

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM PLUMBING PADA GEDUNG RUMAH SAKIT UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG

Allan Nur Mu'is^{*1}, Eko Nurhayati² dan Warsito³

¹Mahasiswa, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
e – mail : 21801051158@unisma.ac.id

² Dosen, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
e – mail : eko.noerhayati@unisma.ac.id

³ Dosen, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang
e – mail : warsito@unisma.ac.id

ABSTRAK

The Water distribution systems are often found to have minimal water pressure, especially in multi-storey buildings, so that the water flow does not move well, the small discharge in the water flow, especially on the upper floors of this building is caused by water pressure below the minimum pressure, so that the design of water distribution requires a system that is balanced with the type of building, which aims to clean water piping until the pressure and discharge of clean water flow on each floor can be met. This alternative study of plumbing system planning was carried out at the Muhammadiyah Semarang Hospital Building with manual design calculation techniques, design evaluation using the Pipe Flow Expert application and for data processing used using floor plans, so that the number of plumbing equipment on 9 floors can be taken. The results obtained from the calculation of this alternative study obtained the discharge of clean water needs or 41326 liters / hour. The effective capacity of the Ground Water Tank for clean water is 36 m³ and the effective capacity of the upper water tank (Roof Tank) is 24 m³, the vertical pipe dimension is 65mm. The clean water distribution system uses PPR pipes and the vertical pipe system uses HDPE pipes. The design evaluation carried out using pipe flow expert software shows a value of $v = 1.89$ m/s where $v < 2$ m/s, this shows that the design can be used in buildings and is safe.

Keywords: ground water tank, roof tank, pipe dimensions

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan pembangunan di kota Semarang tiap tahun selalu mengalami peningkatan, akibat jumlah masyarakat bertambah serta juga faktor dipengaruhi sektor pariwisata yang melonjak, tingginya angka kelahiran yang dapat mempengaruhi kualitas kehidupan masyarakat, maka dari itu pembangunan harus mempunyai konsep berkelanjutan tanpa mengurangi pembangunan ekonomi dan keadilan sosial. Sistem distribusi air kerap ditemukan minimnya tekanan air, khususnya pada gedung bertingkat tinggi, sehingga aliran air tidak bergerak secara baik, debit yang kecil pada aliran air terutama pada lantai teratas bangunan ini diakibatkan

tekanan air yang dibawah tekanan minimum, sehingga perancangan distribusi air dibutuhkan sistem yang seimbang dengan jenis bangunan, hingga sistem pemipaan air bersih sampai tekanan dan debit pengaliran air bersih pada setiap lantai mampu terpenuhi. Menurut SNI 03-7065-2005, perencanaan sebuah gedung yang mempunyai jumlah penghuni lebih dari 500 orang atau jumlah pengunjung lebih dari 1.500 orang harus mempunyai perancangan sistem plambing. Oleh hal tersebut, dalam proses perancangan ini berkonsep dengan desain sistem plambing untuk menunjang kelancaran aktivitas penghuni maupun pengunjung. Menurut (Chapin,1995) terdapat tiga prasarana kota yang sangat berpengaruh bagi perkembangan kota yaitu transportasi, air

bersih dan saluran pembuangan. Ketiga prasarana ini harus benar benar ada agar pembangunan suatu kota dapat berjalan sesuai rencana.

Pipa yang digunakan dalam perencanaan instalasi plambing harus memiliki ukuran yang sesuai agar dapat menyalurkan air dengan kondisi terbaik, sehingga air yang disalurkan memiliki kecepatan aliran yang sesuai, jika ukuran diameter pipa kecil akan menyebabkan tingginya kecepatan aliran air, sementara diameter pipa terlalu besar mengakibatkan lambatnya kecepatan distribusi air yang dialirkan. Untuk mengevaluasi sistem pemipaan ini diselesaikan dengan cara perhitungan manual dan juga perlu menggunakan perangkat lunak seperti *Pipe Flow Expert* sebagai alat bantu evaluasi.

1.2. Rumusan Masalah

1. Belum diketahui debit air bersih pada Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.
2. Belum diketahui kapasitas penampung air bawah (Ground Water Tank) untuk air bersih dan belum diketahui kapasitas penampung air atas (Roof Tank) untuk air bersih pada Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.
3. Belum diketahui bagaimana desain sistem instalasi air bersih pada Gedung Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang.
4. Belum diketahui hasil evaluasi desain instalasi air bersih menggunakan pipe flow expert pada Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.

1.3. Tujuan

1. Untuk mengetahui debit Gedung Rumah Sakit Semarang.
2. Untuk mengetahui kapasitas penampung air *ground water tank* (GWT) dan kapasitas penampung air atas (*Roof Tank*).
3. Dapat merencanakan desain pendistribusian air bersih di Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.
4. Untuk mengetahui suatu desain instalasi air bersih menggunakan aplikasi *pipe flow expert* pada Gedung

Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang.

1.4. Ruang Lingkup Pembahasan

1. Perhitungan kebutuhan air bersih dan kapasitas penampung air.
2. Sistem pemipaan air bersih Perhitungan dimesi pipa tegak dari Ground Water Tank (GWT) menuju Roof Tank, Perhitungan diameter pipa utama air bersih, Perhitungan kerugian Head, Perhitungan tekanan pada air, Perhitungan kapasitas dan daya pompa.
3. Hasil evaluasi dengan Software Pipe Flow Expert.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Plumbing

Plumbing merupakan seni dan teknologi pemipaan serta peralatan untuk menyediakan air bersih ke tempat yang dikehendaki, baik dalam hal kuantitas, kualitas maupun kontinuitas yang sesuai dengan syarat dan penyaluran air buangan dari tempat-tempat tertentu dengan tidak menyemari bagian terpenting lainnya, untuk mencapai kondisi yang higienis dan nyaman serta kepuasan yang diinginkan (Noerhayati et al., 2015). Plumbing adalah sesuatu yang tidak dapat dipisahkan dalam Proses pembangunan gedung. Oleh karena itu, perencanaan dan perancangan sistem plumbing haruslah dilakukan seragam dan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan dan perancangan desain gedung itu sendiri, dengan pengamatan secara seksama hubungannya dengan bagian-bagian kontruksi Gedung dan juga memerhatikan peralatan lainnya yang ada pada gedung tersebut.

2.2. Sistem Pemipaan Air Bersih

Sistem pemipaan air bersih dalam bangunan terbagi atas dua sistem yakni sistem Down Feed dan Sistem Up Feed. Kedua sistem ini biasanya digunakan untuk distribusi air bersih pada bangunan midle rise dan high rise. (Noerbambang, S.M., dan Takeo, M., 2000):

2.3. Laju Aliran Air

Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih suatu bangunan, kapasitas peralatan dan ukuran pipa-pipa didasarkan pada jumlah dan laju aliran air untuk bangunan tersebut. kemudian dibuat angka-angka Yang prediksinya yang semendekati mungkin dengan keadaan sebenarnya. Kemudians bangunan digunakan. Terdapat tiga metode untuk memperoleh besarnya laju aliran air yaitu, berdasarkan jumlah penghuni, berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing dan berdasarkan unit beban alat plambing.

Tabel 2.1 Pemakaian Air Dinding Minimum Sesuai Gedung

No	Penggunaan Gedung	Pemakaia n Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100 ¹	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 ²	Liter/penghuni/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan Lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	Liter/penghuni/hari
9	Pabrik	50	Liter/pengawai/hari
10	Toserba/Toko Penbgecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/Kursi
12	Hotel Berbintang	250	Liter/Tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/Pengina pan	150	Liter/Tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan	30	Liter/Kursi
15	Gedung Serba Guna	25	Liter/Kursi
16	Stasiun/Termin al	3	Liter/Penumpang Tiba dan Pergi
17	Peribadahan	5	Liter/pengunjung
18	Gedung Bioskop	10	Liter/Kursi
19	Gedung Kantor	100	Liter/Orang

Sumber: SNI 03-7065-2005

Tabel 2.2 Laju Aliran Air Berdasarkan Nilai Unit Alat Plumbing Kumulatif

<i>Load Warter Supply Fixture Units (WSFU)</i>	<i>Demand Liter / second</i>	<i>Load Warter Supply Fixture Units (WSFU)</i>	<i>Demand Liter / second</i>
1	0,19		
2	0,32		
3	0,41		
4	0,51		
5	0,59	5	0,95
6	0,68	6	1,10
7	0,74	7	1,25
8	0,81	8	1,40
9	0,86	9	1,55
10	0,92	10	1,70
12	1,01	12	1,80
14	1,07	14	1,91
16	1,14	16	2,01
18	1,19	18	2,11
20	1,24	20	2,21
25	1,36	25	2,40
30	1,47	30	2,65
35	1,57	35	2,78
40	1,66	40	2,90
45	1,76	45	3,03
50	1,84	50	3,15
60	2,02	60	3,41
70	2,21	70	3,66
80	2,41	80	3,86
90	2,59	90	4,06
100	2,74	100	4,26
120	3,03	120	4,61
140	3,31	140	4,86
160	3,60	160	5,11
180	3,85	180	5,39
200	4,10	200	5,68
250	4,73	250	6,37
300	5,36	300	6,81
400	6,62	400	8,01
500	7,82	500	9,02
750	10,73	750	11,17
1000	13,12	1000	13,12
1250	15,08	1250	15,08
1500	16,97	1500	16,97
2000	20,50	2000	20,50
2500	23,97	2500	23,97
3000	27,32	3000	27,32
4000	33,12	4000	33,12
5000	37,41	5000	37,41

Sumber : Pedoman Plambing Indonesia

2.4 Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing

Metode ini hanya dapat digunakan apabila kondisi pemakaian alat plambing diketahui, misalnya untuk perumahan atau gedung harus diketahui jumlah dari setiap jenis alat plambing dalam gedung tersebut, maupun melalui perencanaan yang sudah matang dengan mengutamakan desain dan denah perencanaan terlebih dahulu.

Tabel 2.3 Pemakaian Air Tiap Alat

No	Nama Alat Plambing	Pemakaian Air Untuk Pengguna an Satu Kali (Liter)	Penguna an Perjam	Laju Aliran Air (Liter/Me nit)	Waktu Untuk Pengisi san (Detik)
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16.5	6-12	110-180	8,2-10
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10
4	Peturasan, 2-4 (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300
5	Peturasan, 5-7 (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (@4,5)	12	4,5-6,3	300
6	Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18
7	Bak cuci tangan biasa (lavatory)	10	6-12	15	40
8	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 13 mm	15	6-12	15	60
9	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 22 mm	25	6-12	25	60
10	Bak mandi rendam (bathub)	125	3	30	250
11	Pancuran mandi (shower)	24-60		12	120-300
12	Bak mandi gaya jepang	Tergantung ukurannya	3	30	

Sumber: Noebambang, Soufyan & Morimura Takeo (2000)

2.5 Pemakaian Jam Puncak

Dimana konstanta untuk “C1” antara 1.5 sampai 2.0 tergantung kepada lokasi, sifat penggunaan gedung dan sebagainya,

konstanta untuk “C2” antara 3,0 sampai 4,0.

$Q_{h-max} = (C_1) \times (Q_h)$. Sedangkan pemakaian air pada menit puncak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut : $Q_{m-max} = \frac{(C_1) \times (Q_h)}{60}$

2.6 Tangki Air

Pada sistem plambing gedung – gedung bertingkat tinggi memerlukan peralatan penampung air yang dapat mencukupi kebutuhan air bersih secara bersinambung.

• Tangki Air Bawah (Ground Reservoir Tank)

Untuk tangki air bawah yang hanya digunakan menampung air, kapasitas tangki dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$VR = Q_d - (Q_s \times T)$$

Untuk tangki air yang juga berfungsi menyimpan air untuk persediaan pemadam kebakaran maupun distribusi air bersih, dapat dihitung dengan :

$$VR = Q_d - (Q_s \times T) + VF$$

Keterangan:

VR = Volume tangki air (m^3)

Qd = Jumlah kebutuhan air per hari (m^3 /hari)

Qs = Kapasitas pipa dinas (m^3 /jam)

T = Rata – rata pemakaian air per hari (jam/hari)

VF = Cadangan air untuk pemadam kebakaran (m^3)

• Tangki Air Atas (Roof Tank)

Kapasitas tangki atas dinyatakan dengan rumus (SNI 03-7065-2005):

$$VE = (QP - QMAX) TP + QPU \times TPU$$

Keterangan :

VE = Kapasitas efektif tangki atas (m^3)

QP = Kebutuhan puncak (m^3 /s)

Qmax = Kebutuhan jam puncak (m^3 /s)

QPU = Kapasitas pompa pengisi (m^3 /s)

Tp = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

TPU = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

• Tekanan

Untuk mencari tekanan setiap lantai digunakan rumus :

$$P = \rho \times g \times h$$

Keterangan :

P = Tekanan (N/m^2)

ρ = Kerapatan air ($998.2 \text{ kg}/m^3$)

g = Percepatan gravitasi ($9.81 \text{ m}/s^2$)

h = Tinggi potensial (m)

2.7 Kerugian Head Mayor

Kerugian *head mayor* disebabkan karena adanya gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (kerugian kecil). Sebelum memperhitungkan kerugian akibat gesekan dalam pipa, terlebih dahulu harus pahami jenis aliran yang terjadi yaitu aliran laminar dan aliran turbulen.

$$H_f = \frac{vxd}{vi}$$

keterangan :

Re = Bilangan Reynolds (tak berdimensi)

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

D = Diameter pipa (m)

ν = Viskositas kinematik zat cair (m^2/s)

Re < 2000, aliran bersifat laminar

Re > 4000, aliran bersifat turbulen

Re = 2000 - 4000, aliran bersifat transisi

Kerugian gesek yang terjadi dalam pipa dapat diperhitungkan dengan menggunakan rumus persamaan Darcy-Weisbach sbb:

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

Keterangan :

h_f = Kerugian head karena gesekan (m)

f = Faktor gesekan (didapat dari diagram moody)

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

2.8 Kerugian Head Minor

Selain juga kerugian head mayor atau kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terdapat kerugian head minor yang disebabkan karena perubahan-perubahan secara mendadak dari geometri aliran, dikarenakan perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katup, reducer serta berbagai jenis sambungan.

$$h_f = \sum n \cdot k \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan :

h_f = Kerugian head (m)

n = Jumlah kelengkapan pipa

k = Koefisien kerugian

v^2 = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di jalan Kedungmudu, Kec. Tembalang Kota Semarang, Jawa Tengah dengan koordinat $7^\circ 0' 17,94''$ S - $110^\circ 27' 42,59''$



Gambar 3. Peta Lokasi

(Sumber:

https://maps.app.goo.gl/MeChrte4QVJixuv19?g_st=com.google.maps.preview.copy)



Gambar 4 dokumentasi lapangan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2022)

3.2 Tahap Persiapan

Tahap-tahap yang dilakukan adalah :

1. Tahap persiapan

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan wawasan sehingga lebih terarah dan mempermudah dalam pengumpulan data, analisis data dan penyusunan hasil penelitiannya. Kemudian dilakukan Observasi lapangan untuk mengetahui kondisi lokasi serta pengambilan gambar sebagai data penunjang.

2. Pengumpulan data

Terdapat 2 jenis data, yakni data sekunder dan primer. Data Sekunder

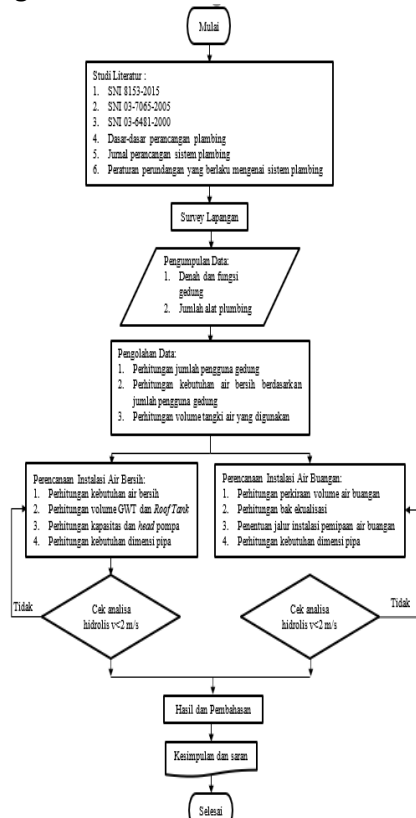
yang diperlukan untuk menunjang penyelesaian tugas akhir ini yaitu denah arsitektural dan struktural tiap lantai Gedung Rumah Sakit Universitas Muhammadiyah Semarang.

3. Tahap perencanaan

Tahap-tahap yang dilakukan dalam perencanaan yaitu :

- a) Pemetaan jaringan pipa instalasi air bersih
- b) Perhitungan perkiraan kebutuhan air bersih yang digunakan.
- c) Perhitungan kapasitas penampung air bawah tanah (Ground Water Tank) dan kapasitas penampung air atas (Roof Tank).
- d) Perhitungan kapasitas, head pompa dan booster yang akan digunakan.
- e) Perhitungan kebutuhan dimensi pipa yang akan digunakan.

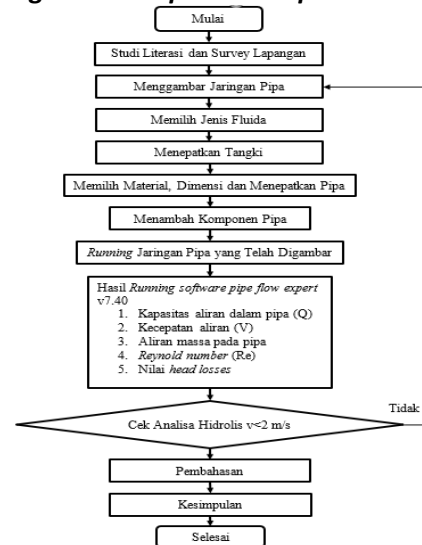
3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 5. Diagram Alir

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

3.4 Diagram Alir Pipe Flow Expert



Gambar 6. Diagram Alir

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2023)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Air Bersih Dan Kapasitas Tangki

Diketahui data alat plumbing pada rumah sakit universitas muhammadiyah semarang :

1. Kloset 133 unit, bak cuci tangan 97 unit, bak cuci dapur 6 unit, scrub up 8 unit, urinoir 19 unit, shower 70 unit, keran 43 unit.
2. Pemakaian air pada alat plumbing sesuai tabel 2.4
3. Penggunaan alat plumbing perjam berdasarkan standar pada tabel
4. Perhitungan penggunaan jumlah air
Penggunaan air = jumlah alat plumbing (berdasarkan jenis alat) x pemakaian air pada alat x penggunaan alat perjam
Perhitungan kloset
 $133 \times 14 \times 8 = 14896 \text{ liter/jam}$

Tabel 4.1. Penggunaan air

Jenis alat plumbing	Jumlah alat plumbing	Pemakaian air pada alat plumbing (liter)	Penggunaan alat plumbing per jam	Penggunaan air (liter/jam)
Kloset	133	14	8	14896
Bak cuci tangan	97	10	8	7760
Bak cuci dapur	6	15	8	720
Scrub up	8	15	8	960
Urinoir	19	5	14	1330
Shower	70	50	3	10500
Keran	43	15	8	5160
Jumlah				41326

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Cara perhitungan jumlah penggunaan air:

1. Faktor pemakaian
2. Penggunaan air
3. Perhitungan jumlah penggunaan air
4. Jumlah pengguna air = faktor pemakaian x penggunaan air
Perhitungan jumlah penggunaan air pada kloset
 $10\% \times 14896 = 1489,6 \text{ liter/jam.}$

Tabel 4.2. Jumlah penggunaan air berdasarkan faktor

Jenis alat plumbing	Faktor pemakaian (%)	Penggunaan air (liter/jam)	Jumlah penggunaan air (liter/jam)
Kloset	10%	14896	1489,6
Bak cuci tangan	34%	7760	2638,4
Bak cuci dapur	60%	720	432
Scrub up	55%	960	528
Urinoir	25%	1330	332,5
Shower	35%	10500	3675
Keran	39%	5160	2012,4
Jumlah			11107,9

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Berdasarkan faktor pemakaian jenis dan jumlah alat plumbing adalah sebesar 11107,9 liter/jam atau 11,1079 m³/jam.

4.2. Kebutuhan Harian Maksimum

Diketahui nilai $Q_h = 11,1079 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan jangka waktu pemakaian air rata – rata sehari adalah 9 jam, sehingga untuk mengetahui pemakaian air rata – rata sehari adalah :

$$\begin{aligned} Q_h &= Q_d/T \\ 11,10 &= Q_d/9 \\ 11,10 \times 9 &= Q_d \\ Q_d &= 99,9 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.3. Perhitungan Kebutuhan Air Pada Jam Puncak

Ditetapkan $C_1 = 2$ (diambil dari nilai konstanta maksimum), maka kebutuhan air pada jam puncak adalah :

$$\begin{aligned} Q_{h-max} &= C_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 11,10 \\ &= 22,2 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 370 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

4.4. Perhitungan Kebutuhan Air Pada Menit Puncak

Ditetapkan $C_2 = 4$ (diambil dari nilai konstanta maksimum), maka kebutuhan air pada menit puncak adalah :

$$\begin{aligned} Q_{m-max} &= (C_2 \times Q_h)/60 \\ &= (4 \times 11,10)/60 \\ &= 0,74 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 740 \text{ liter/menit} \end{aligned}$$

4.5. Kebutuhan Rata-Rata pengaliran Pipa Dinas (PDAM)

Pada gedung ini sumber air berasal dari shallow well dan sebagai cadangan diambil dari PDAM oleh karena itu dibutuhkan perhitungan kebutuhan rata-rata pengaliran pipa dinas sebagai berikut dengan diasumsikan rata-rata pengaliran pipa dinas yaitu 20 jam/hari sehingga didapatkan:

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{Q_d}{20 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\ &= \frac{99,9 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{20 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}} \\ &= 4,995 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.6. Kapasitas Tangki Air Bawah

Air yang ditampung pada bak air bawah (ground water tank) diperlukan ukuran yang sesuai dengan kapasitas penampungan sehingga air pada jam puncak dapat tercukupi. Penentuan ukuran atau kapasitas ground water tank ditentukan berdasarkan perhitungan kapasitas tangki air bawah. Perlu pula diketahui nilai pemakaian rata - rata per jam dari perhitungan sebelumnya yakni $Q_h = 11,10 \text{ m}^3/\text{jam}$. Kapasitas pipa dinas diperkirakan sebesar dua per tiga dari pemakaian rata – rata per jam, sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_s &= 2/3 \times Q_h \\ &= 2/3 \times 11,10 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 7,4 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan $Q_d \text{ total} = 99,9 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan untuk rumah sakit jangka waktu pemakaian air rata – rata sehari adalah 9 jam, sehingga perhitungan kapasitas tangki air bawah yang diperlukan adalah:

$$\begin{aligned} VR &= Q_d - (Q_s \times T) \\ &= 99,9 \text{ m}^3/\text{hari} - (7,4 \text{ m}^3/\text{jam} \times 9 \text{ jam}) \\ &= 33,3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume kapasitas ground water tank sebesar 33,3m³. Dari hasil perhitungan volume tersebut dapat ditentukan dimensi dari tangki air bawah adalah 4 m x 3 m x 3 m dengan volume efektif tangki 36 m³.

4.7. Kapasitas Tangki Air Atas

Tangki air atas berfungsi untuk menampung kebutuhan air pada jam puncak. Perlu adanya perhitungan jumlah air yang dapat dimasukkan ke dalam tangki karena pada keadaan tertentu kebutuhan jam puncak terjadi saat muka air dalam tangki atas berada pada posisi terendah. Dari perhitungan kebutuhan air bersih didapatkan :

Dengan rumus : $VE = (Q_p - Q_{max}) T_p - Q_{pu} \times T_{pu}$

Keterangan :

VE = 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)

Kapasitas pompa pengisi memiliki nilai yang sama dengan kebutuhan jam puncak $Q_{pu} = Q_{max}$, air yang diambil dari tangki atas pipa pembagi utama sebesar Q_p . Semakin dekat nilai Q_{pu} dengan Nilai Q_p maka semakin kecil ukuran tangki atas. Berlaku ketentuan $Q_p = Q_{max}$ dan $Q_{pu} = Q_{max} = Q_{h-max}$.

$Q_p = Q_{max}$
 $= 0,74 \text{ m}^3/\text{menit}$

$Q_{max} = Q_{h-max} / 60$
 $= 22,2 / 60$
 $= 0,37 \text{ m}^3/\text{menit}$

$Q_{pu} = Q_{max} = 0,37 \text{ m}^3/\text{menit}$

Diasumsikan :

$T_p = 60 \text{ menit}$

$T_{pu} = 10 \text{ menit}$

Kapasitas efektif tangki air atas adalah :

$$\begin{aligned} VE &= (Q_p - Q_{max}) T_p - Q_{pu} \times T_{pu} \\ &= (0,74 - 0,37) 60 - 0,37 \times 10 \\ &= 18,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi volume tangki air atas adalah $18,5 \text{ m}^3 = 18500 \text{ liter}$ maka dimensi yang digunakan untuk tangki air atas adalah $4 \times 3 \times 2 \text{ m}$ dengan volume efektif tangki 24 m^3

4.8. Perhitungan Dimensi Pipa Tegak Dari GWT Ke Roof Tank

Nilai kapasitas aliran air diperlukan dalam merencanakan diameter pipa tegak, berikut perhitungannya :

$$\begin{aligned} Q_{pu} &= 0,37 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,00616 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Direncanakan V maksimum sebesar 2 m/detik dan V minimum 0,9 m/detik. Nilai V asumsi yakni menggunakan V maksimum = 2 m/detik maka dimensi pipa tegak adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00616}{\pi \times 2}} \\ &= 0,0626 \text{ m} = 62,26 \text{ mm} = 65 \text{ mm} = 2\frac{1}{2} \text{ inchi} \\ V &= \frac{4Q}{\pi D^2} \\ &= \frac{4 \times 0,00616}{\pi \times 0,065^2} \\ &= 1,856 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$V_{min} = 0,9 \text{ m/s} < V = 1,856 \text{ m/s} < V_{maks} = 2 \text{ m/detik}$$

4.9. Perhitungan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih

Unit alat plambing : 5 WSFU

Debit aliran air : $0,59 \text{ l/det} = 0,00059 \text{ m}^3/\text{det}$

$$\begin{aligned} \text{Diameter perhitungan} &= \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \\ &= \sqrt{\frac{4 \times 0,00059}{\pi \times 2}} \\ &= 0,0193805 = 19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Diameter pakai = 20 mm

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran} &= \frac{4Q}{\pi D^2} \\ &= \frac{4 \times 0,00059}{\pi \times 20^2} \\ &= 1,879 \text{ m/detik ; } V < V_{maks} ; V > V_{min} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diameter pipa air bersih pada tiap lantai akan disajikan dalam bentuk tabel dengan cara perhitungan yang sama seperti di atas. Perhitungan didasarkan pada denah dan isometri yang ada pada tiap lantai.

4.10. Kerugian Head

Kerugian head yang terjadi merupakan akibat dari gesekan antara air dengan pipa.

Kerugian head dapat digunakan untuk memperhitungkan besarnya tekanan air yang keluar pada alat plambing. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk menghitung kerugian head :

1. Menentukan peralatan pipa yang digunakan, seperti sambungan pipa, belokan maupun katup (valve).
2. Mencari besarnya panjang ekivalen dari peralatan pipa dengan menggunakan tabel.
3. Menentukan bilangan Reynold aliran air didalam pipa dengan menggunakan rumus

$$:Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynolds (tak berdimensi)

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

D = Diameter Pipa (m)

ν = Viskositas kinematik zat cair (m^2/s)

4. Menentukan kerugian head total dengan menggunakan rumus :

$$Hl = \lambda \frac{Le \times V^2}{D \times 2g}$$

Dimana :

Hl = Kerugian head total (m)

λ = Faktor gesekan

$\lambda = 0,020 + 0,0005/(D)$

D = Diameter pipa (m)

Le = Panjang ekivalen dari fitting dan valve ditambah panjang pipa (m)

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 m/s^2$)

Contoh perhitungan :

Pada lantai 1 bagian A

Sistem 1 : Daerah (A – B)

Diketahui : D = 0,020 m

V = 1,879 m/s

$\nu = 1,004 \times 10^{-6} m^2/s$ (Viskositas air pada suhu 20°)

L = 0.828 m

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Re} &= \frac{V \times D}{\nu} \\ &= \frac{1,879 \times 0,020}{0,000001004} \\ &= 37430,27888 \end{aligned}$$

$$\bullet \lambda = 0,02 + \frac{0,0005}{D}$$

$$= 0,02 + \frac{1,879 \times 0,02}{0,000001004}$$

$$= 0,045$$

$$\bullet \text{ Hl} = \lambda \frac{Le \times V^2}{D \times 2g}$$

$$= 0,045 \frac{1,5 \times 1,879^2}{0,020 \times 2 \times 9,81}$$

$$= 0,60733503$$

4.11. Perhitungan Tekanan

Perhitungan tekanan air membutuhkan dasar, dalam perencanaan memiliki standar tekanan yang harus sesuai dalam distribusikan air pada sistem plumbing.

Pmin = 1 atm = 101337 N/ m²

Pmax = 4 atm = 405300 N/ m²

Untuk mengetahui tekanan pada gedung maka, digunakan rumus seperti dibawah ini:

Pmin = $\rho \times g \times h$

Dimana:

P = Tekanan air (N/ m²)

ρ = Kerapatan air 20° (998 kg/m³)

g = Kecepatan gravitasi (9,81 m/det²)

h = Tinggi lantai dari lantai teratas

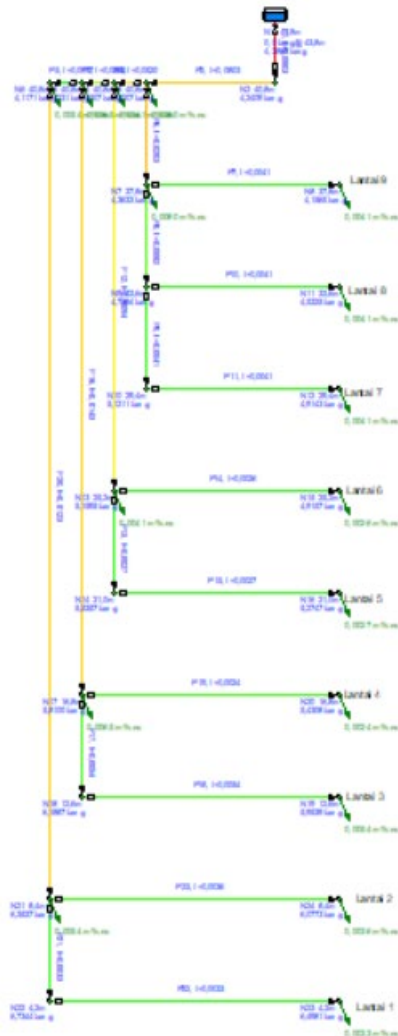
Maka didapatkan hasil perhitungan tekanan tiap lantai dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel. 4.3. Perhitungan tekanan

No	Lantai	ρ	g	H	Tekanan (N/m ²)	Kesimpulan
1	Lantai 1	998	9,81	37,8	370076,4	Memenuhi Syarat
2	Lantai 2	998	9,81	33,6	328956,8	Memenuhi Syarat
3	Lantai 3	998	9,81	29,4	287837,2	Memenuhi Syarat
4	Lantai 4	998	9,81	25,2	246717,6	Memenuhi Syarat
5	Lantai 5	998	9,81	21	205598,0	Memenuhi Syarat
6	Lantai 6	998	9,81	16,8	164478,4	Memenuhi Syarat
7	Lantai 7	998	9,81	12,6	123358,8	Memenuhi Syarat
8	Lantai 8	998	9,81	8,4	82239,2	Tidak memenuhi Syarat
9	Lantai 9	998	9,81	4,2	41119,6	Tidak memenuhi Syarat

(Sumber: Hasil Perhitungan)

4.12. Evaluasi Dengan Aplikasi *Pipe Flow Expert*



Gambar 7. Evaluasi aplikasi *Pipe Flow*

5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Hasil perhitungan dalam Studi Alternatif Perencanaan Plumbing pada Pembangunan Rumah Sakit Muhammadiyah Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Debit kebutuhan air bersih pada gedung ini yaitu 41326 liter/jam
2. Kapasitas efektif Penampung air bawah (Ground Water Tank) untuk air bersih 33,3m³, dari perhitungan volume tersebut ditentukan dimensi 4m x 3m x 3m dengan volume efektif tangki 36 m³
3. Kapasitas tangki air atas (Roof Water Tank) air bersih pada Gedung ini 18,5 m³, maka dimensi yang digunakan adalah 4m x 3m x 2m dengan volume efektif 24 m³. Dimensi pipa tegak (GWT) ke (RWT) 62,26 mm dibulatkan dengan ukuran pipa 65 mm = 2½ inchi
4. Tekanan air distribusi pada lantai 1 sebesar 370076,4 N/ m², lantai 2 sebesar 328956,8 N/ m², lantai 3 sebesar 287837,2 N/ m², lantai 4 sebesar 246717,6 N/ m², lantai 5 sebesar 205598 N/ m², lantai 6 sebesar 164478,4 N/ m², lantai 7 sebesar 123358,8 N/ m², lantai 8 sebesar 82239,2 N/ m², lantai 9 sebesar 41119,6 N/ m². Syarat minimal tekanan sebesar 101337 N/m² dari tekanan tersebut hanya lantai 8 dan 9 yang tidak memenuhi syarat, sehingga perlu ditambahkan pompa booster.

Tabel 4.4. Nilai Pada *Pipe Flow Expert*

Pipe Id	Pipe Name And Notes	Material	Inner Diameter (mm)	Length (m)	Mass Flow (kg/sec)	Vol Flow (m ³ /sec)	Velocity (m/sec)	Friction Loss m. hd	Entry Loss m. hd	fit.
1	P1	250 mm HDPE SDR 21	230	1	80,1394	0,0803	1,933	0,011	0,021	
2	P2	250 mm HDPE SDR 21	230	5	80,1394	0,0803	1,933	0,056	none	
3	P3	200 mm HDPE SDR 21	190	1	51,896	0,052	1,834	0,013	0,072	
4	P4	150 mm HDPE SDR 21	160	1	38,423	0,0385	1,915	0,017	0,084	
5	P5	125 mm HDPE SDR 21	115	1	17,6646	0,0177	1,704	0,013	0,049	
6	P6	125 mm HDPE SDR 21	120	3	20,2594	0,0203	1,795	0,043	0,074	
7	P7	50 mm HDPE SDR 21	55	40	4,0918	0,0041	1,726	2,027	0,087	
8	P8	90 mm HDPE SDR 21	75	4,2	8,1836	0,0082	1,856	0,069	0,044	
9	P9	50 mm HDPE SDR 21	55	4,2	4,0918	0,0041	1,726	0,213	0,087	
10	P10	50 mm HDPE SDR 21	55	40	4,0918	0,0041	1,726	2,027	0,087	
11	P11	50 mm HDPE SDR 21	55	40	4,0918	0,0041	1,726	2,027	0,087	
12	P12	80 mm HDPE SDR 21	80	20,8	9,3812	0,0094	1,87	0,775	0,119	
13	P13	40 mm HDPE SDR 21	45	4,2	2,6946	0,0027	1,698	0,264	0,093	
14	P14	40 mm HDPE SDR 21	45	41	2,5948	0,0026	1,635	2,405	0,086	
15	P15	40 mm HDPE SDR 21	45	41	2,6946	0,0027	1,698	2,573	0,093	
16	P16	100 mm HDPE SDR 21	100	28,2	14,2714	0,0143	1,821	0,484	0,075	
17	P17	65 mm HDPE SDR 21	60	4,2	5,3892	0,0054	1,91	0,23	0,1	
18	P18	65 mm HDPE SDR 21	60	42	5,3892	0,0054	1,91	2,299	0,1	
19	P19	40 mm HDPE SDR 21	40	42	2,3952	0,0024	1,91	3,757	0,117	
20	P20	90 mm HDPE SDR 21	90	36,6	12,2754	0,0123	1,933	1,257	0,126	
21	P21	50 mm HDPE SDR 21	50	4,2	3,2934	0,0033	1,681	0,228	0,082	
22	P22	50 mm HDPE SDR 21	50	43	3,2934	0,0033	1,681	2,332	0,082	
23	P23	50 mm HDPE SDR 21	50	43	3,5928	0,0036	1,833	2,727	0,098	

5.2 Saran

Dari hasil penelitian Study alternatif perencanaan sistem plumbing pada rumah sakit Muhammadiyah Semarang ini sebaiknya bisa ditambahkan antara lain:

1. Sistem Perencanaan air buangan (IPAL).
2. Proses desain sistem pembuangan air direncanakan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dengan meninjau sistem IPAL agar menghindari terjadinya pencemaran lingkungan sekitar yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya.
3. Sistem Perencanaan pemadam kebakaran HYDRANT.
4. Proses evaluasi desain dapat juga dilakukan menggunakan metode software antara lain, seperti waterCAD

DAFTAR PUSTAKA

[1] Anonim. (2005). SNI 03-7065-2005 Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing. Badan Standardisasi Nasional. Hal: 1

[2] Chapin F Stuart, Jr And Edward J Kaiser, (1979). *Urban Land Use Planning*. University of Illinois Press, London. Hal: 1

[3] Noerhayati, E., Perdana, R. C. Y., & Baikhtiar, A. (2015). *Studi Evaluasi Perencanaan Sistem Plumbing Dan Fire Hydrant Pada Proyek Condotel Horison Ultima Blok A Dan Blok B Kota Batu*. Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Islam Malang. Hal: 2

[4] Noerbambang, Soufyan M. & Takeo Morimura, (2000). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. Jakarta: PT Pradnya Pramita. Hal: 3

[5] Anonim. (2015). SNI 8153-2015 Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung. Badan Standardisasi Nasional. Hal: 3

[6] Noerhayati, E., Perdana, R. C. Y., & Baikhtiar, A. (2015). *Studi Evaluasi Perencanaan Sistem Plumbing Dan Fire Hydrant Pada Proyek Condotel Horison Ultima Blok A Dan Blok B Kota Batu*. Jurnal Rekayasa Sipil Universitas Islam Malang. Hal: 3