

$$Q_{d - \max} = (C_2) (Q_d)$$

Dimana:

C_2 = konstanta yang berkisar antara 1,5 - 2

- g) Pemakaian air pada menit puncak gedung

$$Q_{m - \max} = (C_3) (Q_h / 60)$$

Dimana:

C_3 = konstanta yang berkisar antara 3 - 4

- h) Kapasitas Efektif Tangki Atas

$$V_E = (Q_p - Q_{\max}) T_p - Q_{pu} \times T_{pu}$$

Dimana :

V_E = Kapasitas efektif tangki atas (liter)

Q_p = Kebutuhan puncak (liter/menit)

Q_{\max} = Kebutuhan jam puncak

(liter/menit)

Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit)

T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

T_{pu} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

- i) Waktu Pengisian Tangki Atas

$$t = \frac{V}{D}$$

Dimana :

t = Waktu (menit)

V = Volume (dm^3)

D = Debit (liter/menit)

2. Perhitungan tekanan

- a) Menghitung tekanan air tiap lantai dengan tujuan untuk mengetahui apakah tekanan air yang keluar melalui alat plambing pada tiap lantai masih berada pada batas tekanan perencanaan untuk gedung bertingkat dengan menggunakan rumus

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

Dengan :

H (head statik) = Ketinggian lantai tersebut dari atap

ρ air = 1000 kg/m^3

- b) Karena rumus diatas menghasilkan satuan N/m^2 , maka untuk menyesuaikan satuan alat plambing yang menggunakan kg/cm^2 maka diubah menjadi

$$1 N/m^2 = 0,00001 \text{ bar}$$

$$1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2$$

3. Perhitungan Pressure Drop

- a) Menentukan nilai laju aliran dari beban unit plambing

- b) Menghitung kecepatan aliran pipa

- c) Menentukan nilai dari ε/D dengan ε merupakan kekasaran relatif bahan

- d) Menentukan bilangan Reynold aliran air didalam pipa dengan menggunakan rumus

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynold

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

d = diameter pipa (m)

ν = viskositas kinematik

$$= 0,984 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \text{ untuk}$$

suhu 21,1°C

- e) Dengan menggunakan diagram *moody* didapatkan besarnya harga koefisien gesek f .

- f) Menghitung kerugian pipa lurus dengan menggunakan rumus

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

Dimana :

- h_f : Kerugian head karena gesekan (m)
- f : Faktor gesekan (diperoleh dari diagram *Moody*)
- L : Panjang pipa (m)
- D : Diameter dalam pipa (m)
- V : Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

g : Gravitasi

g) Menentukan peralatan-peralatan pipa yang digunakan pada gedung seperti sambungan-sambungan pipa, *elbow* maupun katup (*valve*)

h) Mencari besarnya panjang ekuivalen dari peralatan pipa pada gedung, dengan menggunakan tabel panjang ekuivalen pipa

i) Menghitung kerugian peralatan pipa dengan rumus

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

Dimana :

- h_f : Kerugian head karena gesekan (m)
- f : Faktor gesekan
- V : Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)
- g : Gravitasi

4. Perhitungan Head Pompa, NPSH Dan Daya Pompa

a) Menghitung head, NPSH, daya air, daya poros dan efisiensi pompa *supply* dari *ground tank* ke lantai *refuge floor* dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut

Menghitung head kerugian gesek untuk pipa lurus

$$h_f = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \times L$$

Dimana :

- h_f : Kerugian head (m)
- Q : Laju aliran (m^3/s)
- C : Kofisien, dalam tabel 2.1
- D : Diameter pipa (m)
- L : Panjang pipa (m)

Menghitung kerugian pada belokan

$$f = 0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dimana :

- f : Koefisien kerugian
- D : Diameter pipa (m)
- R : Jari – jari lengkung sumbu

belokan (m)

θ : Sudut belokan (derajat), dan

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

Dimana :

- h_f : Kerugian head (m)
- f : Koefisien kerugian
- v : Kecepatan rata-rata (m / s)
- g : Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Menghitung kerugian pada katup dengan menggunakan persamaan pada kerugian katup

Menghitung head kecepatan keluar

$$\frac{V_d^2}{2g}$$

Dimana :

- v_d : Kecepatan rata-rata (m / s)
- g : Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

Menghitung head pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

Dimana :

- H : Head total pompa (m)
- h_a : Head statis total (m)
- Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan di sisi isap, tanda positif (+) dipakai apabila muka air di sisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap

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

$$\Delta h_p = h_{p2} - h_{p1}$$

h_l : Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan (m)

$$h_l = h_{ld} + h_{ls}$$

$\frac{v_d^2}{2g}$: Head kecepatan keluar (m)

g : Gravitasi (9,8 m/s²)

Rumus NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

Dimana :

- h_{sv} : NPSH yang tersedia (m)
- P_a : Tekanan atmosfir (kgf / m^2)
- P_v : Tekanan uap jenuh (kgf / m^2)
- γ : Berat jenis zat cair per satuan volume (kgf / m^3)
- h_s : Head isap statis (m)
- h_s adalah positif (bertanda +) jika pompa terletak diatas permukaan zat cair yang di isap, dan negatif (bertanda -) jika di bawah
- h_{ls} : Kerugian head di dalam pipa isap (m)

Rumus NPSH yang diperlukan

$$H_{svN} = \sigma \cdot H_N$$

Dimana :

σ : Koefisien kavitasi Thoma
 H_{svN} : Titik NPSH yang diperlukan
 H_N : Titik efisiensi maksimum
Rumus kecepatan spesifik

$$n_s = n \cdot \frac{Q_N^{0,5}}{H_N^{0,75}}$$

Dimana :

n_s : Kecepatan spesifik
 n : Putaran pompa (rpm)
 Q_N : Titik efisiensi (m^3/min)
 H_N : Head (m)

Daya air

$$P_w = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

Dimana :

P_w : Daya air (kW)
 γ : Berat air per satuan volume
(kgf / l)

Q : Kapasitas (m^3 / min)
 H : Head total pompa (m)

Daya poros dan efisiensi pompa

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}$$

Dimana :

P : Daya poros pompa (kW)
 P_w : Daya air (kW)
 η_p : Efisiensi pompa

PEMBAHASAN

1. Analisa Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Proses perhitungan kebutuhan air bersih dapat diuraikan pada rumus-rumus dibawah ini :

- a) Menghitung luas total bangunan 35 lantai
- b) Menghitung jumlah penghuni total gedung

$$\text{Jumlah populasi} = \frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Beban hunian}}$$

Contoh Perhitungan :

Lantai 7

Luas lantai efektif = 1.437 m^2

Beban hunian = 9,3 m^2/org

$$\text{Jumlah populasi} = \frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Beban hunian}}$$

$$\frac{1.437}{9,3} = 154,5 \text{ Org}$$

dibulatkan menjadi 155 Org

- c) Pemakaian air dalam satu hari (Q_1) pada gedung yaitu

$$Q_1 = \text{Jumlah populasi} \times \text{Pemakaian Air}$$

Contoh Perhitungan :

Lantai 7

Jumlah populasi = 155 Org

Pemakaian air = 50 ltr/org

$$Q_1 = \text{Jumlah populasi} \times \text{Pemakaian Air}$$

$$155 \times 50 = 7.726 \text{ liter}$$

1.1 Menghitung Kebutuhan Air Bersih Pada Tangki di Lantai Refuge

- a) Pemakaian air rata-rata pada gedung

$$Q_h = \frac{Q_d}{t}$$

Di mana :

Q_h : Pemakaian air rata-rata

(m^3/jam)

Q_d : Pemakaian air rata-rata sehari

(m^3)

t : Jangka waktu pemakaian air dalam 1 hari (jam)

$$Q_h = \frac{205}{8}$$

$$Q_h = 25,6 \text{ m}^3/jam$$

- b) Pemakaian air pada jam puncak pada gedung

$$Q_{h - \max} = (C_1) (Q_h)$$

Dimana:

C_1 = konstanta yang berkisar antara

1,5 – 2

$$Q_{h - \max} = (C_1) (Q_h)$$

$$= 2 \times 25,6$$

$$= 51,25 \text{ m}^3/jam$$

- c) Pemakaian air pada hari puncak pada gedung

$$Q_{d - \max} = (C_2) (Q_d)$$

Dimana:

C_2 = konstanta yang berkisar

antara 1,5 – 2

$$Q_{d - \max} = (C_2) (Q_d)$$

$$= 2 \times 205$$

$$= 410 \text{ m}^3$$

- d) Pemakaian air pada menit puncak gedung

$$Q_{m - \max} = (C_3) (Q_h / 60)$$

Dimana: $= 2 \times 13$
 $C_3 =$ konstanta yang berkisar antara 3 - 4 $= 26 \text{ m}^3/\text{jam}$
 $Q_{m - \max} = (C_3) (Q_h / 60)$
 $= 4 \times (25,6/60)$
 $= 1,7 \text{ m}^3/\text{menit}$

e) Kapasitas Tangki Di Lantai Refuge
 $V_E = (Q_p - Q_{\max}) T_p - Q_{pu} \times T_{pu}$

$V_E = (1700 - 854,17) 35,12 - 842 \times 0,5$

$V_E = 29600,63 \text{ liter}$
 $= 29,60 \text{ m}^3$

Kapasitas tangki yang terpasang adalah 30 m^3

f) Waktu Pengisian Tangki Di Lantai Refuge
 $t = \frac{V}{D}$
 $t = \frac{30}{51,25}$
 $t = 0,59 \text{ jam} = 35,12 \text{ menit}$

1.2 Menghitung Kebutuhan Air Bersih Pada Tangki di Lantai Atap

a) Pemakaian air rata-rata pada gedung

$Q_h = \frac{Q_d}{t}$

Di mana :

Q_h : Pemakaian air rata-rata
 (m^3/jam)

Q_d : Pemakaian air rata-rata sehari
 (m^3)

t : Jangka waktu pemakaian air dalam 1 hari (jam)

$Q_h = \frac{102}{8}$
 $Q_h = 13 \text{ m}^3/\text{jam}$

b) Pemakaian air pada jam puncak pada gedung

$Q_{h - \max} = (C_1) (Q_h)$

Dimana:

$C_1 =$ konstanta yang berkisar antara 1,5 - 2

$Q_{h - \max} = (C_1) (Q_h)$

c) Pemakaian air pada hari puncak pada gedung

$Q_{d - \max} = (C_2) (Q_d)$

Dimana:

$C_2 =$ konstanta yang berkisar antara 1,5 - 2

$Q_{d - \max} = (C_2) (Q_d)$
 $= 2 \times 102$
 $= 204 \text{ m}^3$

d) Pemakaian air pada menit puncak gedung

$Q_{m - \max} = (C_3) (Q_h / 60)$

Dimana:

$C_3 =$ konstanta yang berkisar antara 3 - 4
 $Q_{m - \max} = (C_3) (Q_h / 60)$
 $= 4 \times (13/60)$
 $= 0,87 \text{ m}^3/\text{menit}$

e) Kapasitas Tangki Di Lantai Atap

$V_E = (Q_p - Q_{\max}) T_p - Q_{pu} \times T_{pu}$

$V_E = (870 - 433,33) 34,62 - 425 \times 0,5$
 $V_E = 14905,22 \text{ liter}$
 $= 14,91 \text{ m}^3$

Kapasitas tangki yang terpasang adalah 15 m^3

f) Waktu Pengisian Tangki Di Lantai Atap

$t = \frac{V}{D}$
 $t = \frac{15}{26}$
 $t = 0,58 \text{ jam} = 34,62 \text{ menit}$

2. Analisa Perhitungan Tekanan

Proses perhitungan tekanan air tiap lantai dapat diuraikan pada rumus-rumus dibawah ini :

$P = \rho . g . H$

Dengan : H (head statik) = Ketinggian lantai tersebut dari atap

Dimana :

P = Tekanan air (N/m^2)

ρ = Kerapatan air

= $998 \text{ kg}/m^3$, pada suhu $20^\circ C$

g = Kecepatan gravitasi (m/s^2)

H = Tinggi tekan total (m)

Contoh Perhitungan :

Lantai Ground

Ketinggian dari lantai 21,

$H = 83,3 \text{ m}$

Kerapatan air, $\rho = 998 \text{ kg}/m^3$

Kecepatan gravitasi, $g = 9,81 \text{ m}/s^2$

$$P = \rho \cdot g \cdot H$$

$$P = 998 \cdot 9,81 \cdot 83,3$$

$$P = 815538,654 \frac{N}{m^2}$$

$$= 8,155 \text{ kg}/cm^2$$

3. Analisa Perhitungan *Pressure Drop*

Proses perhitungan *pressure drop* dapat diuraikan pada rumus-rumus dibawah ini :

Daerah A – C terdapat :

- Titik A : Kloset dengan tangki gelontor

- Beban unit plumbing : 5 FU

- Laju aliran = $0,59 \text{ l}/s$

$$= 0,59 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/s$$

- Kecepatan aliran

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

$$V = \frac{4 \cdot 0,59 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,02^2}$$

$$V = 1,88 \text{ m}/s$$

- Kekasaran relatif bahan

$$\epsilon/D = 0,0000015 / 0,02$$

$$= 0,0001$$

- Bilangan reynold aliran air didalam pipa

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

$$= \frac{1,88 \cdot 0,02}{0,984 \cdot 10^{-6}} = 38211,38$$

- Dengan diagram moody didapat $f = 0,023$

- Kerugian pipa lurus

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

$$h_f = 0,023 \frac{2,98}{0,02} \frac{1,88^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_f = 0,62 \text{ m}$$

- Kerugian peralatan pipa

- 3 buah belokan 90° (20 mm),

- $f = 0,75$

$$h_f = f \frac{V^2}{2g} = 0,75 \times \frac{1,88^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,135 \text{ m}$$

$$3 \times 0,135 = 0,405 \text{ m}$$

- 1 buah T- 90° aliran lurus

(25 mm), $f = 0,27 \text{ m}$

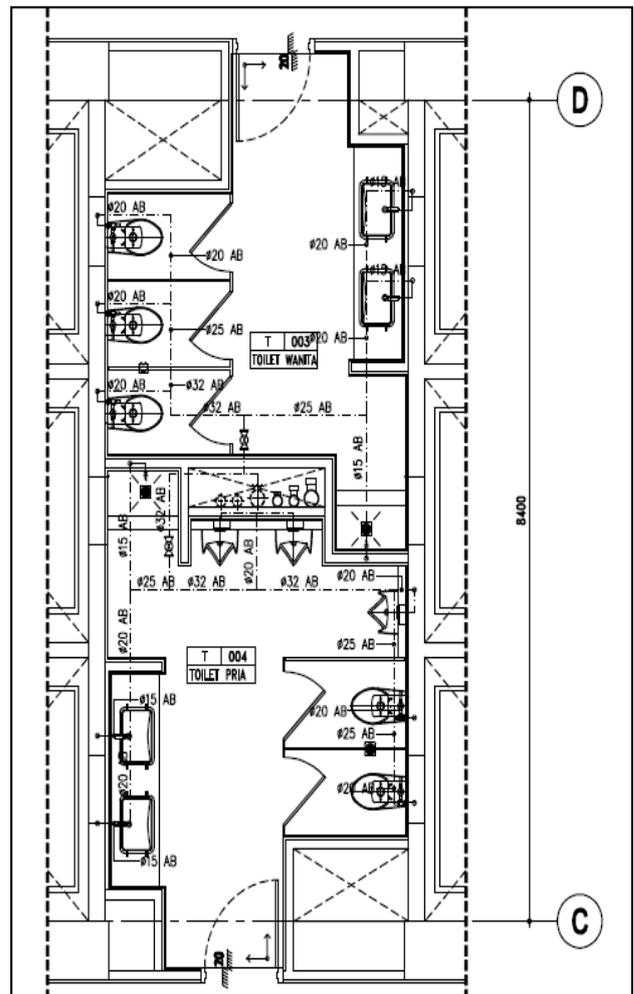
$$h_f = f \frac{V^2}{2g} = 0,27 \times \frac{1,88^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,048 \text{ m}$$

Total *pressure drop* pada daerah A – C adalah

$$h_{f \text{ total}} = h_{f \text{ kerugian pipa lurus}} + h_{f \text{ kerugian peralatan pipa}}$$

$$h_{f \text{ total}} = 0,62 + 0,405 + 0,048 = 1,073 \text{ m}$$



Gambar 3.1 Instalasi Pipa Air Bersih Toilet Tipikal Lantai 3 s/d Lantai 20

Daerah	D (mm)	v (l/s)	ε/D	Re (10 ⁴)	f	L (m)	Kerugian pipa lurus (m)	Kerugian peralatan pipa (m)	h _f (total) (m)
BB - CC	20	1,88	0,0001	3,82	0,023	4,09	0,85	0,318	1,168
DD - CC	20	1,88	0,0001	3,82	0,023	4,1	0,85	0,458	1,308
CC	25	2,24	0,00006	5,69	0,021	2,04	0,52	0,33	4,364
JJ - FF	15	2,83	0,0001	4,31	0,022	3,46	2,074	0,588	2,662
GG - HH	15	0,17	0,0001	0,25	0,046	3,7	0,017	0,00211	0,01911
II - HH	15	0,17	0,0001	0,25	0,046	3,7	0,017	0,00035	0,01735
FF	20	2,58	0,0001	5,24	0,021	3,6	1,3	0,582	4,58046
EE	32	1,69	0,00005	5,49	0,021	2,38	0,23	0,264	9,43846
TOTAL PRESSURE DROP									41,41

Sumber : Hasil Perhitungan.

4. Analisa Perhitungan Pompa

Proses perhitungan pompa dapat diuraikan pada rumus-rumus dibawah ini :

a) Menghitung head, NPSH, daya air, daya poros dan efisiensi pompa *supply* dari *ground tank* ke lantai *refuge* dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menghitung head kerugian gesek untuk pipa lurus

$$h_f = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \times L$$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,014^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,1^{4,85}} \times 193,872$$

$$h_f = 6,68 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada belokan

Satu belokan dengan f = 4,2
Dengan kecepatan aliran

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

$$V = \frac{0,014}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,1^2}$$

$$V = 1,78 \text{ m/s}$$

Maka kerugian satu belokan adalah

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 4,2 \frac{1,78^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,68 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada katup isap dengan saringan

Katup isap dengan saringan diameter 100 mm, diperoleh f = 1,97

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 1,97 \frac{1,78^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,318 \text{ m}$$

- Menghitung head kecepatan keluar

$$\frac{V_d^2}{2g} = \frac{1,78^2}{2 \cdot 9,8} = 0,162 \text{ m}$$

- Menghitung head pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$H = 87,325 + 0 + 6,68 + 11 (0,68) + 2 (0,318) + 0,162$$

$$H = 102,28 \text{ m}$$

- NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

$$h_{sv} = \frac{10332}{998,3} - \frac{238,3}{998,3} - 1,9 - 2,09$$

$$h_{sv} = 6,12 \text{ m}$$

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 4,2 \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,17 \text{ m}$$

- NPSH yang diperlukan

$$H_{svN} = \sigma \cdot H_N$$

$$H_{svN} = 0,026 \cdot 102,28$$

$$H_{svN} = 2,66 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada katup isap dengan saringan

Katup isap dengan saringan diameter 100 mm, diperoleh $f = 1,97$

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 1,97 \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,08 \text{ m}$$

- Kecepatan spesifik

$$n_s = n \cdot \frac{Q_N^{0,5}}{H_N^{0,75}}$$

$$n_s = 2950 \cdot \frac{0,84^{0,5}}{102,28^{0,75}}$$

$$n_s = 84,07$$

- Menghitung head kecepatan keluar

$$\frac{V_d^2}{2g} = \frac{0,9^2}{2 \cdot 9,8} = 0,04 \text{ m}$$

- Daya air

$$P_w = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P_w = 0,163 \times 0,998 \times 0,84 \times 102,28$$

$$P_w = 13,98 \text{ KW}$$

- Menghitung head pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v_d^2}{2g}$$

$$H = 58,29 + 0 + 1,05 + 9 (0,17)$$

$$+ 2 (0,08) + 0,04$$

$$H = 61,07 \text{ m}$$

- Daya poros dan efisiensi pompa

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}, \eta_p = 70\%$$

$$P = \frac{13,98}{0,7}$$

$$P = 19,97 \text{ KW}$$

b) Menghitung head, NPSH, daya air, daya poros dan efisiensi pompa supply dari lantai refuge floor menuju *roof tank* dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

- NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

$$h_{sv} = \frac{10332}{998,3} - \frac{238,3}{998,3} - 0,42 - 0,8$$

$$h_{sv} = 8,9 \text{ m}$$

- Menghitung head kerugian gesek untuk pipa lurus

$$h_f = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \times L$$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00708^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,1^{4,85}} \times 107,105$$

$$h_f = 1,05 \text{ m}$$

- NPSH yang diperlukan

$$H_{svN} = \sigma \cdot H_N$$

$$H_{svN} = 0,028 \cdot 61,07$$

$$H_{svN} = 1,71 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada belokan

Satu belokan dengan $f = 4,2$
Dengan kecepatan aliran

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

$$V = \frac{0,00708}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,01^2}$$

$$V = 0,9 \text{ m/s}$$

- Kecepatan spesifik

$$n_s = n \cdot \frac{Q_N^{0,5}}{H_N^{0,75}}$$

$$n_s = 2950 \cdot \frac{0,425^{0,5}}{61,07^{0,75}}$$

$$n_s = 88,03$$

- Daya air

$$P_w = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P_w = 0,163 \times 0,998 \times 0,425 \times 61,07$$

$$P_w = 4,22 \text{ KW}$$

Maka kerugian satu belokan adalah

- Daya poros dan efisiensi pompa

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}, \eta_p = 70\%$$

$$P = \frac{4,22}{0,7}$$

$$P = 6,03 \text{ KW}$$

c) Menghitung head, NPSH dan daya air, daya poros dan efisiensi pompa *booster* dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut :

- Menghitung head kerugian gesek untuk pipa lurus

$$h_f = \frac{10,666Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,85}} \times L$$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,0063^{1,85}}{130^{1,85} \cdot 0,08^{4,85}} \times 21,3$$

$$h_f = 0,49 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada belokan

Satu belokan dengan $f = 3$

Dengan kecepatan aliran

$$V = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \cdot D^2}$$

$$V = \frac{0,0063}{\frac{\pi}{4} \cdot 0,08^2}$$

$$V = 1,25 \text{ m/s}$$

Maka kerugian satu belokan adalah

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 3 \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,24 \text{ m}$$

- Menghitung kerugian pada katup

Katup diameter 80 mm, diperoleh $f = 0,63$

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 0,63 \frac{1,25^2}{2 \cdot 9,8}$$

$$h_f = 0,05 \text{ m}$$

- Menghitung head pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{1}{2g} (v_d^2 - v_s^2)$$

$$H = 1,1 + 0 + 0,49 + 6 (0,24) + 2 (0,05)$$

$$+ \frac{1}{2 \cdot 9,8} (1,25^2 - 1,25^2)$$

$$H = 3,13 \text{ m}$$

- NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls}$$

$$h_{sv} = \frac{10332}{998,3} - \frac{238,3}{998,3} - 0,4 - 2,02$$

$$h_{sv} = 7,7 \text{ m}$$

- NPSH yang diperlukan

$$H_{svN} = \sigma \cdot H_N$$

$$H_{svN} = 0,56 \cdot 3,18$$

$$H_{svN} = 1,78 \text{ m}$$

- Kecepatan spesifik

$$n_s = n \cdot \frac{Q_N^{0,5}}{H_N^{0,75}}$$

$$n_s = 2950 \cdot \frac{0,38^{0,5}}{3,18^{0,75}}$$

$$n_s = 763,65$$

- Daya air

$$P_w = 0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H$$

$$P_w = 0,163 \times 0,998 \times 0,38 \times 3,18$$

$$P_w = 0,2 \text{ KW}$$

- Daya poros dan efisiensi pompa

$$P = \frac{P_w}{\eta_p}, \eta_p = 75\%$$

$$P = \frac{0,2}{0,75}$$

$$P = 0,27 \text{ KW}$$

Dari hasil perhitungan Kebutuhan Air Bersih Per Lantai pada Gedung "X", jumlah total kebutuhan air bersih yaitu 205 m³/hari. Untuk hasil perhitungan *pressure drop* total pada gedung "X" diperoleh hasil yang berbeda-beda pada setiap toilet. Pada toilet tipikal lantai 3 s/d lantai 20 merupakan total *pressure drop* tertinggi yaitu 41,41 meter. Total *pressure drop* terendah pada toilet executive lantai 2 s/d lantai 34 yaitu 1,95 meter. Sedangkan hasil perhitungan head pompa transfer dari tangki GWT ke tangki di *refuge floor* yaitu 102,28 meter. Head pompa transfer dari tangki di *refuge floor* ke *roof tank* atas (atap) yaitu 61,07 meter dan head pompa *booster* yaitu 3,13 m.

KESIMPULAN

Sistem air bersih pada gedung "X" dengan jumlah 35 lantai menggunakan sumber utama air bersih yang berasal dari PAM dan sumber cadangan dari *deep weell* yang ditampung pada tangki dengan kapasitas 486 m³ lalu air ditransfer ke tangki atap melalui pipa riser diameter 100 mm. Distribusi air bersih yang digunakan adalah sistem tangki atap. Pada gedung "X" terdapat 2 buah tangki atap yaitu 1

buah di lantai *refuge* dengan kapasitas tangki 30 m³ untuk distribusi ke toilet lantai 17 sampai dengan toilet lantai basement 2 dan 1 buah di lantai atap dengan kapasitas 15 m³ untuk distribusi ke toilet lantai 31 sampai dengan toilet lantai 18. Sedangkan untuk toilet di lantai 34, 33 & 32 distribusi air menggunakan pompa booster. Dari hasil perhitungan dalam penelitian ini dengan menggunakan rumus-rumus sesuai referensi dan standar-standar yang baku, didapatkan hasil-hasil sebagai berikut :

1. Kebutuhan air bersih total pada gedung “X” adalah 205 m³/hari.
2. Hasil *pressure drop* tertinggi pada toilet tipikal lantai 3 s/d lantai 20 merupakan total *pressure drop* tertinggi yaitu 41,41 meter. Hasil *pressure drop* terendah pada toilet executive lantai 2 s/d lantai 34 yaitu 1,95 meter.
3. Untuk head pompa transfer dari *ground tank* ke lantai *refuge* adalah 102,28 m dan daya pompa 19,97 KW. Head pompa transfer dari lantai *refuge* menuju *roof tank* adalah 61,07 m dan daya pompa 6,03 KW. Head pompa booster adalah 3,18 m dan daya pompa 0,27 KW.

SARAN

Dari serangkaian perhitungan dan analisis data yang dilakukan, maka peneliti dapat memberikan beberapa saran berikut ini :

1. Diperlukan penelitian dan pengkajian lebih lanjut tentang menghitung *pressure drop* pada instalasi air bersih yaitu mengukur tekanan pada *fixture unit* dengan menggunakan *flow meter*.
2. Penelitian selanjutnya *database* perhitungan *pressure drop* dapat menggunakan media selain *microsoft excel* untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat

DAFTAR PUSTAKA

- [Anonim]. (2014). *Spesifikasi Teknik Pekerjaan Plambing Proyek Menara Pertiwi*. Jakarta: PT. Skemanusa Consultama Teknik.
- Djojodihardjo, H. (1983). *Mekanika Fluida*. Jakarta: Erlangga.
- Dewanto, B. 1996. Gedung Perkantoran 24 Lantai: Perencanaan Sistem Plambing [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- ICC. (2012). *International Plumbing Code*. Club Hills.
- Moody, L. F. & Princeton, N. J. (1944). Friction Factors for Pipe Flow. *ASME Trans*, 66 : 671-684.
- Munshon, B. R., Young, D. F., & Okishi, Th. (2002). *Mekanika Fluida I*. Jakarta: Erlangga.
- Noerbambang, S. M. & Morimura, T. P. (2000). *Perencanaan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing*. Cet ke-8. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Orianto, M. & Praktiko, W. A. (1989). *Mekanika Fluida I*. Yogyakarta: BPFE.
- Prijono, A. (1993). *Mekanika Fluida*. Ed ke-8, Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Pudjanarsa, A. & Nursuhud, D. (2008). *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Andi Yogyakarta.
- Raswari. (1986). *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaan*. Cet ke-2. Jakarta: UI-Press.
- Sularso & Haruo, T. (2000). *Pompa Dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Widiyantoko, R. 2016. Penyediaan Air Bersih Pada Gedung IDB 2 Dewi Sartika: Analisis Perhitungan [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.