

LAMPIRAN

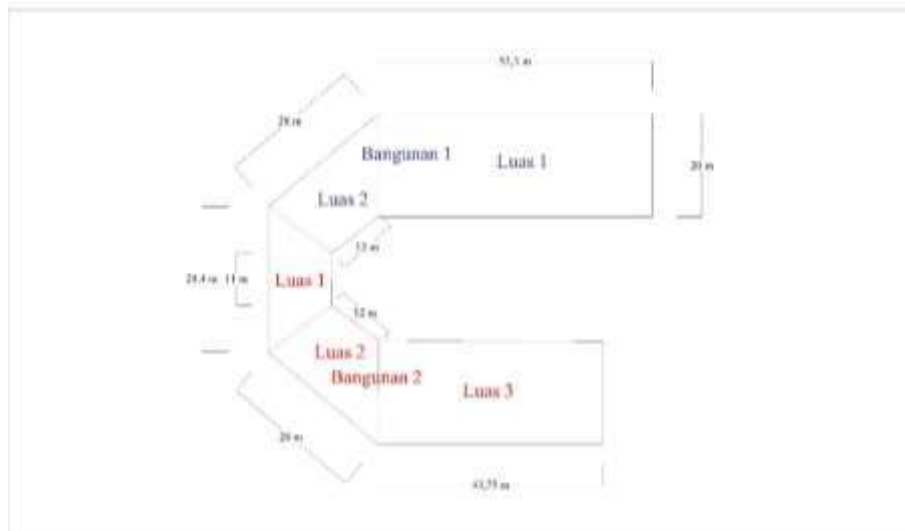
LAMPIRAN 1

Perhitungan Sistem Perpipaan Air Bersih

1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Dalam menentukan kebutuhan air bersih pada Gedung PKM ITERA dilakukan menggunakan 3 metode, yaitu:

A. Berdasarkan Jumlah Pemakai



Gambar 1 Denah luas lantai gedung pkm itera

Bangunan 1

1) Luas Gedung

$$\begin{aligned}\text{Luas 1} &= p \times l \\ &= 53,3 \text{ m} \times 20 \text{ m} \\ &= 1066 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas 2} &= \frac{\text{jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(12 \text{ m} + 28 \text{ m}) \times 20 \text{ m}}{2} \\ &= 400 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas total bangunan 1} &= \text{Luas 1} + \text{Luas 2} \\ &= 1066 \text{ m}^2 + 400 \text{ m}^2 \\ &= 1466 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas total gedung 3 lantai} &= 1466 \text{ m}^2 \times 3 \\ &= 4398 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2) Luas lantai efektif

Perbandingan luas lantai efektif untuk jenis gedung perkumpulan adalah 53% - 55% [8].

$$\begin{aligned}\text{Luas lantai efektif} &= \text{perbandingan luas lantai efektif berdasarkan peruntukan} \\ &\quad \text{gedung} \times \text{luas total gedung} \\ &= 55\% \times 4398 \text{ m}^2 \\ &= 2418,9 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3) Jumlah penghuni

Jumlah penghuni dengan asumsi kepadatan hunian adalah 5-10 m²/orang, sehingga jumlah penghuni pada Gedung PKM ITERA bangunan 1 adalah:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penghuni} &= \frac{\text{luas lantai efektif}}{\text{kepadatan hunian}} \\ &= \frac{2418,9 \text{ m}^2}{5 \text{ m}^2/\text{orang}} \\ &= 483,78 \text{ orang} \\ &= 484 \text{ orang}\end{aligned}$$

4) Pemakaian air rata-rata perhari

Pemakaian air rata-rata sehari adalah 150-200 liter/orang/hari, maka diperoleh pemakaian air rata-rata perhari (Q₁) adalah:

$$\begin{aligned}Q_1 &= \text{jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air rata-rata perhari} \\ &= 484 \text{ orang} \times 200 \text{ liter/orang/hari} \\ &= 96800 \text{ liter/hari} \\ &= 96,8 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

5) Debit air perhari

Untuk mencegah kebocoran dan perawatan alat-alat plambing, maka diperkirakan penambahan debit air sebesar 20%, maka didapatkan debit air perhari adalah:

$$\begin{aligned}Q_d &= (100 + 20)\% \times Q_1 \\ &= (100 + 20)\% \times 96,8 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 116,16 \text{ m}^3/\text{hari}\end{aligned}$$

6) Pemakaian air perjam

Lama rentang pemakaian air dengan jam kerja, yaitu 6 jam/hari, maka didapatkan pemakaian air perjam adalah:

$$\begin{aligned}
 Q_h &= \frac{Q_d}{T} \\
 &= \frac{116,16 \text{ m}^3/\text{hari}}{6 \text{ jam/hari}} \\
 &= 19,36 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

7) Pemakaian air pada jam puncak

Pemakaian air pada jam puncak berkisaran antara 1,5 - 2,0 dan ditentukan sebesar 2,0, maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 Q_h \text{ max} &= C_1 \times Q_h \\
 &= 2 \times 19,36 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 38,72 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

8) Pemakaian air pada hari puncak

Pemakaian air pada hari puncak berkisaran antara 1,2 - 2,0 dan ditentukan sebesar 2,0, maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 Q_d \text{ max} &= C_2 \times Q_d \\
 &= 2 \times 116,16 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 &= 232,32 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

9) Pemakaian air pada menit puncak

Pemakaian air pada menit puncak berkisaran antara 3,0 - 4,0 dan ditentukan sebesar 4,0 maka didapatkan:

$$\begin{aligned}
 Q_m \text{ max} &= C_3 \times \frac{Q_h}{60 \text{ menit/jam}} \\
 &= 4 \times \frac{19,36 \text{ m}^3/\text{jam}}{60 \text{ menit/jam}} \\
 &= 1,3 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Tabel 1 Rekapitulasi metode berdasarkan jumlah pemakai bangunan 1

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
116,16	232,32	19,36	38,72	1,3

Bangunan 2

1) Luas gedung

$$\begin{aligned}
 \text{Luas 1} &= \frac{\text{jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\
 &= \frac{(11 \text{ m} + 28,4 \text{ m}) \times 13,75 \text{ m}}{2} \\
 &= 270,9 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas 2} &= \frac{\text{jumlah sisi sejajar} \times \text{tinggi}}{2} \\ &= \frac{(12 \text{ m} + 28 \text{ m}) \times 20 \text{ m}}{2} \\ &= 400 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas 3} &= p \times l \\ &= 43,75 \text{ m} \times 20 \text{ m} \\ &= 875 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas total bangunan 2} &= \text{Luas 1} + \text{Luas 2} + \text{Luas 3} \\ &= 270,9 \text{ m}^2 + 400 \text{ m}^2 + 875 \text{ m}^2 \\ &= 1545,9 \text{ m}^2 \\ &= 1546 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas total gedung 2 lantai} &= 1546 \text{ m}^2 \times 2 \\ &= 3092 \text{ m}^2\end{aligned}$$

2) Luas lantai efektif

Perbandingan luas lantai efektif untuk jenis gedung perkumpulan adalah 53% - 55% [6].

$$\begin{aligned}\text{Luas lantai efektif} &= \text{perbandingan luas lantai efektif berdasarkan} \\ &\quad \text{peruntukan gedung} \times \text{luas total gedung} \\ &= 55\% \times 3092 \text{ m}^2 \\ &= 1700,6 \text{ m}^2\end{aligned}$$

3) Jumlah penghuni

Jumlah penghuni dengan asumsi kepadatan hunian adalah 5-10 m²/orang, sehingga jumlah penghuni pada Gedung PKM ITERA bangunan 1 adalah:

$$\begin{aligned}\text{Jumlah penghuni} &= \frac{\text{luas lantai efektif}}{\text{kepadatan hunian}} \\ &= \frac{1700,6 \text{ m}^2}{5 \text{ m}^2/\text{orang}} \\ &= 340,12 \text{ orang} \\ &= 340 \text{ orang}\end{aligned}$$

4) Pemakaian air rata-rata perhari

Pemakaian air rata-rata sehari adalah 150-200 liter/orang/hari, maka diperoleh pemakaian air rata-rata perhari (Q1) adalah:

$$\begin{aligned}Q1 &= \text{jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air rata-rata perhari} \\ &= 340 \text{ orang} \times 200 \text{ liter/orang/hari}\end{aligned}$$

$$= 68000 \text{ liter/hari}$$

$$= 68 \text{ m}^3/\text{hari}$$

5) Debit air perhari

Penambahan debit air sebesar 20%, maka didapatkan debit air perhari adalah:

$$\begin{aligned} Q_d &= (100 + 20)\% \times Q_1 \\ &= (100 + 20)\% \times 68 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 81,6 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

6) Pemakaian air perjam

Lama rentang pemakaian air dengan jam kerja, yaitu 6 jam/hari, maka didapatkan pemakaian air perjam adalah:

$$\begin{aligned} Q_h &= \frac{Q_d}{T} \\ &= \frac{81,6 \text{ m}^3/\text{hari}}{6 \text{ jam/hari}} \\ &= 13,6 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

7) Pemakaian air pada jam puncak

Pemakaian air pada jam puncak berkisaran antara 1,5 - 2,0 dan ditentukan sebesar 2,0, maka didapatkan:

$$\begin{aligned} Q_{h \text{ max}} &= C_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 13,6 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 27,2 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

8) Pemakaian air pada hari puncak

Pemakaian air pada hari puncak berkisaran antara 1,2 - 2,0 dan ditentukan sebesar 2,0, maka didapatkan:

$$\begin{aligned} Q_d \text{ max} &= C_2 \times Q_d \\ &= 2 \times 81,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 163,2 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

9) Pemakaian air pada menit puncak

Pemakaian air pada menit puncak berkisaran antara 3,0 - 4,0 dan ditentukan sebesar 4,0 maka didapatkan:

$$\begin{aligned} Q_m \text{ max} &= C_3 \times \frac{Q_h}{60 \text{ menit/jam}} \\ &= 4 \times \frac{13,6 \text{ m}^3/\text{jam}}{60 \text{ menit/jam}} \\ &= 0,9 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

Tabel 2 Rekapitulasi metode berdasarkan jumlah pemakai bangunan 2

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
81,6	163,2	13,6	27,2	0,9

B. Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing

Berdasarkan jenis dan jumlah alat plumbing yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 maka dapat diketahui jenis dan jumlah alat plumbing yang ada di Gedung PKM ITERA. Untuk bangunan 1 terdapat 3 lantai yang terdiri dari 6 toilet (3 toilet wanita dan 3 toilet pria), sedangkan pada bangunan 2 terdapat 2 lantai yang terdiri dari 4 toilet (1 toilet wanita dan 1 toilet pria). Dari data tersebut maka didapat jumlah masing-masing alat plumbing sesuai dengan Tabel 4.1.

Tabel 3 Perhitungan jenis dan jumlah alat plumbing

Alat Plumbing	Bangunan 1								
	Toilet Lantai 1		Toilet Lantai 2				Toilet Lantai 3		Jumlah 3 Lantai
	Pria	Wanita	Pria	Wanita	Auditorium Pria	Auditorium Wanita	Pria	Wanita	
Water Closet (WC)	2	3	2	3	1	1	2	3	17
Lavatory (LV)	2	2	2	2	-	-	2	2	12
Kran	2	3	2	3	1	1	2	3	17
Urinoir (UR)	2	-	2	-	-	-	2		6
Alat Plumbing	Bangunan 2								
	Toilet Lantai 1		Toilet Lantai 2		Foodcourt Area	Coffee Shop	Jumlah 2 Lantai		
	Pria	Wanita	Pria	Wanita					
Water Closet (WC)	2	3	2	3	-	-	10		
Lavatory (LV)	2	2	2	2	-	-	8		
Kran	2	3	2	3	-	-	10		
Urinoir (UR)	2	-	2	-	-	-	4		
Sink Cuci Dapur	-	-	-	-	10	1	11		

Tabel 4 Pemakaian air berdasarkan jumlah alat plumbing

Bangunan 1					
Alat Plumbing	Jumlah 3 Lantai	Pemakaian Air Satu Kali (Liter) [8]	Penggunaan Per Jam [8]	Faktor Pemakaian (%)	Pemakaian Air (Liter/Jam)
Water Closet (WC)	17	15	12	44,625	1365,525
Lavatory (LV)	12	10	12	48	691,2
Kran	17	10	10	44,625	758,625
Urinoir (UR)	6	5	12	65	234
TOTAL					3049,35

Bangunan 2					
Alat Plumbing	Jumlah 2 Lantai	Pemakaian Air Satu Kali (Liter) [8]	Penggunaan Per Jam [8]	Faktor Pemakaian (%)	Pemakaian Air (Liter/Jam)
Water Closet (WC)	10	15	12	51,5	927
Lavatory (LV)	8	10	12	55	528
Kran	10	10	10	51,5	515
Urinoir (UR)	4	5	12	75	180
Sink Cuci Dapur	11	25	12	49,75	1641,75
TOTAL					3791,75

Persamaan faktor pemakaian (%) :

$$Y_n = Y_1 - (Y_1 - Y_2) \left(\frac{X_n - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

Perhitungan faktor pemakaian persen dapat dilihat pada Tabel 2.3. Contoh perhitungan faktor pemakaian persen (%) pada alat plumbing *Water Closet (WC)*:

$$Y_n = Y_1 - (Y_1 - Y_2) \left(\frac{X_n - X_1}{X_2 - X_1} \right)$$

$$Y_n = 45 - (45 - 42) \left(\frac{17 - 16}{24 - 16} \right)$$

$$= 44,625\%$$

Bangunan 1

Perhitungan pemakaian air untuk seluruh gedung:

1) Pemakaian air seluruh gedung perjam (total 3 lantai).

$$Q_h = 3049,35 \text{ liter/jam}$$

$$= 3,049 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 3,05 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Penggunaan air seluruh gedung perhari, dengan T sebesar 6 jam/hari.

$$Q_d = Q_h \times T$$

$$= 3,05 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari}$$

$$= 18,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

2) Pemakaian air pada hari puncak dengan C_2 berkisar antara 1,2 – 2,0.

$$Q_d \text{ max} = C_2 \times Q_d$$

$$= 2 \times 18,3 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 36,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3) Pemakaian air pada jam puncak dengan C_1 berkisar antara 1,5 – 2,0.

$$Q_h \text{ max} = C_1 \times Q_h$$

$$= 2 \times 3,05 \text{ m}^3/\text{jam}$$

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

4) Pemakaian air pada menit puncak dengan C_3 berkisar 3,0 - 4,0.

$$Q_m \text{ max} = C_3 \times \frac{Q_h}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$= 4 \times \frac{3,05 \text{ m}^3/\text{jam}}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$= 4 \times 0,0508 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,2032 \text{ m}^3/\text{menit}$$

Tabel 5 Rekapitulasi metode berdasarkan jenis alat plambing bangunan 1

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
18,3	36,6	3,05	6,1	0,203

Bangunan 2

Perhitungan pemakaian air untuk seluruh gedung:

1) Pemakaian air seluruh gedung perjam (total 2 lantai).

$$Q_h = 3791,75 \text{ liter/jam}$$

$$= 3,79 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 3,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2) Penggunaan air seluruh gedung perhari, dengan T sebesar 6 jam/hari.

$$Q_d = Q_h \times T$$

$$= 3,8 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari}$$

$$= 22,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

3) Pemakaian air pada hari puncak dengan C_2 berkisar antara 1,2 – 2,0.

$$Q_d \text{ max} = C_2 \times Q_d$$

$$= 2 \times 22,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 45,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

4) Pemakaian air pada jam puncak dengan C_1 berkisar antara 1,5 – 2,0.

$$Q_h \text{ max} = C_1 \times Q_h$$

$$= 2 \times 3,8 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 7,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

5) Pemakaian air pada menit puncak dengan C_3 berkisar 3,0 - 4,0.

$$Q_m \text{ max} = C_3 \times \frac{Q_h}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times \frac{3,8 \text{ m}^3/\text{jam}}{60 \text{ menit/jam}} \\
 &= 4 \times 0,063 \text{ m}^3/\text{menit} \\
 &= 0,253 \text{ m}^3/\text{menit}
 \end{aligned}$$

Tabel 6 Rekapitulasi metode berdasarkan jenis alat plambing bangunan 2

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
22,8	45,6	3,8	7,6	0,253

C. Berdasarkan Unit Beban Alat Plambing

Tabel 7 Unit beban alat plambing

Alat Plambing	Bangunan 1		
	Jumlah Alat Plambing 3 Lantai	Unit Beban Alat Plambing [6]	Jumlah Unit Beban
Water Closet (WC)	17	5	85
Lavatory (LV)	12	2	24
Kran	17	2	34
Urinoir (UR)	6	5	30
TOTAL			173
Alat Plambing	Bangunan 2		
	Jumlah Alat Plambing 2 Lantai	Unit Beban Alat Plambing [6]	Jumlah Unit Beban
Water Closet (WC)	10	5	50
Lavatory (LV)	8	2	16
Kran	10	2	20
Urinoir (UR)	4	5	20
Sink Cuci Dapur	11	2	22
TOTAL			128

Dari tabel diatas didapatkan jumlah pemakaian air untuk seluruh gedung adalah sebagai berikut:

Bangunan 1

- 1) Jumlah unit beban pada bangunan 1 sebesar 173 Fu.
- 2) Pemakaian air serentak seluruh gedung.

Pemakaian air serentak diperoleh melalui grafik hubungan antara UABP dengan laju aliran yang terdapat pada gambar 2.4. Pada bangunan 1 jumlah unit beban terdapat pada titik 173 kemudian ditarik garis dalam grafik dan didapatkan titik 350. Sehingga pemakaian air serentak untuk seluruh gedung adalah:

$$Q_m \text{ max} = 350 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,35 \text{ m}^3/\text{menit}$$

3) Pemakaian air seluruh gedung perjam dengan C_3 berkisar 3,0 – 4,0.

$$Q_m \text{ max} = C_3 \times \frac{Q_h \text{ Total}}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$0,35 \text{ m}^3/\text{menit} = 4 \times \frac{Q_h \text{ Total}}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$Q_h \text{ Total} = \frac{0,35 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}} \times 60 \text{ menit/jam}}{4}$$

$$Q_h \text{ Total} = 5,25 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4) Pemakaian air pada jam puncak dengan C_1 berkisar antara 1,5 – 2,0.

$$\begin{aligned} Q_h \text{ max} &= C_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 5,25 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 10,5 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

5) Pemakaian air seluruh gedung perhari dengan T sebesar 6 jam/hari.

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_h \times T \\ &= 5,25 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari} \\ &= 31,5 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

6) Pemakaian air pada hari puncak dengan C_2 berkisar antara 1,2 – 2,0.

$$\begin{aligned} Q_d \text{ max} &= C_2 \times Q_d \\ &= 2 \times 31,5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 63 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 8 Rekapitulasi metode berdasarkan unit beban alat plambing bangunan 1

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
31,5	63	5,25	10,5	0,35

Bangunan 2

1) Jumlah unit beban pada bangunan 2 sebesar 128 Fu.

2) Pemakaian air serentak seluruh gedung.

Pemakaian air serentak diperoleh melalui grafik hubungan antara UABP dengan laju aliran yang terdapat pada gambar 2.4. Pada bangunan 2 jumlah unit beban terdapat pada titik 128, kemudian ditarik garis dalam bentuk grafik dan didapatkan titik 290. Sehingga pemakaian air serentak untuk seluruh gedung adalah:

$$Q_m \text{ max} = 290 \text{ liter/menit}$$

$$= 0,29 \text{ m}^3/\text{menit}$$

3) Pemakaian air seluruh gedung perjam dengan C_3 berkisar 3,0 – 4,0.

$$Q_m \text{ max} = C_3 \times \frac{Q_h \text{ Total}}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$0,29 \text{ m}^3/\text{menit} = 4 \times \frac{Q_h \text{ Total}}{60 \text{ menit/jam}}$$

$$Q_h \text{ Total} = \frac{0,29 \frac{\text{m}^3}{\text{menit}} \times 60 \text{ menit/jam}}{4}$$

$$Q_h \text{ Total} = 4,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

4) Pemakaian air pada jam puncak dengan C_1 berkisar antara 1,5 – 2,0.

$$\begin{aligned} Q_h \text{ max} &= C_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 4,35 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 8,7 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

5) Pemakaian air seluruh gedung perhari dengan T sebesar 6 jam/hari.

$$\begin{aligned} Q_d &= Q_h \times T \\ &= 4,35 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari} \\ &= 26,1 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

6) Pemakaian air pada hari puncak dengan C_2 berkisar antara 1,2 – 2,0.

$$\begin{aligned} Q_d \text{ max} &= C_2 \times Q_d \\ &= 2 \times 26,1 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 52,2 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 9 Rekapitulasi metode berdasarkan unit beban alat plambing bangunan 2

Qd (m3/hari)	Qd Max (m3/hari)	Qh (m3/jam)	Qh Max (m3/jam)	Qm Max (m3/menit)
26,1	52,2	4,35	8,7	0,29

Tabel 10 Rekapitulasi kebutuhan air bersih dengan menggunakan 3 metode

Bangunan 1					
Metode	Qd (m ³ /hari)	Qd Max (m ³ /hari)	Qh (m ³ /jam)	Qh Max (m ³ /jam)	Qm Max (m ³ /menit)
Jumlah Pemakai	116,16	232,32	19,4	38,7	1,3
Jenis dan Jumlah Alat Plambing	18,3	36,6	3,05	6,1	0,203
Unit Beban Alat Plambing	31,5	63	5,25	10,5	0,35

Bangunan 2					
Metode	Q _d (m ³ /hari)	Q _d Max (m ³ /hari)	Q _h (m ³ /jam)	Q _h Max (m ³ /jam)	Q _m Max (m ³ /menit)
Jumlah Pemakai	81,6	163,2	13,6	27,2	0,9
Jenis dan Jumlah Alat Plambing	22,8	45,6	3,8	7,6	0,253
Unit Beban Alat Plambing	26,1	52,2	4,35	8,7	0,29

Dari perhitungan kebutuhan air bersih yang dilakukan melalui 3 metode, didapatkan hasil kebutuhan air yang berbeda pada Gedung PKM ITERA. Dari ketiga metode tersebut digunakan hasil yang terbesar, yaitu menggunakan metode berdasarkan jumlah pemakai. Kemudian data digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

2. Penentuan Dimensi *Ground Reservoir* dan *Roof Tank*

Bangunan 1

A. Penentuan Kapasitas *Ground Reservoir*

Dalam menentukan kapasitas *Ground Reservoir* dibutuhkan kapasitas nilai pipa dinas (Q_s) dengan pemakaian air seluruh gedung pada jam puncak (Q_h) adalah 19,4 m³/jam, sehingga:

$$\begin{aligned}
 Q_s &= \frac{2}{3} \times Q_h \\
 &= \frac{2}{3} \times 19,4 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= 12,9 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Volume *Ground Reservoir*:

$$\begin{aligned}
 \text{VGR} &= Q_d - (Q_s \times T) \\
 &= 116,16 \text{ m}^3/\text{hari} - (12,9 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari}) \\
 &= 38,76 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dimensi *Ground Reservoir*:

Direncanakan *Ground Reservoir* berbentuk persegi dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Volume } \textit{Ground Reservoir} = 38,76 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsikan Tinggi (t)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Asumsikan Panjang (p)} = 2L$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{VGR} &= p \times l \times t \\ 38,76 \text{ m}^3 &= 2L \times L \times 2 \\ 38,76 \text{ m}^3 &= 2L^2 \times 2 \\ 38,76 \text{ m}^3 &= 4L^2 \\ L^2 &= 9,69 \text{ m}^3 \\ L &= 3,11 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= 2L \\ &= 2 (3,11 \text{ m}) \\ &= 6,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga dimensi *Ground Reservoir* untuk bangunan 1 adalah:

$$\begin{aligned} P &= 6,22 \text{ m} \\ T &= 2 \text{ m} \\ L &= 3,11 \text{ m} \end{aligned}$$

B. Penentuan Kapasitas *Roof Tank*

Dalam menentukan kapasitas *Roof Tank* digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{VRT} = (Q_p - Q_{pu}) \times T_p + (Q_{pu} \times T_{pu})$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_m \text{ max} \\ &= 1,3 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{pu} &= Q_h \text{ max} \\ &= 38,7 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 0,645 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

$$T_p = 30 \text{ menit}$$

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

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{VRT} &= (Q_p - Q_{pu}) \times T_p + (Q_{pu} \times T_{pu}) \\ &= (1,3 \text{ m}^3/\text{menit} - 0,645 \text{ m}^3/\text{menit}) \times 30 \text{ menit} + (0,645 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &\quad \times 10 \text{ menit}) \\ &= 19,65 \text{ m}^3 + 6,45 \text{ m}^3 \\ &= 13,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Direncanakan *Roof Tank* berbentuk persegi dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Volume } \textit{Roof Tank} = 13,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsikan Tinggi (t)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Asumsikan Panjang (p)} = 2L$$

Maka:

$$\text{VRT} = p \times l \times t$$

$$13,2 \text{ m}^3 = 2L \times L \times 2$$

$$13,2 \text{ m}^3 = 2L^2 \times 2$$

$$13,2 \text{ m}^3 = 4L^2$$

$$L^2 = 3,3 \text{ m}^3$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

$$P = 2L$$

$$= 2 (1,8\text{m})$$

$$= 3,6 \text{ m}$$

Sehingga dimensi *Roof Tank* untuk bangunan 1 adalah:

$$P = 3,6 \text{ m}$$

$$T = 2 \text{ m}$$

$$L = 1,8 \text{ m}$$

Bangunan 2

A. Penentuan Kapasitas *Ground Reservoir*

Dalam menentukan kapasitas *Ground Reservoir* dibutuhkan kapasitas nilai pipa dinas (Q_s) dengan pemakaian air seluruh gedung pada jam puncak (Q_h) adalah $13,6 \text{ m}^3/\text{jam}$, sehingga:

$$Q_s = \frac{2}{3} \times Q_h$$

$$= \frac{2}{3} \times 13,6 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 9,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume *Ground Reservoir*:

$$\text{VGR} = Q_d - (Q_s \times T)$$

$$= 81,6 \text{ m}^3/\text{hari} - (9,06 \text{ m}^3/\text{jam} \times 6 \text{ jam/hari})$$

$$= 27,24 \text{ m}^3$$

Dimensi *Ground Reservoir*:

Direncanakan *Ground Reservoir* berbentuk persegi dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Volume } \textit{Ground Reservoir} = 27,24 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsikan Tinggi (t)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Asumsikan Panjang (p)} = 2L$$

Maka:

$$VGR = p \times l \times t$$

$$27,24 \text{ m}^3 = 2L \times L \times 2$$

$$27,24 \text{ m}^3 = 2L^2 \times 2$$

$$27,24 \text{ m}^3 = 4L^2$$

$$L^2 = 6,81 \text{ m}^3$$

$$L = 2,6 \text{ m}$$

$$P = 2L$$

$$= 2 (2,6 \text{ m})$$

$$= 5,2 \text{ m}$$

Sehingga dimensi *Ground Reservoir* untuk bangunan 1 adalah:

$$P = 5,2 \text{ m}$$

$$T = 2 \text{ m}$$

$$L = 2,6 \text{ m}$$

B. Penentuan Kapasitas *Roof Tank*

Dalam menentukan kapasitas *Roof Tank* digunakan rumus sebagai berikut:

$$VRT = (Q_p - Q_{pu}) \times T_p + (Q_{pu} \times T_{pu})$$

Dimana:

$$Q_p = Q_m \text{ max}$$

$$= 0,9 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_{pu} = Q_h \text{ max}$$

$$= 27,2 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_p = 30 \text{ menit}$$

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

Sehingga:

$$\begin{aligned}\text{VRT} &= (Q_p - Q_{pu}) \times T_p + (Q_{pu} \times T_{pu}) \\ &= (0,9 \text{ m}^3/\text{menit} - 0,45 \text{ m}^3/\text{menit}) \times 30 \text{ menit} + (0,45 \text{ m}^3/\text{menit} \times 10 \text{ menit}) \\ &= 13,5 \text{ m}^3 + 4,5 \text{ m}^3 \\ &= 18 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Direncanakan *Roof Tank* berbentuk persegi dengan dimensi sebagai berikut:

$$\text{Volume } \textit{Roof Tank} = 18 \text{ m}^3$$

$$\text{Asumsikan Tinggi (t)} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Asumsikan Panjang (p)} = 2L$$

Maka:

$$\begin{aligned}\text{VRT} &= p \times l \times t \\ 18 \text{ m}^3 &= 2L \times L \times 2 \\ 18 \text{ m}^3 &= 2L^2 \times 2 \\ 18 \text{ m}^3 &= 4L^2 \\ L^2 &= 4,5 \text{ m}^3 \\ L &= 2,12 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P &= 2L \\ &= 2 (2,12 \text{ m}) \\ &= 4,24 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga dimensi *Roof Tank* untuk bangunan 2 adalah:

$$\begin{aligned}P &= 4,24 \text{ m} \\ T &= 2 \text{ m} \\ L &= 2,12 \text{ m}\end{aligned}$$

3. Perhitungan Dimensi Pipa Air Bersih

Jalur pipa air bersih dapat dilihat pada Lampiran Gambar, No Gambar 6 dan No Gambar 7. Dalam menentukan dimensi pipa air bersih, dibutuhkan perhitungan kerugian gaya gesek. Kerugian gaya gesek merupakan adanya gesekan pada air terhadap dinding pipa yang menimbulkan tekanan terhadap aliran air. Adapun rumus untuk kerugian gaya gesek antara lain:

$$R = 1000 \left(\frac{H - H_s}{K(L+1)} \right)$$

Keterangan:

R = Kerugian gesek yang diinginkan (mm/m)

H = *Head static* pada alat plambing (m)

HS = *Head* standar pada alat plambing (m)

K = Koefisien pipa (2 – 3)

L = Panjang pipa lurus pipa utama (m)

l = Panjang pipa lurus pipa cabang (m)

Bangunan 1

Sistem 1

Diketahui bahwa:

H = tinggi dasar *roof tank* – tinggi alat plambing terjauh (*Lavatory*)

$$= 7 \text{ m} - 1 \text{ m}$$

$$= 6 \text{ m}$$

Hs = *head* statis standar tertinggi (*water closet*) x UBAP

$$= 0,7 \times 5$$

$$= 3,5$$

K = 2

L+l = 2 + 23,45 + 1 + 0,25 + 1 + 2,9 + 0,82 + 0,6 + 0,9 + 0,6 + 0,9 + 0,6 + 1,448

$$+ 0,975$$

$$= 37,443$$

Sehingga:

$$R = 1000 \left(\frac{6 \text{ m} - 3,5 \text{ m}}{2 (37,443)} \right)$$

$$= 1000 \left(\frac{62,5 \text{ m}}{74,886} \right)$$

$$= 33,4$$

1) Menentukan diameter pipa, rasio kerugian tekanan, dan rasio kecepatan:

Jalur pipa A – B

Diketahui:

- Beban Unit Alat Plambing = 173
- Laju aliran = 350 l/mm
- R sistem = 33,4 mm/m
- Diameter Pipa (D) = 65 mm

- R kerugian tekanan = 24 mm/m
- R kecepatan = 1,45 m/s

2) Menentukan panjang pipa (l) dan panjang ekivalen pipa (l'):

Jalur pipa A – B

$$l = 2 + 23,45 + 1 + 0,25 + 1$$

$$= 27,7 \text{ m}$$

$$l' = (2 \times \text{katup sorong}) + (3 \times \text{belokan } 90^\circ) + (2 \times \text{T-90}^\circ \text{ aliran lurus})$$

$$= (2 \times 0,48) + (3 \times 2,4) + (2 \times 0,75)$$

$$= 0,96 + 7,2 + 1,5$$

$$= 9,66 \text{ m}$$

Maka (l+l') adalah:

$$(l+l') = 27,7 \text{ m} + 9,66 \text{ m}$$

$$= 37,36 \text{ m}$$

3) Menentukan R(l+l'):

Setelah diketaui (l+l') dan rasio kerugian gesek, maka R(l+l') adalah:

Jalur pipa A – B

$$R = 24 \text{ mm/m}$$

$$(l+l') = 37,36 \text{ m}$$

Sehingga:

$$R(l+l') = 24 \text{ mm/m} \times 37,36 \text{ m}$$

$$= 896,64 \text{ mm}$$

4) Menentukan apakah diameter pipa diperkecil atau tidak:

Dalam menentukan apakah diameter pipa diperkecil atau tidak, maka perlu membandingkan perhitungan total R(l+l') dengan (l+l')_{total} yang dikali dengan R sistem yang didapat dari hasil perhitungan.

$$\text{Total } R(l+l') = 1206,1 \text{ mm (dapat dilihat pada tabel perhitungan dimensi pipa air bersih berdasarkan kerugian gesek)}$$

$$(l+l')_{\text{total}} \times R \text{ sistem} = 51,873 \text{ m} \times 33,4 \text{ mm/m}$$

$$= 1732,6 \text{ mm}$$

Dari perbandingan R(l+l') diatas terlihat selisih yang terlalu besar, maka diameter pipa perlu diperkecil (dapat dilihat pada tabel perhitungan dimensi pipa air bersih berdasarkan kerugian gesek).

Tabel 11 Penentuan dimensi pipa berdasarkan kerugian gesek yang diizinkan bangunan 1

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plumbing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio (mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R(l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R(l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R = 33,4 mm/m														
Sistem 1	A - B	173	350	65	24	1,45	27,7	9,66	37,36	896,64	(-)	24	896,64	65
	B - a3	25	140	40	27	1,2	3,72	1,35	5,07	136,89	32	85	430,95	32
	a3 - b3	23	130	40	22	1,2	0,6	0,45	1,05	23,1	32	80	84	32
	b3 - c3	18	125	40	21	115	0,9	0,45	1,35	28,35	32	70	94,5	32
	c3 - d3	16	120	40	20	115	0,6	0,45	1,05	21	32	65	68,25	32
	d3 - e3	11	105	40	18	1,1	0,9	0,45	1,35	24,3	32	60	81	32
	e3 - f3	9	95	40	15	1,1	0,6	0,45	1,05	15,75	32	50	52,5	32
	f3 -g3	4	80	40	12	1	1,448	0,45	1,898	22,776	32	38	72,124	32
g3 - h3	2	60	32	22	0,95	0,975	0,72	1,695	37,29	(-)	22	37,29	32	
TOTAL									51,873	1206,096			1817,254	
						R(l + l') = 33,4 x 51,873 =			1732,558					
R = 121,4 mm/m														
Sistem 2	B - i3	28	150	32	95	1,95	3,89	1,08	4,97	472,15	(-)	95	472,15	32
	i3 - j3	23	130	32	75	1,85	1	0,36	1,36	102	(-)	75	102	32
	j3 - k3	18	125	32	70	1,85	0,88	0,36	1,24	86,8	25	240	297,6	25
	k3 - l3	16	120	32	65	1,85	0,6	0,36	0,96	62,4	25	220	211,2	25
	l3 - m3	11	103	32	60	1,8	0,9	0,36	1,26	75,6	25	200	252	25
	m3 - n3	9	95	32	55	1,8	0,6	0,36	0,96	52,8	25	190	182,4	25
	n3 - o3	4	80	32	38	1,75	1,448	0,36	1,808	68,704	25	130	235,04	25
	o3 - p3	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	80	121,2	25
TOTAL									14,073	1041,654			1873,59	
						R(l+l') = 121,4 x 14,073 =			1708,462					

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plumbing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio (mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R(l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R (l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R = 21,76 mm/m														
Sistem 3	B - C	120	280	65	15	1,2	5,75	4,38	10,13	151,95	(-)	15	151,95	65
	C - q2	14	110	50	6	0,95	51,18	0,6	51,78	310,68	40	24	1242,72	40
	q2 - r2	12	105	40	5	0,95	0,02	0,45	0,47	2,35	(-)	5	2,35	40
	r2 - s2	10	100	40	4.5	0,9	0,29	0,45	0,74	3,33	(-)	4.5	3,33	40
	s2 - t2	5	85	40	12	0,85	0,2	0,9	1,1	13,2	(-)	12	13,2	40
TOTAL									64,22	481,51			1413,55	
						R = 21,76 x 64,22 =			1397,427					
R = 128,3 mm/m														
Sistem 4	C - u2	25	140	32	30	1,95	3,72	0,36	4,08	122,4	(-)	30	122,4	32
	u2 - v2	23	130	32	25	1,9	0,6	0,36	0,96	24	(-)	25	24	32
	v2 - w2	18	125	32	23	1,9	0,9	0,36	1,26	28,98	(-)	23	28,98	32
	w2 - x2	16	120	32	22	1,9	0,6	0,36	0,96	21,12	(-)	22	21,12	32
	x2 - y2	11	105	32	18	1,85	0,9	0,36	1,26	22,68	25	300	378	25
	y2 - z2	9	95	32	50	1,8	0,6	0,36	0,96	48	25	180	172,8	25
	z2 - a'2	4	80	32	35	1,75	1,448	0,36	1,808	63,28	25	380	687,04	25
	a'2 - b'2	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	(-)	80	25
TOTAL									12,803	451,66			1514,34	
						R = 128,3 x 12,803 =			1642,625					
R = 121,4 mm/m														
Sistem 5	C - c'2	28	150	32	95	1,95	3,89	1,08	4,97	472,15	(-)	95	472,15	32
	c'2 - d'2	23	130	32	75	1,85	1	0,36	1,36	102	(-)	75	102	32
	d'2 - e'2	18	125	32	70	1,85	0,88	0,36	1,24	86,8	25	240	297,6	25
	e'2 - f'2	16	120	32	65	1,85	0,6	0,36	0,96	62,4	25	220	211,2	25
	f'2 - g'2	11	103	32	60	1,8	0,9	0,36	1,26	75,6	25	200	252	25
	g'2 - h'2	9	95	32	55	1,8	0,6	0,36	0,96	52,8	25	190	182,4	25
	h'2 - i'2	4	80	32	38	1,75	1,448	0,36	1,808	68,704	25	130	235,04	25
	i'2 - j'2	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	80	121,2	25
TOTAL									14,073	1041,654			1873,59	
						R = 121,4 x 14,073 =			1708,462					

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plambing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio(mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R(l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R(l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R = 76,72 mm/m														
Sistem 6	C - D	53	190	40	55	1,75	6,55	3,75	10,3	566,5	(-)	55	566,5	40
	D - k'1	25	140	40	30	1,6	3,72	0,45	4,17	125,1	(-)	30	125,1	40
	k'1 - l'1	23	130	40	25	1,6	0,6	0,45	1,05	26,25	32	90	94,5	32
	l'1 - m'1	18	125	40	23	1,55	0,9	0,45	1,35	31,05	32	80	108	32
	m'1 - n'1	16	120	40	22	1,55	0,6	0,45	1,05	23,1	32	80	84	32
	n'1 - o'1	11	105	32	18	1,5	0,9	0,36	1,26	22,68	(-)	18	22,68	32
	o'1 - p'1	9	95	32	50	1,45	0,6	0,36	0,96	48	25	190	182,4	25
	p'1 - q'1	4	80	32	35	1,4	1,448	0,36	1,808	63,28	25	130	235,04	25
	q'1 - r'1	2	60	32	23	1,35	0,975	0,72	1,695	38,985	25	240	406,8	25
TOTAL									23,643	944,945			1825,02	
						R = 76,72 x 23,643 =			1813,891					
R = 121,4 mm/m														
Sistem 7	D - x'1	28	150	32	95	1,95	3,89	1,08	4,97	472,15	(-)	95	472,15	32
	x'1 - y'1	23	130	32	75	1,85	1	0,36	1,36	102	(-)	75	102	32
	y'1 - z'1	18	125	32	70	1,85	0,88	0,36	1,24	86,8	25	240	297,6	25
	z'1 - a"1	16	120	32	65	1,85	0,6	0,36	0,96	62,4	25	220	211,2	25
	a"1 - b"1	11	103	32	60	1,8	0,9	0,36	1,26	75,6	25	200	252	25
	b"1 - c"1	9	95	32	55	1,8	0,6	0,36	0,96	52,8	25	190	182,4	25
	c"1 - d"1	4	80	32	38	1,75	1,448	0,36	1,808	68,704	25	130	235,04	25
	d"1 - e"	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	80	121,2	25
TOTAL									14,073	1041,654			1873,59	
						R = 121,4 x 14,073 =			1708,462					

Bangunan 2

Sistem 1

Diketahui bahwa:

$$\begin{aligned} H &= \text{tinggi dasar } roof \text{ tank} - \text{tinggi alat plambing terjauh (Lavatory)} \\ &= 7 \text{ m} - 1 \text{ m} \\ &= 6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_s &= \text{head statis standar tertinggi (water closet)} \times \text{UBAP} \\ &= 0,7 \times 5 \\ &= 3,5 \end{aligned}$$

$$K = 2$$

$$\begin{aligned} L+l &= 2 + 23,45 + 1 + 0,25 + 1 + 2,9 + 0,82 + 0,6 + 0,9 + 0,6 + 0,9 + 0,6 + 1,448 \\ &\quad + 0,975 \\ &= 37,443 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} R &= 1000 \left(\frac{6 \text{ m} - 3,5 \text{ m}}{2 (37,443)} \right) \\ &= 1000 \left(\frac{62,5 \text{ m}}{74,886} \right) \\ &= 33,4 \end{aligned}$$

1) Menentukan diameter pipa, rasio kerugian tekanan, dan rasio kecepatan:

Jalur pipa A – B

Diketahui:

- Beban Unit Alat Plambing = 128
- Laju aliran = 285 l/mm
- R sistem = 33,4 mm/m
- Diameter Pipa (D) = 50 mm
- R kerugian tekanan = 15 mm/m
- R kecepatan = 1,35 m/s

2) Menentukan panjang pipa (l) dan panjang ekivalen pipa (l'):

Jalur pipa A – B

$$\begin{aligned} l &= 2 + 23,45 + 1 + 0,25 + 1 \\ &= 27,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$l' = (2 \times \text{katup sorong}) + (3 \times \text{belokan } 90^\circ) + (2 \times \text{T-90}^\circ \text{ aliran lurus})$$

$$\begin{aligned}
&= (2 \times 0,48) + (3 \times 2,4) + (2 \times 0,75) \\
&= 0,96 + 7,2 + 1,5 \\
&= 9,66 \text{ m}
\end{aligned}$$

Maka $(l+l')$ adalah:

$$\begin{aligned}
(l+l') &= 27,7 \text{ m} + 9,66 \text{ m} \\
&= 37,36 \text{ m}
\end{aligned}$$

3) Menentukan $R(l+l')$:

Setelah diketahui $(l+l')$ dan rasio kerugian gesek, maka $R(l+l')$ adalah:

Jalur pipa A – B

$$R = 15 \text{ mm/m}$$

$$(l+l') = 37,36 \text{ m}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
R(l+l') &= 15 \text{ mm/m} \times 37,36 \text{ m} \\
&= 560,4 \text{ mm}
\end{aligned}$$

4) Menentukan apakah diameter pipa diperkecil atau tidak:

Dalam menentukan apakah diameter pipa diperkecil atau tidak, maka perlu membandingkan perhitungan total $R(l+l')$ dengan $(l+l')_{\text{total}}$ yang dikali dengan R sistem yang didapat dari hasil perhitungan.

$$\text{Total } R(l+l') = 869,86 \text{ mm (dapat dilihat pada tabel perhitungan dimensi pipa air bersih berdasarkan kerugian gesek)}$$

$$\begin{aligned}
(l+l')_{\text{total}} \times R \text{ sistem} &= 51,873 \text{ m} \times 33,4 \text{ mm/m} \\
&= 1732,6 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Dari perbandingan $R(l+l')$ diatas terlihat selisih yang terlalu besar, maka diameter pipa perlu diperkecil (dapat dilihat pada tabel perhitungan dimensi pipa air bersih berdasarkan kerugian gesek).

Tabel 12 Penentuan dimensi pipa berdasarkan kerugian gesek yang diizinkan bangunan 2

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plumbing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio (mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R (l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R(l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R =33,4 mm/m														
Sistem 1	A - B	128	285	50	15	1,35	27,7	9,66	37,36	560,4	(-)	15	560,4	50
	B - a2	25	140	40	27	1,2	3,72	1,35	5,07	136,89	32	85	430,95	32
	a2 - b2	23	130	40	22	1,2	0,6	0,45	1,05	23,1	32	80	84	32
	b2 - c2	18	125	40	21	1,15	0,9	0,45	1,35	28,35	32	70	94,5	32
	c2 - d2	16	120	40	20	1,15	0,6	0,45	1,05	21	32	65	68,25	32
	d2 - e2	11	105	40	18	1,1	0,9	0,45	1,35	24,3	32	60	81	32
	e2 - f2	9	95	40	15	1,1	0,6	0,45	1,05	15,75	32	50	52,5	32
	f2 - g2	4	80	40	12	1	1,448	0,45	1,898	22,776	32	38	72,124	32
	g2 - h2	2	60	32	22	0,95	0,975	0,72	1,695	37,29	(-)	22	37,29	32
TOTAL									51,873	869,856			1481,014	
						R = 33,4 x 51,873 =			1732,558					
R = 121,4 mm/m														
Sistem 2	B - i2	28	150	32	95	1,95	3,89	1,08	4,97	472,15	(-)	95	472,15	32
	i2 - j2	23	130	32	75	1,85	1	0,36	1,36	102	(-)	75	102	32
	j2 - k2	18	125	32	70	1,85	0,88	0,36	1,24	86,8	25	240	297,6	25
	k2 - l2	16	120	32	65	1,85	0,6	0,36	0,96	62,4	25	220	211,2	25
	l2 - m2	11	103	32	60	1,8	0,9	0,36	1,26	75,6	25	200	252	25
	m2 - n2	9	95	32	55	1,8	0,6	0,36	0,96	52,8	25	190	182,4	25
	n2 - o2	4	80	32	38	1,75	1,448	0,36	1,808	68,704	25	130	235,04	25
	o2 - p2	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	80	121,2	25
TOTAL									14,073	1041,654			1873,59	
						R = 121,4 x 14,073 =			1708,462					

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plambing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio (mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R(l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R(l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R = 69,33 mm/m														
Sistem 3	B - C	75	230	50	25	1,25	6,55	5,19	11,74	293,5	(-)	25	293,5	50
	C - q'1	2	60	32	22	1,25	18,03	2,16	20,19	444,18	25	80	1615,2	25
TOTAL									31,93	737,68			1908,7	
						R = 69,33 x 20,19 =			2213,7069					
R = 128,3 mm/m														
Sistem 4	C - r1	25	140	32	30	1,95	3,72	0,36	4,08	122,4	(-)	30	122,4	32
	r1 - s1	23	130	32	25	1,9	0,6	0,36	0,96	24	(-)	25	24	32
	s1 - t1	18	125	32	23	1,9	0,9	0,36	1,26	28,98	(-)	23	28,98	32
	t1 - u1	16	120	32	22	1,9	0,6	0,36	0,96	21,12	(-)	22	21,12	32
	u1 - v1	11	105	32	18	1,85	0,9	0,36	1,26	22,68	25	300	378	25
	v1 - w1	9	95	32	50	1,8	0,6	0,36	0,96	48	25	180	172,8	25
	w1 - x1	4	80	32	35	1,75	1,448	0,36	1,808	63,28	25	380	687,04	25
	x1 -y1	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	(-)	80	25
TOTAL									12,803	451,66			1514,34	
						R = 128,3 x 12,803 =			1642,625					
R = 121,4 mm/m														
Sistem 5	C - z1	28	150	32	95	1,95	3,89	1,08	4,97	472,15	(-)	95	472,15	32
	z1 - a'1	23	130	32	75	1,85	1	0,36	1,36	102	(-)	75	102	32
	a'1 - b'1	18	125	32	70	1,85	0,88	0,36	1,24	86,8	25	240	297,6	25
	b'1 - c'1	16	120	32	65	1,85	0,6	0,36	0,96	62,4	25	220	211,2	25
	c'1 - d'1	11	103	32	60	1,8	0,9	0,36	1,26	75,6	25	200	252	25
	d'1 - e'1	9	95	32	55	1,8	0,6	0,36	0,96	52,8	25	190	182,4	25
	e'1 - f'1	4	80	32	38	1,75	1,448	0,36	1,808	68,704	25	130	235,04	25
	f'1 - g'1	2	60	25	80	1,6	0,975	0,54	1,515	121,2	(-)	80	121,2	25
TOTAL									14,073	1041,654			1873,59	
						R = 121,4 x 14,073 =			1708,462					

Sistem	Daerah	Beban Unit Alat Plambing	Laju Aliran (L/mm)	Ukuran Pipa (mm)	Ratio (mm/m)	Ratio (m/s)	l (m)	l' (m)	l + l' (m)	R(l + l')	Ukuran Pipa Perkecil (mm)	R (mm/m)	R(l + l')	Ukuran Pipa diperoleh (mm)
R = 28,56 mm/m														
Sistem 6	C - h'1	20	127	50	9,5	1,1	10,21	1,2	11,41	108,395	(-)	9,5	108,395	50
	h'1 - i'1	18	125	50	8,5	1,1	3	0,6	3,6	30,6	(-)	8,5	30,6	50
	i'1 - j'1	16	120	50	7,5	1,05	3	0,6	3,6	27	(-)	8,5	30,6	50
	j'1 - k'1	14	110	40	22	1	3	0,45	3,45	75,9	32	60	207	32
	k'1 - l'1	12	105	40	18	1	3	0,45	3,45	62,1	32	65	224,25	32
	l'1 - m'1	10	100	40	16	1	3	0,45	3,45	55,2	32	55	189,75	32
	m'1 - n'1	8	90	40	14	0,95	3	0,45	3,45	48,3	32	45	155,25	32
	n'1 - o'1	6	87	40	12	0,95	3	0,45	3,45	41,4	32	45	155,25	32
	o'1 - p'1	4	80	40	11	0,9	3	0,45	3,45	37,95	32	38	131,1	32
	p'1 - q'1	2	60	32	25	0,85	3	0,72	3,72	93	(-)	25	93	32
TOTAL									43,03	579,845			1325,195	
						R = 28,56 x 43,03 =			1228,937					

4. Perhitungan Kehilangan Tekan dan Tinggi *Roof Tank*

Dalam perencanaan perpipaan air bersih pada Gedung PKM ITERA, dibutuhkan perhitungan *head loss* atau tekanan untuk menentukan ketinggian *roof tank*. Hal ini didasarkan agar suplai air pada alat plambing terjauh dapat terpenuhi dengan sistem tekan yang diharapkan.

$$H_f = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

Q = Debit (L/s)

D = Diameter (m)

C = Konstanta pipa pvc kaku (100)

L = Panjang pipa utama dan cabang (m)

Bangunan 1

- Sistem 1

Pada sistem 1 dipilih jalur perpipaan terjauh, yaitu pada jalur g3 – h3 dengan perhitungan *head loss* sebagai berikut:

Jalur g3 – h3:

D = 32 mm

= 3,2 cm

= 0,032 m

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

= $\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,032 \text{ m})^2$

= 0,0008 m²

V = 0,95 m/s

Q = A x V

= 0,0008 m² x 0,95 m/s

= 0,00076 m³/s

= 0,76 L/s

L = l + l'

= 1,695 m

C = 100

Sehingga:

$$H_f = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$= \left[\frac{0,76 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (3,2 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1,695 \text{ m}$$

$$= 0,113$$

Dari tabel perhitungan *head loss* diatas dapat dilihat total H_f yang terbesar pada masing-masing bangunan. Maka dapat diketahui apakah ketinggian *roof tank* memenuhi syarat untuk mengalirkan air hingga ke titik terjauh. Sehingga dapat dihitung H_f total yang dibutuhkan, yaitu:

$$H_{f_{\text{total}}} = \Sigma H_f \text{ terbesar} + H_{f_{\text{sisatekan}}} + H_{\text{alatplambing}}$$

Dimana:

$$H_{f_{\text{sisatekan}}} = \text{tekanan standar untuk alat plambing tertinggi (water closet) x UBAP}$$

$$= 0,7 \times 5$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{alatplambing}} = \text{tinggi alat plambing terjauh (lavatory)}$$

$$= 1 \text{ m}$$

Maka:

$$H_{f_{\text{total}}} = \Sigma H_f \text{ terbesar} + H_{f_{\text{sisatekan}}} + H_{\text{alatplambing}}$$

$$= 3,777 \text{ m} + 3,5 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$= 8,3 \text{ m}$$

$$H_{\text{statis yang tersedia}} = H_{\text{gedung lantai teratas}} + H_{\text{menara roof tank}}$$

$$= 4,5 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$= 9,5 \text{ m}$$

Syarat agar air dapat mengalir:

$$H_{f_{\text{total}}} \leq H_{\text{statis yang tersedia}}$$

$$8,3 \text{ m} \leq 9,5 \text{ m}$$

Dari perbandingan diatas terlihat bahwa $H_{f_{\text{total}}}$ lebih kecil dari $H_{\text{statis yang tersedia}}$, sehingga ketinggian *roof tank* pada bangunan 1 tidak perlu ditambahkan.

Tabel 13 Perhitungan *headloss* bangunan 1

Sistem	Daerah	l+l'	Diameter			V (m/s)	A (m2)	Q		Hf
			mm	cm	m			m3/s	L/s	
Sistem 1	A - B	37,36	65	6,5	0,065	1,45	0,00332	0,00481	4,81	2,382
	B - a3	5,07	32	3,2	0,032	1,2	0,00080	0,00096	0,96	0,520
	a3 - b3	1,05	32	3,2	0,032	1,2	0,00080	0,00096	0,96	0,108
	b3 - c3	1,35	32	3,2	0,032	1,15	0,00080	0,00092	0,92	0,128
	c3 - d3	1,05	32	3,2	0,032	1,15	0,00080	0,00092	0,92	0,100
	d3 - e3	1,35	32	3,2	0,032	1,1	0,00080	0,00088	0,88	0,118
	e3 - f3	1,05	32	3,2	0,032	1,1	0,00080	0,00088	0,88	0,092
	f3 -g3	1,898	32	3,2	0,032	1	0,00080	0,00080	0,80	0,139
	g3 - h3	1,695	32	3,2	0,032	0,95	0,00080	0,00076	0,76	0,113
Hf TOTAL										3,699
Sistem 2	B - i3	4,97	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,252
	i3 - j3	1,36	32	3,2	0,032	1,85	0,00080	0,00149	1,49	0,311
	j3 - k3	1,24	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,378
	k3 - l3	0,96	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,293
	l3 - m3	1,26	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,365
	m3 - n3	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	n3 - o3	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	o3 - p3	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										3,726
Sistem 3	B - C	10,13	65	6,5	0,065	1,2	0,00332	0,00398	3,98	0,455
	C - q2	51,78	40	4	0,04	0,95	0,00126	0,00119	1,19	2,659
	q2 - r2	0,47	40	4	0,04	0,95	0,00126	0,00119	1,19	0,024
	r2 - s2	0,74	40	4	0,04	0,9	0,00126	0,00113	1,13	0,034
	s2 - t2	1,1	40	4	0,04	0,85	0,00126	0,00107	1,07	0,046
Hf TOTAL										3,218
Sistem 4	C - u2	4,08	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,028
	u2 - v2	0,96	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,230
	v2 - w2	1,26	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,302
	w2 - x2	0,96	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,230
	x2 - y2	1,26	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,384
	y2 - z2	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	z2 - a'2	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	a'2 - b'2	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										2,275
Sistem 5	C - c'2	4,97	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,252
	c'2 - d'2	1,36	32	3,2	0,032	1,85	0,00080	0,00149	1,49	0,311
	d'2 - e'2	1,24	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,378
	e'2 - f'2	0,96	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,293
	f'2 - g'2	1,26	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,365
	g'2 - h'2	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	h'2 - i'2	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
Hf TOTAL										3,726

Sistem	Daerah	l+l'	Diameter			V (m/s)	A (m ²)	Q		Hf
			mm	cm	m			m ³ /s	L/s	
	i'2 - j'2	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										4,929
Sistem 6	C - D	10,3	40	4	0,04	1,75	0,00126	0,00220	2,20	1,637
	D - k'1	4,17	40	4	0,04	1,6	0,00126	0,00201	2,01	0,562
	k'1 - l'1	1,05	32	3,2	0,032	1,6	0,00080	0,00129	1,29	0,183
	l'1 - m'1	1,35	32	3,2	0,032	1,55	0,00080	0,00125	1,25	0,222
	m'1 - n'1	1,05	32	3,2	0,032	1,55	0,00080	0,00125	1,25	0,173
	n'1 - o'1	1,26	32	3,2	0,032	1,5	0,00080	0,00121	1,21	0,195
	o'1 - p'1	0,96	25	2,5	0,025	1,45	0,00049	0,00071	0,71	0,186
	p'1 - q'1	1,808	25	2,5	0,025	1,4	0,00049	0,00069	0,69	0,329
	q'1 - r'1	1,695	25	2,5	0,025	1,35	0,00049	0,00066	0,66	0,288
Hf TOTAL										3,777
Sistem 7	D - x'1	4,97	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,252
	x'1 - y'1	1,36	32	3,2	0,032	1,85	0,00080	0,00149	1,49	0,311
	y'1 - z'1	1,24	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,378
	z'1 - a"1	0,96	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,293
	a"1 - b"1	1,26	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,365
	b"1 - c"1	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	c"1 - d"1	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	d"1 - e"	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										3,726

Bangunan 2

- Sistem 1

Pada sistem 1 dipilih jalur perpipaan terjauh, yaitu pada jalur g2 – h2 dengan perhitungan *head loss* sebagai berikut:

Jalur g2 – h2:

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$= 3,2 \text{ cm}$$

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

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

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,032 \text{ m})^2$$

$$= 0,0008 \text{ m}^2$$

$$V = 0,95 \text{ m/s}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 0,0008 \text{ m}^2 \times 0,95 \text{ m/s}$$

$$= 0,00076 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 0,76 \text{ L/s}$$

$$L = l + l'$$

$$= 1,695 \text{ m}$$

$$C = 100$$

Sehingga:

$$H_f = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

$$= \left[\frac{0,76 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (3,2 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 1,695 \text{ m}$$

$$= 0,113$$

Dari tabel perhitungan *head loss* diatas dapat dilihat total H_f yang terbesar pada masing-masing bangunan. Maka dapat diketahui apakah ketinggian *roof tank* memenuhi syarat untuk mengalirkan air hingga ke titik terjauh. Sehingga dapat dihitung H_f total yang dibutuhkan, yaitu:

$$H_{f_{\text{total}}} = \Sigma H_f \text{ terbesar} + H_{f_{\text{sisatekan}}} + H_{\text{alatplumbing}}$$

Dimana:

$$H_{f_{\text{sisatekan}}} = \text{tekanan standar untuk alat plumbing tertinggi (water closet) x UBAP}$$

$$= 0,7 \times 5$$

$$= 3,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{alatplumbing}} = \text{tinggi alat plumbing terjauh (lavatory)}$$

$$= 1 \text{ m}$$

Maka:

$$H_{f_{\text{total}}} = \Sigma H_f \text{ terbesar} + H_{f_{\text{sisatekan}}} + H_{\text{alatplumbing}}$$

$$= 4,150 \text{ m} + 3,5 \text{ m} + 1 \text{ m}$$

$$= 8,65 \text{ m}$$

$$H_{\text{statis yang tersedia}} = H_{\text{gedung lantai teratas}} + H_{\text{menara roof tank}}$$

$$= 4,5 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$= 9,5 \text{ m}$$

Syarat agar air dapat mengalir:

$$H_{f_{\text{total}}} \leq H_{\text{statis yang tersedia}}$$

$$8,65 \text{ m} \leq 9,5 \text{ m}$$

Dari perbandingan diatas terlihat bahwa $H_{f_{\text{total}}}$ lebih kecil dari $H_{\text{statis yang tersedia}}$, sehingga ketinggian *roof tank* pada bangunan 1 tidak perlu ditambahkan.

Sistem	Daerah	l+l'	Diameter			V (m/s)	A (m2)	Q		Hf
			mm	cm	m			m3/s	L/s	
Sistem 1	A - B	37,36	50	5	0,05	1,35	0,00196	0,00265	2,65	2,833
	B - a2	5,07	32	3,2	0,032	1,2	0,00080	0,00096	0,96	0,520
	a2 - b2	1,05	32	3,2	0,032	1,2	0,00080	0,00096	0,96	0,108
	b2 - c2	1,35	32	3,2	0,032	1,15	0,00080	0,00092	0,92	0,128
	c2 - d2	1,05	32	3,2	0,032	1,15	0,00080	0,00092	0,92	0,100
	d2 - e2	1,35	32	3,2	0,032	1,1	0,00080	0,00088	0,88	0,118
	e2 - f2	1,05	32	3,2	0,032	1,1	0,00080	0,00088	0,88	0,092
	f2 - g2	1,898	32	3,2	0,032	1	0,00080	0,00080	0,80	0,139
	g2 - h2	1,695	32	3,2	0,032	0,95	0,00080	0,00076	0,76	0,113
Hf TOTAL										4,150
Sistem 2	B - i2	4,97	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,252
	i2 - j2	1,36	32	3,2	0,032	1,85	0,00080	0,00149	1,49	0,311
	j2 - k2	1,24	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,378
	k2 - l2	0,96	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,293
	l2 - m2	1,26	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,365
	m2 - n2	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	n2 - o2	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	o2 - p2	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										3,726
Sistem 3	B - C	11,74	50	5	0,05	1,25	0,00196	0,00245	2,45	0,772
	C - q'1	20,19	25	2,5	0,025	1,25	0,00049	0,00061	0,61	2,979
Hf TOTAL										3,751
Sistem 4	C - r1	4,08	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,028
	r1 - s1	0,96	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,230
	s1 - t1	1,26	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,302
	t1 - u1	0,96	32	3,2	0,032	1,9	0,00080	0,00153	1,53	0,230
	u1 - v1	1,26	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,384
	v1 - w1	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	w1 - x1	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	x1 -y1	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										3,303
Sistem 5	C - z1	4,97	32	3,2	0,032	1,95	0,00080	0,00157	1,57	1,252
	z1 - a'1	1,36	32	3,2	0,032	1,85	0,00080	0,00149	1,49	0,311
	a'1 - b'1	1,24	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,378
	b'1 - c'1	0,96	25	2,5	0,025	1,85	0,00049	0,00091	0,91	0,293
	c'1 - d'1	1,26	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,365
	d'1 - e'1	0,96	25	2,5	0,025	1,8	0,00049	0,00088	0,88	0,278
	e'1 - f'1	1,808	25	2,5	0,025	1,75	0,00049	0,00086	0,86	0,497
	f'1 - g'1	1,515	25	2,5	0,025	1,6	0,00049	0,00079	0,79	0,353
Hf TOTAL										3,726

Sistem	Daerah	l+l'	Diameter			V (m/s)	A (m ²)	Q		Hf
			mm	cm	m			m ³ /s	L/s	
Sistem 6	C - h'1	11,41	50	5	0,05	1,1	0,00196	0,00216	2,16	0,592
	h'1 - i'1	3,6	50	5	0,05	1,1	0,00196	0,00216	2,16	0,187
	i'1 - j'1	3,6	50	5	0,05	1,05	0,00196	0,00206	2,06	0,171
	j'1 - k'1	3,45	32	3,2	0,032	1	0,00080	0,00080	0,80	0,253
	k'1 - l'1	3,45	32	3,2	0,032	1	0,00080	0,00080	0,80	0,253
	l'1 - m'1	3,45	32	3,2	0,032	1	0,00080	0,00080	0,80	0,253
	m'1 - n'1	3,45	32	3,2	0,032	0,95	0,00080	0,00076	0,76	0,230
	n'1 - o'1	3,45	32	3,2	0,032	0,95	0,00080	0,00076	0,76	0,230
	o'1 - p'1	3,45	32	3,2	0,032	0,9	0,00080	0,00072	0,72	0,208
	p'1 - q'1	3,72	32	3,2	0,032	0,85	0,00080	0,00068	0,68	0,202
Hf TOTAL										2,578

5. Perhitungan Dimensi Pipa Air Bersih Dari *Ground Reservoir* ke *Roof Tank*

Dalam menentukan dimensi pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank* dibutuhkan Q_m max dan V_{asumsi} . Adapun perhitungan dimensi dimensi pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank* adalah sebagai berikut:

Bangunan 1

$$V_{asumsi} = 2 \text{ m/s}$$

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

$$= 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,021 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 2 \text{ m/s}}}$$

$$= \sqrt{0,0133}$$

$$= 0,115 \text{ m}$$

$$= 115 \text{ mm}$$

Dari perhitungan diatas, didapat diameter pipa sebesar 115 mm. Dikarenakan diameter 115 mm tidak terdapat dipasaran, maka diambil diameter pipa yang terdekat, yaitu diameter pipa PVC sebesar 140 mm (5 inchi). Setelah didapat diameter pipa yang digunakan untuk mengaliri air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*, dibutuhkan pemeriksaan kecepatan aliran air (V_{check}) untuk dapat

mengaliri air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{check}} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,021 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,14 \text{ m})^2} \\ &= 1,36 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dari perhitungan V_{check} diatas didapat V_{check} sebesar 1,36 m/s. Sehingga dengan diameter pipa *ground reservoir* menuju *roof tank* sebesar 140 mm diperoleh kecepatan aliran air dalam pipa sebesar 1,36 m/s.

Bangunan 2

$$\begin{aligned} V_{\text{asumsi}} &= 2 \text{ m/s} \\ Q_{\text{m max}} &= 0,9 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,015 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{1}{4} \pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\frac{4 \times 0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{3,14 \times 2 \text{ m/s}}} \\ &= \sqrt{0,0095} \\ &= 0,097 \text{ m} \\ &= 97 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas, didapat diameter pipa sebesar 97 mm. Dikarenakan diameter 97 mm tidak terdapat dipasaran, maka diambil diameter pipa yang terdekat, yaitu diameter pipa PVC sebesar 114 mm (4 inchi). Setelah didapat diameter pipa yang digunakan untuk mengalir air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*, dibutuhkan pemeriksaan kecepatan aliran air (V_{check}) untuk dapat mengalir air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{\text{check}} &= \frac{Q}{A} \\ &= \frac{0,015 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times 3,14 \times (0,114 \text{ m})^2} \\ &= 0,15 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dari perhitungan V_{check} diatas didapat V_{check} sebesar 0,15 m/s. Sehingga dengan diameter pipa *ground reservoir* menuju *roof tank* sebesar 114 mm diperoleh kecepatan aliran air dalam pipa sebesar 0,15 m/s.

6. Perhitungan Kapasitas Pompa Air Bersih

Pemompaan air bersih pada Gedung PKM ITERA dilakukan dengan cara mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*. Besaran debit yang dialirkan dari *ground reservoir* menuju *roof tank* harus dapat memenuhi debit maksimum yang kemungkinan dapat terjadi, adapun debit maksimum yang mungkin dapat terjadi adalah debit pada saat menit puncak. Gambar sistem pemompaan dapat dilihat pada Lampiran No Gambar 8 dan 9.

Bangunan 1

- Perhitungan *Head* Pompa

Head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H_{\text{statis}} &= \text{Tinggi menara } \textit{roof tank} \text{ dari dasar gedung} + \text{Tinggi muka air } \textit{roof tank} \\ &= (19,3 + 2) \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 21,6 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + H_{\text{sisatekan}} + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

- *Major losses*

$$\text{Major losses} = H_{f_{\text{suction}}} + H_{f_{\text{discharge}}}$$

a) *Suction*

$$H_{f_{\text{suction}}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- L_{suction} = Panjang pipa *reservoir* ke pompa
 $= 2 \text{ m} + 1 \text{ m}$
 $= 3 \text{ m}$
- $Q = Q_{\text{m max}}$
 $= 1,3 \text{ m}^3/\text{menit}$
 $= 0,021 \text{ m}^3/\text{s}$

$$= 21 \text{ L/s}$$

- $C = 100$ (konstanta *Hazen Williams*)

- $D = 140 \text{ mm}$

$$= 14 \text{ cm}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_f \text{ suction} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{21 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (14 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \text{ m} \\ &= 0,023 \times 3 \\ &= 0,069 \text{ m} \end{aligned}$$

b) *Discharge*

$$H_f \text{ discharge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- $L \text{ discharge} = \text{Panjang pipa dari pompa menuju } \textit{roof tank}$
 $= 3 \text{ m} + 14,3 \text{ m} + 15,3 \text{ m} + 5 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,4 \text{ m} + 0,3 \text{ m}$
 $= 40,6 \text{ m}$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{21 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (14 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 40,6 \text{ m} \\ &= 0,023 \times 40,6 \\ &= 0,933 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \textit{Major losses} &= H_{f \text{ suction}} + H_{f \text{ discharge}} \\ &= 0,069 \text{ m} + 0,933 \text{ m} \\ &= 1,002 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Minor losses (Hm)*

- *Headloss akibat 6 belokan 90° (K = 0,3)*

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 6 \left[\frac{0,3 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 6 \times 0,0153 \end{aligned}$$

$$= 0,0918 \text{ m}$$

- *Headlos* akibat 1 *gate valve* ($K = 0,13$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \left[\frac{0,13 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 1 \times 0,00663 \\ &= 0,00663 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Headlos* akibat 1 *check valve* ($K = 2$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \left[\frac{2 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 1 \times 0,102 \\ &= 0,102 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Minor losses} &= 0,0918 \text{ m} + 0,00663 \text{ m} + 0,102 \text{ m} \\ &= 0,20043 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\frac{v^2}{2g}$

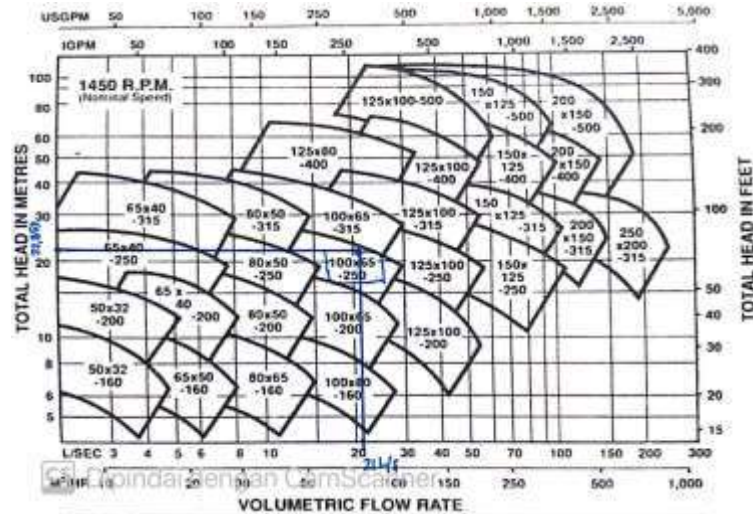
$$\begin{aligned} \frac{v^2}{2g} &= \frac{1^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0501 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_{\text{sistem}} &= \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g} \\ &= 1,002 \text{ m} + 0,20043 \text{ m} + 0,0501 \text{ m} \\ &= 1,252 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head pompa} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}} \\ &= 21,6 \text{ m} + 1,252 \text{ m} \\ &= 22,853 \text{ m} \end{aligned}$$

Dari harga Q sebesar $0,021 \text{ m}^3/\text{s} = 21 \text{ L/s}$ dan *head* pompa sebesar 22,853 m, maka nilai tersebut diplotkan pada grafik pompa karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS.



Gambar 2. Kurva karakteristik pompa

Berdasarkan kurva karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS, maka diperoleh:

Tipe pompa = 100 x 65 – 250

Dimana:

- 100 adalah diameter hisap.
- 65 adalah diameter keluar.

Nominal speed = 1450 RPM

Sehingga dari tipe tersebut dapat ditentukan Whp atau daya energi secara efektif diterima oleh air dari pompa persatuan waktu.

$$\text{Whp} = \frac{\gamma \times Q \times H}{75}$$

Dimana:

Whp = daya air (Hp)

γ = berat air persatuan volume (densitas, kg/m^3)

Q = debit air (m^3/s)

H = head pompa (m)

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= \frac{\gamma \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{1000 \times 0,021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 22,853 \text{ m}}{75} \\ &= 6,4 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan ketentuan 1 Hp = 0,746 Kw, sehingga:

$$\begin{aligned} W_{hp} &= 6,4 \text{ Hp} \\ &= 4,77 \text{ kW} \end{aligned}$$

Bangunan 2

- Perhitungan *Head* Pompa

Head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H_{\text{statis}} &= \text{Tinggi gedung muka air } \textit{ground reservoir} + \text{Tinggi muka air } \textit{roof tank} \\ &= (14,8 + 2) \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 17,1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + H_{\text{sisat tekan}} + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

- *Major losses*

$$\text{Major losses} = H_{f_{\text{suction}}} + H_{f_{\text{discharge}}}$$

c) *Suction*

$$H_{f_{\text{suction}}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- L_{suction} = Panjang pipa *reservoir* ke pompa
 $= 2 \text{ m} + 1 \text{ m}$
 $= 3 \text{ m}$
- $Q = Q_{\text{m max}}$
 $= 0,9 \text{ m}^3/\text{menit}$
 $= 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$
 $= 15 \text{ L/s}$
- $C = 100$ (konstanta *Hazen Williams*)
- $D = 114 \text{ mm}$
 $= 11,4 \text{ cm}$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_f \text{ suction} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{15 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (11,4 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \text{ m} \\ &= 0,034 \times 3 \\ &= 0,102 \text{ m} \end{aligned}$$

d) *Discharge*

$$H_f \text{ discharge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- $L \text{ discharge}$ = Panjang pipa dari pompa menuju *roof tank*
 $= 3 \text{ m} + 9,8 \text{ m} + 14,7 \text{ m} + 5 \text{ m} + 2 \text{ m} + 0,3 \text{ m} + 0,4 \text{ m}$
 $+ 0,3 \text{ m}$
 $= 35,5 \text{ m}$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{15 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (11,4 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 35,5 \text{ m} \\ &= 0,034 \times 35,5 \\ &= 1,207 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Major losses} &= H_{f \text{ suction}} + H_{f \text{ discharge}} \\ &= 0,102 \text{ m} + 1,207 \text{ m} \\ &= 1,309 \text{ m} \end{aligned}$$

- Minor losses (Hm)*
 - Headloss* akibat 6 belokan 90° ($K = 0,3$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 6 \left[\frac{0,3 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 6 \times 0,0153 \\ &= 0,0918 \text{ m} \end{aligned}$$

- Headlos* akibat 1 *gate valve* ($K = 0,13$)

$$H_m = n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right]$$

$$\begin{aligned}
&= 1 \left[\frac{0,13 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\
&= 1 \times 0,00663 \\
&= 0,00663 \text{ m}
\end{aligned}$$

- *Headlos* akibat 1 *check valve* ($K = 2$)

$$\begin{aligned}
H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
&= 1 \left[\frac{2 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\
&= 1 \times 0,102 \\
&= 0,102 \text{ m}
\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
\text{Minor losses} &= 0,0918 \text{ m} + 0,00663 \text{ m} + 0,102 \text{ m} \\
&= 0,20043 \text{ m}
\end{aligned}$$

- $\frac{v^2}{2g}$

$$\begin{aligned}
\frac{v^2}{2g} &= \frac{1^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,0501 \text{ m}
\end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
H_{\text{sistem}} &= \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g} \\
&= 1,309 \text{ m} + 0,20043 \text{ m} + 0,0501 \text{ m} \\
&= 1,56 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Head pompa} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}} \\
&= 17,1 \text{ m} + 1,56 \text{ m} \\
&= 18,66 \text{ m}
\end{aligned}$$

Dari harga Q sebesar $0,015 \text{ m}^3/\text{s} = 15 \text{ L/s}$ dan *head* pompa sebesar 18,66 m, maka nilai tersebut diplotkan pada grafik pompa karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS.



Gambar 3. Kurva karakteristik pompa

Berdasarkan kurva karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS, maka diperoleh:

Tipe pompa = 80 x 50 – 250

Dimana:

- 80 adalah diameter hisap.
- 50 adalah diameter keluar.

Nominal speed = 1450 RPM

Sehingga dari tipe tersebut dapat ditentukan Whp atau daya energi secara efektif diterima oleh air dari pompa persatuan waktu.

$$\text{Whp} = \frac{\gamma \times Q \times H}{75}$$

Dimana:

Whp = daya air (Hp)

γ = berat air persatuan volume (densitas, kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

H = head pompa (m)

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= \frac{\gamma \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{1000 \times 0,015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 18,66 \text{ m}}{75} \\ &= 3,73 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan ketentuan 1 Hp = 0,746 Kw, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= 3,73 \text{ Hp} \\ &= 2,8 \text{ kW} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 2

Perhitungan Sistem Perpipaan Air Buangan dan Vent

1. Perhitungan Dimensi Pipa Air Buangan

Dalam perhitungan dimensi pipa air buangan, digunakan unit beban alat plambing (UAP), UAP adalah unit alat plambing yang berperan sebagai beban tiap alat plambing dalam pengaliran pipa air buangan.

Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi pipa air buangan pada jalur a3-b3 pada bangunan 1 anatar lain:

Daerah	: a3 – b3
Alat Plambing	: <i>Floor Drain</i>
UAP	: 0,5 (didapat dari Tabel 2.4)
Akumulasi UAP	: 0,5
Diameter Pipa Minimum	: 40 mm (didapat dari Tabel 2.5)
Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	: 32 mm (didapat dari Tabel 2.6)
Diameter Pipa Dipakai (mm)	: 40 mm
Diameter Pipa Dipakai (inchi)	: 1 ½ inchi
Slope (inchi/feet)	: ¼ inchi/feet

Tabel 15 Penentuan dimensi pipa air buangan bangunan 1

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
Sistem 1								
a3 - b3	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
b3 - c3	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
c3 - d3	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
d3 - e3	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
e3 - f3	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
f3 - g3	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
g3 - h3	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
h3 - i3	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
i3 - A	Water Closet	4	16	75	75	75	3	1/8
Sistem 2								
j3 - k3	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
k3 - l3	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
l3 - m3	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
m3 - n3	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
n3 - o3	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
o3 - p3	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
p3 - q3	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
q3 - r3	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
r3 - s3	Urinoir	4	16	40	75	75	3	1/8
s3 - t3	Floor Drain	0,5	16,5	40	75	75	3	1/8
t3 - A	Urinoir	4	20,5	40	75	75	3	1/8

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
Sistem 3								
u2 - v2	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
v2 - w2	Floor Drain	0,5	1	40	32	40	1 1/2	1/4
w2 - x2	Water Closet	4	5	75	50	75	3	1/8
x2 - B	Water Closet	4	9	75	65	75	3	1/8
Sistem 4								
y2 - z2	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
z2 - a'2	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
a'2 - b'2	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
b'2 - c'2	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
c'2 - d'2	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
d'2 - e'2	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
e'2 - f'2	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
f'2 - g'2	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
g'2 - B	Water Closet	4	16	75	75	75	3	1/8
Sistem 5								
h'2 - i'2	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
i'2 - j'2	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
j'2 - k'2	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
k'2 - l'2	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
l'2 - m'2	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
m'2 - n'2	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
n'2 - o'2	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
o'2 - p'2	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
p'2 - q'2	Urinoir	4	16	40	75	75	3	1/8
q'2 - r'2	Floor Drain	0,5	16,5	40	75	75	3	1/8
r'2 -B	Urinoir	4	20,5	40	75	75	3	1/8

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
Sistem 6								
s'1 - t'1	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
t'1 - u'1	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
u'1 - v'1	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
v'1 - w'1	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
w'1 - x'1	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
x'1 - y'1	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
y'1 - z'1	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
z'1 - a"1	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
a"1 - C	Water Closet	4	16	75	75	75	3	1/8
Sistem 7								
b"1 - c"1	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
c"1 - d"1	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
d"1 - e"1	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
e"1 - f"1	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
f"1 - g"1	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
g"1 - h"1	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
h"1 - i"1	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
i"1 - j"1	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
j"1 - k"1	Urinoir	4	16	40	75	75	3	1/8
k"1 - l"1	Floor Drain	0,5	16,5	40	75	75	3	1/8
l"1 - C	Urinoir	4	20,5	40	75	75	3	1/8
Pipa Tegak								
Lantai 3 -2	(-)	36,5	36,5	(-)	100	100	4	1/8
Lantai 2 - 1	(-)	45,5	82	(-)	100	100	4	1/8
Lantai 1 - ST	(-)	36,5	118,5	(-)	100	100	4	1/8

Berikut merupakan contoh perhitungan dimensi pipa air buangan pada jalur a2-b2 pada bangunan 2 anatar lain:

Daerah	: a2 – b2
Alat Plumbing	: <i>Floor Drain</i>
UAP	: 0,5 (didapat dari Tabel 2.4)
Akumulasi UAP	: 0,5
Diameter Pipa Minimum	: 40 mm (didapat dari Tabel 2.5)
Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	: 32 mm (didapat dari Tabel 2.6)
Diameter Pipa Dipakai (mm)	: 40 mm
Diameter Pipa Dipakai (inchi)	: 1 ½ inchi
Slope (inchi/feet)	: ¼ inchi/feet

Tabel 16 Penentuan dimensi pipa air buangan bangunan 2

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
Sistem 1								
a2 - b2	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
b2 - c2	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
c2 - d2	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
d2 - e2	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
e2 - f2	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
f2 - g2	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
g2 -h2	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
h2 - i2	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
i2 - A	Water Closet	4	16	75	75	75	3	1/8
Sistem 2								
j2 - k2	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
k2 - l2	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
l2 - m2	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
m2 - n2	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
n2 - o2	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
o2 - p2	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
p2 - q2	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
q2 - r2	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
r2 - s2	Urinoir	4	16	40	75	75	3	1/8
s2 - t2	Floor Drain	0,5	16,5	40	75	75	3	1/8
t2 - A	Urinoir	4	20,5	40	75	75	3	1/8
Sistem 3								
u1 - B	Sink Cuci Dapur	4	4	40	50	50	2	1/4

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
Sistem 4								
v1 - w1	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
w1 - x1	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
x1 - y1	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
y1 - z1	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
z1 - a'1	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
a'1 - b'1	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
b'1 - c'1	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
c'1 - d'1	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
d'1 - B	Water Closet	4	16	75	75	75	3	1/8
Sistem 5								
e'1 - f'1	Floor Drain	0,5	0,5	40	32	40	1 1/2	1/4
f'1 - g'1	Lavatory	1	1,5	32	40	40	1 1/2	1/4
g'1 - h'1	Lavatory	1	2,5	32	40	40	1 1/2	1/4
h'1 - i'1	Floor Drain	0,5	3	40	40	40	1 1/2	1/4
i'1 - j'1	Water Closet	4	7	75	65	75	3	1/8
j'1 - k'1	Floor Drain	0,5	7,5	40	65	75	3	1/8
k'1 - l'1	Water Closet	4	11,5	75	65	75	3	1/8
l'1 - m'1	Floor Drain	0,5	12	40	65	75	3	1/8
m'1 - n'1	Urinoir	4	16	40	75	75	3	1/8
n'1 - o'1	Floor Drain	0,5	16,5	40	75	75	3	1/8
o'1 - B	Urinoir	4	20,5	40	75	75	3	1/8
Sistem 6								
p'1 - q'1	Sink Cuci Dapur	4	4	40	50	50	2	1/4
q'1 - r'1	Sink Cuci Dapur	4	8	40	50	50	2	1/4

Daerah	Alat Plumbing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Minimum	Diameter Pipa Berdasarkan Beban UAP Maksimum	Diameter Pipa Dipakai	Diameter Pipa Dipakai	Slope
				(mm)	(mm)	(mm)	(inch)	(inchi/feet)
r'1 - s'1	Sink Cuci Dapur	4	4	40	50	50	2	1/4
s'1 - t'1	Sink Cuci Dapur	4	8	40	50	50	2	1/4
t'1 - u'1	Sink Cuci Dapur	4	12	40	50	50	2	1/4
u'1 - v'1	Sink Cuci Dapur	4	16	40	50	50	2	1/4
v'1 - w'1	Sink Cuci Dapur	4	20	40	50	50	2	1/4
w'1 - x'1	Sink Cuci Dapur	4	24	40	50	50	2	1/4
x'1 - y'1	Sink Cuci Dapur	4	28	40	50	50	2	1/4
y'1 - B	Sink Cuci Dapur	4	32	40	50	50	2	1/4
Pipa Tegak								
Lantai 2 - 1	(-)	36,5	36,5	(-)	100	100	4	1/8
Lantai 1 - ST	(-)	80,5	117	(-)	100	100	4	1/8

2. Laju Aliran Air Buangan

Laju aliran air buangan merupakan 60 - 80% bagian dari laju aliran air bersih [8]. Dalam hal ini pada Gedung PKM ITERA dipilih laju aliran air buangan sebesar 80% dari laju aliran air bersih, hal ini didasarkan atas asumsi terbesar dari laju aliran air buangan yang dihasilkan. Berikut merupakan contoh perhitungan dari laju aliran buangan pada Gedung PKM ITERA.

Bangunan 1

Laju aliran air bersih terpilih adalah menggunakan metode jumlah pemakai, sehingga:

$$\begin{aligned} Q_d \text{ air buangan} &= 80\% \times Q_d \text{ air bersih} \\ &= 80\% \times 116,16 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 92,93 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Bangunan 2

Laju aliran air bersih terpilih adalah menggunakan metode jumlah pemakai, sehingga:

$$\begin{aligned} Q_d \text{ air buangan} &= 80\% \times Q_d \text{ air bersih} \\ &= 80\% \times 81,6 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 65,28 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Tabel 17 Laju aliran air buangan

Bangunan 1									
Laju Aliran Air Bersih					Laju Aliran Air Buangan				
Q_d	$Q_d \text{ max}$	Q_h	$Q_h \text{ max}$	$Q_m \text{ max}$	Q_d	$Q_d \text{ max}$	Q_h	$Q_h \text{ max}$	$Q_m \text{ max}$
116,16	232,32	19,4	38,7	1,3	92,93	185,86	15,49	30,98	1,03
Bangunan 2									
Laju Aliran Air Bersih					Laju Aliran Air Buangan				
Q_d	$Q_d \text{ max}$	Q_h	$Q_h \text{ max}$	$Q_m \text{ max}$	Q_d	$Q_d \text{ max}$	Q_h	$Q_h \text{ max}$	$Q_m \text{ max}$
81,6	163,2	13,6	27,2	0,9	65,28	130,56	10,88	21,76	0,73

3. Penentuan Dimensi *Septic Tank*

Tangki septik atau *septic tank* merupakan suatu bangunan yang memiliki beberapa kompartemen dan memiliki fungsi sebagai bangunan pengendap yang digunakan untuk menampung limbah cair seperti *black water* dan *grey water*, limbah kemudian diolah secara biologis oleh bakteri *anaerob* dalam jangka waktu tertentu [27]. Pada Gedung PKM ITERA direncanakan dimensi *septic tank* dengan

memperhitungkan jumlah penghuni dalam gedung. Berikut merupakan perhitungan dimensi *septic tank* Gedung PKM ITERA:

$$\text{Debit air limbah (Q}_A\text{)} = (60 - 80)\% \times q \times n$$

Kriteria perencanaan *septic tank* [28]:

- Waktu detensi (t_d) : (2 – 3) hari
- Banyak lumpur (Q_L) : (30 – 40) L/orang/tahun
- Periode pengurasan : (2 – 5) tahun

Sehingga:

Bangunan 1

Kriteria terpilih:

- Waktu detensi (t_d) : 3 hari
- Banyak lumpur (Q_L) : 40 L/orang/tahun
- Periode pengurasan (PP) : 5 tahun
- Pemakaian air (q) : 200 L/orang/hari (dapat dilihat pada Tabel 2.1 untuk jenis gedung perkumpulan)
- Jumlah pemakai (n) : 484 orang (dari hasil perhitungan pada Lampiran 1 point 1)

$$\begin{aligned} Q_A &= 80\% \times q \times n \\ &= 80\% \times 200 \text{ L/orang/hari} \times 484 \text{ orang} \\ &= 77.440 \text{ L/hari} \\ &= 77,44 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume lumpur (V}_L\text{)} &= Q_L \times n \times PP \\ &= 40 \text{ L/orang/tahun} \times 484 \text{ orang} \times 5 \text{ tahun} \\ &= 96.800 \text{ L} \\ &= 96,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ruang pengendapan (V}_A\text{)} &= Q_A \times t_d \\ &= 77,44 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ hari} \\ &= 232,32 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas tangki} &= V_L + V_A \\ &= 96,8 \text{ m}^3 + 232,32 \text{ m}^3 \\ &= 329,12 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Persyaratan *septic tank* [28]:

Septic tank segi empat dengan perbandingan panjang dan lebar 2 : 1 sampai 3 : 1, lebar *septic tank* minimal 0,75 m dan panjang *septic tank* minimal 1,50 m, tinggi *septic tank* minimal 1,5 m termasuk ambang bebas 0,3 m.

Asumsi:

Panjang : Lebar = 2 : 1

Panjang (P) = 10 m

Lebar (L) = 5 m

Maka:

$$\begin{aligned}\text{Tinggi ruang basah} &= \frac{V_A}{P \times L} \\ &= \frac{232,32 \text{ m}^3}{10 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \\ &= 4,65 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi ruang lumpur} &= \frac{V_L}{P \times L} \\ &= \frac{96,8 \text{ m}^3}{10 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \\ &= 1,9 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi total} &= \text{tinggi ruang basah} + \text{tinggi lumpur} + \text{ambang bebas} \\ &= 4,65 \text{ m} + 1,9 \text{ m} + 0,3 \text{ m} \\ &= 6,85 \text{ m}\end{aligned}$$

Sehingga dimensi *septic tank* pada Gedung PKM ITERA bangunan 1 adalah sebagai berikut:

Panjang : 10 m

Lebar : 5 m

Tinggi : 6,85 m

Pengolahan Lanjutan:

Efluen yang berasal dari *septic tank* tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan dari *septic tank*. Pada Gedung PKM ITERA direncanakan pengolahan lanjutan menggunakan bidang resapan, adapun perhitungan dimensi bidang resapan adalah sebagai berikut:

Kriteria perencanaan bidang resapan [28]:

$$Q_A = 77.440 \text{ L/hari}$$

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$I = 900 \text{ L/m}^2/\text{hari}$$

F = Jika panjang pipa resapan melebihi 15 m, maka dibuat 2 jalur

Panjang bidang resapan:

$$L = \frac{Q_a}{FDI}$$

Dimana:

L = Panjang bidang resapan (m)

Q_A = Debit air limbah (L/orang/hari)

F = Faktor (jumlah jalur) bidang resapan = 2

D = Dalam / tinggi bidang resapan (m)

I = Daya resap tanah (L/m²/hari)

Sehingga:

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q_a}{FDI} \\ &= \frac{77440 \text{ L/hari}}{2 \times 0,5 \text{ m} \times 900 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}/\text{hari}} \\ &= 86,04 \text{ m} \\ &= 86 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena bidang resapan yang terlalu panjang, sehingga bidang resapan dibagi menjadi 3 bidang resapan, sehingga:

$$\begin{aligned} L &= 86 \text{ m} : 3 \\ &= 28,7 \text{ m} \end{aligned}$$

Bangunan 2

Kriteria terpilih:

- Waktu detensi (t_d) : 3 hari
- Banyak lumpur (Q_L) : 40 L/orang/tahun
- Periode pengurasan (PP) : 5 tahun
- Pemakaian air (q) : 200 L/orang/hari (dapat dilihat pada Tabel 2.1 untuk jenis gedung perkumpulan)
- Jumlah pemakai (n) : 340 orang (dari hasil perhitungan pada Lampiran 1 point 1)

$$Q_A = 80\% \times q \times n$$

$$\begin{aligned}
&= 80\% \times 200 \text{ L/orang/hari} \times 340 \text{ orang} \\
&= 54.400 \text{ L/hari} \\
&= 54,4 \text{ m}^3/\text{hari}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume lumpur (V}_L\text{)} &= Q_L \times n \times PP \\
&= 40 \text{ L/orang/tahun} \times 340 \text{ orang} \times 5 \text{ tahun} \\
&= 68.000 \text{ L} \\
&= 68 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ruang pengendapan (V}_A\text{)} &= Q_A \times t_d \\
&= 54,4 \text{ m}^3/\text{hari} \times 3 \text{ hari} \\
&= 163,2 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas tangki} &= V_L + V_A \\
&= 68 \text{ m}^3 + 163,2 \text{ m}^3 \\
&= 231,2 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Persyaratan *septic tank* [28]:

Septic tank segi empat dengan perbandingan panjang dan lebar 2 : 1 sampai 3 : 1, lebar *septic tank* minimal 0,75 m dan panjang *septic tank* minimal 1,50 m, tinggi *septic tank* minimal 1,5 m termasuk ambang bebas 0,3 m.

Asumsi:

$$\text{Panjang : Lebar} = 2 : 1$$

$$\text{Panjang (P)} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 5 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi ruang basah} &= \frac{V_A}{P \times L} \\
&= \frac{163,2 \text{ m}^3}{10 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \\
&= 3,3 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi ruang lumpur} &= \frac{V_L}{P \times L} \\
&= \frac{68 \text{ m}^3}{10 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \\
&= 1,36 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Tinggi total} &= \text{tinggi ruang basah} + \text{tinggi lumpur} + \text{ambang bebas} \\
&= 3,3 \text{ m} + 1,36 \text{ m} + 0,3 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$= 4,96 \text{ m}$$

Sehingga dimensi *septic tank* pada Gedung PKM ITERA bangunan 1 adalah sebagai berikut:

Panjang : 10 m

Lebar : 5 m

Tinggi : 4,96 m

Pengolahan Lanjutan:

Efluen yang berasal dari *septic tank* tidak boleh dibuang langsung ke lingkungan, sehingga diperlukan pengolahan lanjutan dari *septic tank*. Pada Gedung PKM ITERA direncanakan pengolahan lanjutan menggunakan bidang resapan, adapun perhitungan dimensi bidang resapan adalah sebagai berikut:

Kriteria perencanaan bidang resapan [28]:

$$Q_A = 54.400 \text{ L/hari}$$

$$D = 0,5 \text{ m}$$

$$I = 900 \text{ L/m}^2/\text{hari}$$

F = Jika panjang pipa resapan melebihi 15 m, maka dibuat 2 jalur

Panjang bidang resapan:

$$L = \frac{Q_a}{FDI}$$

Dimana:

L = Panjang bidang resapan (m)

Q_A = Debit air limbah (L/orang/hari)

F = Faktor (jumlah jalur) bidang resapan = 2

D = Dalam / tinggi bidang resapan (m)

I = Daya resap tanah (L/m²/hari)

Sehingga:

$$\begin{aligned} L &= \frac{Q_a}{FDI} \\ &= \frac{54.400 \text{ L/hari}}{2 \times 0,5 \text{ m} \times 900 \frac{\text{L}}{\text{m}^2}/\text{hari}} \\ &= 60,4 \text{ m} \\ &= 60 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena bidang resapan yang terlalu panjang, sehingga bidang resapan dibagi menjadi 3 bidang resapan, sehingga:

$$L = 60 \text{ m} : 3$$

$$= 20 \text{ m}$$

4. Perhitungan Dimensi Pipa Pengumpul Air Buangan

Pipa pengumpul air buangan merupakan pipa yang menyalurkan air buangan dari seluruh ruang saniter dalam gedung, kemudian air buangan yang telah ditampung akan disalurkan menuju *septic tank*. Dalam menentukan diameter pipa air buangan dapat dilihat pada persamaan 3.29.

Tabel 18 Beban maksimum unit alat plambing yang diizinkan untuk pipa pembuangan gedung [8]

Diameter Pipa	Beban Maksimum Unit Alat Plambing Yang Boleh Disambung Kepada:					
	Kemiringan Pipa Tegak					
	1/192			1/96		
(mm)	Unit Alat Plambing (Praktis)	Reduksi (%)	Unit Alat Plambing (NPC)	Unit Alat Plambing (Praktis)	Reduksi (%)	Unit Alat Plambing (NPC)
50						
65						
75				18	90	20
100				104	60	180
125				234	60	390
150				420	60	700
200	840	60	1400	960	60	1600
250	1500	60	2500	1740	60	2900
300	2340	60	3900	2760	60	4600
375	3500	50	7000	4150	50	8300
Diameter Pipa	Beban Maksimum Unit Alat Plambing Yang Boleh Disambung Kepada:					
	Kemiringan Pipa Tegak					
	1/48			1/24		
(mm)	Unit Alat Plambing (Praktis)	Reduksi (%)	Unit Alat Plambing (NPC)	Unit Alat Plambing (Praktis)	Reduksi (%)	Unit Alat Plambing (NPC)
50	21	100	21	26	100	26
65	22	90	24	28	90	31
75	23	85	27	29	80	36
100	130	60	216	150	60	250
125	288	60	480	345	60	575
150	504	60	840	600	60	1000
200	1152	60	1920	1380	60	2300
250	2100	60	3500	2520	60	4200
300	3360	60	5600	4020	60	6700
375	5000	50	10000	6000	50	12000

Bangunan 1

Contoh perhitungan dimensi pipa pengumpul air buangan pada bangunan 1 untuk daerah A – B:

- UAP sebenarnya = 82 (UAP pada daerah A – B, dapat dilihat pada Tabel 14)
- Dimensi pipa awal = 100 mm (dapat dilihat pada Tabel 18)
- ΣL = 4,5 m
- ΣL = 14,8 feet
- P = 104
- a = 0,0104 (untuk kemiringan 1/96)
- $F_u = P [1 + a (\Sigma L - 40)]$
= 104 [1 + 0,0104 (14,8 – 40)]
= 76,74

Apabila $F_u > \text{UAP sebenarnya}$, maka tidak perlu dilakukan koreksi diameter pipa awal. Pada perhitungan dimensi pipa pengumpul air buangan untuk daerah A – B bangunan 1 hasil $F_u < \text{UAP sebenarnya}$, yaitu $76,74 < 82$. Sehingga perlu dilakukan perbesaran dimensi pipa pengumpul. Maka dimensi pipa pengumpul air buangan pada bangunan 1 daerah A – B adalah 125 mm.

Bangunan 2

Contoh perhitungan dimensi pipa pengumpul air buangan pada bangunan 2 untuk daerah A – B:

- UAP sebenarnya = 117 (UAP pada daerah A – B, dapat dilihat pada Tabel 15)
- Dimensi pipa awal = 125 mm (dapat dilihat pada Tabel 18)
- ΣL = 5,3 m
- ΣL = 17,4 feet
- P = 234
- a = 0,0104 (untuk kemiringan 1/96)
- $F_u = P [1 + a (\Sigma L - 40)]$
= 234 [1 + 0,0104 (17,4 – 40)]
= 179,001

Apabila $F_u > \text{UAP}$ sebenarnya, maka tidak perlu dilakukan koreksi diameter pipa awal. Pada perhitungan dimensi pipa pengumpul air buangan untuk daerah A – B bangunan 2 hasil $F_u > \text{UAP}$ sebenarnya, yaitu $179,001 > 117$. Sehingga tidak perlu dilakukan perbesaran dimensi pipa pengumpul. Maka dimensi pipa pengumpul pada bangunan 2 daerah A – B adalah 125 mm.

Tabel 19 Dimensi pipa air buangan menuju *septic tank*

Daerah	UAP Sebenarnya	Diameter Pipa Awal	ΣL	ΣL	P	F_u	Diameter Pipa Terpakai
		(mm)	(m)	(feet)	(UAP)		(mm)
A - B	82	100	4,5	14,8	104	76,74	125
B - C	118,5	125	5,3	17,4	234	179,0006	125
Bangunan 2							
Daerah	UAP Sebenarnya	Diameter Pipa Awal	ΣL	ΣL	P	F_u	Diameter Pipa Terpakai
		(mm)	(m)	(feet)	(UAP)		(mm)
A - B	117	125	5,3	17,4	234	179,0006	125

5. Perhitungan Dimensi Pipa Vent

Dalam menentukan besar kecilnya dimensi pipa *vent* ditentukan oleh banyaknya unit alat plambing serta panjang dari pipa *vent* pada tiap-tiap jalur. Langkah-langkah dalam menentukan dimensi pipa *vent* dapat dilihat pada sub bab 3.6.2 dalam laporan ini.

Perhitungan dimensi pipa *vent* mendatar pada sistem 1 bangunan 1 jalur a3-b3 antara lain:

- Alat plambing : *Floor Drain*
- UAP : 0,5
- Akumulasi UAP : 0,5
- Diameter pipa air buangan dipakai : 40 mm
- Panjang pipa *vent* : 2,27 m
- Diameter pipa *vent* (mm) : 40 mm (didapat dari Tabel 2.8)
- Diameter pipa *vent* (inchi) : 1 ½ inchi

Perhitungan dimensi pipa *vent* tagak pada lantai 1-2 bangunan 1 antara lain:

- UAP : 36,5
- Akumulasi UAP : 36,5
- Diameter pipa air buangan dipakai : 100 mm
- Diameter pipa *vent* dipakai (mm) : 50 mm (didapat dari Tabel 2.7)
- Diameter pipa *vent* (inchi) : 2 inchi

Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 20**.

Tabel 20 Perhitungan pipa mendatar dan tegak *vent* bangunan 1

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Air Buangan Dipakai	Panjang Pipa Vent	Diameter Pipa Vent	Diameter Pipa Dipakai
				(mm)	(m)	(mm)	(inchi)
Sistem 1							
a3 - b3	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
b3 - c3	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
c3 - d3	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
d3 - e3	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
e3 - f3	Water Closet	4	7	75	1	50	2
f3 - g3	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
g3 - h3	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
h3 - i3	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
i3 - A	Water Closet	4	16	75	3,53	65	2 1/2
Sistem 2							
j3 - k3	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
k3 - l3	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
l3 - m3	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
m3 - n3	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
n3 - o3	Water Closet	4	7	75	1	50	2
o3 - p3	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
p3 - q3	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
q3 - r3	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
r3 - s3	Urinoir	4	16	75	0,55	65	2 1/2
s3 - t3	Floor Drain	0,5	16,5	75	0,46	65	2 1/2
t3 - A	Urinoir	4	20,5	75	3,5	65	2 1/2
Sistem 3							
u2 - v2	Floor Drain	0,5	0,5	40	0,1	40	1 1/2
v2 - w2	Floor Drain	0,5	1	40	0,25	40	1 1/2
w2 - x2	Water Closet	4	5	75	0,2	50	2
x2 - B	Water Closet	4	9	75	50,7	100	4
Sistem 4							
y2 - z2	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
z2 - a'2	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
a'2 b'2	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
b'2 - c'2	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
c'2 - d'2	Water Closet	4	7	75	1	50	2
d'2 - e'2	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
e'2 - f'2	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
f'2 - g'2	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
g'2 - B	Water Closet	4	16	75	3,53	65	2 1/2

Daerah	Alat Plambing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Air Buangan Dipakai	Panjang Pipa Vent	Diameter Pipa Vent	Diameter Pipa Dipakai
				(mm)	(m)	(mm)	(inchi)
Sistem 5							
h'2 - i'2	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
i' - j'2	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
j'2 - k'2	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
k'2 - l'2	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
l'2 - m'2	Water Closet	4	7	75	1	50	2
m'2 - n'2	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
n'2 - o'2	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
o'2 - p'2	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
p'2 - q'2	Urinoir	4	16	75	0,55	65	2 1/2
q'2 - r'2	Floor Drain	0,5	16,5	75	0,46	65	2 1/2
r'2 - B	Urinoir	4	20,5	75	3,5	65	2 1/2
Sistem 6							
s'1 - t'1	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
t'1 - u'1	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
u'1 - v'1	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
v'1 - w'1	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
w'1 - x'1	Water Closet	4	7	75	1	50	2
x'1 - y'1	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
y'1 - z'1	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
z'1 - a"1	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
a"1 - C	Water Closet	4	16	75	3,53	65	2 1/2
Sistem 7							
b"1 - c"1	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
c"1 - d"1	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
d"1 - e"1	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
e"1 - f"1	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
f"1 - g"1	Water Closet	4	7	75	1	50	2
g"1 - h"1	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
h"1 - i"1	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
i" - j"1	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
j"1 - k"1	Urinoir	4	16	75	0,55	65	2 1/2
k" - l"1	Floor Drain	0,5	16,5	75	0,46	65	2 1/2
l"1 - C	Urinoir	4	20,5	75	3,5	65	2 1/2
Pipa Tegak							
Lantai 1 -2	(-)	36,5	36,5	100	5,3	50	2
Lantai 2 - 3	(-)	45,5	82	100	4,5	50	2
Lantai 3 - ST	(-)	36,6	118,6	100	2	50	2

Perhitungan dimensi pipa *vent* mendatar pada sistem 1 bangunan 2 jalur a2-b2 antara lain:

- Alat plambing : *Floor Drain*
- UAP : 0,5
- Akumulasi UAP : 0,5
- Diameter pipa air buangan dipakai : 40 mm
- Panjang pipa *vent* : 2,27 m
- Diameter pipa *vent* (mm) : 40 mm (didapat dari Tabel 2.8)
- Diameter pipa *vent* (inci) : 1 ½ inci

Perhitungan dimensi pipa *vent* tagak pada lantai 1-2 bangunan 2 antara lain:

- UAP : 80,5
- Akumulasi UAP : 80,5
- Diameter pipa air buangan dipakai : 100 mm
- Diameter pipa *vent* dipakai (mm) : 50 mm (didapat dari Tabel 2.7)
- Diameter pipa *vent* (inci) : 2 inci

Hasil perhitungan keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 21**.

Tabel 21 Perhitungan pipa mendatar dan tegak *vent* bangunan 2

Daerah	Alat Plumbing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Air Buangan Dipakai	Panjang Pipa Vent	Diameter Pipa Vent	Diameter Pipa Dipakai
				(mm)			
Sistem 1							
a2 - b2	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
b2 - c2	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
c2 - d2	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
d2 - e2	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
e2 - f2	Water Closet	4	7	75	1	50	2
f2 - g2	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
g2 - h2	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
h2 - i2	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
i2 - A	Water Closet	4	16	75	3,53	65	2 1/2
Sistem 2							
j2 - k2	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
k2 - l2	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
l2 - m2	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
m2 - n2	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
n2 - o2	Water Closet	4	7	75	1	50	2
o2 - p2	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
p2 - q2	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
q2 - r2	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
r2 - s2	Urinoir	4	16	75	0,55	65	2 1/2
s2 - t2	Floor Drain	0,5	16,5	75	0,46	65	2 1/2
t2 - A	Urinoir	4	20,5	75	3,5	65	2 1/2
Sistem 3							
u1 - B	Sink Cuci Dapur	4	4	50	16,2	65	2 1/2
Sistem 4							
v1 - w1	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
w1 - x1	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
x1 - y1	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
y1 - z1	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
z1 - a'1	Water Closet	4	7	75	1	50	2
a'1 - b'1	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
b'1 - c'1	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
c'1 - d'1	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
d'1 - B	Water Closet	4	16	75	3,53	65	2 1/2

Daerah	Alat Plumbing	UAP	Akumulasi UAP	Diameter Pipa Air Buangan Dipakai	Panjang Pipa Vent	Diameter Pipa Vent	Diameter Pipa Dipakai
				(mm)	(m)	(mm)	(inchi)
Sistem 5							
e'1 - f'1	Floor Drain	0,5	0,5	40	2,27	40	1 1/2
f'1 - g'1	Lavatory	1	1,5	40	0,98	40	1 1/2
g'1 - h'1	Lavatory	1	2,5	40	0,99	40	1 1/2
h'1 - i'1	Floor Drain	0,5	3	40	0,46	40	1 1/2
i'1 - j'1	Water Closet	4	7	75	1	50	2
j'1 - k'1	Floor Drain	0,5	7,5	75	0,46	50	2
k'1 - l'1	Water Closet	4	11,5	75	1	65	2 1/2
l'1 - m'1	Floor Drain	0,5	12	75	0,46	65	2 1/2
m'1 - n'1	Urinoir	4	16	75	0,55	65	2 1/2
n'1 - o'1	Floor Drain	0,5	16,5	75	0,46	65	2 1/2
o'1 - B	Urinoir	4	20,5	75	3,5	65	2 1/2
Sistem 6							
p'1 - q'1	Sink Cuci Dapur	4	4	50	3	40	1 1/2
q'1 - r'1	Sink Cuci Dapur	4	8	50	3	40	1 1/2
r'1 - s'1	Sink Cuci Dapur	4	12	50	3	40	1 1/2
s'1 - t'1	Sink Cuci Dapur	4	16	50	3	40	1 1/2
t'1 - u'1	Sink Cuci Dapur	4	20	50	3	40	1 1/2
u'1 - v'1	Sink Cuci Dapur	4	24	50	3	40	1 1/2
v'1 - w'1	Sink Cuci Dapur	4	28	50	3	40	1 1/2
w'1 - x'1	Sink Cuci Dapur	4	32	50	3	40	1 1/2
x'1 - y'1	Sink Cuci Dapur	4	36	50	3	40	1 1/2
y'1 - B	Sink Cuci Dapur	4	40	50	11.1	65	2 1/2
Pipa Tegak							
Lantai 1 - 2	(-)	80,5	80,5	100	5,3	50	2
Lantai 2 - ST	(-)	36,5	117	100	2	50	2

LAMPIRAN 3

Perhitungan Sistem Perpipaan *Hydrant* Kebakaran dan *Sprinkler*

1. Penentuan *Hydrant*

Berdasarkan SNI 03-1745-2000 Gedung PKM ITERA merupakan jenis hunian dengan bahaya kebaran ringan, karena Gedung PKM ITERA termasuk kedalam gedung pertemuan atau gedung perkumpulan. Perencanaan *hydrant* kebakaran pada Gedung PKM ITERA ditentukan oleh tingginya bangunan gedung.

A. Letak Sambungan Selang

Sambungan selang dan kotak *hydrant* tidak boleh terhalang dan harus terletak lebih dari 1,5 m diatas permukaan lantai.

B. Jumlah *Hydrant*

Jumlah peletakan kotak *hydrant* disesuaikan berdasarkan luas lantai ruangan yang dilindungi oleh *hydrant*, yaitu:

- A = Ketinggian sampai dengan 8 m atau satu lantai
- B = Ketinggian sampai dengan 8 meter atau dua lantai
- C = Ketinggian sampai dengan 14 meter atau empat lantai
- D = Ketinggian sampai dengan 40 meter atau delapan lantai
- E = Ketinggian lebih dari 8 meter atau delapan lantai

Pada bangunan 1 Gedung PKM ITERA digunakan klasifikasi bangunan B karena pada bangunan 1 memiliki 2 lantai. Sedangkan pada bangunan 2 Gedung PKM ITERA digunakan klasifikasi bangunan C karena terdiri dari 3 lantai atau memiliki ketinggian gedung sampai dengan 14 meter.

Bangunan 1

Pada bangunan 1 digunakan klasifikasi bangunan B dengan jumlah *hydrant* 1 buah per 1000 m². Sehingga jumlah *hydrant* pada bangunan 1 antara lain:

$$\text{Luas lantai} = 1466 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah } hydrant &= \frac{\text{luas lantai}}{\text{klasifikasi bangunan}} \\ &= \frac{1466 \text{ m}^2}{1000 \text{ m}^2} \\ &= 1,466 \\ &= 2 \text{ hydrant}\end{aligned}$$

Sehingga pada bangunan 1 Gedung PKM ITERA membutuhkan 2 *hydrant* pada setiap lantainya.

Bangunan 2

Pada bangunan 2 digunakan klasifikasi bangunan C dengan jumlah *hydrant* 1 buah per 1000 m². Sehingga jumlah *hydrant* pada bangunan 1 antara lain:

$$\text{Luas lantai} = 1546 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah } \textit{hydrant} &= \frac{\text{luas lantai}}{\text{klasifikasi bangunan}} \\ &= \frac{1546 \text{ m}^2}{1000 \text{ m}^2} \\ &= 1,546 \\ &= 2 \textit{ hydrant} \end{aligned}$$

Sehingga pada bangunan 2 Gedung PKM ITERA membutuhkan 2 *hydrant* pada setiap lantainya.

2. Perencanaan Sistem *Sprinkler*

Berdasarkan SNI 03-3989-2000 dalam penempatan kepala *sprinkler* luas lingkup maksimum kepala *sprinkler* adalah 20 m². Jarak maksimum antar kepala *sprinkler* adalah 4,6 m dan jarak kepala *sprinkler* ke dinding adalah 2,3 m. Ukuran minimal pipa cabang adalah 25 mm dengan jumlah kepala *sprinkler* maksimum 3 buah. Untuk kelompok kepala *sprinkler* berikutnya pada pipa cabang ukuran pipa ditentukan melalui perhitungan hidrolis dengan ketentuan kehilangan tekanan tidak lebih dari 0,9 kg/cm².

Contoh perhitungan sistem *sprinkler* pada Gedung PKM ITERA jalur A-B bangunan 1:

Jalur	: A - B
Jumlah <i>sprinkler</i>	: 2
Diameter awal	: 25 mm (dapat dilihat pada Tabel 47 Lampiran 6)
Panjang pipa	: 9,1 m
Kehilangan tekanan per meter	: 200 x 10 ⁻³ atm/m (dapat dilihat pada Tabel 46 Lampiran 6)
Kehilangan tekanan pipa	: 1,82

Cek $<0,9$: TIDAK OK (karena kehilangan tekanan pipa $>0,9$, sehingga pipa perlu diperbesar)

Diameter dipakai : 32 mm

Contoh perhitungan sistem *sprinkler* pada Gedung PKM ITERA jalur A-B bangunan 2:

Jalur : A - B

Jumlah *sprinkler* : 2

Diameter awal : 25 mm (dapat dilihat pada **Tabel 47 Lampiran 6**)

Panjang pipa : 9,1 m

Kehilangan tekanan permeter : 200×10^{-3} atm/m (dapat dilihat pada **Tabel 46 Lampiran 6**)

Kehilangan tekanan pipa : 1,82

Cek $<0,9$: TIDAK OK (karena kehilangan tekanan pipa $>0,9$, sehingga pipa perlu diperbesar)

Diameter dipakai : 32 mm

Tabel 22 Perhitungan dimensi pipa *sprinkler* Gedung PKM ITERA

Jalur	Jumlah	D	Panjang	Kehilangan Tekan Permeter 10^{-3} atm/m	Kehilangan Tekanan Pipa	Cek	D
		(mm)				<0.9	(mm)
Bangunan 1							
A - B	2	25	9,1	200	1,82	TIDAK OK	32
B - C	3	32	16,7	51	0,85	OK	32
C - D	4	40	24,3	25	0,61	OK	40
D - E	5	40	31,9	25	0,80	OK	40
E - F	6	50	39,5	7,8	0,31	OK	50
F - G	7	50	47,1	7,8	0,37	OK	50
G - H	8	50	54,7	7,8	0,43	OK	50
H - I	11	65	67,6	2,2	0,15	OK	65
I - J	14	65	79,7	2,2	0,18	OK	65
J - K	17	65	91,8	2,2	0,20	OK	65
K - L	20	65	103,9	2,2	0,23	OK	65
L - M	23	65	116	2,2	0,26	OK	65
M - N	26	65	128,1	2,2	0,28	OK	65
N - O	29	65	140,2	2,2	0,31	OK	65
O - P	32	75	152,3	2,2	0,34	OK	75

Jalur	Jumlah	D	Panjang	Kehilangan Tekan Permeter 10 ⁻³ atm/m	Kehilangan Tekanan Pipa	Cek	D
		(mm)				<0.9	(mm)
P - Q	33	75	159,5	2,2	0,35	OK	75
Q - R	36	75	171,7	2,2	0,38	OK	75
R - S	39	75	183,7	2,2	0,40	OK	75
S - T	40	75	189,2	2,2	0,42	OK	75
T - U	42	75	197,6	2,2	0,43	OK	75
U - V	44	75	208,3	2,2	0,46	OK	75
V - W	46	75	216,5	2,2	0,48	OK	75
W - X	47	75	221	2,2	0,49	OK	75
Bangunan 2							
A - B	2	25	9,1	200	1,82	TIDAK OK	32
B - C	3	32	16,7	51	0,85	OK	32
C - D	4	40	24,3	25	0,61	OK	40
D - E	5	40	31,9	25	0,80	OK	40
E - F	6	50	39,5	7,8	0,31	OK	50
F - G	7	50	47,1	7,8	0,37	OK	50
G - H	8	50	54,7	7,8	0,43	OK	50
H - I	9	50	62,3	7,8	0,49	OK	50
I - J	12	65	75,2	2,2	0,17	OK	65
J - K	15	65	87,3	2,2	0,19	OK	65
K - L	18	65	99,4	2,2	0,22	OK	65
L - M	21	65	111,5	2,2	0,25	OK	65
M - N	24	65	123,6	2,2	0,27	OK	65
N - O	27	65	135,7	2,2	0,30	OK	65
O - P	30	65	147,8	2,2	0,33	OK	65
P - Q	33	75	159,9	2,2	0,35	OK	75
Q - R	36	75	172	2,2	0,38	OK	75
R - S	37	75	177,5	2,2	0,39	OK	75
S - T	40	75	190	2,2	0,42	OK	75
T - U	43	75	201,8	2,2	0,44	OK	75
U - V	46	75	213,9	2,2	0,47	OK	75

3. Perhitungan Pompa Sistem Pencegahan Kebakaran

Pemompaan sistem pencegahan kebakaran pada Gedung PKM ITERA dilakukan dengan cara mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju sistem kebakaran. Gambar sistem pemompaan dapat dilihat pada Lampiran Gambar No Gambar 8 dan 9.

Bangunan 1

- Perhitungan *Head* Pompa

Head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} H_{\text{statis}} &= \text{Tinggi pipa tegak kebakaran} \\ &= 14,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

- *Major losses*

$$\text{Major losses} = H_{f_{\text{suction}}} + H_{f_{\text{discharge}}}$$

a) *Suction*

$$H_{f \text{ suction}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- *L suction* = Panjang pipa *reservoir* ke pompa
= 2 m + 1 m
= 3 m

- *Q* = *Qm max*
= 1,3 m³/menit
= 0,021 m³/s
= 21 L/s

- *C* = 100 (konstanta *Hazen Williams*)

- *D* = 6,35 cm

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_{f \text{ suction}} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{21 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (6,35 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$= 1,092 \times 3$$

$$= 3,276 \text{ m}$$

b) *Discharge*

$$H_f \text{ discharge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- *L discharge* = Panjang pipa dari pompa sampai pipa tegak kebakaran

$$= 3 \text{ m} + 14,3 \text{ m}$$

$$= 17,3 \text{ m}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_f \text{ discharge} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{21 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (6,35 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 40,6 \text{ m} \\ &= 1,092 \times 17,3 \\ &= 18,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Major losses} &= H_{f \text{ suction}} + H_{f \text{ discharge}} \\ &= 3,276 \text{ m} + 18,9 \text{ m} \\ &= 22,176 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Minor losses (Hm)*
 - *Headloss* akibat 3 belokan 90° ($K = 0,3$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 3 \left[\frac{0,3 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 3 \times 0,0153 \\ &= 0,0459 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Headlos* akibat 1 *gate valve* ($K = 0,13$)

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \left[\frac{0,13 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 1 \times 0,00663 \\ &= 0,00663 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Headlos* akibat 1 *check valve* ($K = 2$)

$$\begin{aligned}
 H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\
 &= 1 \left[\frac{2 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\
 &= 1 \times 0,102 \\
 &= 0,102 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Minor losses} &= 0,0459 \text{ m} + 0,00663 \text{ m} + 0,102 \text{ m} \\
 &= 0,154 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- $\frac{v^2}{2g}$

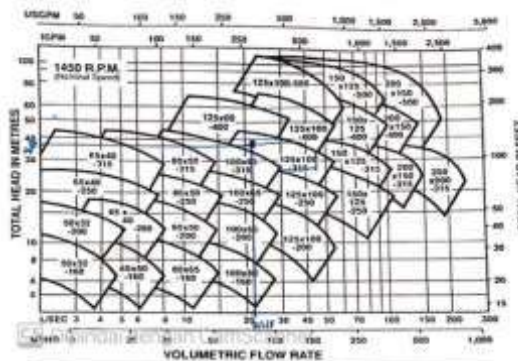
$$\begin{aligned}
 \frac{v^2}{2g} &= \frac{1^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,0501 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{sistem}} &= \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g} \\
 &= 22,176 \text{ m} + 0,154 \text{ m} + 0,0501 \text{ m} \\
 &= 22,3801 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Head pompa} &= H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}} \\
 &= 14,3 \text{ m} + 22,3801 \text{ m} \\
 &= 36,68 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari harga Q sebesar $0,021 \text{ m}^3/\text{s} = 21 \text{ L/s}$ dan *head* pompa sebesar 36,68 m, maka nilai tersebut diplotkan pada grafik pompa karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS.



Gambar 4. Kurva karakteristik pompa

Berdasarkan kurva karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS, maka diperoleh:

$$\text{Tipe pompa} = 125 \times 100 - 315$$

Dimana:

- 125 adalah diameter hisap.
- 100 adalah diameter keluar.

$$\text{Nominal speed} = 1450 \text{ RPM}$$

Sehingga dari tipe tersebut dapat ditentukan Whp atau daya energi secara efektif diterima oleh air dari pompa persatuan waktu.

$$\text{Whp} = \frac{\gamma \times Q \times H}{75}$$

Dimana:

$$\text{Whp} = \text{daya air (Hp)}$$

$$\gamma = \text{berat air persatuan volume (densitas, kg/m}^3\text{)}$$

$$Q = \text{debit air (m}^3\text{/s)}$$

$$H = \text{head pompa (m)}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Whp} &= \frac{\gamma \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{1000 \times 0,021 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 36,68 \text{ m}}{75} \\ &= 10,27 \text{ Hp}\end{aligned}$$

Dengan ketentuan 1 Hp = 0,746 Kw, sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Whp} &= 10,27 \text{ Hp} \\ &= 7,66 \text{ Kw}\end{aligned}$$

Bangunan 2

- Perhitungan *Head* Pompa

Head pompa dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

Dimana:

$$\begin{aligned}H_{\text{statis}} &= \text{Tinggi pipa tegak kebakaran} \\ &= 9,8 \text{ m}\end{aligned}$$

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g}$$

Dimana:

- *Major losses*

$$\text{Major losses} = H_{f_{\text{suction}}} + H_{f_{\text{discharge}}}$$

a) *Suction*

$$H_{f \text{ suction}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- $L \text{ suction}$ = Panjang pipa *reservoir* ke pompa
= 2 m + 1 m
= 3 m
- Q = $Q_m \text{ max}$
= 0,9 m³/menit
= 0,015 m³/s
= 15 L/s
- C = 100 (konstanta *Hazen Williams*)
- D = 6,35 cm

Sehingga:

$$\begin{aligned} H_{f \text{ suction}} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{15 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (6,35 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 3 \text{ m} \\ &= 0,59 \times 3 \\ &= 1,77 \text{ m} \end{aligned}$$

b) *Discharge*

$$H_{f \text{ discharge}} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L$$

- $L \text{ discharge}$ = Panjang pipa dari pompa sampai pipa tegak
kebakaran
= 3 m + 9,8 m
= 12,8 m

• Sehingga:

$$\begin{aligned} H_{f \text{ discharge}} &= \left[\frac{Q}{0,00155 \times c \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \\ &= \left[\frac{15 \text{ L/s}}{0,00155 \times 100 \times (6,35 \text{ cm})^{2,63}} \right]^{1,85} \times 12,8 \text{ m} \\ &= 0,59 \times 12,8 \end{aligned}$$

$$= 7,552 \text{ m}$$

Maka:

$$\begin{aligned} \text{Major losses} &= H_{f_{\text{suction}}} + H_{f_{\text{discharge}}} \\ &= 1,77 \text{ m} + 7,552 \text{ m} \\ &= 9,322 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Minor losses (Hm)*
 - *Headloss akibat 3 belokan 90° (K = 0,3)*

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 3 \left[\frac{0,3 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 3 \times 0,0153 \\ &= 0,0459 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Headlos akibat 1 gate valve (K = 0,13)*

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \left[\frac{0,13 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 1 \times 0,00663 \\ &= 0,00663 \text{ m} \end{aligned}$$

- *Headlos akibat 1 check valve (K = 2)*

$$\begin{aligned} H_m &= n \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \\ &= 1 \left[\frac{2 \times (1)^2}{2 \times 9,81} \right] \\ &= 1 \times 0,102 \\ &= 0,102 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Minor losses} &= 0,0459 \text{ m} + 0,00663 \text{ m} + 0,102 \text{ m} \\ &= 0,154 \text{ m} \end{aligned}$$

- $\frac{v^2}{2g}$

$$\begin{aligned} \frac{v^2}{2g} &= \frac{1^2}{2 \times 9,81} \\ &= 0,0501 \text{ m} \end{aligned}$$

Sehingga:

$$H_{\text{sistem}} = \text{Major losses} + \text{Minor losses} + \frac{v^2}{2g}$$

$$= 9,322 \text{ m} + 0,154 \text{ m} + 0,0501 \text{ m}$$

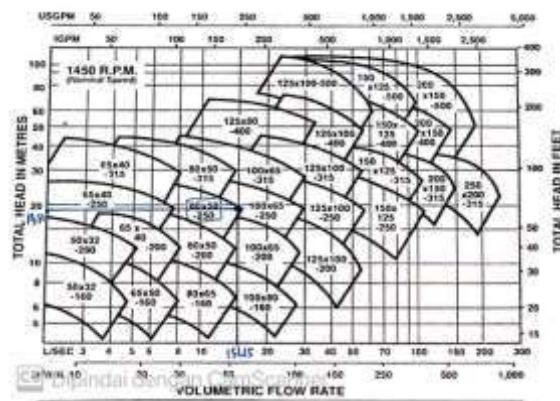
$$= 9,53 \text{ m}$$

$$\text{Head pompa} = H_{\text{statis}} + H_{\text{sistem}}$$

$$= 9,8 \text{ m} + 9,53 \text{ m}$$

$$= 19,33 \text{ m}$$

Dari harga Q sebesar $0,015 \text{ m}^3/\text{s} = 15 \text{ L/s}$ dan head pompa sebesar 19,33 m, maka nilai tersebut diplotkan pada grafik pompa karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS.



Gambar 5. Kurva karakteristik pompa

Berdasarkan kurva karakteristik pompa sentrifugal GRUNDFOS, maka diperoleh:

Tipe pompa = 80 x 50 – 250

Dimana:

- 80 adalah diameter hisap.
- 50 adalah diameter keluar.

Nominal speed = 1450 RPM

Sehingga dari tipe tersebut dapat ditentukan Whp atau daya energi secara efektif diterima oleh air dari pompa persatuan waktu.

$$\text{Whp} = \frac{\gamma \times Q \times H}{75}$$

Dimana:

Whp = daya air (Hp)

γ = berat air persatuan volume (densitas, kg/m³)

Q = debit air (m³/s)

H = *head* pompa (m)

Sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= \frac{\gamma \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{1000 \times 0,015 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 19,33 \text{ m}}{75} \\ &= 3,87 \text{ Hp} \end{aligned}$$

Dengan ketentuan 1 Hp = 0,746 Kw, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Whp} &= 3,87 \text{ Hp} \\ &= 2,89 \text{ Kw} \end{aligned}$$

LAMPIRAN 4

Perencanaan Sistem Pemanenan Air Hujan

1. Perhitungan Kebutuhan Air Hujan Yang Ditampung

Perencanaan pemanenan air hujan pada Gedung PKM ITERA dilakukan dengan tujuan sebagai alternatif air bersih pada saat terjadi hujan. Dalam perencanaan pemanenan air hujan dibutuhkan perhitungan kebutuhan air hujan yang akan ditampung. Kebutuhan air hujan yang akan dimanfaatkan adalah sebesar 50% dan 50% sisanya akan dialirkan menuju drainase terdekat. Pada perhitungan kebutuhan air hujan dibutuhkan data curah hujan selama 10 tahun terakhir pada daerah kampus ITERA. Data curah hujan dapat dilihat pada **Tabel 48 Lampiran 7**. Perhitungan kebutuhan air hujan juga membutuhkan data luas atap dimana luas atap sama dengan luas bangunan (dapat dilihat pada Lampiran 1) dan koefisien *run off* yang dapat dilihat pada **Tabel 49 Lampiran 7**, yaitu sebesar 0,95. Berikut merupakan contoh perhitungan kebutuhan air hujan yang ditampung pada Gedung PKM ITERA:

Bangunan 1

Perhitungan kebutuhan air hujan pada tahun 2011:

$$\begin{aligned} Q &= C \times I \times A \\ &= 0,95 \times 0,098 \text{ m/tahun} \times 1466 \text{ m}^2 \\ &= 136,48 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Bangunan 2

Perhitungan kebutuhan air hujan pada tahun 2011:

$$\begin{aligned} Q &= C \times I \times A \\ &= 0,95 \times 0,098 \text{ m/tahun} \times 1546 \text{ m}^2 \\ &= 143,93 \text{ m}^3/\text{tahun} \end{aligned}$$

Perhitungan kebutuhan air hujan secara keseluruhan dapat dilihat pada **Tabel 23**.

Tabel 23 Perhitungan kebutuhan air hujan yang ditampung

No	Tahun	Curah Hujan (I)		Luas Atap	C	Q	Q
		(mm/tahun)	(m/tahun)	(m^2)		(m^3/tahun)	(m^3/bulan)
Bangunan 1							
1	2011	98	0,098	1466	0,95	136,48	11,374
2	2012	95,2	0,0952	1466	0,95	132,59	11,049
3	2013	161	0,161	1466	0,95	224,22	18,685
4	2014	102	0,102	1466	0,95	142,06	11,838
5	2015	78,7	0,0787	1466	0,95	109,61	9,134
6	2016	96	0,096	1466	0,95	133,70	11,142
7	2017	87,5	0,0875	1466	0,95	121,86	10,155
8	2018	115,5	0,1155	1466	0,95	160,86	13,405
9	2019	93	0,093	1466	0,95	129,52	10,793
10	2020	89	0,089	1466	0,95	123,95	10,329
Total		1015,9	1,0159			1414,84	117,90
Bangunan 2							
1	2011	98	0,098	1546	0,95	143,93	11,994
2	2012	95,2	0,0952	1546	0,95	139,82	11,652
3	2013	161	0,161	1546	0,95	236,46	19,705
4	2014	102	0,102	1546	0,95	149,81	12,484
5	2015	78,7	0,0787	1546	0,95	115,59	9,632
6	2016	96	0,096	1546	0,95	141,00	11,750
7	2017	87,5	0,0875	1546	0,95	128,51	10,709
8	2018	115,5	0,1155	1546	0,95	169,63	14,136
9	2019	93	0,093	1546	0,95	136,59	11,382
10	2020	89	0,089	1546	0,95	130,71	10,893
Total		1015,9	1,0159			1492,05	124,34

Dari Tabel 23 dapat dilihat bahwa debit kebutuhan air terbesar pada bangunan 1 terdapat pada tahun 2013 yaitu sebesar 18,685 m³/bulan dan debit terbesar pada bangunan 2 terdapat pada tahun 2013 yaitu sebesar 19,705 m³/bulan. Dari perhitungan tersebut diambil debit terbesar dikarenakan agar bak penampung air hujan pada Gedung PKM ITERA dapat terpenuhi pada kebutuhan puncak.

2. Perhitungan Dimensi Bak Penampung Air Hujan

Pada sistem pemanenan air hujan di Gedung PKM ITERA, air hujan yang berasal dari atap gedung akan dialirkan melalui talang ke dalam bak penampung air hujan. Bak penampung akan diletakan pada menara setinggi 4 meter dari muka tanah dan jarak dari bangunan adalah 5 m. Bak penampung air hujan direncanakan

menggunakan *roof tank* yang berada dipasaran. Adapun dimensi *roof tank* penampung air hujan pada Gedung PKM ITERA antara lain:

Bangunan 1

Debit kebutuhan air pada bangunan 1 adalah sebesar 18,685 m³/bulan sehingga dibutuhkan *roof tank* dengan kapasitas:

$$\begin{aligned} Q &= 18,685 \text{ m}^3/\text{bulan} \times 50\% \\ &= 9,3425 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= 9.342,5 \text{ liter/bulan} \\ &= 9.343 \text{ liter/bulan} \end{aligned}$$

Karena kapasitas *roof tank* sebesar 9.343 liter tidak ada dipasaran maka diambil kapasitas terdekat yang berada dipasaran, yaitu sebesar 11.000 liter. Sehingga pada bangunan 1 memiliki bak penampung dengan kapasitas 11.000 dimensi sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diameter } \textit{roof tank} &= 2,160 \text{ m} \\ \text{Tinggi } \textit{roof tank} &= 3,375 \text{ m} \\ \text{Diameter tutup} &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Bangunan 2

Debit kebutuhan air pada bangunan 2 adalah sebesar 19,705 m³/bulan sehingga dibutuhkan *roof tank* dengan kapasitas:

$$\begin{aligned} Q &= 19,705 \text{ m}^3/\text{bulan} \times 50\% \\ &= 9,8525 \text{ m}^3/\text{bulan} \\ &= 9.852,5 \text{ liter/bulan} \\ &= 9.853 \text{ liter/bulan} \end{aligned}$$

Karena kapasitas *roof tank* sebesar 9.853 liter tidak ada dipasaran maka diambil kapasitas terdekat yang berada dipasaran, yaitu sebesar 11.000 liter. Sehingga pada bangunan 1 memiliki bak penampung dengan kapasitas 11.000 dimensi sebagai berikut:

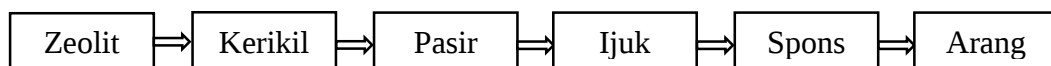
$$\begin{aligned} \text{Diameter } \textit{roof tank} &= 2,160 \text{ m} \\ \text{Tinggi } \textit{roof tank} &= 3,375 \text{ m} \\ \text{Diameter tutup} &= 0,6 \text{ m} \end{aligned}$$

3. Penentuan Dimensi Pipa Air Hujan

Dalam penentuan dimensi pipa air hujan pada Gedung PKM ITERA dapat dilihat pada **Tabel 50 Lampiran 8**, Dimensi pipa talang atap, pipa datar dan pipa tegak air hujan ditentukan berdasarkan SNI-03-7065-2005 dengan didasarkan pada luas atap yang dilayaninya. Pada Gedung PKM ITERA bangunan 1 luas atap adalah sebesar 1466 m^2 , sehingga dimensi pipa talang atap adalah 250 mm, pipa datar air hujan adalah 200 mm dan pipa tegak air hujan adalah 200 mm. Sedangkan pada bangunan 2 luas atap adalah sebesar 1546 m^2 , sehingga dimensi pipa talang atap adalah 250 mm, pipa datar air hujan adalah 200 mm dan pipa tegak air hujan adalah 200 mm.

4. Penentuan Pengolahan Air Hujan

Pengolahan air hujan yang direncanakan pada Gedung PKM ITERA yaitu berupa filtrasi air sederhana, dimana air dialirkan dari atap melalui talang ke dalam bak penampung, kemudian dari bak penampung air hujan akan dialirkan melalui pipa kedalam media filter sebagai tempat melakukan filterasi air hujan. Setelah dilakukan filterasi, air hujan kemudian dialirkan menuju *ground reservoir*. Media filterasi air hujan terdiri dari zeolit, kerikil, pasir, ijuk, spons, dan arang. Hasil air hujan yang telah dilakukan pengolahan akan digunakan sebagai alternatif sumber air bersih pada Gedung PKM ITERA.



Skema pemanenan air hujan dapat dilihat pada **Lampiran Gambar, Gambar Nomor 18** dan **Gambar Nomor 19**.

LAMPIRAN 5

BOQ dan RAB

1. Perhitungan BOQ dan RAB Alat Plambing

Pada Gedung PKM ITERA terdapat 3 jenis toilet, yaitu toilet pria, toilet wanita, dan toilet *vip* auditorium. Selain pada toilet, alat plambing juga terdapat pada dapur *food court* dan dapur *coffee shop* berupa *sink* cuci dapur. Adapun jumlah dan jenis alat plambing pada Gedung PKM ITERA dapat dilihat pada **Tabel 24**.

Tabel 24 Jenis dan jumlah alat plambing

Alat Plambing	Bangunan 1								
	Toilet Lantai 1		Toilet Lantai 2				Toilet Lantai 3		Jumlah 3 Lantai
	Pria	Wanita	Pria	Wanita	Auditorium Pria	Auditorium Wanita	Pria	Wanita	
Water Closet (WC)	2	3	2	3	1	1	2	3	17
Lavatory (LV)	2	2	2	2	(-)	(-)	2	2	12
Kran	2	3	2	3	1	1	2	3	17
Urinoir (UR)	2	(-)	2	(-)	(-)	(-)	2	(-)	6
Floor Drain	5	4	5	4	1	1	5	4	29
Alat Plambing	Bangunan 2								
	Toilet Lantai 1		Toilet Lantai 2		Foodcourt Area	Coffee Shop	Jumlah 2 Lantai		
	Pria	Wanita	Pria	Wanita					
Water Closet (WC)	2	3	2	3	(-)	(-)	10		
Lavatory (LV)	2	2	2	2	(-)	(-)	8		
Kran	2	3	2	3	(-)	(-)	10		
Urinoir (UR)	2	(-)	2	(-)	(-)	(-)	4		
Sink Cuci Papur	(-)	(-)	(-)	(-)	10	1	11		
Floor Drain	5	4	5	4	(-)	(-)	18		

Tabel 25 BOQ dan RAB alat plambing

Alat Plambing	Bangunan 1			
	Jumlah 3 Lantai	Merk/Jenis	Harga Satuan	Harga Total
			Rp	Rp
<i>Water Closet</i> (WC)	17	TOTO CW660NPJ / SW660J	3.400.000	57.800.000
<i>Lavatory</i> (LV)	12	TOTO LW211CJ	710.000	8.520.000
Kran	17	<i>Shower spray</i> (TOTO THX20NB)	296.000	5.032.000
<i>Urinoir</i> (UR)	6	TOTO U57	3.080.000	18.480.000
<i>Floor Drain</i>	29	American Standard	365.500	10.599.500
TOTAL				100.431.500

Alat Plambing	Bangunan 2			
	Jumlah 2 Lantai	Merk/Jenis	Harga Satuan	Harga Total
			Rp	Rp
Water Closet (WC)	10	TOTO CW660NPJ / SW660J	3.400.000	34.000.000
Lavatory (LV)	8	TOTO LW211CJ	710.000	5.680.000
Kran	10	Shower spray (TOTO THX20NB)	296.000	2.960.000
Urinoir (UR)	4	TOTO U57	3.080.000	12.320.000
Sink Cuci Papur	11	Arrow SC2L7001	3.286.800	36.154.800
Floor Drain	18	American Standard	365.500	6.579.000
TOTAL				97.693.800

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Sanitary TOTO,2021)

2. Perhitungan BOQ dan RAB *Ground Reservoir* dan *Roof Tank*

Dari hasil perhitungan *ground reservoir* dan *roof tank* yang dapat dilihat pada **Lampiran 1 Point 2**, didapatkan hasil dimensi sebagai berikut:

A. *Ground Reservoir*

Bangunan 1

Volume *ground reservoir* = 38,76 m³

Panjang = 6,22 m

Lebar = 3,11 m

Tinggi = 2 m

Tinggi *free board* = 0,3

Tinggi total = 2,3 m

Ground reservoir direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

a. Volume galian

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= p \times l \times t \\
 &= 6,22 \text{ m} \times 3,11 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \\
 &= 44,5 \text{ m}^3 \\
 &= 45 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Volume beton yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times t \times \text{tebal dinding}) \\
 &= 2 (6,22 \times 3,11 \times 0,25) + 2 (6,22 \times 2,3 \times 0,25) + 2 (3,11 \times 2,3 \times 0,25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9,7 \text{ m}^3 + 7,2 \text{ m}^3 + 3,6 \text{ m}^3 \\
 &= 20,5 \text{ m}^3 \\
 &= 21 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

c. Tanah yang harus digali

$$\begin{aligned}
 \text{Tanah yang harus digali} &= \text{Volume galian} + \text{Volume beton} \\
 &= 45 \text{ m}^3 + 21 \text{ m}^3 \\
 &= 66 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume galian tanah, sehingga dalam pembuatan *ground reservoir* pada bangunan 1 tanah yang harus digali adalah sebesar 66 m³. Volume beton yang dibutuhkan dalam pembuatan *ground reservoir* adalah sebesar 21 m³ dengan perbandingan bahan campuran dalam beton adalah 1 : 3 : 5 yaitu pasir : semen : kerikil, sehingga:

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan pasir} &= \frac{1}{9} \times 21 \text{ m}^3 \\
 &= 2,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Bahan semen} &= \frac{3}{9} \times 21 \text{ m}^3 \\
 &= 7 \text{ m}^3 \\
 \text{Bahan kerikil} &= \frac{5}{9} \times 21 \text{ m}^3 \\
 &= 11,7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Bangunan 2

$$\begin{aligned}
 \text{Volume } \textit{ground reservoir} &= 27,24 \text{ m}^3 \\
 \text{Panjang} &= 5,2 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2,6 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Tinggi } \textit{free board} &= 0,3 \\
 \text{Tinggi total} &= 2,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Ground reservoir direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

a. Volume galian

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= p \times l \times t \\
 &= 5,2 \text{ m} \times 2,6 \text{ m} \times 2,3 \text{ m} \\
 &= 31,096 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$= 31 \text{ m}^3$$

b. Volume beton yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times t \times \text{tebal dinding}) \\ &= 2 (5,2 \times 2,6 \times 0,25) + 2 (5,2 \times 2,3 \times 0,25) + 2 (2,6 \times 2,3 \times 0,25) \\ &= 6,76 \text{ m}^3 + 5,98 \text{ m}^3 + 2,99 \text{ m}^3 \\ &= 15,73 \text{ m}^3 \\ &= 16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

c. Tanah yang harus digali

$$\begin{aligned} \text{Tanah yang harus digali} &= \text{Volume galian} + \text{Volume beton} \\ &= 31 \text{ m}^3 + 16 \text{ m}^3 \\ &= 47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume galian tanah, sehingga dalam pembuatan *ground reservoir* pada bangunan 2 tanah yang harus digali adalah sebesar 47 m^3 . Volume beton yang dibutuhkan dalam pembuatan *ground reservoir* adalah sebesar 16 m^3 dengan perbandingan bahan campuran dalam beton adalah 1 : 3 : 5 yaitu pasir : semen : kerikil, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Bahan pasir} &= \frac{1}{9} \times 16 \text{ m}^3 \\ &= 1,8 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan semen} &= \frac{3}{9} \times 16 \text{ m}^3 \\ &= 5,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan kerikil} &= \frac{5}{9} \times 16 \text{ m}^3 \\ &= 8,9 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

B. Roof Tank

Bangunan 1

$$\text{Volume roof tank} = 13,2 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang} = 3,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi free board} = 0,3$$

$$\text{Tinggi total} = 2,3 \text{ m}$$

Roof tank direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

Volume beton yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} \text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times \\ &\quad t \times \text{tebal dinding}) \\ &= 2 (3,6 \times 1,8 \times 0,25) + 2 (3,6 \times 2,3 \times 0,25) + 2 (1,8 \times \\ &\quad 2,3 \times 0,25) \\ &= 3,24 \text{ m}^3 + 4,14 \text{ m}^3 + 2,07 \text{ m}^3 \\ &= 9,5 \text{ m}^3 \\ &= 10 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume beton, sehingga dalam pembuatan *roof tank* pada bangunan 1 volume beton yang dibutuhkan adalah sebesar 10 m^3 dengan perbandingan bahan campuran dalam beton adalah 1 : 3 : 5 yaitu pasir : semen : kerikil, sehingga:

$$\begin{aligned} \text{Bahan pasir} &= \frac{1}{9} \times 10 \text{ m}^3 \\ &= 1,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan semen} &= \frac{3}{9} \times 10 \text{ m}^3 \\ &= 3,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bahan kerikil} &= \frac{5}{9} \times 10 \text{ m}^3 \\ &= 5,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Bangunan 2

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{roof tank} &= 18 \text{ m}^3 \\ \text{Panjang} &= 4,24 \text{ m} \\ \text{Lebar} &= 2,12 \text{ m} \\ \text{Tinggi} &= 2 \text{ m} \\ \text{Tinggi } \textit{free board} &= 0,3 \\ \text{Tinggi total} &= 2,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Roof tank direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

$$\begin{aligned}\text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times \\ &\quad t \times \text{tebal dinding}) \\ &= 2 (4,24 \times 2,12 \times 0,25) + 2 (4,24 \times 2,3 \times 0,25) + 2 (2,12 \times \\ &\quad 2,3 \times 0,25) \\ &= 4,5 \text{ m}^3 + 4,9 \text{ m}^3 + 2,4 \text{ m}^3 \\ &= 11,8 \text{ m}^3 \\ &= 12 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Bahan pasir $= \frac{1}{9} \times 12 \text{ m}^3$
 $= 1,4 \text{ m}^3$

Bahan semen $= \frac{3}{9} \times 12 \text{ m}^3$
 $= 4 \text{ m}^3$

Bahan kerikil $= \frac{5}{9} \times 12 \text{ m}^3$
 $= 6,7 \text{ m}^3$

Berikut merupakan rincian biaya yang dibutuhkan untuk pembuatan *ground reservoir* dan *roof tank* pada bangunan 1 dan bangunan 2 Gedung PKM ITERA:

No	Jenis Bangunan	Bahan	Jenis Bahan	Volume Hitung	Harga/m³	Total
				(m³)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1						
1	Ground Reservoir	Pasir	Pasir Beton	2,4	225.000	540.000
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	7	1.400.000	9.800.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	11,7	250.000	2.925.000
Total						13.265.000
2	Roof Tank	Pasir	Pasir Beton	1,3	225.000	292.500
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	3,4	1.400.000	4.760.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	5,6	250.000	1.400.000
Total						6.452.500

No	Jenis Bangunan	Bahan	Jenis Bahan	Volume Hitung	Harga/m³	Total
				(m³)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 2						
1	Ground Reservoir	Pasir	Pasir Beton	1,8	225.000	405.000
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	5,4	1.400.000	7.560.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	8,9	250.000	2.225.000
Total						10.190.000
2	Roof Tank	Pasir	Pasir Beton	1,4	225.000	315.000
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	4	1.400.000	5.600.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	6,7	250.000	1.675.000
Total						7.590.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

3. Perhitungan BOQ dan RAB Sistem Perpipaan Air Bersih

Perhitungan BOQ dan RAB sistem perpipaan air bersih meliputi perhitungan BOQ dan RAB pipa dan pompa air bersih. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

A. BOQ dan RAB Pipa Air Bersih

Dalam perencanaan sistem perpipaan air bersih di Gedung PKM ITERA digunakan pipa dengan jenis PVC (*Poly Vinyl Chloride*). Penggunaan pipa jenis PVC dikarenakan ukuran pipa yang digunakan dalam perencanaan mudah ditemukan dipasaran, dan memiliki harga yang lebih murah. Berikut merupakan perhitungannya BOQ dan RAB sistem perpipaan air bersih pada Gedung PKM ITERA:

Tabel 27 BOQ dan RAB sistem perpipaan air bersih

Pipa	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)			(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1							
Pipa Mendatar	25	PVC	25	23,16	6	46.000	276.000
Pipa Mendatar	32	PVC	22	33,233	8	58.880	471.040
Pipa Mendatar	40	PVC	5	55,41	14	80.000	1.120.000
Pipa Tegak	40	PVC	1	6,55	2	80.000	160.000
Pipa Tegak	65	PVC	2	33,45	8	150.000	1.200.000
TOTAL							3.227.040

Pipa	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)			(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 2							
Pipa Mendatar	25	PVC	17	32,759	8	46.000	368.000
Pipa Mendatar	32	PVC	23	46,343	12	58.880	706.560
Pipa Mendatar	50	PVC	3	16,21	4	100.000	400.000
Pipa Tegak	50	PVC	2	34,25	9	100.000	900.000
TOTAL							2.374.560

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Dalam perencanaan sistem perpipaan air bersih pada Gedung PKM ITERA digunakan beberapa aksesoris pipa yang dapat dilihat pada **Table 28**.

Tabel 28 BOQ dan RAB aksesoris pipa air bersih

Jenis Aksesoris	Jenis Pipa	Diameter Pipa	Jumlah Aksesoris	Harga Satuan	Total	Gambar
		(mm)	(Buah)	(Rp)	(Rp)	
Bangunan 1						
Tee	PVC	25	20	6.500	130.000	
		32	21	10.700	224.700	
		40	5	14.300	71.500	
		65	4	37.200	148.800	
Elbow	PVC	25	5	4.400	22.000	
		32	6	7.700	46.200	
		40	5	10.600	53.000	
		65	4	25.500	102.000	
Gate Valve	PVC	40	1	410.080	410.080	
		65	3	862.510	2.587.530	
Socket	PVC	25	3	3.500	10.500	
		32	6	6.000	36.000	
		40	14	8.600	120.400	
		65	7	22.300	156.100	

Jenis Aksesoris	Jenis Pipa	Diameter Pipa	Jumlah Aksesoris	Harga Satuan	Total	Gambar
		(mm)	(Buah)	(Rp)	(Rp)	
Reducer	PVC	65 x 40	1	17.100	17.100	
		65 x 32	1	17.800	17.800	
		40 x 32	1	7.800	7800	
		32 x 25	5	5.000	25.000	
TOTAL					4.186.510	
Bangunan 2						
Tee	PVC	25	15	6.500	97.500	
		32	21	10.700	224.700	
		50	6	22.800	136.800	
Elbow	PVC	25	5	4.400	22.000	
		32	4	7.700	30.800	
		50	5	16.100	80.500	
Gate Valve	PVC	50	3	496.980	1.490.940	
Socket	PVC	25	6	3.500	21.000	
		32	10	6.000	60.000	
		50	10	13.300	133.000	
Reducer	PVC	50 x 32	2	11.000	22.000	
		50 x 25	1	9.400	9.400	
		32 x 25	3	5.000	15.000	
TOTAL					2.343.640	

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Daftar Harga Aksesoris Pipa PVC, 2021)

B. BOQ dan RAB Pompa Air Bersih

Dalam perencanaan pompa air bersih, digunakan pipa jenis baja Galvanis Iron (GI) untuk mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju *roof tank*. Digunakan pipa jenis GI dikarenakan agar pipa dapat bertahan lebih lama apabila mengalami

tekanan yang besar. Adapun perhitungan biaya pada sistem pemompaan air bersih adalah sebagai berikut:

Tabel 29 BOQ dan RAB pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank*

NO	Diameter (inchi)	L Pipa Total (m)	Jenis Pipa	L/ Batang (m)	Jumlah Batang (buah)	Harga / Batang (Rp)	Total (Rp)
Bangunan 1							
1	5"	44	GI SCH40	6	7	2.325.000	16.275.000
Bangunan 2							
2	4"	38.9	GI SCH40	6	7	1.725.000	12.075.000
TOTAL							28.350.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Rancangan biaya untuk aksesoris pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank* dapat dilihat pada **Tabel 30**.

Tabel 30 BOQ dan RAB aksesoris pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank*

No	Aksesoris	Diameter (inchi)	Jumlah Aksesoris (buah)	Jenis	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
Bangunan 1						
1	Gate Valve	5"	1	KITZ	7.200.000	7.200.000
2	Elbow 90°	5"	6	GI Elbow	568.000	3.408.000
4	Check Valve	5"	1	KITZ	6.300.000	6.300.000
TOTAL						16.908.000
Bangunan 2						
5	Gate Valve	4"	1	KITZ	6.178.000	6.178.000
6	Elbow 90°	4"	6	GI Elbow	205.000	1.230.000
8	Check Valve	4"	1	KITZ	4.150.000	4.150.000
TOTAL						11.558.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Daftar Harga Aksesoris Pipa KITZ, 2021)

Pompa yang digunakan untuk mengaliri air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank* menggunakan pompa sentrifugal GRUNDFOS 1450 RPM. Adapun ukuran tipe pompa GRUNDFOS pada bangunan 1 adalah 100 x 65 dengan daya pompa sebesar 6,5 Hp (4,77 kW), sedangkan pada bangunan 2 ukuran tipe pompa GRUNDFOS adalah sebesar 80 x 50 dengan daya pompa sebesar 3,73 Hp (2,8 kW). Sehingga rancangan biaya untuk pompa air bersih pada bangunan 1 dan 2 Gedung PKM ITERA adalah:

Bangunan 1

1 buah pompa = Rp 11.990.000

Bangunan 2

1 buah pompa = Rp 9.394.000

Rekapitulasi perhitungan BOQ dan RAB sistem perpipaan air bersih dapat dilihat pada **Tabel 31**.

Tabel 31 Rekapitulasi BOQ dan RAB sistem perpipaan air bersih

No	Uraian	Biaya (Rp)	No	Uraian	Biaya (Rp)
Bangunan 1			Bangunan 2		
1	Pipa Air Bersih	3.227.040	1	Pipa Air Bersih	2.374.560
2	Aksesoris Pipa Air Bersih	4.186.510	2	Aksesoris Pipa Air Bersih	2.343.640
3	Pipa Air Bersih GR - RT	16.275.000	3	Pipa Air Bersih GR - RT	12.075.000
4	Aksesoris Pipa Air Bersih GR - RT	16.908.000	4	Aksesoris Pipa Air Bersih GR - RT	11.558.000
5	Pompa Air Bersih	11.990.000	5	Pompa Air Bersih	9.394.000
TOTAL		52.586.550	TOTAL		37.745.200

4. Perhitungan BOQ dan RAB Sistem Perpipaan Air Buangan dan Vent

Pada sistem perpipaan air buangan dan *vent* digunakan pipa jenis PVC. Adapun perhitungan rancangan biaya pada sistem perpipaan air buangan dan *vent* adalah sebagai berikut:

A. BOQ dan RAB Pipa Air Buangan

Perhitungan rancangan biaya pipa air buangan meliputi rancangan biaya pipa air buangan dan aksesoris pipa air buangan. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 32** dan **Tabel 33**.

Tabel 32 BOQ dan RAB pipa air buangan

Pipa	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)			(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1							
Pipa Mendatar	40	PVC	26	28,55	7	80.000	560.000
	75	PVC	38	92,54	23	210.000	4.830.000
Pipa Tegak	100	PVC	3	11,8	3	320.000	960.000
TOTAL							6.350.000

Pipa	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)			(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 2							
Pipa Mendatar	40	PVC	16	18,8	5	80.000	400.000
	50	PVC	11	54,3	14	100.000	1.400.000
	75	PVC	24	27,76	7	210.000	1.470.000
Pipa Tegak	100	PVC	2	7,3	2	320.000	640.000
TOTAL							3.910.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Tabel 33 BOQ dan RAB aksesoris pipa air buangan

Jenis Aksesoris	Jenis Pipa	Diameter Pipa	Jumlah Aksesoris	Harga Satuan	Total
		(mm)	(Buah)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1					
Tee	PVC	40	26	14.300	371.800
		75	35	52.700	1.844.500
Elbow	PVC	40	13	10.600	137.800
		75	7	42.700	298.900
Reducer	PVC	75 x 40	7	19.200	134.400
Socket	PVC	40	6	8.600	51.600
		75	18	32.100	577.800
TOTAL					3.41.6800
Bangunan 2					
Tee	PVC	40	16	14.300	228.800
		50	11	22.800	250.800
		75	22	52.700	1.159.400
Elbow	PVC	40	8	10.600	84.800
		50	13	16.100	209.300
		75	2	42.700	85.400
Reducer	PVC	75 x 40	7	19.200	134.400
Socket	PVC	40	6	8.600	51.600
		75	18	32.100	577.800
TOTAL					2.782.300

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Daftar Harga Aksesoris Pipa PVC, 2021)

B. BOQ dan RAB Pipa Vent

Perhitungan rancangan biaya pipa *vent* meliputi rancangan biaya pipa *vent* dan aksesoris pipa *vent*. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada **Tabel 34** dan **Tabel 35**.

Tabel 34 BOQ dan RAB pipa vent

Pipa	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)			(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1							
Pipa Mendatar	40	PVC	26	28,55	7	80.000	560.000
	50	PVC	13	8,96	2	100.000	200.000
	65	PVC	24	32,88	8	150.000	1.200.000
	100	PVC	1	50,7	13	320.000	4.160.000
Pipa Tegak	50	PVC	3	11,8	3	100.000	300.000
TOTAL							6.420.000
Bangunan 2							
Pipa Mendatar	40	PVC	25	45,8	12	80.000	960.000
	50	PVC	8	5,84	2	100.000	200.000
	65	PVC	18	49,22	12	150.000	1.800.000
Pipa Tegak	50	PVC	2	7,3	2	100.000	200.000
TOTAL							3.160.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Tabel 35 BOQ dan RAB aksesoris pipa vent

Jenis Aksesoris	Jenis Pipa	Diameter Pipa	Jumlah Aksesoris	Harga Satuan	Total
		(mm)	(Buah)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1					
Tee	PVC	40	26	14.300	371.800
		50	13	22.800	296.400
		65	17	37.200	632.400
		100	2	105.200	210.400
Elbow	PVC	40	13	10.600	137.800
		65	6	25.500	153.000
		100	2	79.000	158.000
Socket	PVC	40	6	8.600	51.600
		65	6	22.300	133.800
		100	12	63.600	763.200
Reducer	PVC	50 x 40	7	11.800	82.600
		65 x 50	6	18.500	111.000
		100 x 50	1	55.100	55.100
TOTAL					3.157.100

Jenis Aksesoris	Jenis Pipa	Diameter Pipa	Jumlah Aksesoris	Harga Satuan	Total
		(mm)	(Buah)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 2					
Tee	PVC	40	24	14.300	343.200
		50	10	22.800	228.000
		65	13	37.200	483.600
Elbow	PVC	40	18	10.600	190.800
		50	2	16.100	32.200
		65	3	25.500	76.500
Socket	PVC	40	10	8.600	86.000
		65	9	22.300	200.700
Reducer	PVC	50 x 40	4	11.800	47.200
		65 x 40	1	17.100	17.100
		65 x 50	4	18.500	74.000
TOTAL					1.779.300

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Daftar Harga Aksesoris Pipa PVC, 2021)

C. BOQ dan RAB *Septic Tank*

Dari hasil perhitungan *septic tank* yang dapat dilihat pada **Lampiran 2**, didapatkan hasil dimensi sebagai berikut:

Bangunan 1

Panjang = 10 m

Lebar = 5 m

Tinggi = 6,85 m

Septic tank direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

a. Volume galian

$$\begin{aligned}
 \text{Volume galian} &= p \times l \times t \\
 &= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 6,85 \text{ m} \\
 &= 342,5 \text{ m}^3 \\
 &= 343 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

b. Volume beton yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 \text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times t \times \text{tebal dinding}) \\
 &= 2 (10 \times 5 \times 0,25) + 2 (10 \times 6,85 \times 0,25) + 2 (5 \times 6,85 \times 0,25)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 25 \text{ m}^3 + 34,25 \text{ m}^3 + 17,13 \text{ m}^3 \\
&= 76,38 \text{ m}^3 \\
&= 76 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

c. Tanah yang harus digali

$$\begin{aligned}
\text{Tanah yang harus digali} &= \text{Volume galian} + \text{Volume beton} \\
&= 343 \text{ m}^3 + 76 \text{ m}^3 \\
&= 419 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume galian tanah, sehingga dalam pembuatan *septic tank* pada bangunan 1 tanah yang harus digali adalah sebesar 419 m³. Volume beton yang dibutuhkan dalam pembuatan *septic tank* adalah sebesar 76 m³ dengan perbandingan bahan campuran dalam beton adalah 1 : 3 : 5 yaitu pasir : semen : kerikil, sehingga:

$$\begin{aligned}
\text{Bahan pasir} &= \frac{1}{9} \times 76 \text{ m}^3 \\
&= 8,5 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bahan semen} &= \frac{3}{9} \times 76 \text{ m}^3 \\
&= 25,4 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bahan kerikil} &= \frac{5}{9} \times 76 \text{ m}^3 \\
&= 42,3 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Bangunan 2

$$\text{Panjang} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4,96 \text{ m}$$

Septic tank direncanakan menggunakan beton dengan ketebalan dinding sebesar 25 cm. Sehingga:

a. Volume galian

$$\begin{aligned}
\text{Volume galian} &= p \times l \times t \\
&= 10 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 4,96 \text{ m} \\
&= 248 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

b. Volume beton yang dibutuhkan

$$\begin{aligned}
\text{Volume beton} &= 2 (p \times l \times \text{tebal dinding}) + 2 (p \times t \times \text{tebal dinding}) + 2 (l \times t \times \text{tebal dinding})
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2 (10 \times 5 \times 0,25) + 2 (10 \times 4,96 \times 0,25) + 2 (5 \times 4,96 \times 0,25) \\
&= 25 \text{ m}^3 + 24,8 \text{ m}^3 + 12,4 \text{ m}^3 \\
&= 62,2 \text{ m}^3 \\
&= 62 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

c. Tanah yang harus digali

$$\begin{aligned}
\text{Tanah yang harus digali} &= \text{Volume galian} + \text{Volume beton} \\
&= 248 \text{ m}^3 + 62 \text{ m}^3 \\
&= 310 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut didapat volume galian tanah, sehingga dalam pembuatan *septic tank* pada bangunan 2 tanah yang harus digali adalah sebesar 310 m³. Volume beton yang dibutuhkan dalam pembuatan *septic tank* adalah sebesar 62 m³ dengan perbandingan bahan campuran dalam beton adalah 1 : 3 : 5 yaitu pasir : semen : kerikil, sehingga:

$$\begin{aligned}
\text{Bahan pasir} &= \frac{1}{9} \times 62 \text{ m}^3 \\
&= 6,9 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bahan semen} &= \frac{3}{9} \times 62 \text{ m}^3 \\
&= 20,7 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Bahan kerikil} &= \frac{5}{9} \times 62 \text{ m}^3 \\
&= 34,5 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Tabel 36 BOQ dan RAB *septic tank*

No	Jenis Bangunan	Bahan	Jenis Bahan	Volume Hitung	Harga/m³	Total
				(m³)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1						
1	Septic Tank	Pasir	Pasir Beton	8,5	225.000	1.912.500
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	25,4	1.400.000	35.560.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	42,3	250.000	10.575.000
TOTAL						48.047.500
Bangunan 2						
2	Septic Tank	Pasir	Pasir Beton	6,9	225.000	1.552.500
		Semen	Semen Portland (PC @50 Kg)	20,7	1.400.000	28.980.000
		Kerikil	Kerikil Kasar	34,5	250.000	8.625.000
TOTAL						39.157.500

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Tabel 37 Rekapitulasi BOQ dan RAB sistem air buangan dan vent

No	Uraian	Biaya (Rp)	No	Uraian	Biaya (Rp)
Bangunan 1			Bangunan 2		
1	Pipa Air Buangan	6.350.000	1	Pipa Air Buangan	3.910.000
2	Aksesoris Pipa Air Buangan	3.416.800	2	Aksesoris Pipa Air Buangan	2.782.300
3	Pipa Vent	6.420.000	3	Pipa Vent	3.160.000
4	Aksesoris Pipa Vent	3.157.100	4	Aksesoris Pipa Vent	1.779.300
5	Septic Tank	48.047.500	5	Septic Tank	39.157.500
TOTAL		67.391.400	TOTAL		50.789.100

5. Perhitungan BOQ dan RAB Sistem Pencegahan Kebakaran

Perhitungan rancangan biaya pada sistem pencegahan kebakaran pada Gedung PKM ITERA meliputi rancangan biaya *hydrant*, rancangan biaya sistem *sprinkler*, dan pompa sistem pencegahan kebakaran adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

A. BOQ dan RAB Sistem Hydrant

Jumlah *hydrant* pada bangunan 1 adalah 2 buah dan pada bangunan 2 adalah 2 buah, harga untuk satu unit *hydrant* adalah sebesar Rp 4.855.000 sehingga:

- Bangunan 1:
 $2 \times \text{Rp } 4.855.000 = \text{Rp } 9.710.000$
- Bangunan 2:
 $2 \times \text{Rp } 4.855.000 = \text{Rp } 9.710.000$

B. BOQ dan RAB Sistem Sprinkler

Pada sistem perpipaan sprinkler digunakan pipa jenis pipa galvanis, hal ini dikarenakan pipa galvanis merupakan pipa yang biasa digunakan untuk sistem *sprinkler*. Adapun perhitungan rancangan biaya sistem *sprinkler* dapat dilihat pada **Tabel 38**.

Tabel 38 BOQ dan RAB sistem *sprinkler*

Jenis	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 6 meter	Total
	(mm)			(m)	(6 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1							
Pipa	32	Galvanis	2	16,7	3	370.000	1.110.000
	40		2	15,2	3	460.000	1.380.000
	50		3	22,8	4	580.000	2.320.000
	65		7	85,5	14	925.000	12.950.000
	75		9	80,8	14	1.205.000	16.870.000

Jenis	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Jumlah Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 6 meter	Total
	(mm)			(m)			
<i>Sprinkler</i>					47	54.600	2.566.200
TOTAL							37.196.200
Bangunan 2							
Pipa	32	Galvanis	2	16,7	3	370.000	1.110.000
	40		2	15,2	3	460.000	1.380.000
	50		4	30,4	5	580.000	2.900.000
	65		7	85,5	14	925.000	12.950.000
	75		6	66,1	11	1.205.000	13.255.000
<i>Sprinkler</i>					46	5.4600	2.511.600
TOTAL							34.106.600

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

C. BOQ dan RAB Pompa Sistem Pencegahan Kebakaran

Dalam perencanaan pompa sistem pencegahan kebakaran, digunakan pipa jenis baja Galvanis Iron (GI) untuk mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju pipa tegak. Digunakan pipa jenis GI dikarenakan agar pipa dapat bertahan lebih lama apabila mengalami tekanan yang besar. Adapun perhitungan biaya pada sistem pemompaan pencegahan kebakaran adalah sebagai berikut:

Tabel 39 BOQ dan RAB pipa dari *ground reservoir* menuju pipa tegak

NO	Diameter	L Pipa Total	Jenis Pipa	L/ Batang	Jumlah Batang	Harga / Batang	Total
	(inchi)	(m)		(m)	(buah)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1							
1	5''	20,3	GI SCH40	6	3	2.325.000	6.975.000
Bangunan 2							
2	4''	15,8	GI SCH40	6	3	1.725.000	5.175.000
TOTAL							12.150.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Rancangan biaya untuk aksesoris pipa dari *ground reservoir* menuju pipa tegak dapat dilihat pada **Tabel 40**.

Tabel 40 BOQ dan RAB aksesoris pipa dari *ground reservoir* menuju pipa tegak

No	Aksesoris	Diameter	Jumlah Aksesoris	Jenis	Harga Satuan	Total
		(inchi)	(buah)		(Rp)	(Rp)
Bangunan 1						
1	Gate Valve	5"	1	KITZ	7.200.000	7.200.000
2	Elbow 90°	5"	3	GI Elbow	568.000	1.704.000
4	Check Valve	5"	1	KITZ	6.300.000	6.300.000
TOTAL						15.204.000
Bangunan 2						
5	Gate Valve	4"	1	KITZ	6.178.000	6.178.000
6	Elbow 90°	4"	3	GI Elbow	205.000	615.000
8	Check Valve	4"	1	KITZ	4.150.000	4.150.000
TOTAL						10.943.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Daftar Harga Aksesoris Pipa KITZ, 2021)

Pompa yang digunakan untuk mengaliri air dari *ground reservoir* menuju sistem pencegahan kebakaran menggunakan pompa sentrifugal GRUNDFOS 1450 RPM. Adapun ukuran tipe pompa GRUNDFOS pada bangunan 1 adalah 125 x 100 dengan daya pompa sebesar 10,27 Hp (7,66 kW), sedangkan pada bangunan 2 ukuran tipe pompa GRUNDFOS adalah sebesar 80 x 50 dengan daya pompa sebesar 3,87 Hp (2,89 kW). Sehingga rancangan biaya untuk pompa air bersih pada bangunan 1 dan 2 Gedung PKM ITERA adalah:

Bangunan 1

1 buah pompa = Rp 16.000.000

Bangunan 2

1 buah pompa = Rp 9.394.000

Rekapitulasi perhitungan BOQ dan RAB sistem pencegahan kebakaran dapat dilihat pada **Tabel 41**.

Tabel 41 Rekapitulasi BOQ dan RAB sistem pencegahan kebakaran

No	Uraian	Biaya (Rp)	No	Uraian	Biaya (Rp)
Bangunan 1			Bangunan 2		
1	Hydrant	9.710.000	1	Hydrant	9.710.000
2	Sistem Sprinkler	37.196.200	2	Sistem Sprinkler	34.106.600
3	Pipa dari GR - Pipa Tegak	6.975.000	3	Pipa dari GR - Pipa Tegak	5.175.000
4	Aksesoris Pipa dari GR - Pipa Tegak	15.204.000	4	Aksesoris Pipa dari GR - Pipa Tegak	10.943.000
5	Pompa	16.000.000	5	Pompa	9.394.000
TOTAL		85.085.200	TOTAL		69.328.600

6. Perhitungan BOQ dan RAB Sistem Pemanenan Air Hujan

Rencana anggaran biaya istem pemanenan air hujan pada Gedung PKM ITERA meliputi sistem perpipaan air hujan dan bak penampung air hujan. Adapun perhitungan BOQ dan RAB sistem pemanenan air hujan dapat dilihat pada **Tabel 42**.

Tabel 42 BOQ dan RAB pipa air hujan

Jenis	Diameter Pipa	Jenis Pipa	Panjang Pipa	Jumlah Pipa Satuan	Harga / 4 meter	Total
	(mm)		(m)	(4 m/satuan)	(Rp)	(Rp)
Bangunan 1						
Talang Air Hujan	250	PVC	146,6	37	150.000	5.550.000
Pipa Tegak	200	PVC	4,62	3	1.225.000	3.675.000
Pipa Datar	200	PVC	6,9			
TOTAL						9.225.000
Bangunan 2						
Talang Air Hujan	250	PVC	166,9	42	150.000	6.300.000
Pipa Tegak	200	PVC	0,5	2	1.225.000	2.450.000
Pipa Datar	200	PVC	6,9			
TOTAL						8.750.000

(Sumber: Hasil Perhitungan dan Harga Satuan Bahan dan Upah Lampung Selatan Semester II Tahun 2020)

Bak Penampung:

Bak penampung air hujan yang digunakan adalah tangki tipe penguin TB1000 dengan kapasitas penampungan sebesar 11.000 liter, sehingga:

- Bak penampung untuk bangunan 1 (1 buah) = Rp 32.000.000
- Bak penampung untuk bangunan 2 (1 buah) = Rp 32.000.000

Tabel 43 Rekapitulasi BOQ dan RAB pipa air hujan

No	Uraian	Biaya (Rp)	No	Uraian	Biaya (Rp)
Bangunan 1			Bangunan 2		
1	Sistem Perpipaan Air Hujan	9.225.000	1	Sistem Perpipaan Air Hujan	8.750.000
2	Bak Penampung	32.000.000	2	Bak Penampung	3.2000.000
TOTAL		41.225.000	TOTAL		40.750.000

7. Perhitungan Biaya Upah Tenaga Kerja

Perhitungan biaya upah tenaga kerja meliputi pembangunan *ground reservoir* dan *roff tank*, pemasangan alat plambing dan sistem perpipaan, dan pembangunan *septic tank*. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

A. Pembangunan *Ground Reservoir* dan *Roof Tank*

Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pembangunan *ground reservoir* dan *roof tank* adalah sebanyak 20 pekerja dan 4 mandor. Waktu perkerjaan dijadwalkan selama 7 hari untuk pembangunan *ground reservoir* dan *roof tank* pada bangunan 1 dan bangunan 2. Upah yang didapatkan untuk pekerja sebesar Rp 120.000/orang/hari dan untuk mandor sebesar Rp 155.000/orang/hari. Adapun perhitungan secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

- Total upah pekerja = 20 orang x 7 hari x Rp 120.000/orang/hari
= Rp 16.800.000
- Total upah mandor = 4 orang x 7 hari x Rp 155.000/orang/hari
= Rp 4.340.000

Sehingga total upah tenaga kerja untuk pembangunan *ground reservoir* dan *roof tank* pada bangunan 1 dan bangunan 2 sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total upah tenaga kerja} &= \text{Rp } 16.800.000 + \text{Rp } 4.340.000 \\ &= \text{Rp } 21.140.000\end{aligned}$$

B. Pemasangan Alat Plambing dan Sistem Perpipaan

Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pemasangan alat plambing dan sistem perpipaan adalah 100 pekerja dan 10 mandor. Waktu pekerjaan dijadwalkan selama 30 hari untuk pemasangan alat plambing dan sistem perpipaan pada bangunan 1 dan bangunan 2. Upah yang didapatkan untuk pekerja sebesar Rp 120.000/orang/hari dan untuk mandor sebesar Rp 155.000/orang/hari. Adapun perhitungan secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

- Total upah pekerja = 100 orang x 30 hari x Rp 120.000/orang/hari
= Rp 360.000.000
- Total upah mandor = 10 orang x 30 hari x Rp 155.000/orang/hari
= Rp 46.500.000

Sehingga total upah tenaga kerja untuk pemasangan alat plambing dan sistem perpipaan pada bangunan 1 dan bangunan 2 sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total upah tenaga kerja} &= \text{Rp } 360.000.000 + \text{Rp } 46.500.000 \\ &= \text{Rp } 406.500.000\end{aligned}$$

C. Pembangunan *Septic Tank*

Jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk pembangunan *septic tank* adalah sebanyak 10 pekerja dan 2 mandor. Waktu perkerjaan dijadwalkan selama 7 hari untuk pembangunan *septic tank* pada bangunan 1 dan bangunan 2. Upah yang didapatkan untuk pekerja sebesar Rp 120.000/orang/hari dan untuk mandor sebesar Rp 155.000/orang/hari. Adapun perhitungan secara keseluruhan adalah sebagai berikut:

- Total upah pekerja = 10 orang x 7 hari x Rp 120.000/orang/hari
= Rp 8.400.000
- Total upah mandor = 2 orang x 7 hari x Rp 155.000/orang/hari
= Rp 2.170.000

Sehingga total upah tenaga kerja untuk pembangunan *septic tank* pada bangunan 1 dan bangunan 2 sebesar:

$$\begin{aligned}\text{Total upah tenaga kerja} &= \text{Rp } 8.400.000 + \text{Rp } 2.170.000 \\ &= \text{Rp } 10.570.000\end{aligned}$$

Tabel 44 Rekapitulasi biaya upah tenaga kerja

No	Uraian	Biaya (Rp)
1	Pembuatan GR dan RT	21.140.000
2	Pemasangan Alat Plambing dan Sistem Perpipa	406.500.000
3	Pembuatan <i>Septic Tank</i>	10.570.000
TOTAL		438.210.000

8. Rekapitulasi RAB

Setelah dilakukan perhitungan masing-masing BOQ dan RAB pada bangunan 1 dan bangunan 2, dilakukan perhitungan biaya keseluruhan yang dibutuhkan dalam perencanaan sistem plambing pada Gedung PKM ITERA. Adapun rincian keseluruhan biaya yang dibutuhkan dapat dilihat pada **Tabel 45**.

Tabel 45 Rekapitulasi biaya total perencanaan sistem plambing

No	Uraian	Biaya (Rp)	No	Uraian	Biaya (Rp)
Bangunan 1			Bangunan 2		
1	Alat Plambing	100.431.500	1	Alat Plambing	97.693.800
2	Ground Reservoir	13.265.000	2	Ground Reservoir	10.190.000
3	Roof Tank	6.452.500	3	Roof Tank	7.590.000
4	Sistem Perpipaan Air Bersih	52.586.550	4	Sistem Perpipaan Air Bersih	37.745.200
5	Sistem Perpipaan Air Buangan dan Vent	67.391.400	5	Sistem Perpipaan Air Buangan dan Vent	50.789.100
6	Sistem Pencegahan Kebakaran	85.085.200	6	Sistem Pencegahan Kebakaran	69.328.600
7	Sistem Pemanenan Air Hujan	41.225.000	7	Sistem Pemanenan Air Hujan	40.750.000
TOTAL		366.437.150	TOTAL		314.086.700
8	Upah Tenaga Kerja	438.210.000			
TOTAL KESELURUHAN					1.118.733.850

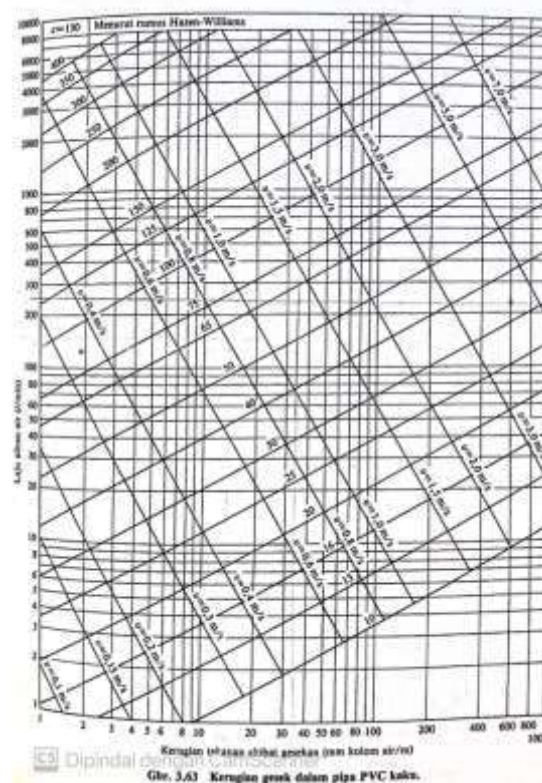
Dari perhitungan yang telah dilakukan pada **Tabel 45** terlihat bahwa total biaya yang dibutuhkan dalam perencanaan sistem plambing pada Gedung PKM ITERA adalah **Rp 1.118.733.850**, terbilang: **Satu Milyar Seratus Delapan Belas Juta Tujuh Ratus Tiga Puluh Tiga Ribu Delapan Ratus Lima Puluh Rupiah.**

LAMPIRAN 6

Tabel 46 Unit Beban Alat Plumbing [6]

No.	Unit beban alat plumbing	Pribadi	Umum
1.	Bak mandi	2	4
2.	<i>Bedpan washer</i>	-	10
3.	Bidet	2	4
4.	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	3	-
5.	Unit dental atau peludahan	-	1
6.	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	1	2
7.	Pancaran air minum	1	2
8.	Bak cuci tangan	1	2
9.	Bak cuci dapur	2	2
10.	Bak cuci pakaian (1 atau 2 kompartemen)	2	4
11.	Dus, setiap kepala	2	4
12.	<i>Service sink</i>	2	4
13.	Peturasan pedestal berkaki	-	10
14.	Peturasan, <i>wall lip</i>	-	5
15.	Peturasan, Palung	-	5
16.	Peturasan dengan tangki glontor	-	3
17.	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
18.	Kloset dengan katup glontor	6	10
19.	Kloset dengan tangki glontor	3	5

Grafik Kerugian Gesek Dalam Pipa PVC Kaku [8]



Tabel 47 Panjang Ekvivalen Untuk Katup dan Perlengkapan Lainnya [8]

Diameter nominal (mm)	Panjang ekivalen (m)							
	Belokan 90°	Belokan 45°	T-90° aliran cabang	T-90° aliran lurus	Katup sorong	Katup bola	Katup sudut	Katup satu arah
15	0,60	0,36	0,90	0,18	0,12	4,5	2,4	1,2
20	0,75	0,45	1,2	0,24	0,15	6,0	3,6	1,6
25	0,90	0,54	1,5	0,27	0,18	7,5	4,5	2,0
32	1,2	0,72	1,8	0,36	0,24	10,5	5,4	2,5
40	1,5	0,90	2,1	0,45	0,30	13,5	6,6	3,1
50	2,1	1,2	3,0	0,60	0,39	16,5	8,4	4,0
65	2,4	1,5	3,6	0,75	0,48	19,5	10,2	4,6
80	3,0	1,8	4,5	0,90	0,63	24,0	12,0	5,7
100	4,2	2,4	6,3	1,2	0,81	37,5	16,5	7,6
125	5,1	3,0	7,5	1,5	0,99	42,0	21,0	10,0
150	6,0	3,6	9,0	1,8	1,2	49,5	24,0	12,0
200	6,5	3,7	14,0	4,0	1,4	70,0	33,0	15,0
250	8,0	4,2	20,0	5,0	1,7	90,0	43,0	19,0

LAMPIRAN 7

Tabel 48 Kehilangan tekanan untuk pipa pembagi pada *sprinkler* [12]

Ukuran Pipa (mm)	Kehilangan Tekanan 10^{-3} atm/m Panjang Pipa	
Kolom 1	Kolom2	Kolom 3
25	44	200
32	12	51
40	5,5	25
50	1,7	7,8
65	0,49	2,2

Tabel 49 Pipa *schedule* I untuk jenis *light hazard* dengan bahan pipa baja

Diameter Pipa (Inchi)	Diameter Pipa (mm)	Jumlah Sprinkler
1	25	2
1 ¼	32	3
1 ½	40	5
2	50	10
2 ½	65	30
3	75	60
3 ½	100	100

LAMPIRAN 8

Tabel 50 Data Curah Hujan Lampung Selatan (BMKG Radin Inten II)

No	Tahun	Curah Hujan (I)
		(mm/tahun)
1	2011	98
2	2012	95,2
3	2013	161
4	2014	102
5	2015	78,7
6	2016	96
7	2017	87,5
8	2018	115,5
9	2019	93
10	2020	89

Tabel 51 Koefisien run off

Tata Guna Lahan	C	Tata Guna Lahan	C
Rerumputan:		Industri:	
Tanah pasir, datar	0,50 - 0,10	Daerah ringan	0,50 - 0,80
Tanah pasir, sedang	0,10 - 0,15	Daerah berat	0,60 - 0,90
Tanah pasir, curam	0,15 - 0,20	Taman kuburan	0,10 - 0,25
Tanah gemuk, datar	0,13 - 0,17	Tempat bermain	0,20 - 0,35
Tanah gemuk, sedang	0,18 - 0,22	Halaman kereta api	0,20 - 0,40
Tanah gemuk, curam	0,25 - 0,35	Daerah tidak dikerjakan	0,10 - 0,30
Perdagangan:		Jalan:	
Daerah kota lama	0,75 - 0,95	Beraspal	0,70 - 0,95
Daerah pinggiran	0,50 - 0,70	Beton	0,80 - 0,95
Perumahan:		Batu	0,70 - 0,85
Daerah <i>single family</i>	0,30 - 0,50	Atap	0,75 - 0,95
Multi unit terpisah	0,40 - 0,60		
Suburban	0,25 - 0,40		
Daerah apartment	0,50 - 0,70		

LAMPIRAN 9

Tabel 52 Beban maksimum yang diijinkan untuk talang atap (dalam m²luas atap) [9]

Ukuran Pipa mm	Pipa tegak air hujan	Pipa datar pembuangan air hujan			Talang atap datar terbuka			
		Kemiringan			Kemiringan			
		1%	2%	4%	½%	1%	2%	4%
50	63							
65	120							
80	200	75	105	150	15	20	30	40
100	425	170	245	345	30	45	65	90
125	800	310	435	620	55	80	115	160
150	1290	490	700	990	85	125	175	250
200	2690	1065	1510	2135	180	260	365	520
250		1920	2710	3845	330	470	665	945
300		3090	4365	6185				
350		5525	7800	11055				

CATATAN Tabel ini berdasarkan pada curah hujan 100 mm per jam. Bila curah hujan lebih besar, nilai luas pada tabel tersebut diatas harus disesuaikan dengan cara mengalikan nilai tersebut dengan 10 dibagi dengan kelebihan curah hujan dalam mm perjam.

Pipa tegak air hujan yang tidak berbentuk pipa (selinder), maka dapat berbentuk lain asalkan pipa tersebut dapat masuk kedalam penampang bentuk lain tersebut. Talang atap yang tidak berbentuk setengah lingkaran harus mempunyai penampang luas yang sama.

LAMPIRAN 10

Dimensi Tangki Air Tipe Penguin



Tipe	TB 400	TB 500	TB 800	TB 1000	TB 1600	TB 2000	TB 3000
Kapasitas	4.100 ltr	5.100 ltr	8.000 ltr	11.000 ltr	16.000 ltr	19.800 ltr	30.000 ltr
Tebal Dinding	12 – 18 mm	12 – 18 mm	15 – 20 mm	15 – 20 mm	15 – 20 mm	15 – 22 mm	15 – 22 mm
Inlet	1½ inch	1½ inch	2 inch	2 inch	3 inch	3 inch	3 inch
Outlet Bulkhead	1½ inch	1½ inch	–	–	–	–	–
Outlet Flange	–	–	2 inch	2 inch	3 inch	3 inch	3 inch
Drain Bulkhead	1½ inch	1½ inch	–	–	–	–	–
Drain Flange			2 inch	2 inch	2 inch	2 inch	2 inch
Aksesoris	el, Union Adaptor, Single Valve		Oto Level				
Berat							
Harga Tangki Air/Kimia	115 Kg	152 Kg	269 Kg	333 Kg	492.5Kg	659.5Kg	960.5 Kg
	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.
Berat	10.500.000	14.000.000	26.000.000	32.000.000	47.500.000	63.000.000	122.000.000
Harga Tangki Air	100 Kg	116.5 Kg	217.5Kg	327.5 Kg	488 Kg	647 Kg	928 Kg
	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.	Rp.
	9.300.000	11.000.000	20.000.000	30.000.000	45.000.000	60.000.000	115.000.000

(spesifikasi tangki penguin)

LAMPIRAN GAMBAR



Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- - - Batas Bangunan

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

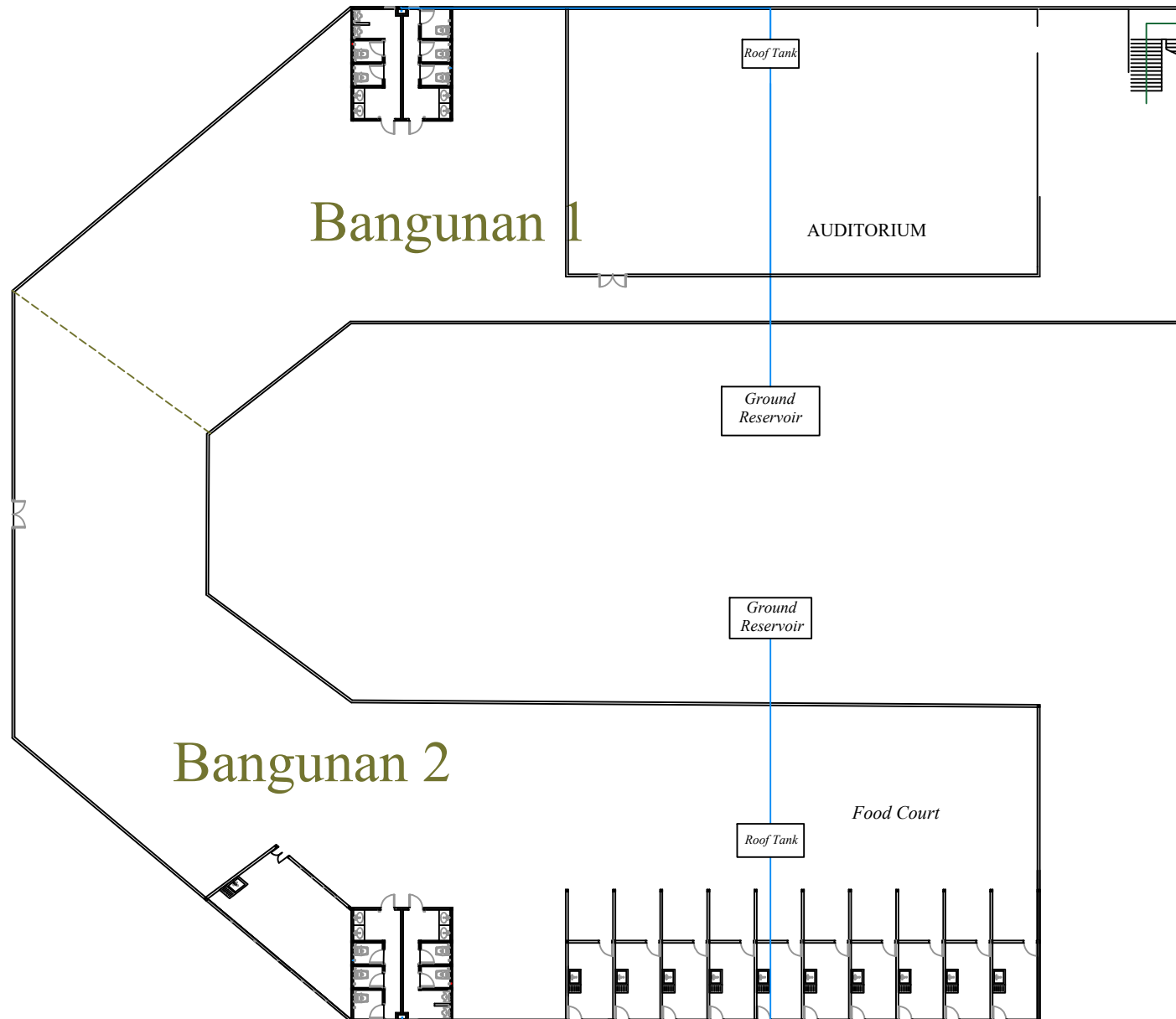
Jalur Air Bersih Dari
Ground Reservoir
menuju Pipa Tegak Lantai 1

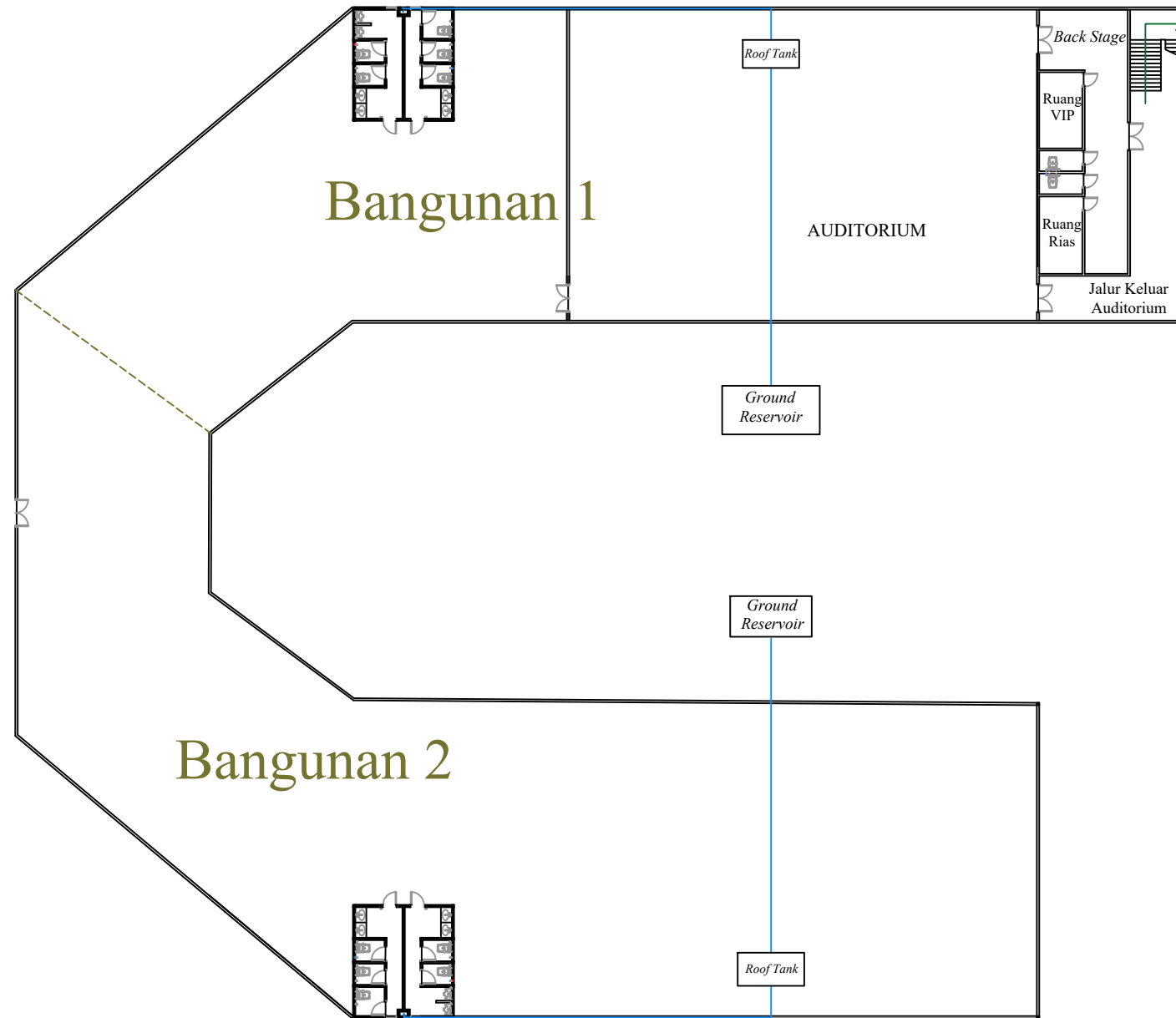
Skala

1 : 400

No

1





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- Batas Bangunan

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona
25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T
Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

Jalur Air Bersih Dari
Ground Reservoir
menuju Pipa Tegak
Lantai 2

Skala

1 : 400

No

2



Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- - - Batas Bangunan
- Atap

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

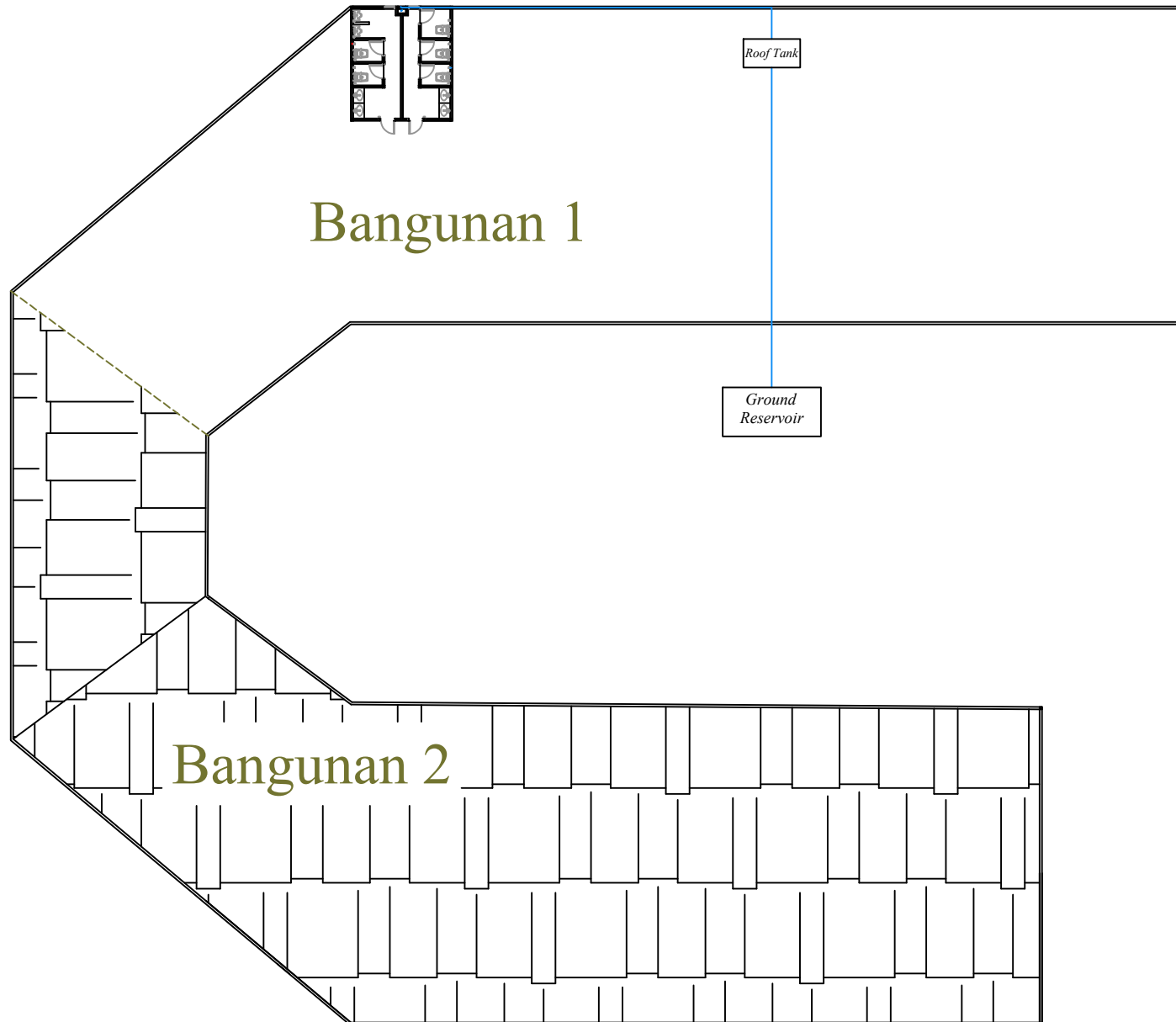
Jalur Air Bersih Dari
Ground Reservoir
menuju Pipa Tegak Lantai 3

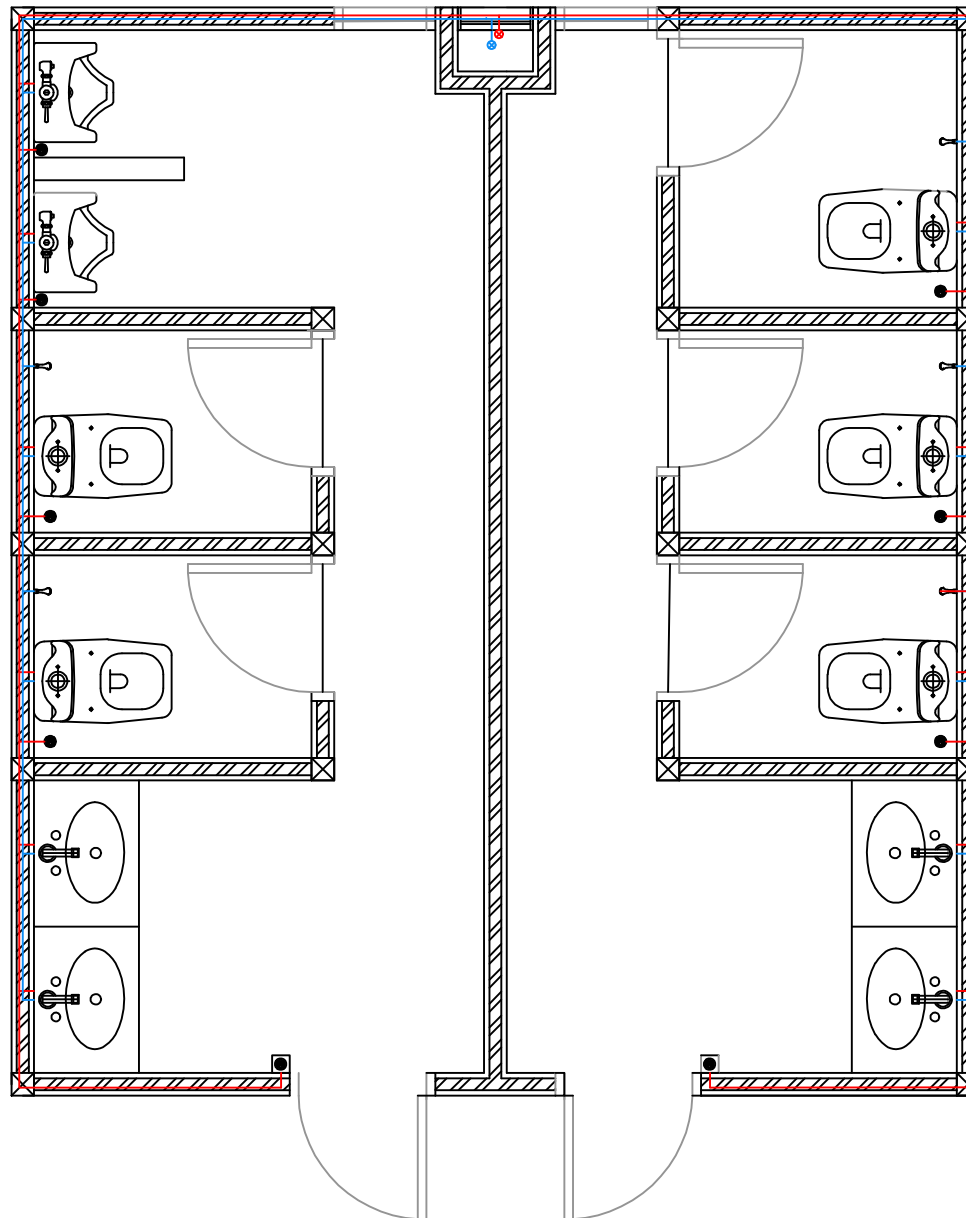
Skala

1 : 400

No

3





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

— Pipa Air Bersih
— Pipa Air Buangan



Water
Closet

Kran



Urinoir

Floor
Drain



Lavatory

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

Ruang Saniter

Skala

1 : 50

No

4



Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
— Pipa Air Buangan
 Sink Cuci Dapur

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

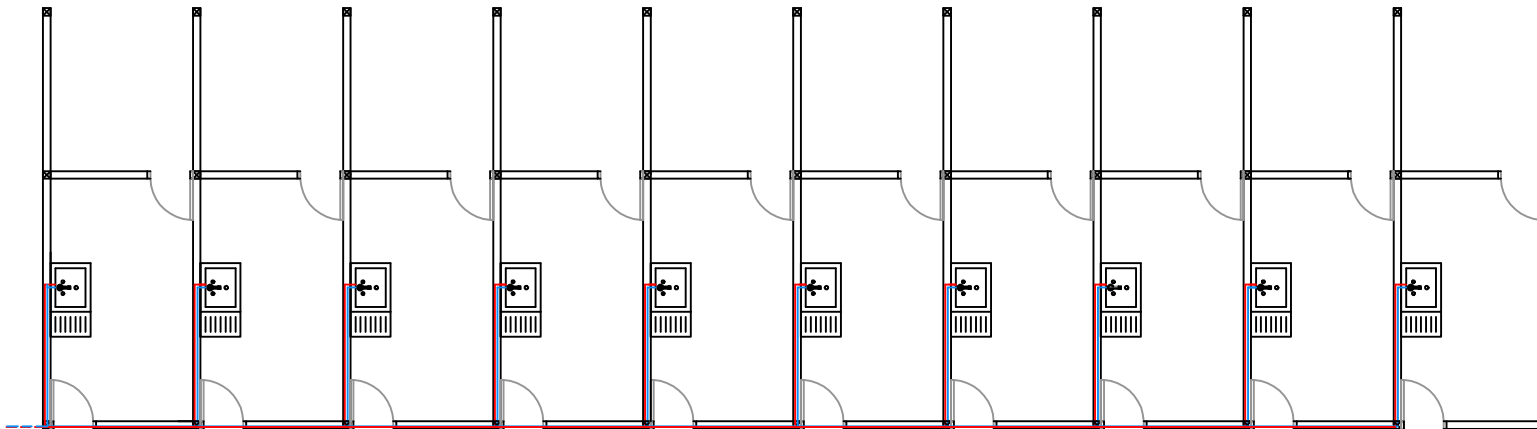
Dapur *Food Court*

Skala

1 : 150

No

5





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

-  Pipa Air Bersih
-  Lavatory
-  Water Closet
-  Kran
-  Urinoir
-  Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

Isometri Pipa Air Bersih
Bangunan 1

Skala

-

No

6

Roof
Tank

A

B

C

D

Sistem 2

Sistem 1

Sistem 5

Sistem 4

Sistem 7

Sistem 6

Sistem 3



Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- Lavatory
- Water Closet
- Kran
- Urinoir
- Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

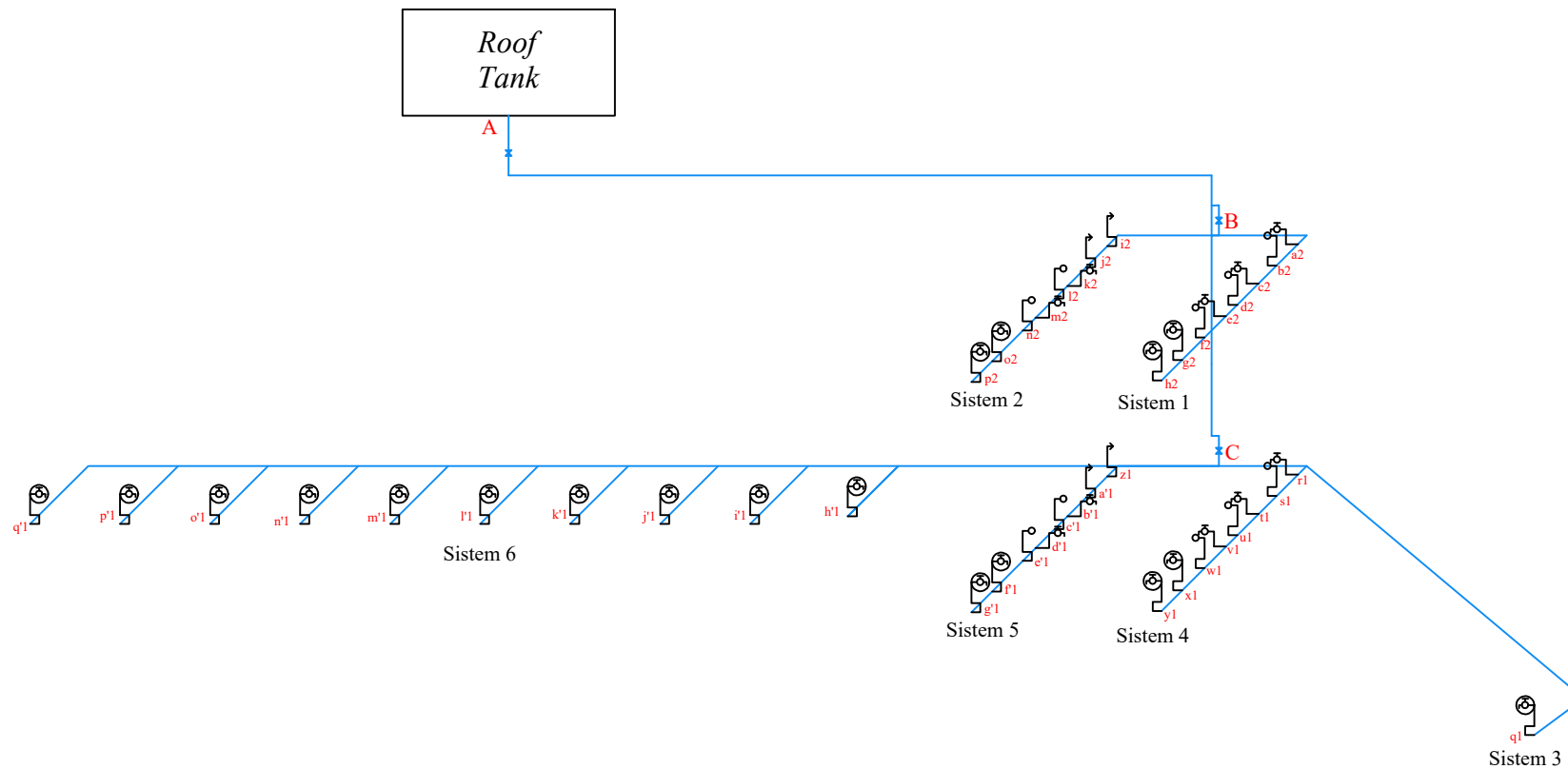
Isometri Pipa Air Bersih
Bangunan 2

Skala

-

No

7





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

— Pipa Air Bersih

⊗ Pompa

▽ Muka Air

⊗ Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

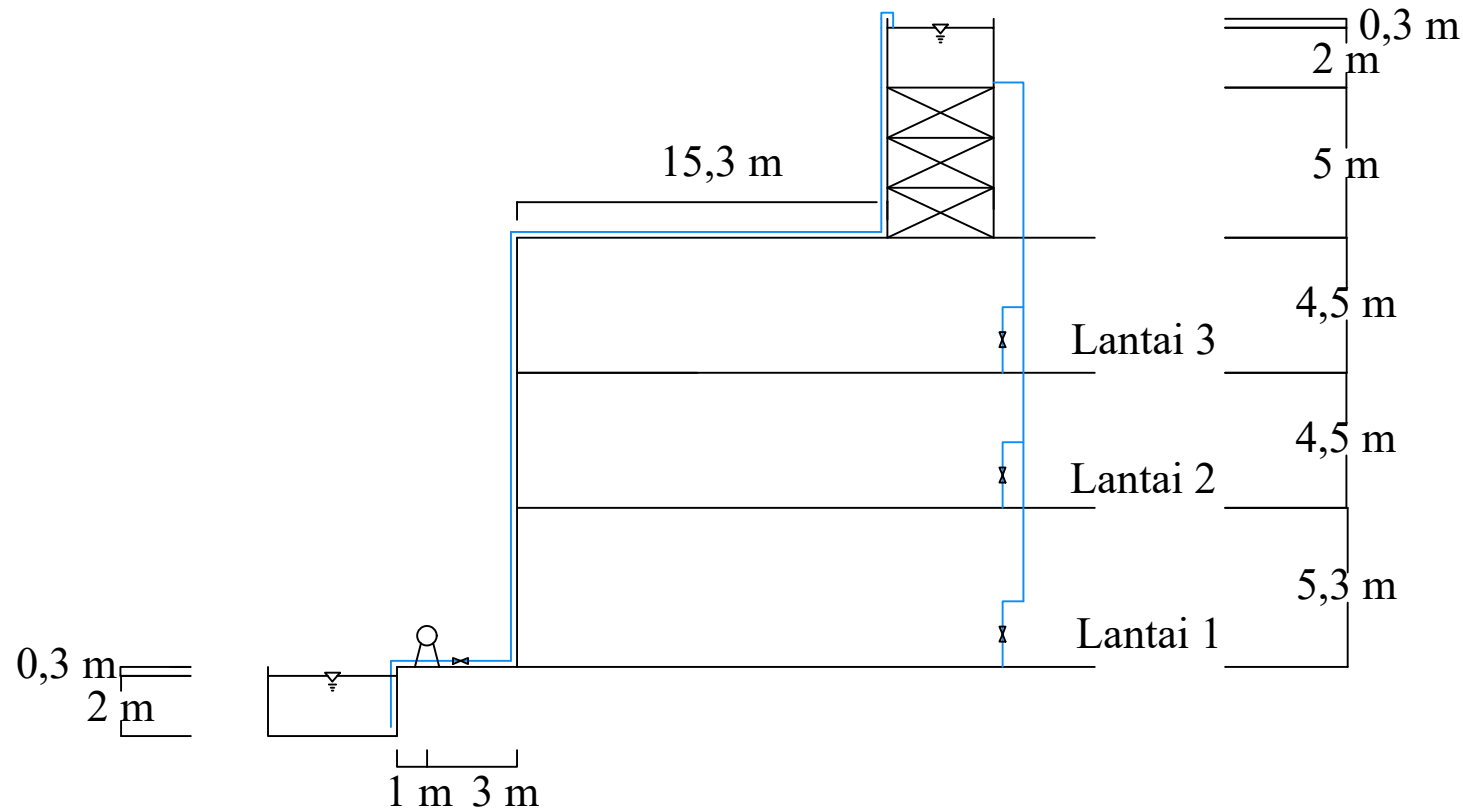
Sistem Pemompaan Air Bersih
Bangunan 1

Skala

-

No

8





Legenda

- Pipa Air Bersih
- ⊙ Pompa
- ▽ Muka Air
- ⊗ Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona
25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T
Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

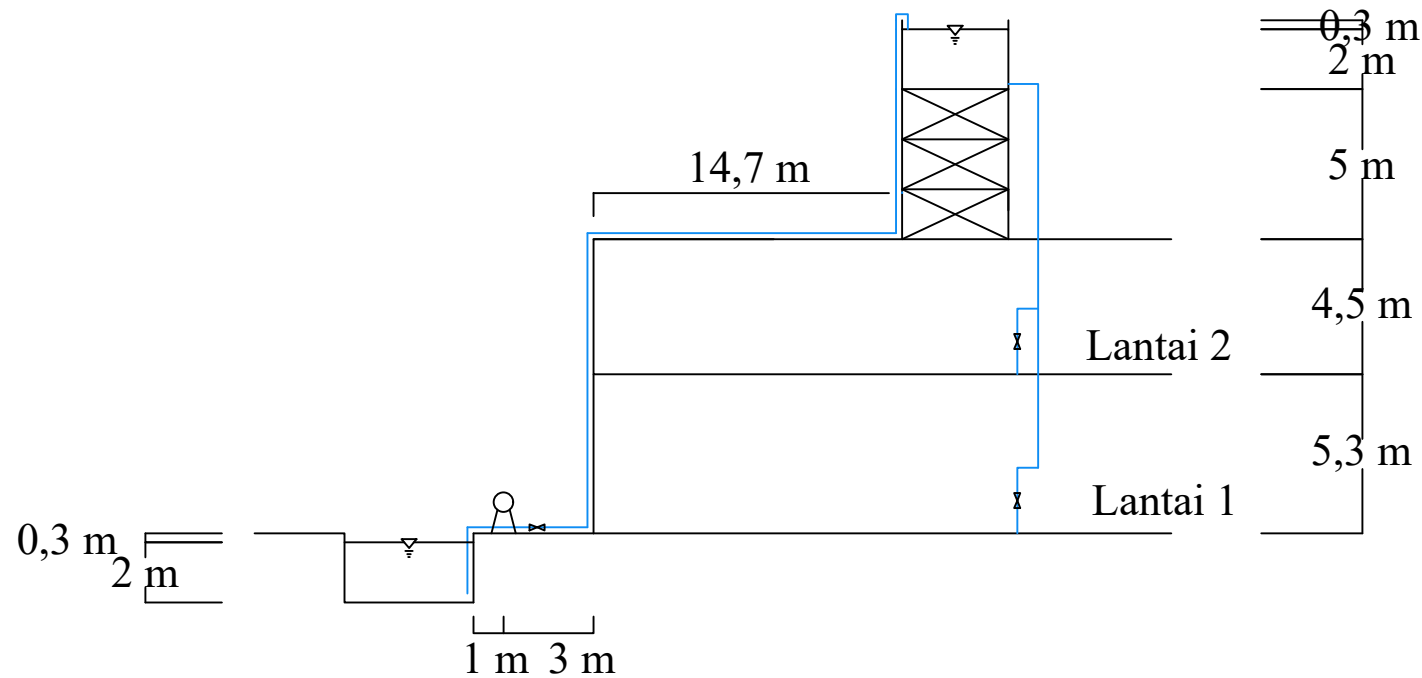
Sistem Pemompaan Air Bersih
Bangunan 2

Skala

-

No

9





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Buangan
- - - Batas Bangunan

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

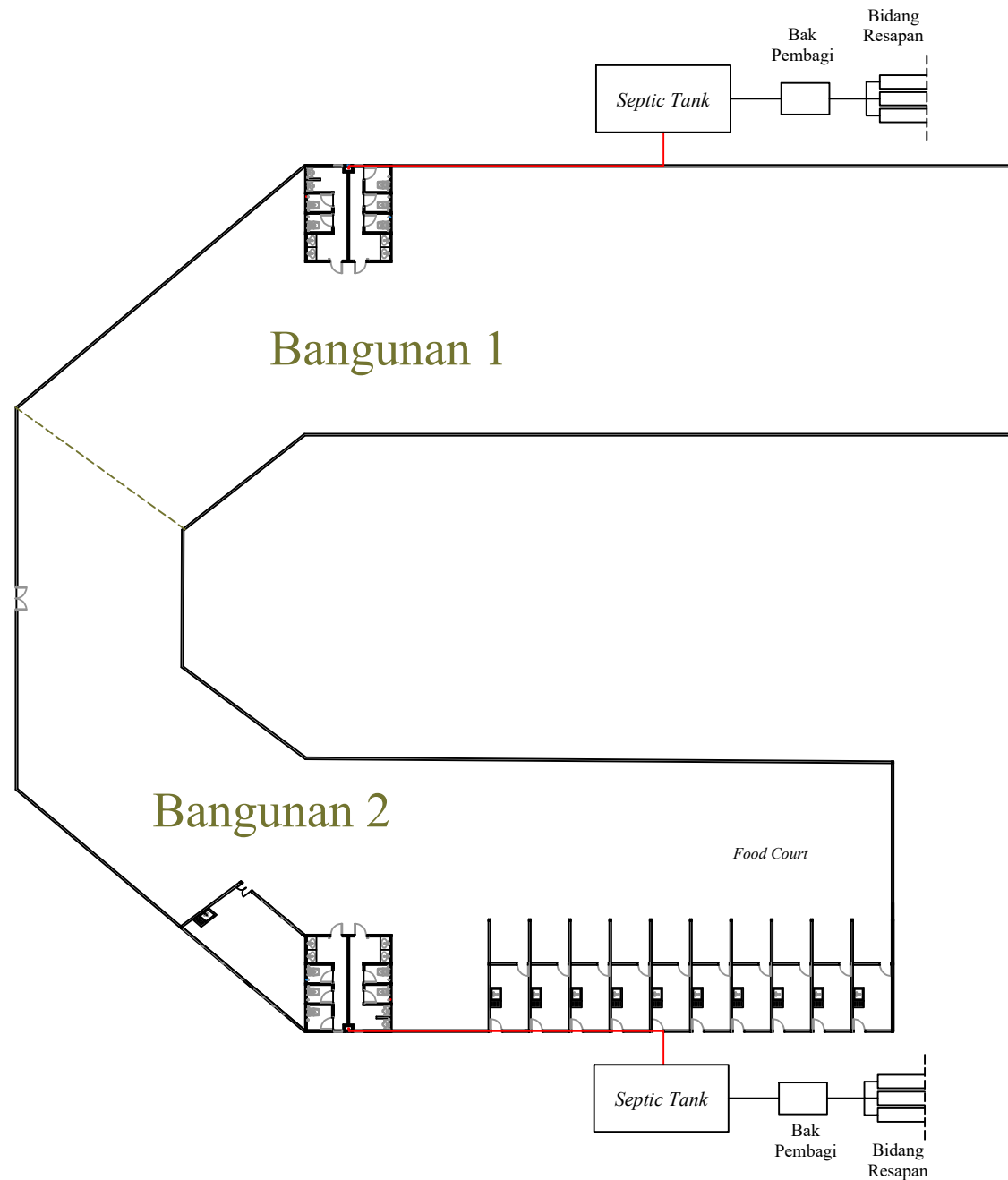
Jalur Air Buangan Menuju
Septic Tank Lantai 1

Skala

1 : 500

No

10





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- - - Batas Bangunan

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

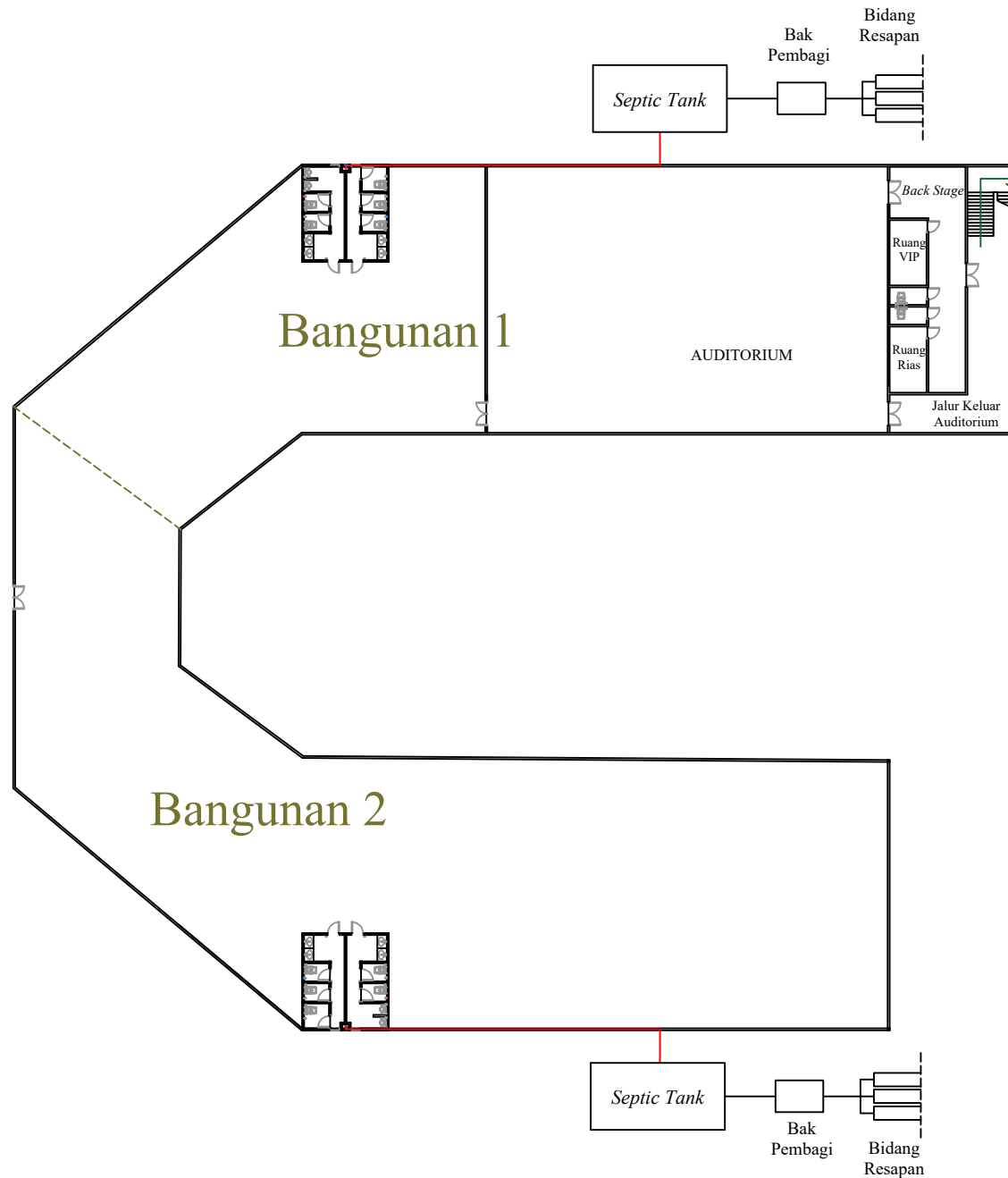
Jalur Air Buangan Menuju
Septic Tank Lantai 2

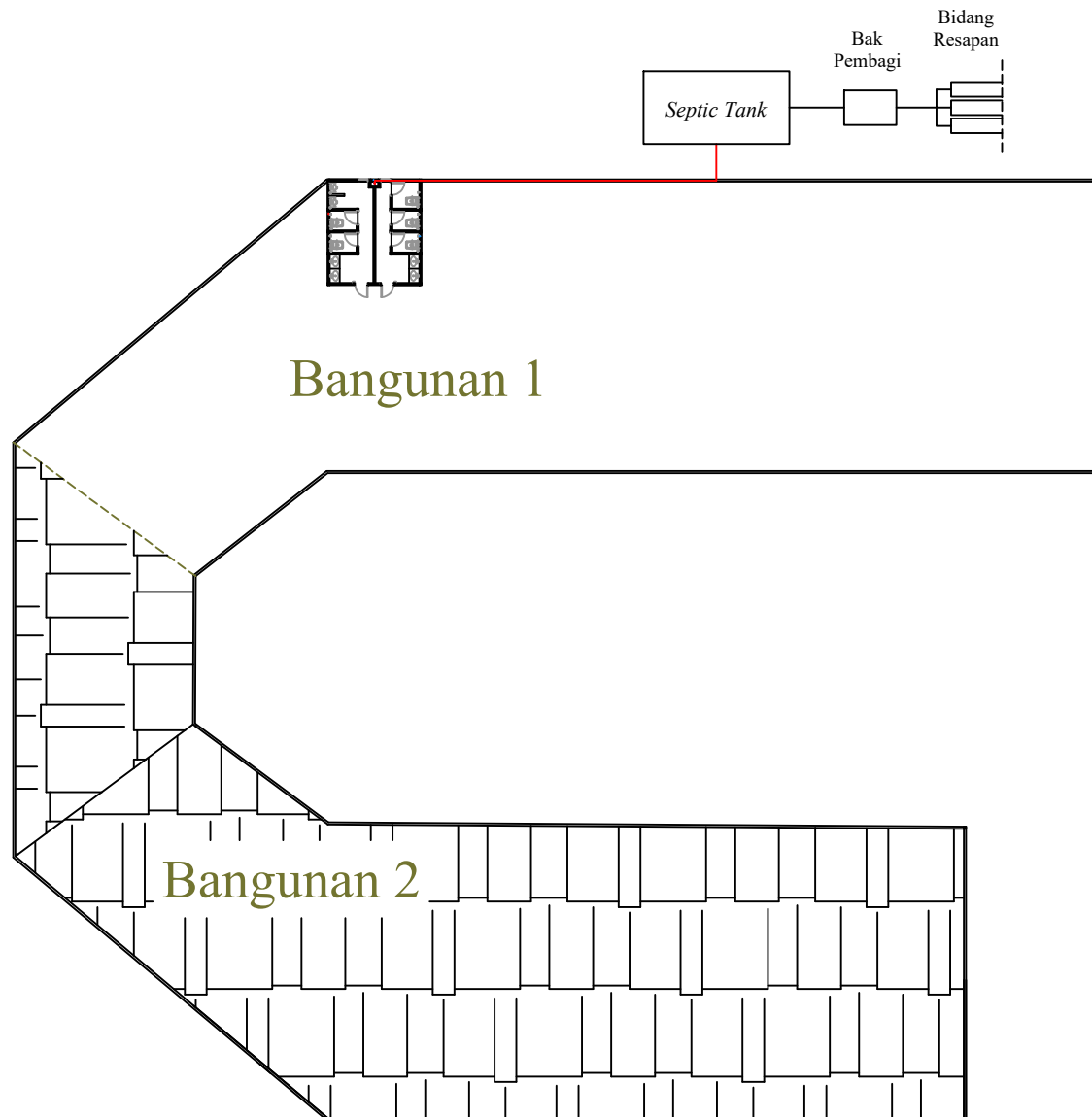
Skala

1 : 500

No

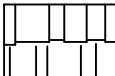
11





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- Batas Bangunan
-  Atap

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona
25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T
Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

Jalur Air Buangan Menuju
Septic Tank Lantai 3

Skala

1 : 500

No

12



Legenda

- Pipa Air Bersih
- Pipa Air Buangan
-  Lavatory
-  Water Closet
-  Kran
-  Urinoir
-  Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

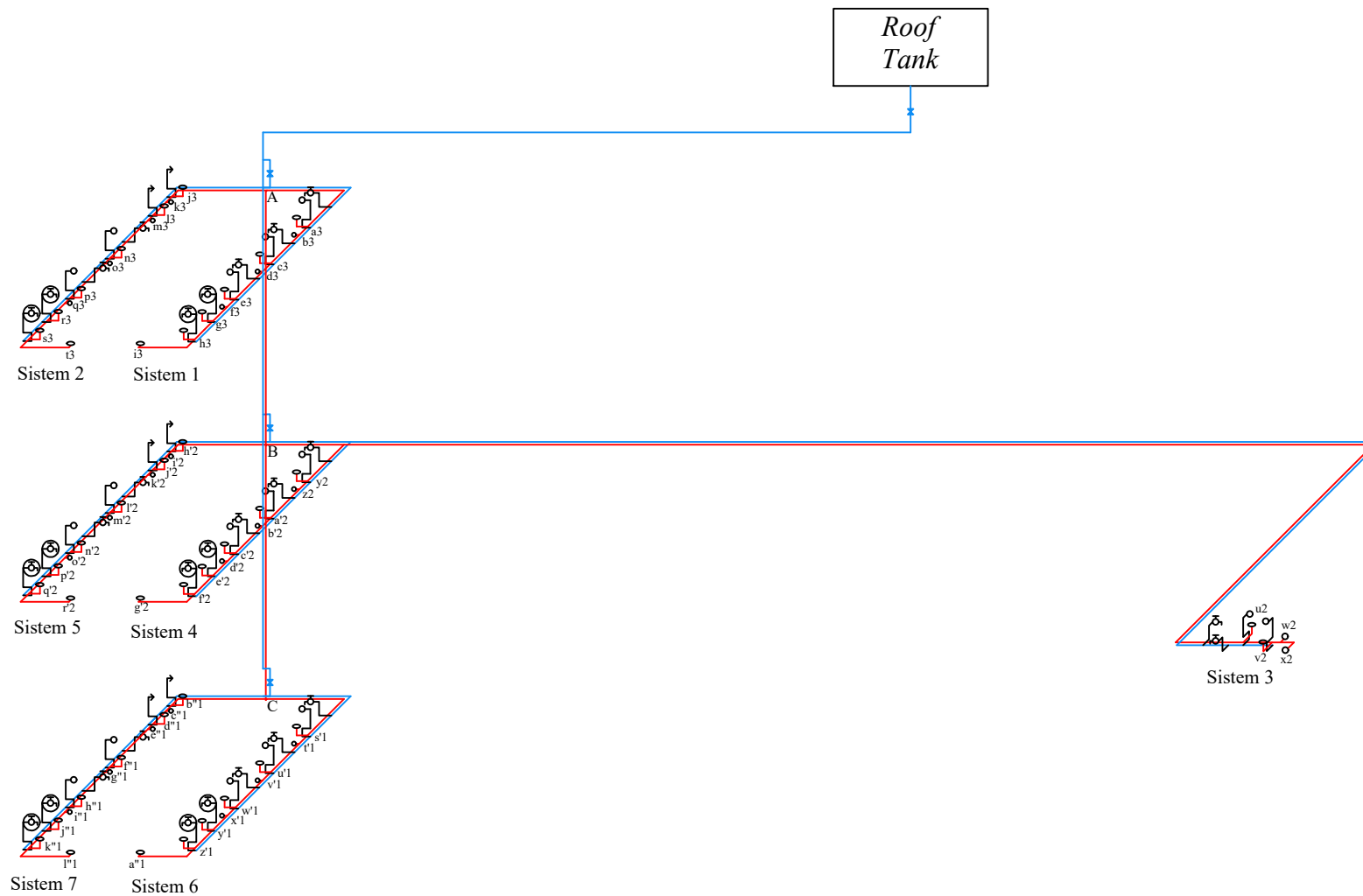
Isometri Pipa Air Buangan
Bangunan 1

Skala

-

No

13





Legenda

- Pipa Air Bersih
- Pipa Air Buangan
-  Lavatory
-  Water Closet
-  Kran
-  Urinoir
-  Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

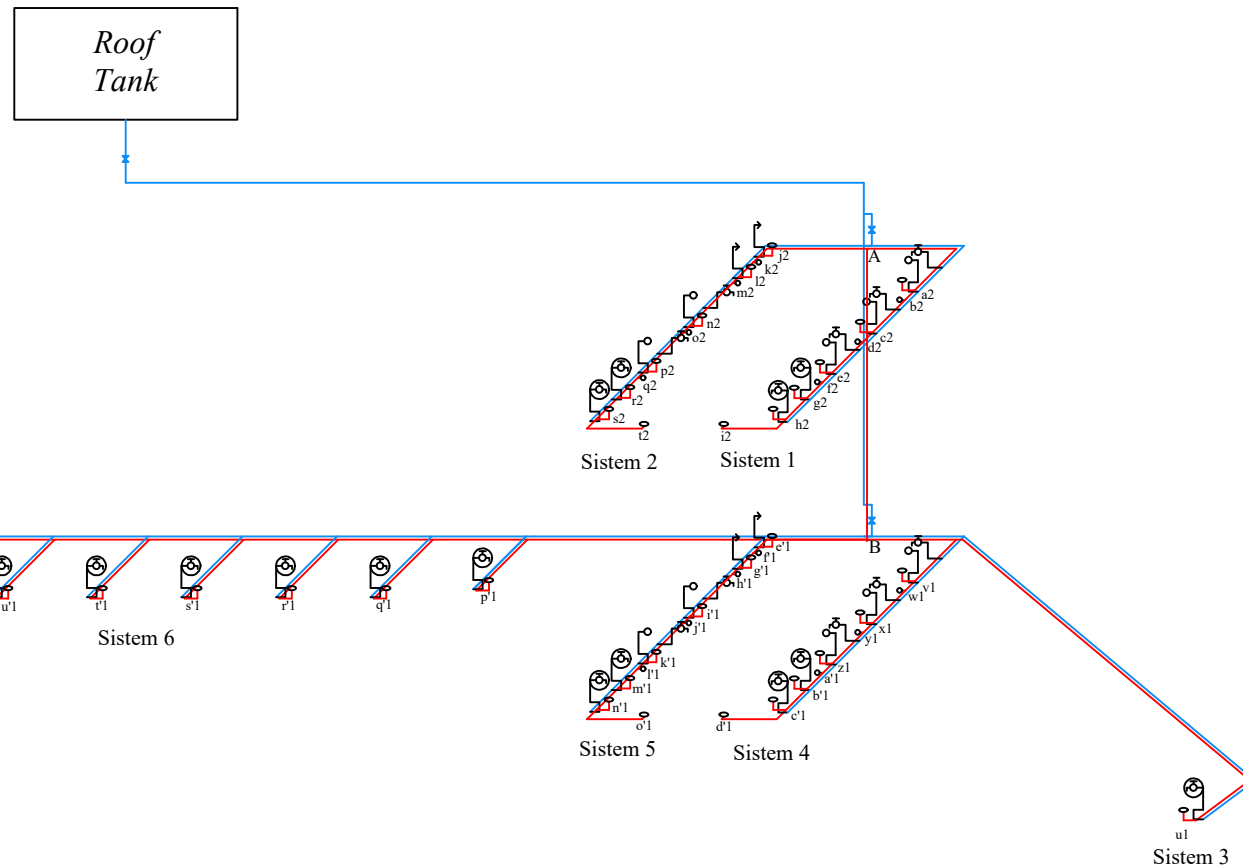
Isometri Pipa Air Buangan
Bangunan 2

Skala

-

No

14





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

- Pipa Air Bersih
- Pipa Air Buangan
- Pipa Vent
- Lavatory
- Water Closet
- Kran
- Urinoir
- Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

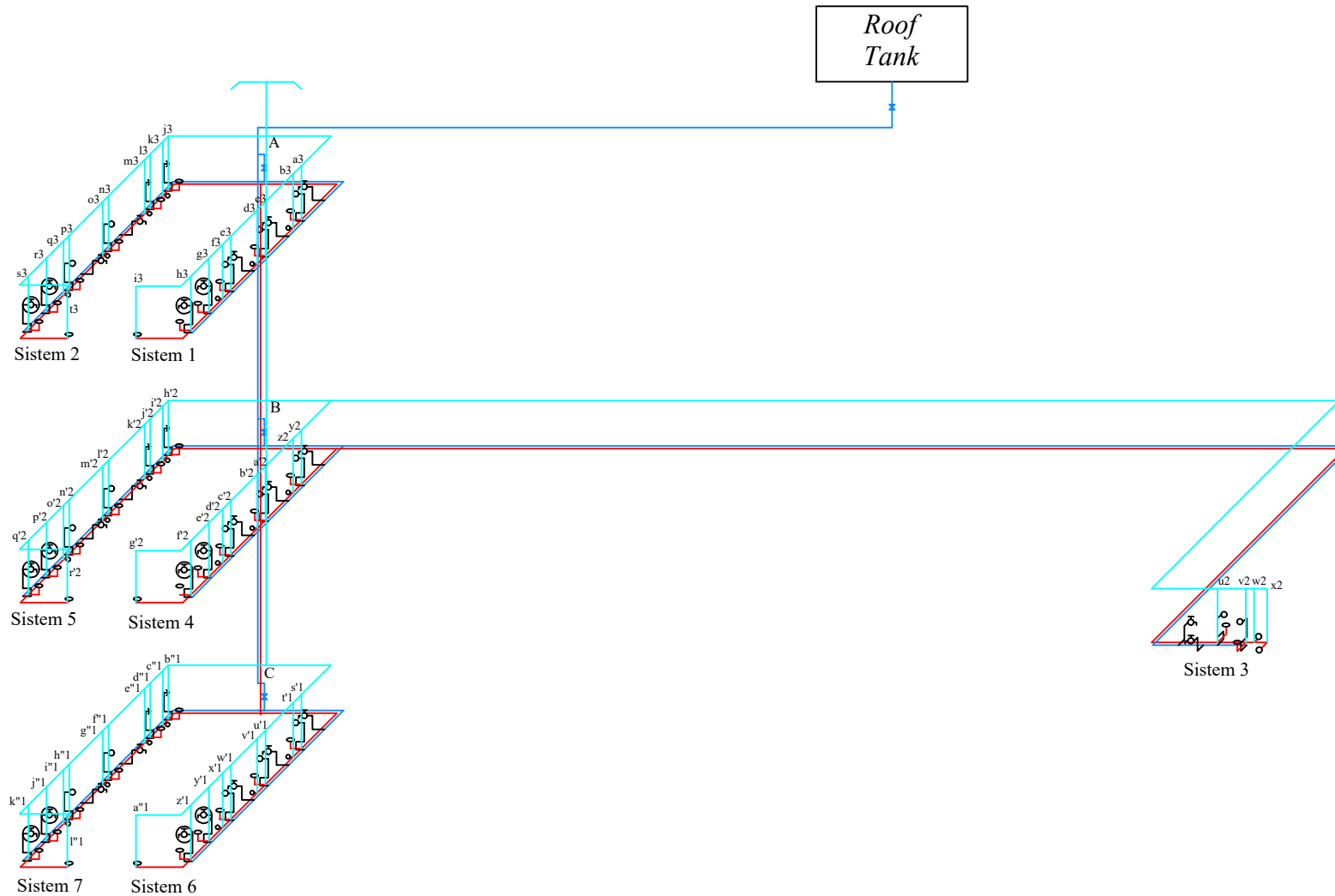
Isometri Pipa Vent
Bangunan 1

Skala

-

No

15





Legenda

	Pipa Air Bersih
	Pipa Air Buangan
	Pipa Vent
	Lavatory
	Water Closet
	Kran
	Urinoir
	Gate Valve

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

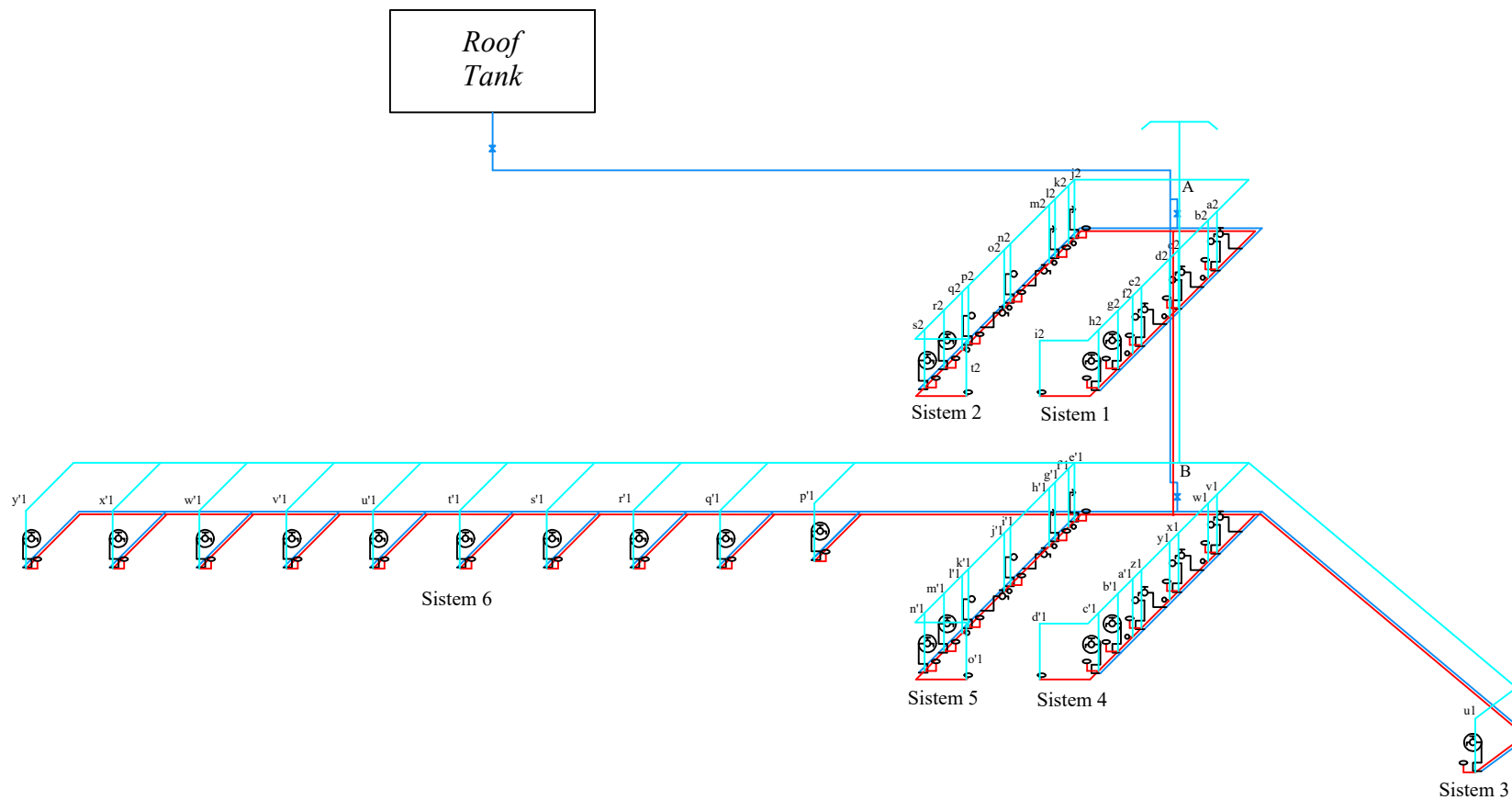
Isometri Pipa *Vent*
Bangunan 2

Skala

-

No

16





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

-  Pipa *Sprinkler*
-  Sprinkler
-  Fire Hydrant
-  Pipa Fire Hydrant
-  Batas Bangunan

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

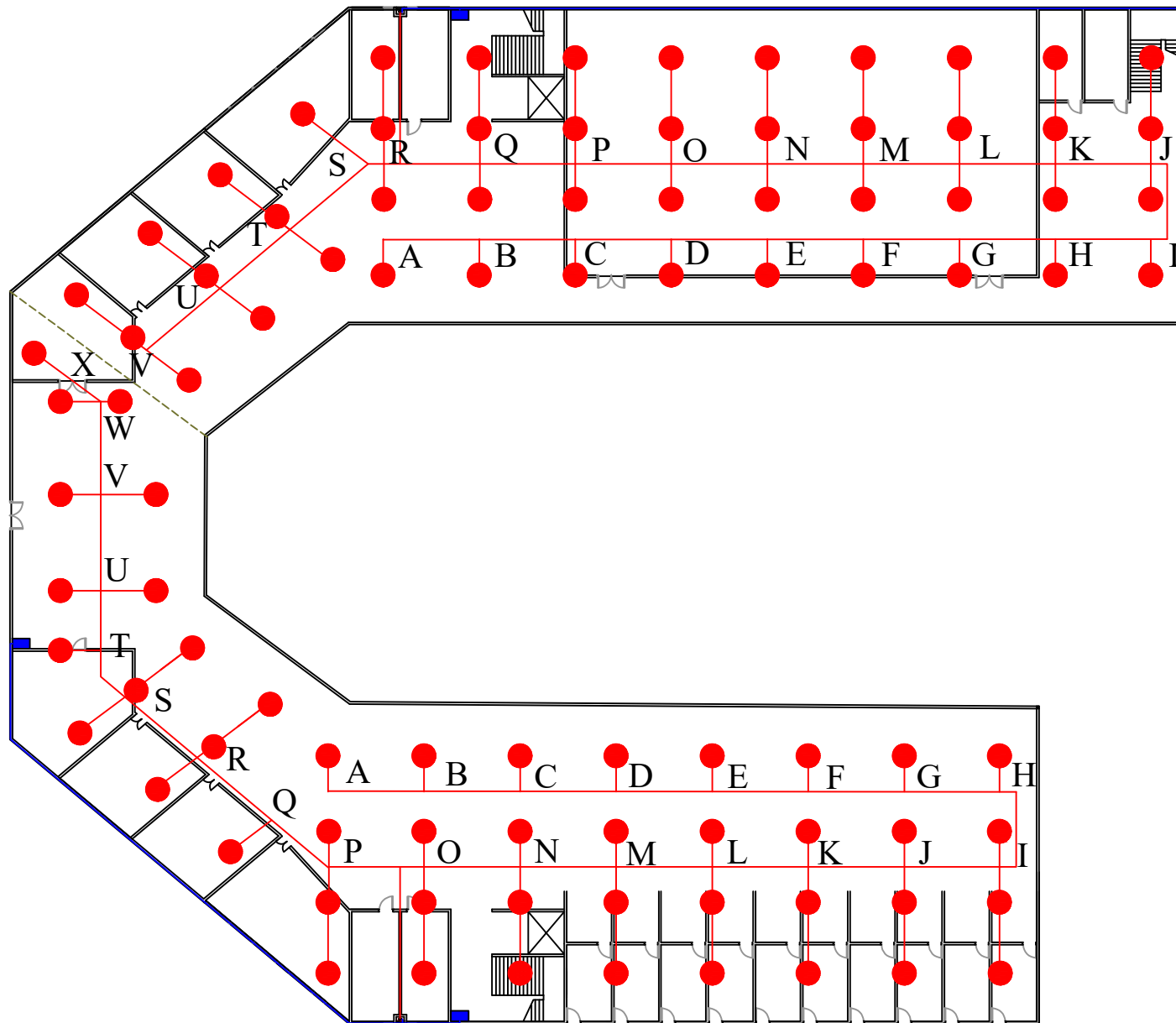
Skema Sistem Pencegahan
Kebakaran

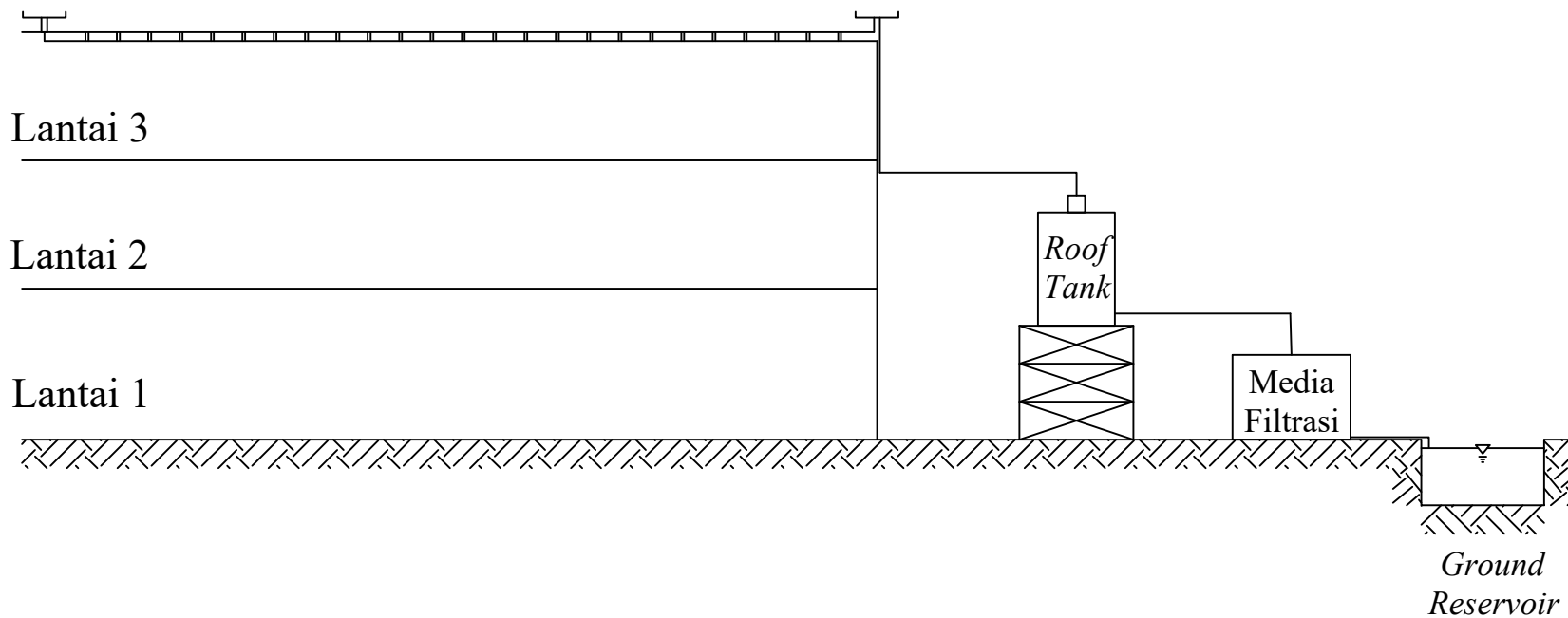
Skala

1 : 400

No

17





Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

▽ Muka Air

 Tanah

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

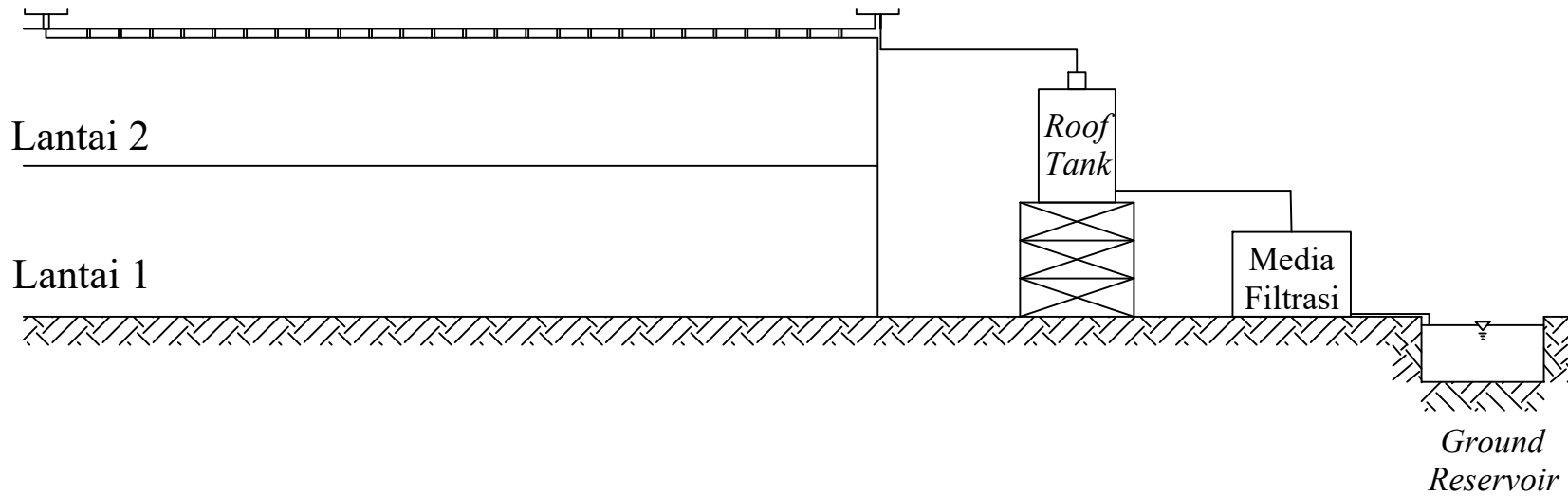
Skema Sistem Pemanenan
Air Hujan Bangunan 1

Skala

-

No

18



Institut
Teknologi
Sumatera

Legenda

▽ Muka Air

▨ Tanah

Nama/Nim

Bay Lowemongga Sang Saimona

25117031

Dosen Pembimbing

Mutiara Fajar, S.T., M.T

Alfian Zurfi, S.T., M..Si.

Nama Gambar

Skema Sistem Pemanenan
Air Hujan Bangunan 2

Skala

-

No

19