

BAB IV PEMBAHASAN DAN PERHITUNGAN

4.1. Perhitungan *Reservoir*

4.1.1. Kebutuhan air bersih keseluruhan

Dalam perancangan sistem instalasi suplai air bersih di gedung *Twin Building* berlantai tujuh data tidak diketahui secara pasti untuk jumlah penghuninya. Dengan demikian perkiraan kebutuhan air bersih dihitung berdasarkan jumlah penghuni gedung tersebut dengan menghitung jumlah luas lantai yang akan diketahui luas total lantai dan luas efektif lantai pada gedung *Twin Building* dan menggunakan asumsi pemakaian air dingin minimum sesuai penggunaan gedung berdasarkan tabel 4.1. (SNI 03-7065-2005). Setelah melakukan pengambilan data di lapangan diketahui luas lantai yang ada pada gedung *Twin Building* berlantai tujuh di kampus Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dengan masing-masing luas lantainya yaitu:

Luas lantai <i>basement</i>	= 1653,9	m ²
Luas lantai dasar	= 1709,4	m ²
Luas lantai satu	= 1709,4	m ²
Luas lantai dua	= 1709,4	m ²
Luas lantai tiga	= 1616,16	m ²
Luas lantai empat	= 1616,16	m ²
Luas lantai lima	= 1616,16	m ²
Luas Total	= 11630,58	m ²

Setelah diketahui luas total lantai maka dapat diperkirakan luas efektif sampai 60% (Noerbambang, 1991). Luas efektif yang direncanakan yaitu 45 % maka:

$$\text{Luas efektif: } 11630,58 \times \frac{45}{100} = 5233,76 \text{ m}^2$$

Setelah luas efektif diketahui maka akan dapat diketahui jumlah penghuni pada gedung *Twin Building* UMY. Maka akan dapat diketahui kebutuhan air bersih dan bisa dilakukan perhitungan terhadap pompa dan

reservoir yang digunakan untuk menyuplai air bersih pada bangunan gedung *Twin Building* di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Tabel 4.1 Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

No.	Penggunaan gedung	Pemakaian 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/tempat tidur pasien /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 dan pegawai/hari
9	Kantor / Pabrik	50	Liter/pegawai/hari
10	Toserba, toko pengecer	5	Liter/m ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur /hari
13	Hotel Melati/ Penginapan	150	Liter/tempat tidur /hari
14	Gd. pertunjukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gd. Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun, terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang, (belum dengan air wudhu)

Sumber (SNI 03-7065-2005).

Data yang diperoleh dari hasil penjumlahan di atas, untuk luas efektif lantai di gedung *Twin Building* adalah 5233,76 m². Dan kepadatan penghuni dapat diperkirakan sampai 5 m²/orang (Noerbambang, 1991).

Jika kepadatan hunian diasumsikan 3 m²/orang maka:

$$\begin{aligned} \text{Jumlah penghuni} &= \frac{\text{Luas efektif lantai}}{\text{kepadatan hunian}} \\ &= \frac{5233,76 \text{ m}^2}{3} \\ &= 1744,58 \text{ atau } 1745 \text{ orang} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah hunian} = 1745 \text{ orang.}$$

Berdasarkan dari Tabel 4.1 pemakaian air rata-rata maka akan diambil 80 liter per orang, jadi kebutuhan air rata-rata per hari adalah:

$$1745 \times 80 = 139600 \text{ liter/hari atau } 139,6 \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Diperkirakan tambahan sampai 20% untuk mengatasi kebocoran dan penyiraman taman (Noerbambang dan Morimura, 1991). Sehingga pemakaian air rata-rata perhari menjadi:

$$Q_d = 1,20 \times 139,6 = 167,52 \text{ m}^3/\text{hari}.$$

Jadi pemakaian air rata-rata per hari yaitu: 167,52 m³/hari.

Kalau dalam pemakaian air dianggap rata-rata per hari 8 jam, maka:

$$\begin{aligned} Q_h &= \frac{\text{jumlah rata-rata perhari}}{\text{waktu pemakaian}} \\ &= \frac{167,52}{8} = 20,94 \text{ m}^3/\text{jam}. \end{aligned}$$

Untuk kebutuhan air jam puncak bisa diketahui dengan:

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

Dimana nilai konstanta C_1 biasanya berkisar antara (1,5-2,0), tergantung pada lokasi dan penggunaan pada gedung (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Konstanta C_1 yang di ambil adalah 1,5 sehingga pemakaian air pada jam puncak adalah:

$$\begin{aligned} Q_{h-Max} &= (1,5) \times (20,94) \\ &= 31,41 \text{ m}^3/\text{jam}. \end{aligned}$$

Jadi pemakaian air pada jam puncak yaitu: 31,41 m³/jam.

Sedangkan pemakaian air pada menit puncak dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{m-Max} = (C_2) \times \left(\frac{Q_h}{60} \right)$$

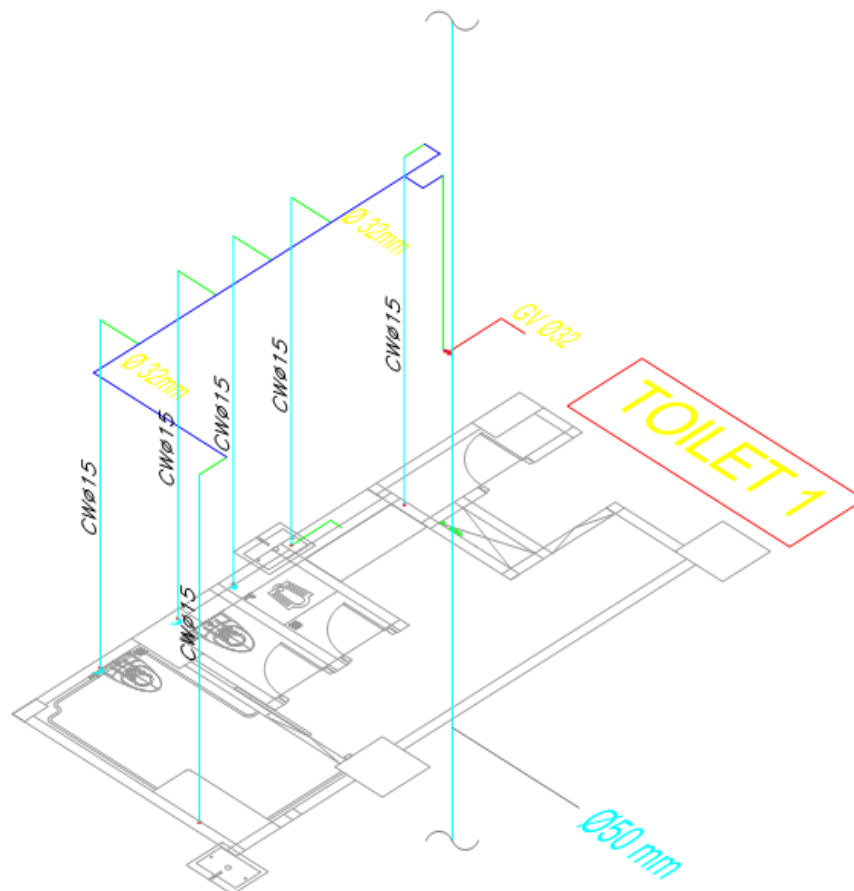
Dimana nilai konstanta C_2 biasanya berkisar antara (3,0-4,0) tergantung pada lokasi dan penggunaan pada gedung (Noerbambang dan Morimura,

1991). Konstanta C_2 yang di ambil adalah 3 sehingga pemakaian air pada menit puncak adalah:

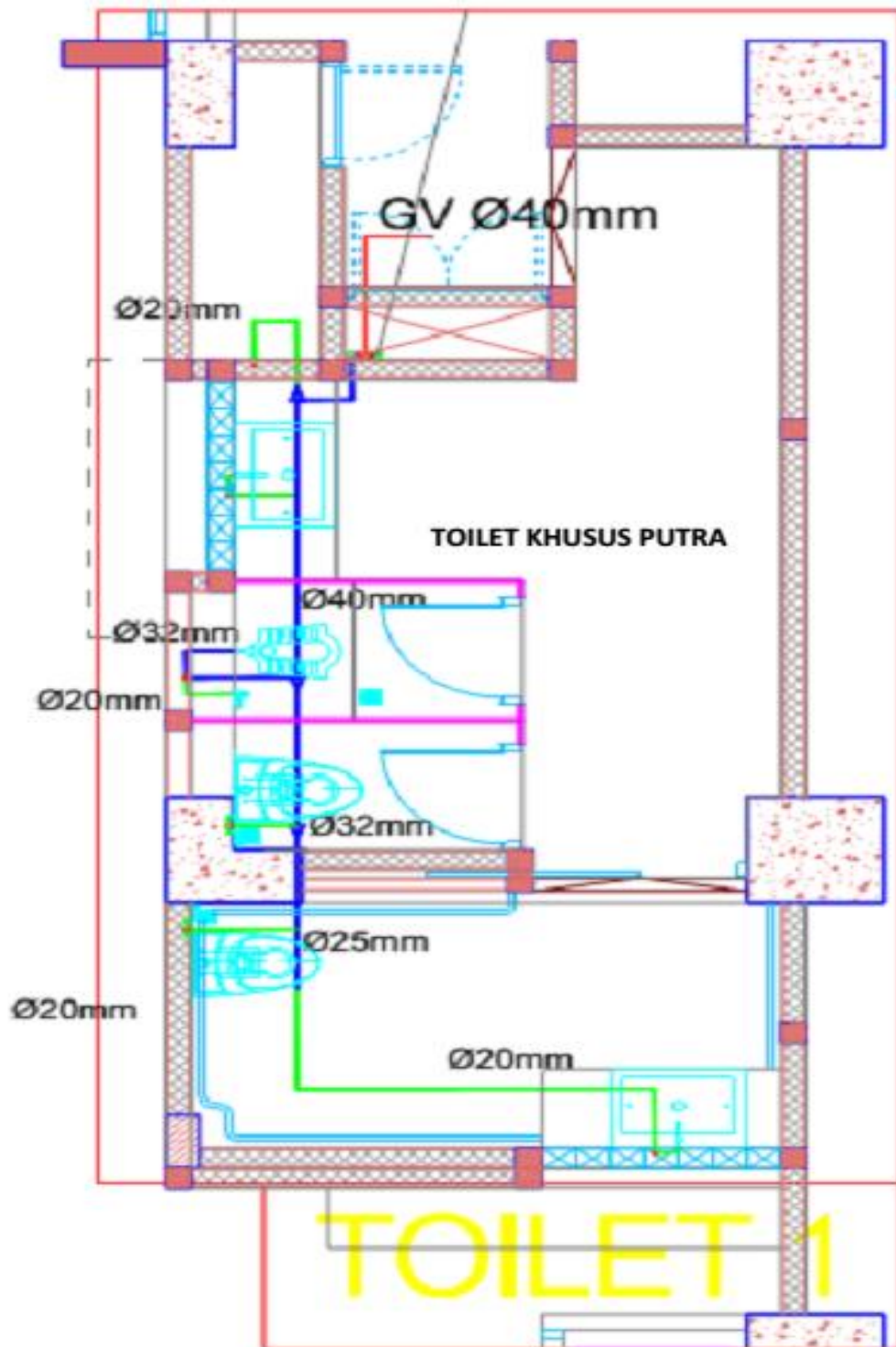
$$Q_{m-Max} = (3) \times \left(\frac{20,94}{60} \right) \\ = 1,04 \text{ m}^3/\text{menit.}$$

4.2. Menentukan Diameter Pipa

Dalam menentukan diameter pipa untuk penyediaan air bersih yaitu dengan menggunakan tabel-tabel yang ada pada buku referensi plambing. Sebelum menentukan diameter pipa perlu adanya gambar yang menunjukkan penempatan jalur pipa untuk mempermudah dalam menentukan diameter pipa yang akan digunakan. Untuk gambar *isometric* dapat dilihat pada gambar 4.1 dan untuk gambar toilet 1 dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.1 Contoh gambar *isometric*



Gambar 4.2 Denah persial gedung *twin building* toilet 1

➤ Menghitung Dimensi Pipa Air Bersih:

Dari tabel 2.4 diperoleh diameter minimum pipa yang berhubungan dengan alat plambing air bersih adalah sebagai berikut:

- 1) Kloset dengan katup glontor berdiameter pipa 1 inch.
- 2) Kloset dengan tangki glontor berdiameter pipa $\frac{3}{8}$ inch.
- 4) Bak cuci tangan berdiameter pipa $\frac{3}{8}$ inch.

Maka dari data tersebut dapat dihitung diameter pipa dengan menggunakan tabel 2.5, yaitu dengan cara melihat diameter pipa yang menyalur ke alat plambing dengan nilai diameter pipa (inch) lalu diambil nilai yang terdapat di kolom *Number of 1/2 inch pipe with same capacity* pada tabel 2.5, maka nilai pipa akan dapat diketahui sebagai berikut:

A. Toilet lantai dasar

1) Toilet I Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1 inch	: 6,2	
Wastafel 1 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	+
Total	: 33,8	

2) Toilet 2 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter $1\frac{1}{4}$ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 3 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 4 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 5 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	
Wastafel 6 pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inch	: 2,9	+
Total	: 50,1	

3) Toilet 3 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

4) Toilet 4 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

B. Toilet lantai 1

5) Toilet 5 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

6) Toilet 6 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1 inch	: 6,2	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 33,9	

7) Toilet 7 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

8) Toilet 8 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

C. Toilet lantai 2

9) Toilet 9 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

10) Toilet 10 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

11) Toilet 11 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
<hr/>	
Total	: 38,5 +

12) Toilet 12 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
<hr/>	
Total	: 38,5 +

D. Toilet lantai 3

13) Toilet 13 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
<hr/>	
Total	: 38,5 +

14) Toilet 14 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9
<hr/>	
Total	: 38,5 +

15) Toilet 15 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		+
Total	: 38,5	

16) Toilet 16 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		+
Total	: 38,5	

E. Toilet lantai 4

17) Toilet 17 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		+
Total	: 38,5	

18) Toilet 18 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1½ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1½ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1½ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

19) Toilet 19 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	+
<hr/>		
Total	: 38,5	

20) Toilet 20 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		
Total	: 38,5	+

F. Toilet lantai 5

21) Toilet 21 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		
Total	: 38,5	+

22) Toilet 22 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		
Total	: 38,5	+

23) Toilet 23 Khusus Wanita

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		+
Total	: 38,5	

24) Toilet 24 Khusus Pria

Kloset 1 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 2 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Kloset 3 pipa berdiameter 1¼ inch	: 10,9	
Wastafel 1 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
Wastafel 2 pipa berdiameter ¾ inch	: 2,9	
<hr/>		+
Total	: 38,5	

Untuk menentukan diameter distribusi air bersih pada masing-masing toilet yaitu dengan cara menjumlahkan nilai *Number of ½ inch pipe with same capacity* yang sudah diketahui lalu ditarik ke atas pada kolom *size of pipe (inch)* pada tabel 2.5 maka akan dapat diketahui diameter (inch) untuk pipa distribusi.

Tabel 4.2 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai Dasar Toilet 1 Khusus pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Dasar	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 33	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.3 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai Dasar Toilet 2
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Dasar	Kloset 1	$\frac{1}{4}$	$10,9 + 10,9 + 10,9 = 32,7$	2 inch
	Kloset 2	$\frac{1}{4}$		
	Kloset 3	$\frac{1}{4}$		
	Wastafel 1	$\frac{3}{4}$	$2,9 + 2,9 + 2,9 + 2,9 + 2,9 = 14,58$	$\frac{1}{2}$ inch
	Wastafel 2	$\frac{3}{4}$		
	Wastafel 3	$\frac{3}{4}$		
	Wastafel 4	$\frac{3}{4}$		
	Wastafel 5	$\frac{3}{4}$		
	Wastafel 6	$\frac{3}{4}$		

Tabel 4.4 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai Dasar Toilet 3
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Dasar	Kloset 1	$\frac{1}{4}$	$10,9 + 10,9 + 10,9 = 32,7$	2
	Kloset 2	$\frac{1}{4}$		
	Kloset 3	$\frac{1}{4}$		
	Wastafel 1	$\frac{3}{4}$	$2,9 + 2,9 = 5,8$	1
	Wastafel 2	$\frac{3}{4}$		

Tabel 4.5 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai Dasar Toilet 4
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Dasar	Kloset 1	$1\frac{1}{4}$	$10,9 + 10,9 + 10,9 = 32,7$	2
	Kloset 2	$1\frac{1}{4}$		
	Kloset 3	$1\frac{1}{4}$		
	Wastafel 1	$\frac{3}{4}$	$2,9 + 2,9 = 5,8$	1
	Wastafel 2	$\frac{3}{4}$		

Tabel 4.6 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 1 Toilet 5
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 1	Kloset 1	$1\frac{1}{4}$	$10,9 + 10,9 + 10,9 = 32,7$	2
	Kloset 2	$1\frac{1}{4}$		
	Kloset 3	$1\frac{1}{4}$		
	Wastafel 1	$\frac{3}{4}$	$2,9 + 2,9 = 5,8$	1
	Wastafel 2	$\frac{3}{4}$		

Tabel 4.7 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 1 Toilet 6
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 1	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.8 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 1 Toilet 7
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 1	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.9 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 1 Toilet 8
Khusus Pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 1	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.10 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 2 Toilet 9
Khusus Pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 2	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.11 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 2 Toilet 10
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 2	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.12 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 2 Toilet 11
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 2	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.13 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 2 Toilet 12
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 2	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.14 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 3 Toilet 13
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 3	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.15 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 3 Toilet 14
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 3	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.16 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 3 Toilet 15
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 3	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.17 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 3 Toilet 16
Khusus Pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 3	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.18 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 4 Toilet 17
Khusus Pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 4	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.19 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 4 Toilet 18
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 4	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.20 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 4 Toilet 19
Khuus Wanita

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 4	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.21 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 4 Toilet 20
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 4	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.22 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 5 Toilet 21
Khusus Pria

Lantai	Alat Plambing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 5	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.23 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 5 Toilet 22
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 5	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.24 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 5 Toilet 23
Khusus Wanita

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 5	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

Tabel 4.25 Menentukan Diameter Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 5 Toilet 24 Khusus Pria

Lantai	Alat Plumbing	Diameter pipa air masuk	Jumlah nilai pipa	Diameter pipa yang di peroleh (inch)
Lantai 5	Kloset 1	1¼	10,9 + 10,9+10,9 = 32,7	2
	Kloset 2	1¼		
	Kloset 3	1¼		
	Wastafel 1	¾	2,9 + 2,9 = 5,8	1
	Wastafel 2	¾		

4.3. Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa sumur dangkal yang direncanakan yaitu mampu untuk menyediakan kebutuhan air bersih pada gedung *twin building* yang sebelumnya air akan ditampung terlebih dahulu pada *reservoir* bawah. Dengan kapasitas pompa sumur dangkal sebesar 167,52 m³/hari atau 6,98 m³/jam atau 0,12 m³/menit atau 0,0019 m³/detik.

Dalam ketentuan umum sistem penyediaan air minum atau air bersih antara lain yaitu kecepatan aliran di dalam pipa 0,9 - 2 m/detik (SNI 03-7065-2005). Karena apabila kecepatan lebih dari 2 m/detik bisa menimbulkan pukulan air yang besar dan menimbulkan kerusakan pada alat plumbing, jadi kecepatan aliran dalam pipa diasumsikan nilai $v = 1,05$ m/detik. Maka diameter pipa akan dapat diketahui dengan Persamaan:

$$Q = v.A$$

Dengan $Q =$ kapasitas pompa = 0,0019 m³/detik

$v =$ Kecepatan aliran dalam pipa

$A =$ Luas penampang pipa (m²)

$$\text{Maka } A = \frac{Q}{v}$$

$$= \frac{0,0019}{1,05}$$

$$= 0,0018 \text{ m}^2$$

Dengan $A = \frac{\pi}{4} \times D^2$ $D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}}$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,0018}{\pi}}$$

$$= 0,0478 \text{ m atau } 1,88 \text{ inch}$$

$$= 2 \text{ inch atau } 0,05 \text{ m.}$$

Nilai D yang diperoleh adalah diameter dalam minimal yang diperlukan untuk mengalirkan fluida dengan debit 0,0019 m³/detik dengan kecepatan 1,05 m/detik maka dengan melihat tabel 4.50 pada nilai D = 2 inch dapat diketahui nilai nominal diameter luar dan dalam pada *schedule* 40. Didapat dari tabel nilai diameter luar yaitu 2,375 inch dan diameter dalam 2,067 inch.

Tabel 4.26 Faktor Kecepatan Untuk Berbagai Jenis Pipa

C	Jenis pipa
140	Pipa baru: tembaga, timah hitam, besi tuang, baja
130	Pipa baja baru, pipa besi tuang baru, Pipa tua: Kuningan, tembaga
110	Pipa dengan lapisan semen yang sudah tua
100	Pipa besi tuang atau pipa baja tuang sudah tua

(Noerbambang, 1991)

Tabel 4.27 Ketebalan Dinding (Untuk Alat Penyambung dan Pipa)

Nomina Pipe Size	Nominal Outside Diameter	Nominal Inside Diameter														Nomina Pipe Size
		Sched 10	Sched 20	Sched 30	STD. WALL	Sched 40	Sched 60	EXT. STG.	Sched 80	Sched 100	Sched 120	Sched 140	Sched 160	XX STG.		
½	0.840	.674	-	-	.622	.622	-	.546	.546	-	-	-	.464	.252	½	
¾	1.050	.884	-	-	.824	.824	-	.742	.742	-	-	-	.612	.434	¾	
1	1.315	1.097	-	-	1.049	1.049	-	.957	.957	-	-	-	.815	.599	1	
1¼	1.660	1.442	-	-	1.380	1.380	-	1.278	1.278	-	-	-	1.160	.898	1¼	
1½	1.900	1.682	-	-	1.610	1.610	-	1.500	1.500	-	-	-	1.338	1.100	1½	
2	2.375	2.157	-	-	2.067	2.067	-	1.939	1.939	-	-	-	1.687	1.503	2	
2½	2.875	2.635	-	-	2.469	2.469	-	2.323	2.323	-	-	-	2.125	1.771	2½	
3	3.500	3.260	-	-	3.068	3.068	-	2.900	2.900	-	-	-	2.624	2.300	3	
3½	4.000	3.760	-	-	3.548	3.548	-	3.364	3.364	-	-	-	-	2.728	3½	
4	4.500	4.260	-	-	4.026	4.026	-	3.826	3.826	-	3.624	-	3.438	3.152	4	
5	5.563	5.295	-	-	5.047	5.047	-	4.813	4.813	-	4.563	-	4.313	4.063	5	
6	6.625	6.357	-	-	6.065	6.065	-	5.761	5.761	-	5.501	-	5.187	4.897	6	
8	8.625	8.329	8.125	8.071	7.981	7.981	7.813	7.625	7.625	7.437	7.187	7.001	6.813	6.875	8	
10	10.750	10.420	10.250	10.136	10.020	10.020	9.750	9.750	9.750	9.312	9.062	8.750	8.500	8.750	10	
12	12.750	12.390	12.250	12.090	12.000	11.938	11.626	11.750	11.374	11.062	10.750	10.500	10.126	10.750	12	
14	14.000	13.500	13.376	13.250	13.250	13.124	12.812	13.000	12.500	12.124	11.812	11.500	11.188	-	14	
16	16.000	15.500	15.376	15.250	15.250	15.000	14.688	15.000	14.312	13.938	13.562	13.124	12.812	-	16	
18	18.000	17.500	17.376	17.124	17.250	16.876	16.500	17.000	16.124	15.688	15.250	14.876	14.438	-	18	
20	20.000	19.500	19.250	19.000	19.250	18.812	18.376	19.000	17.938	17.438	17.000	16.500	16.062	-	20	
22	22.000	21.500	-	-	21.250	-	-	21.000	-	-	-	-	-	-	22	
24	24.000	23.500	23.250	22.876	23.250	22.624	22.062	23.000	21.562	20.938	20.376	19.876	19.312	-	24	
26	26.000	-	-	-	25.250	-	-	25.000	-	-	-	-	-	-	26	
30	30.000	29.376	29.000	28.750	29.250	-	-	29.000	-	-	-	-	-	-	30	
36	36.000	35.376	35.000	34.750	35.250	34.500	-	35.000	-	-	-	-	-	-	36	
40	40.000	-	-	-	39.250	-	-	39.000	-	-	-	-	-	-	40	
42	42.000	-	-	-	41.250	-	-	41.000	-	-	-	-	-	-	42	
48	48.000	-	-	-	47.250	-	-	47.000	-	-	-	-	-	-	48	

(Raswari, 1987)

Tabel 4.28 Sifat-sifat fisik air (Air dibawah 1 atm dan air jenuh di atas 100°)

Temperatur (°C)	Kerapatan (kg/l)	Viskositas kinematik (m ² /s)	Tekanan uap jenuh (kg/cm ²)
0	0,9998	1,792 x10 ⁻⁶	0,00623
5	1,0000	1,520	0,00889
10	0,9998	1,307	0,01251
20	0,9983	1,004	0,02383
30	0,9957	0,801	0,04325
40	0,9923	0,658	4,07520
50	0,9880	0,554	0,12578
60	0,9832	0,475	0,20313
70	0,9777	0,413	0,3178
80	0,9716	0,365	0,4829
90	0,9652	0,326	0,7149
100	0,9581	0,295	1,0332
120	0,9431	0,244	2,0246
140	0,9261	0,211	3,685
160	0,9073	0,186	6,303
180	0,8869	0,168	10,224
200	0,8647	0,155	15,855
220	0,8403	0,130	23,656
240	0,814	0,136	34,138
260	0,784	0,131	47,869
280	0,751	0,128	65,468
300	0,712	0,127	87,621

(Tahara H., Sularso, 2000).

4.3.1. Head Kerugian Pada Pompa Sumur Dangkal

Head kerugian adalah kerugian yang terjadi pada suatu instalasi pipa seperti belokan, katup, dan sebagainya, yang di dalam instalasi pipa tersebut terdapat aliran fluida cair ataupun gas. Untuk menghitung kerugian gesek di dalam pipa kita perlu mengetahui aliran yang terjadi apakah termasuk aliran laminar atau aliran *turbulen*. Maka untuk mengetahui jenis aliran di dalam pipa dengan memakai bilangan *Reynolds* (Tahara dan Sularso, 2000: 28).

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu}$$

R_e = Bilangan *Reynold*

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

D = Diameter dalam pipa (m).

ν = *Viskositas* kinematik zat cair (m²/detik).

ν Air = pada suhu 20°C.

Pada tabel 4.51 dapat diketahui viskositas kinematiknya yaitu $1,004 \times 10^{-6}$ (m²/detik).

Pada $R_e < 2300$, aliran bersifat laminar

Pada $R_e < 4000$, aliran bersifat turbulen

Pada $2300 < R_e < 4000$, terdapat daerah transisi, dimana aliran bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

$$\begin{aligned} R_e &= \frac{v \times D}{\nu} \\ &= \frac{1,05 \times 0,05}{1,004 \times 10^{-6}} \\ &= 522908,36 \end{aligned}$$

Karena nilai R_e yang diperoleh lebih dari 4000, Jadi termasuk aliran turbulen. Maka dalam perhitungan ini rumus yang akan digunakan yaitu rumus *Hazen-Williams*, karena pada umumnya rumus ini dipakai untuk menghitung kerugian *head* dalam pipa yang relatif sangat panjang.

❖ *Head Kerugian Gesek Dalam Pipa (Major Losses)*

Rumus *Hazen-Williams* (Tahara dan Sularso, 2000).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Laju aliran (m³/s)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) C=130

D =Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

Q = 0,0019 m³/s.

D = 0,05

L = 12 m.

$$\begin{aligned} h_{f1} &= \frac{10,666 \times 0,0019^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,05^{4,85}} \times 12 \\ &= 0,29 \text{ m.} \end{aligned}$$

❖ *Kerugian pipe fitting (Minor Losses)*

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

Dima h_f = kerugian *head* (m).

f = koefisien kerugian 0,06 (gambar 2.7)

v = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/s).

g = percepatan gravitasi (9,8).

$$\begin{aligned} v &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,0019}{0,0018} \\ &= 1,05 \text{ m/s.} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned}
&= 0,06 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,8} \\
&= 0,003 \text{ m.} \\
&= 0 \text{ m.}
\end{aligned}$$

❖ Koefisien kerugian pada belokan pipa

Pada belokan pipa ada dua macam belokan, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter atau multipiece bend*). Yang akan digunakan pada perancangan ini yaitu belokan lengkung. Untuk mengetahui nilai f pada belokan (*elbow*) dapat diketahui dengan menggunakan tabel 4.52.

Table 4.29 Koefisien kerugian belokan pipa (Tahara dan Sularso, 2000).

θ°		5	10	15	22,5	30	45	60	90
f	Halus	0,016	0,034	0,042	0,066	0,13	0,236	0,147	1,129
	Kasar	0,024	0,44	0,062	0,154	0,165	0,32	0,684	1,265

$$\begin{aligned}
v &= \frac{Q}{A} \\
&= \frac{0,0019}{0,0018} \\
&= 1,05 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

Kerugian pada satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,81} = 0,01 \text{ m.}$$

Jadi kerugian yang terjadi pada satu belokan 90° pipa yaitu sebesar 0,01 m.

- ❖ Koefisien kerugian pada keluar $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$\begin{aligned} h_f &= 1,0 \times \frac{0,105^2}{2 \times 9,8} \\ &= 0,0056 \text{ m.} \end{aligned}$$

- ❖ Kerugian *head* pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_f = Koefisien kerugian katup, tabel (2.5).

f_v = Koefisien tahanan.

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

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

Pada pompa sumur dangkal digunakan katup hisap dengan saringan, untuk nilai f_v bisa dilihat pada tabel 2.5.

$$f_v = 50 \text{ mm.}$$

$$\begin{aligned} f_v &= 1,97 + (1,97 - 1,191) \\ &= 2,03 \end{aligned}$$

$$h_v = 2,03 \times \frac{1,05^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,011 \text{ m.}$$

$$h_l = \text{kerugian } (h_{f1} + h_{f2} + h_{f3} + h_v)$$

$$= 0,29 + 0,01 + 0,056 + 0,011$$

$$= 0,45 \text{ m.}$$

4.3.2. Head Total Pompa

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air bersih sesuai yang dirancang yaitu (Tahara dan Sularso, 2000: 43):

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

Diman:

H = Head total pompa (m)

h_a = Head statis pompa (m)

Δh_p = perbedaan head tekanan (m)

h_l = kerugian head di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \cdot g}$ = Head kecepatan keluar (m)

$$\begin{aligned} H &= h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \\ &= 12 + 0 + 0,45 + \frac{1,05^2}{2 \times 9,8} \\ &= 12,5 \text{ m} \end{aligned}$$

4.3.3. Menentukan Pompa Sumur Dangkal

Pompa yang direncanakan yaitu mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih sesuai dengan kebutuhan, maka perlu mengetahui jumlah air yang dibutuhkan dan head pompa. Diketahui kebutuhan air bersih Pada Gedung *Twin Building* dari hasil perhitungan yaitu diperoleh sebesar 6,98 m³/jam atau 116,33 liter/menit dan head total pompa 12,5 m dan pompa yang direncanakan yaitu berjumlah dua popa dengan satu pompa digunakan untuk cadangan. Maka bisa dilihat pada tabel 4.53 untuk menentukan pompa yang akan dipakai.

Tabel 4.30 Pemilihan tipe pompa sumur dangkal (Grundfos Pump, 2013).

Model	Head (m)	kW	Kapasitas (m ³ /jam)	Hz
NBG 65-40-250/245 A-F-B-BAQE	11	2,2	28	50
NBG 65-40-200/198 A-F-B-BAQE	11	1,1	25	50
NBG 65-40-250/236 A-F-B-BAQE	14	1,1	11	50
NBG 65-40-200/219 A-F-B-BAQE	13	2,2	29	50

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk kebutuhan air dengan kapasitas 6,98 m³/jam atau 116,33 liter/menit dengan *head* total pompa 12,5 m. Dan pompa yang direncanakan yaitu berjumlah dua unit dengan satu unit digunakan untuk cadangan, diharapkan bisa memenuhi kebutuhan air pada gedung *twin building* termasuk pada titik-titik kebutuhan puncak, maka akan menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Seri pompa = NBG 65-40-250/236 A-F-B-BAQE
- Kapasitas = 11 m³/jam atau 183,3 liter/menit.
- Total *head* = 14 m.
- Daya = 1,1 kW.
- Jumlah Pompa = 2 Unit (1 beroperasi, 1 cadangan).

4.3.4. Pemilihan Pompa Suplai Tangki Atas Gedung E 7

Kebutuhan air bersih keseluruhan pada gedung *twin building* 6,98 m³/jam, karena luas lantai setiap gedung relatif sama dan juga kebutuhan air bersih relatif sama maka $6,98 / 2 = 3,49$ m³/jam, jadi kebutuhan air bersih pada gedung E 7 = 3,49 m³/jam. Maka kapasitas pompa suplai tangki atas pada gedung E 7 yang direncanakan yaitu mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih dengan kapasitas 3,49 m³/jam atau 0,00097 m³/detik atau 58,2 liter/menit dengan cara kerja pompa menghisap atau mengambil air dari tangki bawah kemudian di suplai ke tangki atas.

4.3.5. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Hisap

Dalam menghitung kerugian gesek pada pipa hisap akan menggunakan *Hazen-williams* (Tahara dan Sularso, 2000: 31).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Kapasitas aliran (m³/detik)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) $C=130$

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

$$Q = 0,00097 \text{ (m}^3\text{/detik)}$$

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

$$L = 3 \text{ m.}$$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,05^{4,85}} \times 3$$

$$= 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *head* pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_f = kerugian *head* katup (m).

f_v = Koefisien kerugian katup. tabel (2.5).

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

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,05^2}$$

$$= 0,49 \text{ m/s.}$$

Pada ujung pipa hisap direncanakan dipasang katup yaitu jenis katup hisap dengan saringan.

Pada tabel 2.5 untuk diameter 100 mm $f_v = 1,97$.

$$f_v = 1,97 + (1,97 - 1,91) = 2,03$$

$$h_v = 2,03 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian Pada Satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8} = 0,0036 \text{ m.}$$

Jadi kerugian pada satu belokan 90° pipa yaitu sebesar 0,0036 m.

4.3.6. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

Rumus *Hazen-williams* (Tahara H., Sularso, Pompa Dan kompresor, hal:31).

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

Dimana: h_f = Kerugian head (m)

Q = Laju aliran (m³/s)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) C=130

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

$$Q = 0,00097 \text{ m}^3/\text{s}.$$

$$D = 0,04 \text{ m}$$

$$L = 60 \text{ m}.$$

$$h_{f1} = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,04^{4,85}} \times 60$$

$$= 1,26 \text{ m}.$$

❖ Kerugian *Head* Pada Pengecilan Penampang Pipa Secara Mendadak

Kerugian *head* untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g}$$

Keterangan :

v_2 = kecepatan aliran fluida dalam pipa kecil (m/s).

Q = kapasitas aliran 0,0097 (m³/s)

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,04^2}$$

$$= 0,77 \text{ m/s}.$$

Untuk nilai f dapat dilihat pada tabel 2.54

Tabel 2.31 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso, 2000).

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
f	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

Dimana:

D_1 : Diameter pipa besar

D_2 : Diameter pipa kecil

Diketahui:

$$D_1 = 0,05 \text{ m.}$$

$$D_2 = 0,04 \text{ m.}$$

$$(D_1 / D_2)^2 = \left(\frac{0,05}{0,04} \right)^2 = 1,56$$

Maka $f = 0$

$$h_f = \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,03 \text{ m.}$$

❖ Koefisien kerugian pada belokan pipa

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter* atau *multi-piece bend*). Pada perancangan ini digunakan belokan lengkung. Selanjutnya untuk mengetahui nilai f pada belokan (*elbow*) dapat diketahui dengan melihat table 4.52.

❖ Koefisien kerugian pada 8 belokan 90°

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90} \right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} \times 8 = 0,7$$

$$h_f = 0,7 \text{ m.}$$

❖ Koefisien kerugian pada keluar $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 1,0 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,03 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *head* pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_v = kerugian *head* dikatup (m).

f_v = Koefisien keerrugian katup, tabel (2.5).

v = Kecepatan rata-rata dalam pipa 1,05 m/s.

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

Katup yang digunakan yaitu katup cegah jenis angkat bebas, nilai f dapat dilihat pada tabel 2.5.

Untuk nilai $D = 100$ mm nilai $f_v = 1,44$ dan $D = 50$ mm nilai $f_v = 1,49$ maka $D = 40$ yaitu:

$$f_v = 1,49 + \frac{(40-100)}{(100-50)} \times (1,44-1,49)$$

$$f_v = 1,55$$

$$h_v = 1,55 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,046$$

Dengan katup yang digunakan yaitu 2 unit katup maka $0,046 \times 2 = 0,92$ m.

$$h_v = 0,92 \text{ m.}$$

❖ Harga keseluruhan kerugian *head* akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

✓ Kerugian bagian hisap $\sum H_a = 0,02 + 0,2 + 0,0036 = 0,043$ m.

✓ Kerugian bagian hisap $\sum H_b = 1,26 + 0,03 + 0,7 + 0,03 + 0,92 = 2,94$ m.

$$h_l = \sum H_a + \sum H_b$$

$$= 0,043 + 2,94 = 2,98 \text{ m.}$$

❖ *Head* Total Pompa

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sesuai dengan kebutuhan yaitu: (Tahara H., Sularso, Pompa Dan Kompresor, hal:43)

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

Dimana:

H = *Head* total pompa (m)

h_a = *Head statis* pompa (m)

Δh_p = perbedaan *head* tekanan (m)

h_l = kerugian *head* di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \cdot g}$ = *Head* kecepatan keluar (m)

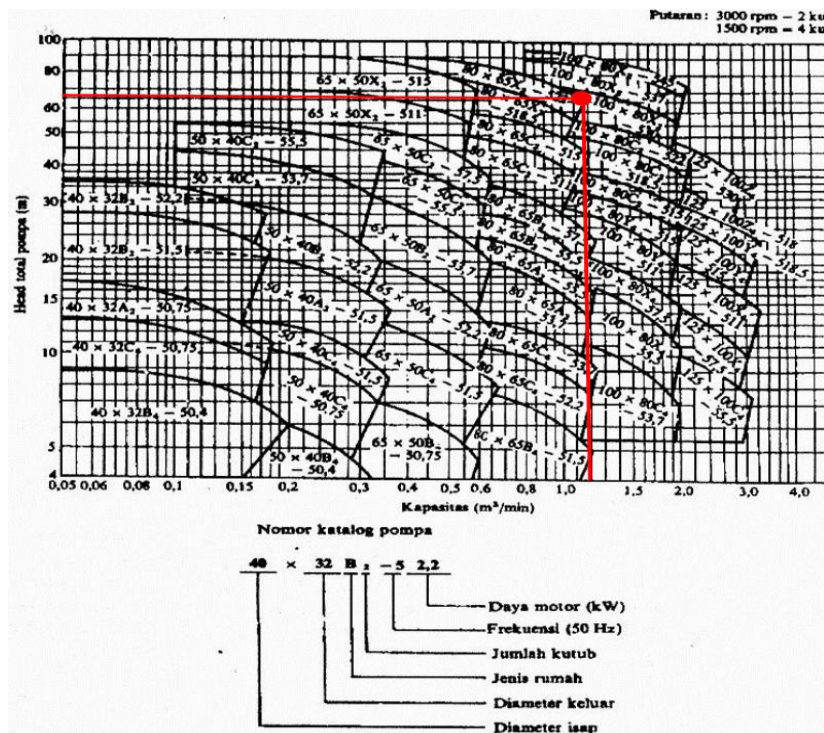
$$\begin{aligned} H &= h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \\ &= 32 + 0 + 2,98 + \frac{0,077^2}{2 \times 9,8} \\ &= 35 \text{ m.} \end{aligned}$$

4.3.7. Menentukan Pompa Suplai Tangki Atas Gedung E 7

Untuk menentukan kapasitas pompa yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air bersih, yaitu dengan cara mengetahui jumlah air bersih yang dibutuhkan dan total *head* pompa. Dari hasil perhitungan diketahui kebutuhan air bersih pada Gedung *Twin Building* yaitu 3,49 m³/jam atau 58,2 liter/menit dan *head* total pompa 35 m. Untuk menentukan pompa yang akan dipakai bisa dengan menggunakan diagram pemilihan pompa umum atau dengan melihat tabel pompa khusus. Maka bisa dilihat tabel 4.53 untuk menentukan pompa yang akan digunakan.

Tabel 4.32 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos JP Basic, 2016).

Model	Head (m)	Kw	Kapasitas (liter/menit)
NS Basic 13 - 18 T	18	1,10	280
JPC BASIC 3	40	0,85	40
NS Basic 5 - 33 M	33	1,3	140
JP BASIC 4	28	0,75	40
JP BASIC 5	39	1,1	60



Gambar 4.3 Diagram pemilihan pompa umum (Tahara H., Sularso, 2000).

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk kebutuhan air dengan kapasitas 3,49 m³/jam atau 58,2 liter/menit dengan *head* total pompa 35 m. Dan jumlah pompa yang digunakan untuk menyuplai air bersih ke tangki atas yaitu direncanakan berjumlah 4 unit dengan dua unit bekerja dan dua unit pompa untuk cadangan. maka akan menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

Seri pompa	= JP Basic 5.
Kapasitas	= 60 liter/menit.
Total <i>head</i>	= 39 m.
Daya	= 1,1 kW.
Jumlah Pompa	= 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).

4.3.8. Pemilihan Pompa Suplai Tangki Atas Gedung E 6

Kebutuhan air bersih keseluruhan pada gedung *twin building* 6,98 m³/jam, karena luas lantai setiap gedung relatif sama dan juga kebutuhan air bersih relatif sama maka 6,98 / 2 = 3,49 m³/jam, jadi kebutuhan air bersih pada gedung E 7 = 3,49 m³/jam. Maka kapasitas pompa suplai tangki atas pada gedung E 7 yang direncanakan yaitu mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih dengan kapasitas 3,49 m³/jam atau 0,00097 m³/detik atau 58,2 liter/menit dengan cara kerja pompa menghisap atau mengambil air dari tangki bawah kemudian di suplai ke tangki atas.

4.3.9. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Hisap

Dalam menghitung kerugian gesek pada pipa hisap akan menggunakan *Hazen-williams* (Tahara dan Sularso, 2000: 31).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Kapasitas aliran (m³/detik)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) C=130

D =Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

Q = 0,00097 (m³/detik)

D = 0,05 m

L = 3 m.

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,05^{4,85}} \times 3$$

$$= 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *head* pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_f = kerugian *head* katup (m).

f_v = Koefisien kerugian katup. tabel (2.5).

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

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,05^2}$$

$$= 0,49 \text{ m/s.}$$

Pada ujung pipa hisap direncanakan dipasang katup yaitu jenis katup hisap dengan saringan.

Pada tabel 2.5 untuk diameter 100 mm $f_v = 1,97$.

$$f_v = 1,97 + (1,97 - 1,91) = 2,03$$

$$h_v = 2,03 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,02 \text{ m.}$$

❖ Kerugian Pada Satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,49^2}{2 \times 9,8} = 0,0036 \text{ m.}$$

Jadi kerugian pada satu belokan 90° pipa yaitu sebesar 0,0036 m.

4.3.10. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

Rumus *Hazen-williams* (Tahara H., Sularso, Pompa Dan kompresor, hal:31).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Laju aliran (m³/s)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) C=130

D =Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

$$Q = 0,00097 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$D = 0,04 \text{ m}$$

$$L = 40 \text{ m.}$$

$$h_{f1} = \frac{10,666 \times 0,00097^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,04^{4,85}} \times 40$$

$$= 0,84 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *Head* Pada Pengecilan Penampang Pipa Secara Mendadak

Kerugian *head* untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g}$$

Keterangan :

v_2 = kecepatan aliran fluida dalam pipa kecil (m/s).

Q = kapasitas aliran 0,0019 (m³/s)

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$$

$$v = \frac{0,00097}{\frac{\pi}{4} \times 0,04^2}$$

$$= 0,77 \text{ m/s.}$$

Untuk nilai f dapat dilihat pada tabel 2.54

Tabel 2.31 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso, 2000).

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
f	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

Dimana:

D_1 : Diameter pipa besar

D_2 : Diameter pipa kecil

Ditahui:

$$D_1 = 0,05 \text{ m.}$$

$$D_2 = 0,04 \text{ m.}$$

$$(D_1 / D_2)^2 = \left(\frac{0,05}{0,04} \right)^2 = 1,56$$

Maka $f = 0$

$$h_f = \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,03 \text{ m.}$$

❖ Koefisien kerugian pada belokan pipa

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter* atau *multi-piece bend*). Pada perancangan ini digunakan belokan lengkung. Selanjutnya untuk mengetahui nilai f pada belokan (*elbow*) dapat diketahui dengan melihat table 4.52.

- ❖ Koefisien kerugian pada 8 belokan 90°

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} \times 9 = 0,8$$

$$h_f = 0,8 \text{ m.}$$

- ❖ Koefisien kerugian pada keluar $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 1,0 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,03 \text{ m.}$$

- ❖ Kerugian head pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_v = kerugian *head* dikatup (m).

f_v = Koefisien keerrugian katup, tabel (2.5).

v = Kecepatan rata-rata dalam pipa 1,05 m/s.

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

Katup yang digunakan yaitu katup cegah jenis angkat bebas, nilai f dapat dilihat pada tabel 2.5.

Untuk nilai $D = 100 \text{ mm}$ nilai $f_v = 1,44$ dan $D = 50 \text{ mm}$ nilai $f_v = 1,49$ maka $D = 40$ yaitu:

$$f_v = 1,49 + \frac{(40-100)}{(100-50)} \times (1,44-1,49)$$

$$f_v = 1,55$$

$$h_v = 1,55 \times \frac{0,77^2}{2 \times 9,8} = 0,046$$

Dengan katup yang digunakan yaitu 2 unit katup maka $0,046 \times 3 = 0,13$ m.

$$h_v = 0,13 \text{ m.}$$

- ❖ Harga keseluruhan kerugian *head* akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

- ✓ Kerugian bagian hisap $\sum H_a = 0,02 + 0,2 + 0,0036 = 0,043$ m.

- ✓ Kerugian bagian tekan $\sum H_b = 0,84 + 0,3 + 0,8 + 0,03 + 0,13 = 1,83$ m.

$$\begin{aligned} h_l &= \sum H_a + \sum H_b \\ &= 0,043 + 1,83 = 1,87 \text{ m.} \end{aligned}$$

- ❖ *Head* Total Pompa

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sesuai dengan kebutuhan yaitu: (Tahara H., Sularso, Pompa Dan Kompresor, hal:43)

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

Dimana:

H = *Head* total pompa (m)

h_a = *Head statis* pompa (m)

Δh_p = perbedaan *head* tekanan (m)

h_l = kerugian *head* di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \cdot g}$ = *Head* kecepatan keluar (m)

$$\begin{aligned} H &= h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \\ &= 32 + 0 + 1,87 + \frac{0,077^2}{2 \times 9,8} \\ &= 33,87 \text{ m.} \end{aligned}$$

4.3.11. Menentukan Pompa Suplai Tangki Atas Gedung E 6

Untuk menentukan kapasitas pompa yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan air bersih, yaitu dengan cara mengetahui jumlah air bersih yang dibutuhkan dan total *head* pompa. Dari hasil perhitungan diketahui kebutuhan air bersih pada Gedung *Twin Building* yaitu 3,49 m³/jam atau 58,2 liter/menit dan *head* total pompa 33,87 m. Untuk menentukan pompa yang akan dipakai bisa dengan menggunakan diagram pemilihan pompa umum atau dengan melihat tabel pompa khusus. Maka bisa dilihat tabel 4.53 untuk menentukan pompa yang akan digunakan.

Tabel 4.32 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos JP Basic, 2016).

Model	Head (m)	Kw	Kapasitas (liter/menit)
NS Basic 13 - 18 T	18	1,10	280
NF 30-30	30	3,4	650
JP BASIC 5	35	1,6	70
JPC BASIC 3	40	0,85	40
JP BASIC 5	58	1,1	37

Dari tabel di atas dapat diketahui untuk kebutuhan air dengan kapasitas 3,49 m³/jam atau 58,2 liter/menit dengan *head* total pompa 33,87 m. Dan jumlah pompa yang digunakan untuk menyuplai air bersih ke tangki atas yaitu direncanakan berjumlah 3 unit dengan dua unit bekerja dan satu unit pompa untuk cadangan. maka akan menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Seri pompa = JP BASIC 5
- Kapasitas = 70 liter/menit.
- Total *head* = 35 m.
- Daya = 1,6 kW.
- Jumlah Pompa = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).

4.3.8. Pemilihan Pompa Suplai Lantai 3,4, dan 5 Di Gedung E 7

Kapasitas pompa suplai untuk lantai 3, 4, dan 5 yang direncanakan yaitu mampu untuk memenuhi kebutuhan air bersih sesuai dengan kebutuhan. karena kebutuhan air bersih pada masing-masing lantai relatif sama, jadi pompa yang akan digunakan yaitu dengan kapasitas 1,5 m³/jam atau sama dengan 25 liter/menit atau 0,00042 m³/detik. Maka *head* didalam pipa perlu diketahui untuk menentukan pompa dengan sesuai kebutuhan, untuk mencari *head* di dalam pipa dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

4.3.9. Head kerugian pada Pompa Suplai

Head kerugian adalah kerugian yang ada dalam suatu instalasi pipa yang dialirkan suatu fluida baik gas ataupun cair. Untuk menghitung kerugian gesek dalam pipa kita harus mencari aliran yang terjadi apakah termasuk aliran yang laminar atau aliran turbulen dengan memakai bilangan *Reynolds*, (Tahara H., Sularso Pompa Dan Kompresor, 2000: 28) :

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu}$$

R_e = Bilangan *Reynold*

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

D = Diameter dalam pipa (m)

ν = *Viskositas* kinematik zat cair (m²/detik)

ν Air = pada suhu 20°C

Pada tabel 4.51 dapat diketahui viskositas kinematiknya yaitu $1,004 \times 10^{-6}$ (m²/detik).

Pada $R_e < 2300$, aliran bersifat laminar

Pada $R_e < 4000$, aliran bersifat turbulen

Pada $2300 < R_e < 4000$. terdapat daerah transisi, dimana aliran bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu}$$

$$= \frac{2 \times 0,04}{1,004 \times 10^{-6}}$$

$$= 79681,27$$

Jadi termasuk aliran turbulen, maka dalam mencari *head* di dalam pipa akan menggunakan rumus *Hazen-Williams*.

4.3.10. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Hisap

Rumus *Hazen-williams* (Tahara H., Sularso, Pompa Dan kompresor, hal:31).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Kapasitas aliran (m³/s)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) C=130

D =Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

$$Q = 0,00042 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

$$D = 0,04 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m.}$$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00042^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,04^{4,85}} \times 1,5$$

$$= 0,0067 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *head* pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_f = kerugian *head* katup (m).

f_v = Koefisien kerugian katup. tabel (2.5).

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

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

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

Keterangan : v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

Q = kapasitas aliran 0,00083 (m³/s)

A = luas penampang pipa (m²)

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$v = \frac{0,00042}{\frac{\pi}{4} \times 0,04^2} = 0,33 \text{ m/s.}$$

Pada ujung pipa hisap direncanakan dipasang katup yaitu jenis katup hisap dengan saringan:

Pada tabel 2.5 untuk diameter 100 mm $f_v = 1,97$.

$$f_v = 1,97 + (1,97 - 1,91) = 2,03$$

$$h_v = 2,3 \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,8} = 0,012 \text{ m.}$$

❖ Kerugian Pada Satu Belokan 90°

$$h_{f2} = f \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90}\right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$

$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,8} = 0,0016 \text{ m.} \approx 0,002 \text{ m.}$$

Jadi kerugian yang terjadi pada satu belokan 90° pipa yaitu sebesar 0,002 m.

4.3.11. Head Kerugian Gesek Pada Pipa Tekan

Rumus *Hazen-williams* (Tahara H., Sularso, Pompa Dan kompresor, hal:31).

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

Dimana: h_f = Kerugian *head* (m)

Q = Laju aliran (m^3/s)

C = Koefisien lihat dalaam (tabel 4.49) $C=130$

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

Diketahui:

$Q = 0,00042 \text{ (m}^3/\text{s)}$

$D = 0,04 \text{ m}$

$L = 118,5 \text{ m.}$

$$h_f = \frac{10,666 \times 0,00042^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,04^{4,85}} \times 49$$
$$= 0,21 \text{ m.}$$

❖ Kerugian *Head* Pada Pengecilan Penampang Pipa Secara Mendadak

Kerugian *head* untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g}$$
$$v_2 = \frac{Q}{A}$$

Keterangan :

v_2 = kecepatan aliran fluida dalam pipa kecil (m/s)

Q = kapasitas aliran 0,00042 (m^3/s)

A = luas penampang pipa (m^2)

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$v_2 = \frac{0,00042}{\frac{\pi}{4} \times 0,032^2} = 0,52 \text{ m/s.}$$

Untuk nilai f dapat dilihat pada tabel 2.54

Tabel 2.33 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso, 2000).

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
f	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0

Dimana:

D_1 : Diameter pipa besar

D_2 : Diameter pipa kecil

v_2 : Kecepatan aliran pada pipa kecil (m/s).

Ditahui:

$$D_1 = 0,04 \text{ m.}$$

$$D_2 = 0,032 \text{ m.}$$

$$(D_1 / D_2)^2 = \left(\frac{0,04}{0,032} \right)^2 = 1,56$$

Maka $f = 0$

$$h_f = \frac{0,52^2}{2 \times 9,8} = 0,013 \text{ m.}$$

❖ Koefisien kerugian pada belokan pipa

Ada dua macam belokan pipa, yaitu belokan lengkung dan belokan patah (*miter* atau *multipiece bend*). Pada perancangan ini digunakan belokan lengkung. Selanjutnya untuk mengetahui nilai f pada belokan (*elbow*) dapat diketahui dengan melihat table 4.52:

$$v = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D}$$

$$v = \frac{0,00042}{\frac{\pi}{4} \times 0,04^2}$$

$$= 0,33 \text{ m/s}$$

❖ Koefisien kerugian pada 43 belokan 90°

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5}$$

Dengan $D/R = 1$

$\theta = 90^\circ$ maka

$$f = 0,131 + 1,874 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{3,5} \times \left(\frac{90}{90}\right)^{0,5}$$
$$= 0,294 \text{ m.}$$

$$h_{f2} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} = 0,294 \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,8} \times 43 = 0,07$$

$$h_f = 0,07 \text{ m.}$$

❖ Koefisien kerugian pada keluar $f = 1,0$

$$h_{f3} = f \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$h_f = 1,0 \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,8}$$

$$= 0,0055 \text{ m.}$$

❖ Kerugian head pada katup

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

h_v = kerugian *head* dikatup (m).

f_v = Koefisien keerugian katup, tabel (2.5).

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

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s).

Katup yang digunakan yaitu katup cegah jenis angkat bebas, nilai f dapat dilihat pada tabel 2.5. Dengan katup yang digunakan yaitu 8 unit.

Untuk nilai $D = 100$ mm nilai $f_v = 1,44$ dan $D = 50$ mm nilai $f_v = 1,49$ maka $D = 40$ yaitu:

$$f_v = 1,49 + \frac{(40-100)}{(100-50)} \times (1,44-1,49)$$

$$f_v = 1,55$$

$$h_v = 1,55 \times \frac{0,33^2}{2 \times 9,8} = 0,03 \times 8 = 0,24$$

$$h_v = 0,24 \text{ m.}$$

❖ Harga keseluruhan kerugian *head* akibat gesekan pada sisi hisap dan tekan yaitu:

✓ Kerugian bagian hisap $\sum H_a = 0,0067 + 0,012 + 0,02 = 0,02 \text{ m.}$

✓ Kerugian bagian tekan $\sum H_b = 0,21 + 0,013 + 0,07 + 0,0055 + 0,24 = 0,54 \text{ m.}$

$$\begin{aligned} h_l &= \sum H_a + \sum H_b \\ &= 0,02 + 0,54 = 0,56 \text{ m.} \end{aligned}$$

❖ *Head* Total Pompa

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan air sesuai dengan kebutuhan yaitu (Tahara H., Sularso, Pompa Dan Kompresor, hal:43).

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

Dimana:

H = *Head* total pompa (m)

h_a = *Head statis* pompa (m)

Δh_p = perbedaan *head* tekanan (m)

h_l = kerugian *head* di pipa (m)

$\frac{v^2}{2 \times g}$ = *Head* kecepatan keluar (m)

$$\begin{aligned} H &= h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \\ &= -12 + 0 + 0,56 + \frac{0,33^2}{2 \times 9,8} \\ &= -11,43 \text{ m.} \end{aligned}$$

4.3.12. Menentukan Pompa Suplai Lantai 3,4, dan 5 Di Gedung E 7

Karena kebutuhan air bersih di setiap lantai relatif sama jadi kebutuhan air bersih untuk lantai 3, 4, dan 5 yaitu 1,5 m³/jam atau 25 liter/menit atau 0,00042 m³/detik dan *head* total pompa -11,43 m. Maka dapat diketahui dari hasil perhitungan bahawa sebenarnya kebutuhan air bersih pada lantai 3, 4, dan 5 di gedung E 7 sudah cukup apabila hanya di suplai menggunakan tangki atas tanpa menggunakan pompa, karena luas lantai, instalasi, dan kebutuhan air bersih di gedung E 7 dan E 6 relatif sama maka sebernya di kedua gedung tersebut untuk mensuplai air bersih ke lantai 3, 4, dan 5 cukup dengan menggunakan tangki atas. Tapi apabila menggunakan pompa suplai akan lebih baik untuk memperkuat tekanan air sehingga air yang mengalir di setiap lantai bisa tercapai dengan tekanan yang relatif sama. Apabila menggunakan pompa penguat maka dapat menggunakan tabel pompa *grundfos* untuk menentukan pompa yang akan dipakai.

Tabel 4.34 Pemilihan tipe pompa suplai (Grundfos CR, 2016).

Model	Head (m)	Kapasitas (m ³ /h)	Kw
CR 5-03	14	5	0,37
CR 3-05	23	3	0,37
CR 3-06	28	3	0,55
CR 5-05	25	5	0,75

Maka direncanakan untuk pompa penguat akan menggunakan pompa dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Seri pompa = CR 3-06
- Kapasitas = 3 m³/jam atau 50 liter/menit.
- Total *head* = 28 m.
- Daya = 0,37 kW.
- Jumlah Pompa = 4 unit (2 beroperasi, 2 cadangan).

4.4. Menentukan Kapasitas Tangki

1. Kapasitas Tangki Air Bawah Gedung *Twin Building* Berlantai Tujuh

Untuk tangki air yang hanya digunakan menampung air minum ukuran tangkinya adalah (Noerbambang dan Morimura, 1991):

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

Sedangkan kalau tangki tersebut juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, ukuran tangkinya adalah:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F$$

Dengan:

V_R = Volume tangki air minum (m³/hari)

Q_d = Jumlah kebutuhan per hari (m³/hari)

Q_s = Kapasitas pipa dinas, 2/3 kebutuhan air rata-rata per jam sebesar (m³/jam)

$$\begin{aligned} &= \frac{Q_h \times 2}{3} \\ &= \frac{20,94 \times 2}{3} = 13,96 \text{ m}^3/\text{jam}. \end{aligned}$$

T = Ra-rata pemakaian air per hari (jam/hari)

V_F = Cadangan air untuk pemadam kebakaran = 20 m³/hari.

Dari hasil perhitungan di atas kapasitas pipa dinas (Q_s) sebesar 13,96 m³/jam dan pemakaian air (T) per hari rata-rata 8 jam maka volume tangki air bawah sebesar:

$$\begin{aligned} V_R &= Q_d - (Q_s \times T) + V_F \\ V_R &= (167,52 - (13,96 \times 8)) + 20 = 75,84 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Jadi tangki air bawah yang direncanakan pada gedung *Twin Building* berlantai tujuh yaitu mempunyai volume 75,84 m³.

2. Kapasitas Tangki Air Atas Gedung *Twin Building* Berlantai Tujuh

Tangki atas dimaksudkan untuk menampung kebutuhan puncak, dan biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut, yaitu sekitar 30 menit. Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air

terendah dalam tangki atas, sehingga perlu dipertimbangkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat (yang memompa air dari tangki bawah ke tangki atas). Kapasitas efektif tangki atas dinyatakan dengan rumus (Noerbambang dan Morimura, 1991):

$$V_E = (Q_p - Q_{max}) \times T_P + Q_{PU} \times T_{PU}$$

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).

Biasanya kapasitas pompa pengisi diusahakan sebesar $Q_{PU} = Q_{mak}$, dan air yang diambil dari tangki atas melalui pipa pembagi utama dianggap sebesar Q_p . Makin dekat Q_{PU} dengan Q_p makin kecil ukuran tangki atas.

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan sebelumnya, didapat harga $Q_p = Q_{m-max}$ yaitu sebesar $1,04 \text{ m}^3/\text{menit} = 1040 \text{ liter/menit}$; $Q_{max} = Q_{h-max}$ yaitu sebesar $31,41 \text{ m}^3/\text{jam} = 523,5 \text{ liter/menit}$; $Q_{PU} = Q_{max}$ $T_P = 30$; $T_{PU} = 10$ menit. maka volume efektif tangki atas untuk gedung tersebut sebesar:

$$V_E = (Q_p - Q_{mak}) T_P + Q_{PU} \times T_{PU}$$

$$\begin{aligned} V_E &= (1040 - 523,5) \text{ liter/menit} \times 30 + (523,5 \text{ liter/menit} \times 10) \\ &= 20730 \text{ liter atau } 20,73 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Jadi pada gedung bangunan *Twin Building* berlantai tujuh tangki atas yang direncanakan mempunyai volum efektif sebesar $20,73 \text{ m}^3$. untuk mengatasi terjadinya beban luapan volum tangki atas di tambah 10% sehingga total volume tangki atas yaitu:

$1,1 \times 20,73 = 22,8 \text{ m}^3$ dibulatkan menjadi 23 m^3 .

Tangki atas yang direncanakan yaitu berjumlah 2 unit jadi kapasitas tangki atas yaitu $\frac{23}{2} = 11,5 \text{ m}^3$. Karena kebutuhan air bersih di gedung E 6 dan E 7 relatif sama maka kapasitas tangki atas pada masing gedung yaitu $11,5 \text{ m}^3$.

4.4.1. Bahan Tangki Air

Tangki air bawah yang di rencanakan yaitu terbuat dari *FRP (Fiberglass Reinforced Plastic)*. Dengan tangki terbuat dari berbahan *FRP* diharapkan mampu menampung air dengan baik dan tahan terhadap korosi.

Pada perancangan ini tangki atas direncanakan memakai tangki yang terbuat dari plat baja tahan karat, selain harganya yang tergolong murah tangki ini juga cukup tahan terhadap korosi dan diharapkan bisa menampung air bersih sesuai dengan kebutuhan.

4.4.2. Pemasangan Tangki Air Bawah

Dalam pemasangan tangki air bawah sebaiknya jangan ditempatkan di bawah lantai, dan jangan terlalu dekat dengan bangunan termasuk di tempat-tempat yang sering di datangi oleh manusia. Pemasangan tangki air bawah sebaiknya dipasang minimal empat meter dari bangunan dan tangki bawah dengan keadaan tertutup supaya tidak termasuki oleh benda-benda yang bisa mengurangi kualitas air dan juga bisa membahayakan, pada sisi atas tangki bawah di pasang pipa minimal panjang 20 cm dengan lubang pada ujung pipa menghadap ke bawah untuk memberi udara pada tangki. Dan untuk memudahkan pada saat pengurasan maka pada dasar tangki bawah dibuat kemiringan minimal 20 cm dan beri lubang atau jalur aliran air keluar dengan sistem buka tutup yang kuat supaya tidak mengalami kebocoran pada saat tangki di isi air kembali.

4.4.3. Pemasangan Tangki Air Atas

Tangki air atas dalam pemasangannya di tempatkan di atas lantai untuk mempermudah pensuplaian air bersih pada setaip lokasi yang membutuhkan dan untuk mempertahankan tekanan pada alat plambing. Pada tangki atas perlu dilakukan pemasangan pipa peluap yang digunakan untuk mengalirkan air yang berlebih pada tangki agar air tidak mencemari lingkungan di sekitarnya. Dalam pemasangan tangki atas sebaiknya diberi celah atau ruang bebas pada sisi-sisi tangki minimal satu meter dari dari sisi tangki untuk mempermudah dalam perawatan pada tangki tersebut.