

Bab II Perancangan Drainase dan Pemipaan

2.1. Pengertian

Salah satu kebutuhan manusia yang paling penting adalah air. Air memiliki peran penting dalam keberlanjutan manusia serta makhluk hidup lainnya, dengan tidak adanya air dapat dipastikan keberlangsungan kehidupan makhluk hidup tidak akan berjalan seperti seharusnya. Kebutuhan terhadap air bersih tentunya membuat manusia terus melakukan inovasi dalam hal penyediaan air bersih agar segala kebutuhan air manusia dapat tercukupi, baik digunakan untuk konsumsi atau hal-hal lain seperti mandi, memasak, dan lain-lain. Salah satu upaya manusia dengan merancang dan menyusun jaringan drainase.

Secara umum drainase dapat diartikan sebagai suatu fasilitas dasar yang dirancang sedemikian rupa sebagai suatu sistem yang berguna untuk memenuhi kebutuhan manusia dan menjadi komponen penting dalam perencanaan sebuah infrastruktur. Membahas tentang drainase tentunya tidak jauh dari sistem perpipaan, sistem perpipaan sendiri digunakan sebagai sarana dalam pendistribusian air. Dalam merancang kebutuhan air bersih suatu bangunan, banyak hal-hal yang harus diperhatikan oleh perancang. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan, yaitu :

1. Jumlah penghuni
2. Jenis dan jumlah alat plambing
3. Unit beban alat plambing (UBAP)

Dalam perencanaannya tentunya harus memiliki sebuah dasar yang menjadi rencana. Rencana dasar meliputi hal-hal berikut :

1. Perhitungan kebutuhan air minum berdasarkan kira-kira total hunian
2. Penentuan jaringan utama, jalur pipa, dan diagram sistem plambing
3. Penentuan ukuran dan perkiraan berat tangki air atas maupun bawah

2.2. Analisis Kebutuhan Air

Analisis kebutuhan air dibutuhkan dalam perancangan suatu sistem penyediaan air bersih sebuah bangunan. Penganalisisan kebutuhan air tentunya dimulai dengan penentuan sistem yang akan digunakan, seperti sistem sambungan langsung, sistem dengan tangki air atas, maupun sistem dengan tangki tekan. Pada perancangan disini, digunakan sistem tangki atas dengan sumber air berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM).

2.2.1. Perhitungan Berdasarkan Jumlah Penghuni

Berdasarkan data yang didapatkan hunian A memiliki spesifikasi 3-4 pelaku / ruangan (Hunian A 4 ruangan) dan hunian B memiliki spesifikasi 4-6 pelaku/ ruangan (Hunian B 2 ruangan). Kami memilih setiap hunian akan diisi 4 pelaku untuk hunian A dan 6 pelaku untuk hunian B. Total hunian A berjumlah 8 rumah dan hunian B berjumlah 2 rumah, sehingga dalam 1 segmen berjumlah 9 rumah.

2.2.1.1. Hunian A

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan sample 1 rumah. Hunian A memiliki 4 ruangan, masing-masing diisi 4 orang.

Jumlah penghuni = 16 orang

Pemakaian air / orang = 160 liter/hari/orang

Pemakaian rata-rata sehari = 160 x 16

$$= 2560 \text{ liter/hari} = 2,56 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Pemakaian rata-rata sehari ditambah 20% untuk kebocoran instalasi, tetesan, air

$$\text{pada kran, dll} \quad = 2,56 \times 20\% = 3,072 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Asumsi penggunaan air} \quad = 3,072/8 = 0,384 \text{ m}^3/\text{jam}$$

selama 8 jam

$$C1 \quad = 2$$

$$C2 \quad = 4$$

$$Q_{h-max} \quad = 0,384 \times 2 = 0,768 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{m-max} \quad = 0,384 \times 4 = 1,536 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2.2.1.2. Hunian B

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan sample 1 rumah. Hunian B memiliki 2 ruangan, masing-masing diisi 6 orang.

$$\text{Jumlah penghuni} \quad = 12 \text{ orang}$$

$$\text{Pemakaian air / orang} \quad = 160 \text{ liter/hari/orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian rata-rata sehari} &= 160 \times 12 \\ &= 1920 \text{ liter/hari} = 1,92 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Pemakaian rata-rata sehari ditambah 20% untuk kebocoran instalasi, tetesan, air

$$\text{pada kran, dll} \quad = 1,92 \times 20\% = 2,304 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Asumsi penggunaan air} \quad = 2,304/8 = 0,288 \text{ m}^3/\text{jam}$$

selama 8 jam

$$C1 \quad = 2$$

$$C2 \quad = 4$$

$$Q_{h-max} \quad = 0,288 \times 2 = 0,576 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{m-max} = 0,288 \times 4 = 1,152 \text{ m}^3/\text{menit}$$

2.2.2. Perhitungan Berdasarkan Jenis Alat Plumbing

Berdasarkan data yang didapatkan hunian A memiliki spesifikasi 1 dapur, 1 kamar mandi, 1 ruang jemur (ada bak cuci) dan 2 kamar tidur per keluarga dan hunian B 1 dapur, 1 kamar mandi, 1 ruang jemur (ada bak cuci) dan 3 kamar tidur per keluarga.

2.2.2.1. Hunian A

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan sample 1 rumah. Hunian A memiliki 4 kloset, 4 pancuran mandi, 4 bak cuci dapur, 4 bak cuci tangan, dan 4 bak cuci.

$$Q_{\text{efektif}} \text{ (liter/jam)} = (\text{jumlah alat plumbing} \times \text{pemakaian air rata-rata sehari} \times \text{penggunaan per jam}) \times (\text{faktor pemakaian}/100)$$

1. Kloset dengan tanki gelontor = $(4 \times 13 \times 6) \times (50/100) = 156 \text{ liter/jam}$
2. Pancuran mandi = $(4 \times 60 \times 3) \times (75/100) = 540 \text{ liter/jam}$
3. Bak cuci dapur dengan kran 13 mm) = $(4 \times 15 \times 6) \times (75/100) = 270 \text{ liter/jam}$
4. Bak cuci tangan = $(4 \times 10 \times 6) \times (75/100) = 180 \text{ liter/jam}$
5. Bak cuci = $(4 \times 15 \times 6) \times (75/100) = 270 \text{ liter/jam}$

$$\begin{aligned} \text{Total } Q_h &= 156 + 540 + 270 + 180 + 270 \\ &= 1416 \text{ liter/jam} \\ &= 1,416 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0177 \text{ m}^3/\text{menit} \end{aligned}$$

2.2.2.2. Hunian B

Perhitungan dilakukan dengan menggunakan sample 1 rumah. Hunian B memiliki 2 kloset, 2 pancuran mandi, 2 bak cuci dapur, 2 bak cuci tangan, dan 2 bak cuci.

Qefektif (liter/jam) = (jumlah alat plumbing x pemakaian air rata-rata sehari x penggunaan per jam) x (faktor pemakaian/100)

1. Kloset dengan tanki gelontor = $(2 \times 13 \times 6) \times (50/100) = 78$ liter/jam
 2. Pancuran mandi = $(2 \times 42 \times 3) \times (100/100) = 252$ liter/jam
 3. Bak cuci dapur (dengan kran 13 mm) = $(2 \times 15 \times 6) \times (100/100) = 180$ liter/jam
 4. Bak cuci tangan = $(2 \times 10 \times 6) \times (100/100) = 120$ liter/jam
 5. Bak cuci = $(2 \times 15 \times 6) \times (100/100) = 180$ liter/jam
- Total Qh = $78 + 252 + 180 + 120 + 180$
= 810 liter/jam
= 0,81 m³/jam = 0,010125 m³/menit

2.2.3. Perhitungan Reservoir Atas dan Reservoir Bawah

Pada perancangan ini, kami menggunakan 1 reservoir bawah tanah untuk 1 segmen (8 hunian A dan 2 Hunian B) dan setiap rumah diberi tambahan 2 reservoir, 1 berada di atas dan 1 berada dibawah tanah .

2.2.3.1. Segmen 4 (8 Hunian A + 2 Hunian B)

Jumlah penghuni Hunian A = 16 orang x 8 hunian A = 128 orang

Jumlah penghuni Hunian B = 12 orang x 2 hunian B = 24 orang

Pemakaian air / orang = 160 liter/hari/orang

Pemakaian rata-rata sehari = 160 x 152
= 24320 liter/hari = 24,32 m³/hari

Safety factor = 20%

Pemakaian total air sehari = (24,32 x 20%) + 24,32 = 29,184 m³/hari

Dari perhitungan analisis kebutuhan air berdasarkan jumlah penghuni maka :

Q_h = 29,184 m³/hari / 8 jam = 3,648 m³/jam

Q_d = 29,184 m³/hari

T = 8 jam/hari

Menghitung besar kapasitas pipa dinas (Q_s)

Q_s = 2/3 Q_h
= 2/3 x 3,648 = 2,432 m³/jam

Menghitung besar volume *ground reservoir*

Volume *ground reservoir* = (Q_d - (Q_s x T))
= (29,184 - (2,432 x 8))
= 9,728 m³

Menentukan dimensi *ground reservoir*

Panjang = 2,25 m

Lebar = 2,25 m

Tinggi efektif = 1,8 m

Tinggi *free board* = 0,2 m

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

$$\text{Volume } \textit{Ground Reservoir} = 2,25 \times 2,25 \times 2 = 10,125 \text{ m}^3 > 9,728 \text{ m}^3 \text{ (OK)}$$

Pada *ground reservoir* segmen 4 dibuat pada bawah tanah dengan menggunakan bahan beton.

2.2.3.2 Hunian A

$$\text{Jumlah penghuni} = 16 \text{ orang}$$

$$\text{Pemakaian air / orang} = 160 \text{ liter/hari/orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian rata-rata sehari} &= 160 \times 16 \\ &= 2560 \text{ liter/hari} = 2,56 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Total air bersih} = 2,56 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Safety factor} = 20\%$$

$$\text{Pemakaian air sehari} = (2,56 \times 20\%) + 2,56 = 3,072 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dari perhitungan analisis kebutuhan air berdasarkan jumlah penghuni maka:

$$Q_h = 3,072 \text{ m}^3/\text{hari} / 8 \text{ jam} = 0,384 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_d = 3,072 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$T = 8 \text{ jam/hari}$$

Menghitung besar kapasitas pipa dinas (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= 2/3 Q_h \\ &= 2/3 \times 0,384 = 0,256 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Menghitung besar volume *ground reservoir*

$$\begin{aligned} \text{Volume } \textit{ground reservoir} &= (Q_d - (Q_s \times T)) \\ &= (3,072 - (0,256 \times 8)) \\ &= 1,024 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Menentukan dimensi *ground reservoir*

$$\text{Panjang} = 1 \text{ m}$$

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

$$\text{Tinggi efektif} = 1,35 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi free board} = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi total} = 1,5 \text{ m}$$

$$\text{Volume Ground Reservoir} = 1 \times 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ m}^3 > 1,024 \text{ m}^3 \text{ (OK)}$$

Pada *ground reservoir* hunian A dibuat pada bawah tanah dengan menggunakan bahan beton.

Mnghitung kapasitas *Roof Tank*

$$C1 = 2$$

$$C2 = 4$$

$$Q_h = 0,384 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

$$Q_m - \text{max} = Q_p = Q_{pu} = C2 \times Q_h / 60$$

$$= 4 \times 0,384 / 60 = 0,0256 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$Q_h - \text{max} = Q_s = C1 \times Q_h$$

$$= 2 \times 0,384$$

$$= 0,768 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,0128 \text{ m}^3 / \text{menit}$$

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

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

$$V_e = [(Q_p - Q_h - \text{max}) \times T_p + (Q_{pu} T_{pu})]$$

$$= (0,0256 - 0,0128) \times 30 + (0,0256 \times 10)$$

$$= 0,64 \text{ m}^3 = 640 \text{ liter}$$

Gunakan 1 Toren merk Pinguen dengan kapasistas 700 liter

Diameter = 1050 mm

Tinggi = 1320 mm

2.2.3.3 Hunian B

Jumlah penghuni = 12 orang

Pemakaian air / orang = 160 liter/hari/orang

Pemakaian rata-rata sehari = 160×12
= 1920 liter/hari = 1,92 m³/hari

Total air bersih = 1,92 m³/hari

Safety factor = 20%

Pemakaian air sehari = $(1,92 \times 20\%) + 1,92 = 2,304$ m³/hari

Dari perhitungan analisis kebutuhan air berdasarkan jumlah penghuni maka:

$Q_h = 2,304 \text{ m}^3/\text{hari} / 8 \text{ jam} = 0,288 \text{ m}^3/\text{jam}$

$Q_d = 2,304 \text{ m}^3/\text{hari}$

$T = 8 \text{ jam/hari}$

Menghitung besar kapasitas pipa dinas (Q_s)

$Q_s = \frac{2}{3} Q_h$
 $= \frac{2}{3} \times 0,288 = 0,192 \text{ m}^3/\text{jam}$

Menghitung besar volume *ground reservoir*

Volume ground reservoir = $(Q_d - (Q_s \times T))$
 $= (2,304 - (0,192 \times 8))$
 $= 0,768 \text{ m}^3$

Menentukan dimensi *ground reservoir*

Panjang	= 1 m
Lebar	= 1 m
Tinggi efektif	= 0,9 m
Tinggi <i>free board</i>	= 0,1 m
Tinggi total	= 1 m
Volume <i>Ground Reservoir</i>	= 1 x 1 x 1 = 1 m ³ > 0,768 m ³ (OK)

Pada *ground reservoir* hunian B dibuat pada bawah tanah dengan menggunakan bahan beton.

Menghitung kapasitas *Roof Tank*

C1	= 2
C2	= 4
Qh	= 0,288 m ³ / jam
Qm - max = Qp = Qpu	= C2 x Qh / 60
	= 4 x 0,288 / 60 = 0,0192 m ³ /menit
Qh - max = Qs	= C1 x Qh
	= 2 x 0,288
	= 0,576 m ³ /jam = 0,0096 m ³ / menit
Tp	= diasumsikan 30 menit
Tpu	= 10 menit
Ve	= [(Qp - Qh-max)xTp + (Qpu Tpu)]
	= (0,0192 - 0,0096) x 30 + (0,0192 x 10)
	= 0,48 m ³ = 480 liter

Gunakan 1 Toren merk Pinguen dengan kapasistas 520 liter

Diameter = 830 mm

Tinggi = 1110 mm

2.3. Perhitungan Daya Pompa

Pada perencanaan perhiungan daya pompa kami menggunakan 1 pompa besar untuk menyalurkan air dari ground tank menuju tiap rumah baik hunian A dan B, serta menggunakan 1 pompa disetiap rumah untuk menyalurkan air menuju *roof tank*.

2.3.1. Perhitungan Daya Pompa untuk Segmen 4

Kapasitas pompa (Q_{pu}) = 0,2432 m³/menit

$$= 0,00405 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 243,2 \text{ L/menit}$$

Head statis (H_a) = 2 m

V = 1,5 m/s

A = Q / V

$$= 0,00405 / 1,5$$

$$= 0,0027022 \text{ m}^2$$

Diameter pompa (d) = $\sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$

$$= \sqrt{\frac{0,0027022 \times 4}{\pi}}$$

$$= 0,058656 \text{ m}$$

$$= 58,656 \text{ mm}$$

$$= 63 \text{ mm (diameter dipasaran)}$$

Head loss (H_f total) = $6,05 \times \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \right) \times 10^5$

$$= 6,05 \times \left(\frac{243,2^{1,85}}{130^{1,85} 63^{4,87}} \right) \times 10^5$$

$$= 0,00332816 \text{ bar}$$

$$= 0,33281608 \text{ m}$$

Kecepatan aliran sebenarnya (v) = Q/A

$$= \frac{0,00405}{\frac{1}{4} \times \pi \times \frac{63^2}{1000}}$$

$$= 1,30029 \text{ m/s}$$

Head velocity (Hv) = $\frac{v^2}{2 \times g}$

$$= \frac{1,30029^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,086175 \text{ m}$$

Head total (H) = Ha + Hv + Hf total

$$= 2 + 0,086175 + 0,33281608$$

$$= 2,41899 \text{ m}$$

Masa jenis air (ρ) = 998,23 kg/m³

Percepatan gravitasi (g) = 9,81 m/s²

Perhitungan Daya Pompa (P) = $\frac{\rho \times g \times Q \times H}{80\%}$

$$= \frac{998,23 \times 9,81 \times 0,00405 \times 2,41899}{80\%}$$

$$= 120,020743 \text{ Watt}$$

$$= 0,12002074 \text{ kWatt}$$

Maka digunakan pompa dengan daya 125 watt.

2.3.2. Perhitungan Daya Pompa untuk Hunian A

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas pompa (Qpu)} &= 0,0256 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,0004267 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 25,6 \text{ L/menit} \end{aligned}$$

$$\text{Head statis (Ha)} = 11,57 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} A &= Q / V \\ &= 0,0004267 / 1,5 \\ &= 0,00028444 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Diameter pompa (d)} &= \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}} \\ &= \sqrt{\frac{0,00028444 \times 4}{\pi}} \\ &= 0,01903066 \text{ m} \\ &= 19,0306572 \text{ mm} \\ &= 20 \text{ mm (diameter dipasaran)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Head loss (Hf total)} &= 6,05 \times \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \right) \times 10^5 \\ &= 6,05 \times \left(\frac{25,6^{1,85}}{120^{1,85} 20^{4,87}} \right) \times 10^5 \\ &= 0,01601393 \text{ bar} \\ &= 1,601393 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan aliran sebenarnya (v)} &= Q/A \\ &= \frac{0,0004267}{\frac{1}{4} \times \pi \times \frac{20^2}{1000}} \\ &= 1,35812218 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\text{Head velocity (Hv)} = \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= \frac{1,35812218^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,094011 \text{ m}$$

$$\text{Head total (H)} = H_a + H_v + H_f \text{ total}$$

$$= 11,57 + 0,094011 + 1,601393$$

$$= 13,265404 \text{ m}$$

$$\text{Masa jenis air } (\rho) = 998,23 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Perhitungan Daya Pompa (P)} = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{80\%}$$

$$= \frac{998,23 \times 9,81 \times 0,00042667 \times 13,265404}{80\%}$$

$$= 69,2817476 \text{ Watt}$$

$$= 0,06928175 \text{ kWatt}$$

Maka digunakan pompa air dengan daya 100 watt

2.3.3. Perhitungan Daya Pompa untuk Hunian B

$$\text{Kapasitas pompa (Qpu)} = 0,0192 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,00032 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 19,2 \text{ L/menit}$$

$$\text{Head statis (H}_a) = 8,1 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \text{ m/s}$$

$$A = Q / V$$

$$= 0,00032 / 1,5$$

$$= 0,00021333 \text{ m}^2$$

$$\text{Diameter pompa (d)} = \sqrt{\frac{A \times 4}{\pi}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,00021333 \times 4}{\pi}}$$

$$= 0,01648103 \text{ m}$$

$$= 16,4810326 \text{ mm}$$

$$= 20 \text{ mm (diameter dipasaran)}$$

$$\text{Head loss (Hf total)} = 6,05 \times \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} d^{4,87}} \right) \times 10^5$$

$$= 6,05 \times \left(\frac{19,2^{1,85}}{120^{1,85} 20^{4,87}} \right) \times 10^5$$

$$= 0,00940505 \text{ bar}$$

$$= 0,94050534 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan aliran sebenarnya (v)} = Q/A$$

$$= \frac{0,00032}{\frac{1}{4} \times \pi \times \frac{20^2}{1000}}$$

$$= 1,01859164 \text{ m/s}$$

$$\text{Head velocity (Hv)} = \frac{v^2}{2 \times g}$$

$$= \frac{1,01859164^2}{2 \times 9,81}$$

$$= 0,05288119 \text{ m}$$

$$\text{Head total (H)} = H_a + H_v + H_f \text{ total}$$

$$= 8,1 + 0,05288119 + 0,94050534$$

$$= 9,09338652 \text{ m}$$

$$\text{Massa jenis air } (\rho) = 998,23 \text{ kg/m}^3$$

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

$$\text{Perhitungan Daya Pompa (P)} = \frac{\rho \times g \times Q \times H}{80\%}$$

$$= \frac{998,23 \times 9,81 \times 0,00032 \times 9,09338652}{80\%}$$

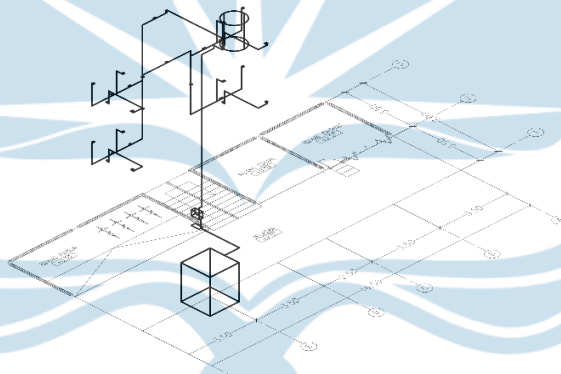
$$= 35,6192908 \text{ Watt}$$

$$= 0,03561929 \text{ kWatt}$$

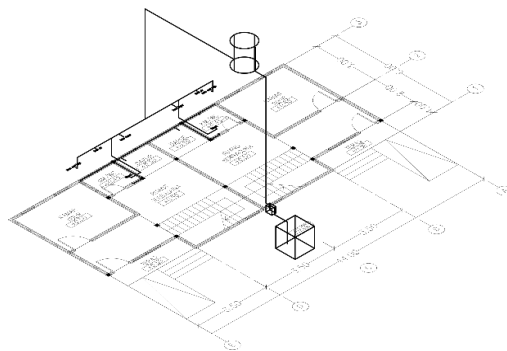
Maka digunakan pompa air dengan daya 100 watt.

2.4. Perhitungan Dimensi Pipa

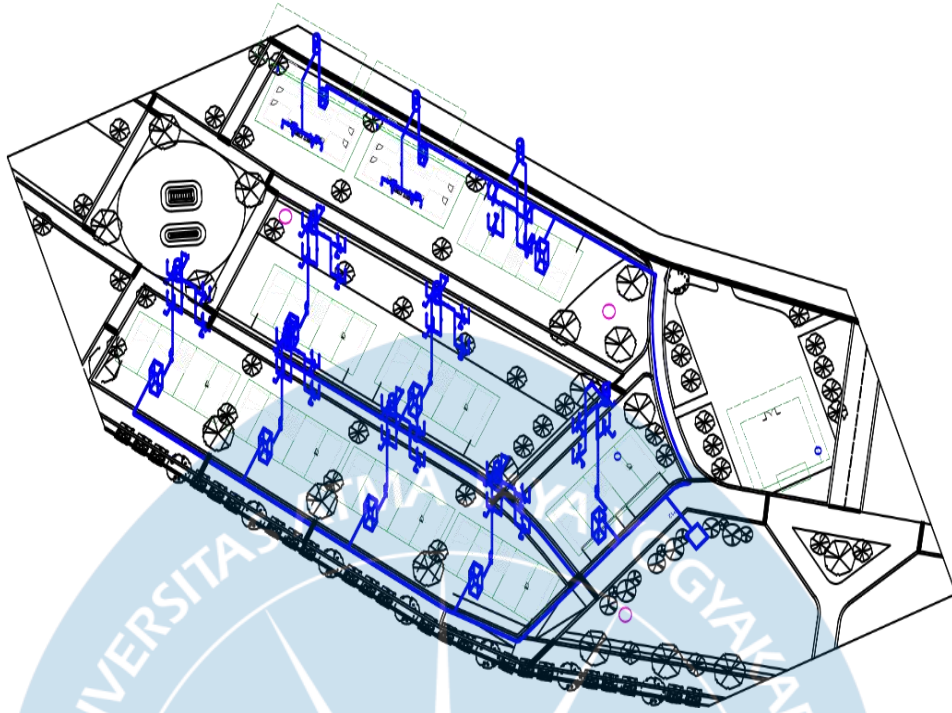
Pada perhitungan dimensi pipa hal pertama yang dilakukan adalah penggambaran jalur pipa yang akan dipakai pada autocad. Langkah berikutnya pengukuran panjang pipa berdasarkan gambar yang telah dibuat diaplikasi kemudian disesuaikan dengan tabel UBAP pada SNI. Berikut hasil penggambaran isometri pipa dengan aplikasi autocad



Gambar 2.1. Isometri Hunian A



Gambar 2.2. Isometri Hunian B



Gambar 2.3. Isometri Segmen 4

2.4.1. Penentuan Dimensi Pipa Berdasarkan SNI

Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
Hunian A 1							
Lantai 2 (segmen 1)							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A1	1				2	2,1	¾
A2				1	2,5	2,6281	¾
A3		1			1,5	0,395	¾
A4	1	1		1	6	0,40675	¾
A5			1		1,5	1,475	¾
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	¾
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	¾
A8				1	2,5	2,6281	¾
A9		1			1,5	0,395	¾
A10	1	1		1	6	0,40675	¾
A11			1		1,5	1,475	¾
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	¾
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	¾
B2				1	2,5	2,6281	¾
B3		1			1,5	0,395	¾
B4	1	1		1	6	0,40675	¾

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
P1					30	26,588936	1
Hunian A 2							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P2					60	26,03162	1,25
Hunian A 3							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P3					90	25,838742	1,25
Hunian A 4							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P4					120	30,231888	1,5
Hunian A 5							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
P5					30	26,48659	1
Hunian A 6							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P6					60	41,626615	1,25
PDAM							
P7					180	8,658365	1,5
Hunian A 8							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P8					210	14,099328	1,5
Hunian B 9							
Lantai 1 (segmen 1)							
A1		1			1,5	1,45	3/4
A2	1	1			3,5	0,95	3/4
A3	1	1		1	6	3,225	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A4	1	1	1	1	7,5	1,6289	3/4
Lantai 1 (segmen 2)							
A5		1			1,5	1,45	3/4
A6	1	1			3,5	0,95	3/4
A7	1	1		1	6	3,225	3/4
A8	1	1	1	1	7,5	1,6289	3/4
Lantai 1 sampai toren							
C1	2	2	2	2	15	9,585	1
Pompa sampai toren							
D1					0	7,485	3/4
PDAM							
P9					15	18,405601	1
Hunian B 10							
Lantai 1 (segmen 1)							
A1		1			1,5	1,45	3/4
A2	1	1			3,5	0,95	3/4
A3	1	1		1	6	3,225	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	krain air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A4	1	1	1	1	7,5	1,6289	3/4
Lantai 1 (segmen 2)							
A5		1			1,5	1,45	3/4
A6	1	1			3,5	0,95	3/4
A7	1	1		1	6	3,225	3/4
A8	1	1	1	1	7,5	1,6289	3/4
Lantai 1 sampai toren							
C1	2	2	2	2	15	9,585	1
Pompa sampai toren							
D1					0	7,485	3/4
PDAM							
P10					30	23,682029	1
Hunian A 11							
Lantai 2 (segmen 1)							
A1	1				2	2,1	3/4
A2				1	2,5	2,6281	3/4
A3		1			1,5	0,395	3/4

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
A4	1	1		1	6	0,40675	3/4
A5			1		1,5	1,475	3/4
A6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 (segmen 2)							
A7	1				2	2,1	3/4
A8				1	2,5	2,6281	3/4
A9		1			1,5	0,395	3/4
A10	1	1		1	6	0,40675	3/4
A11			1		1,5	1,475	3/4
A12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 1)							
B1	1				2	2,1	3/4
B2				1	2,5	2,6281	3/4
B3		1			1,5	0,395	3/4
B4	1	1		1	6	0,40675	3/4
B5			1		1,5	1,475	3/4
B6	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 3 (segmen 2)							

Lanjutan Tabel 2.1. Jumlah Alat Plumbing Hunian A dan Hunian B

Notasi	Jumlah Alat plumbing				Total Beban	Panjang pipa (m)	Ukuran Pipa (inch)
	Kran air mandi	kran air cuci	kran air cuci dapur	Kloset			
B7	1				2	2,1	3/4
B8				1	2,5	2,6281	3/4
B9		1			1,5	0,395	3/4
B10	1	1		1	6	0,40675	3/4
B11			1		1,5	1,475	3/4
B12	1	1	1	1	7,5	1,34325	3/4
Lantai 2 dan 3 sampai toren							
C1	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C2	2	2	2	2	15	2,7696	1
C3	1	1	1	1	7,5	3	3/4
C4	2	2	2	2	15	0,2696	1
C5	4	4	4	4	30	6,945357	1
Pompa sampai toren							
D1					0	11,05	3/4
PDAM							
P11					60	56,915871	1,25
PDAM							
P12					270	3,64714	2

2.5. Analisis Frekuensi Curah Hujan

Analisis frekuensi curah hujan didapat dengan mengolah data curah hujan tahunan. Data curah hujan mengambil dari stasiun hujan Godean yang berlokasi di Yogyakarta. Data hujan yang dipakai adalah data curah hujan rerata maksimum dari tahun 1990-1999.

Tabel 2.2. Data curah hujan

Tahun	CH Rata2 Max (p)
1990	79
1991	120
1992	113
1993	96
1994	84
1995	92
1996	96
1997	51
1998	103
1999	90
(p) rata2	92,4

2.5.1. Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan

Tabel 2.3. Data Parameter Statistik Curah Hujan

(pi)	(p) rata2	(pi) - (p) rata2	((pi) - (p) rata2)^2	((pi) - (p) rata2)^3	((pi) - (p) rata2)^4
79	92,4	-13,4	179,6	-2406,104	32241,79

Lanjutan Tabel 2.3. Data Parameter Statistik Curah Hujan

(pi)	(p) rata2	(pi) - (p) rata2	((pi) - (p)) rata2)^2	((pi) - (p)) rata2)^3	((pi) - (p)) rata2)^4
120	92,4	27,6	761,8	21024,576	580278,30
113	92,4	20,6	424,4	8741,816	180081,41
96	92,4	3,6	13,0	46,656	167,96
84	92,4	-8,4	70,6	-592,704	4978,71
92	92,4	-0,4	0,2	-0,064	0,03
96	92,4	3,6	13,0	46,656	167,96
51	92,4	-41,4	1.714,0	-70957,944	2937658,88
103	92,4	10,6	112,4	1191,016	12624,77
90	92,4	-2,4	5,8	-13,824	33,18
Total			3.294,4	-42919,92	3748232,99
n			10		
n-1			9		
n-2			8		

$$\text{Standart deviasi (S)} = \sqrt{\left(\frac{\sum_a^n (p_i - \bar{p})^2}{n-1}\right)}$$

$$= \sqrt{3294,4 / 9} = 19,1323$$

$$\text{Koefisien variasi (Cv)} = \frac{s}{\bar{p}}$$

$$= 19,1323 / 92,4 = 0,2071$$

$$\text{Parameter kemencengan (a)} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^3$$

$$= \frac{10}{9 \times 8} \times -42919,92 = -5961,1$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien kemiringan (Cs)} &= \frac{a}{s^3} \\ &= -5961,1 / 19,1323^3 = -0,8512 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien keruncingan (Ck)} &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)s^3} \sum_{i=1}^n (p_i - \bar{p})^4 \\ &= \frac{10^2}{9 \times 8 \times 7 \times 19,1323} \times 3748232,99 = 5,55 \end{aligned}$$

Syarat uji distribusi data yaitu

Tabel 2.4. Syarat Uji Distribusi Data

No	Jenis Distribusi	Syarat	Hasil Perhitungan		Syarat	Keterangan
1	Gumbel Tipe 1	Cs ≈ 1,14	-0,85	<	1,14	Tidak memenuhi
		Ck ≈ 5,4	5,55	>	5,4	
2	Log Normal	Cs = Cv ³ + 3Cv	0,63	≠	-0,85	Tidak memenuhi
		Ck = Cv ⁸ + 6Cv ⁶ + 15Cv ⁴ + 16Cv ² + 3	3,714	≠	5,55	
3	Normal	Cs ≈ 0	-0,85	≠	0	Tidak memenuhi
		Ck ≈ 3	5,55	≠	3	
		(x±s) = 68,27%	111,53	73,27	68,27	
		(x±2s) = 95,44%	130,66	54,14	95,44	
4	Log - Person tipe III	Selain dari nilai di atas				Memenuhi

2.5.2. Distribusi Data dengan Metode Log Pearson Tipe III

Tabel 2.5. Distribusi Data dengan Metode Log Pearson Tipe III

Tahun	n	Hujan (Xi)	Log(X)	Log(Xrt)	(LogX - LogXrt)	(LogX - LogXrt)^2	(LogX - LogXrt)^3	(LogX - LogXrt)^4
1990	1	79	1,90	1,97	-0,07	0,00463	-0,000315	0,0000214
1991	2	120	2,08	1,97	0,11	0,01288	0,001462	0,0001660
1992	3	113	2,05	1,97	0,09	0,00764	0,000668	0,0000584
1993	4	96	1,98	1,97	0,02	0,00028	0,000005	0,0000001
1994	5	84	1,92	1,97	-0,04	0,00171	-0,000071	0,0000029
1995	6	92	1,96	1,97	0,00	0,00000	0,000000	0,0000000
1996	7	96	1,98	1,97	0,02	0,00028	0,000005	0,0000001
1997	8	51	1,71	1,97	-0,26	0,06662	-0,017194	0,0044378
1998	9	103	2,01	1,97	0,05	0,00222	0,000105	0,0000049
1999	10	90	1,95	1,97	-0,01	0,00013	-0,000001	0,0000000
Total		924	19,56	19,66	-0,10	0,09639	-0,015337	0,0046916
X Rerata		92,40	1,96					

$$\text{Standart deviasi (S log x)} = \sqrt{\left(\frac{\sum_a^n (\text{LogX} - \text{LogXrt})^2}{n-1}\right)}$$

$$= \sqrt{0,09639 / 9}$$

$$= 0,1$$

$$\text{Koefisien variasi (Cv log x)} = \frac{S \text{ Log } x}{\text{Log } x \text{ rata-rata}}$$

$$= 0,1 / 1,96$$

$$= 0,05$$

$$\begin{aligned} \text{Parameter kemencengan (a)} &= \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n (\text{Log}X - \text{Log}X_{rt})^3 \\ &= \frac{10}{9 \times 8} \times -0,015337 \\ &= -0,002130 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien kemencengan (Cs logx)} &= \frac{a}{S \log x^3} \\ &= -0,002130 / 0,1^3 \\ &= -1,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien keruncingan (Ck)} &= \frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)S \log x^3} \sum_{i=1}^n (\text{Log}X - \text{Log}X_{rt})^4 \\ &= \frac{10^2}{9 \times 8 \times 7 \times 0,1} \times 0,0046916 \\ &= 8,11 \end{aligned}$$

2.5.3. Menentukan Nilai K dengan Interpolasi

Tabel 2.6. Nilai K dengan Interpolasi

Tabel Periode Ulang							
Cs	2	5	10	25	50	100	200
-1,9	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-1,92	0,297	0,786	0,915	0,989	1,014	1,028	1,034
-2	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	0,995

2.5.4. Menentukan Estimasi Return Period

$$\text{Log X rata - rata} = 1,96$$

$$\text{Standar Deviasi (S log X)} = 0,1$$

$$\text{Koefisien Kemencengan (Cs log X)} = -1,92$$

Tabel 2.7. Estimasi Return Period

Periode Ulang (Tahun)	Probability	K	Y = log X	X (hujan maks periode ulang)
2	0,5	0,297	1,99	96,92
5	0,2	0,786	2,04	108,90
10	0,1	0,915	2,05	112,31
25	0,04	0,989	2,06	114,29
50	0,02	1,014	2,06	115,00
100	0,01	1,028	2,06	115,36
200	0,005	1,034	2,06	115,54

2.5.5. Uji Chi Kuadrat

Curah hujan maksimum (x max) = 120

Curah hujan minimum (x min) = 51

K = $1 + 3,322 \log(n)$
 = $1 + 3,322 \log(10)$
 = $4,3220 \approx 5$

R untuk uji chi kuadrat = 2

DoF (Derajat Kebebasan) = $K - R - 1$
 = $5 - 2 - 1$
 = 2

α = 0,05
 = 5%

Harga X_{cr^2} (dari tabel Chi Kuadrat) = 5,99

$$E_f = n / K$$

$$= 10 / 5$$

$$= 2$$

$$D_x = (x_{max} - X_{min}) / (K-1)$$

$$= (120 - 51) / (5-1)$$

$$= 17$$

$$X_{awal} = X_{min} - (0,5 D_x)$$

$$= 51 - (0,5 \cdot 17)$$

$$= 42,375$$

Tabel 2.8. Uji Chi Kuadrat

Nomor	Nilai Batasan			Of	Ef	(Of-Ef) ²	(Of-Ef) ² / Ef
1	42,375	< X <	60	1	2	1	0,5
2	61	< X <	78	0	2	4	2
3	79	< X <	96	6	2	16	8
4	97	< X <	114	2	2	0	0
5	115	< X <	132	1	2	1	0,5
				10	10	10	11

Didapatkan chi square hitung yaitu 11 dan chi kritis 5.99 sehingga chi hitung > chi kritis maka pengolahan data tidak dapat diterima

2.5.6. Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 2.9. Uji Smirnov Kolmogorov

Tahun	n	Hujan (Xi)	Urutan Data dari Terbesar	P(x)	P(x<)	P'(x)	P'(x<)	D
				(n/(m+1))	(1-P(x))	(n/(m-1))	(1-P'(x))	(P(x<)-P'(x<))
1990	1	79	120	0,0909	0,9091	0,111	0,889	0,0202
1991	2	120	113	0,1818	0,8182	0,222	0,778	0,0404
1992	3	113	103	0,2727	0,7273	0,333	0,667	0,0606
1993	4	96	96	0,3636	0,6364	0,444	0,556	0,0808
1994	5	84	96	0,4545	0,5455	0,556	0,444	0,1010
1995	6	92	92	0,5455	0,4545	0,667	0,333	0,1212
1996	7	96	90	0,6364	0,3636	0,778	0,222	0,1414
1997	8	51	84	0,7273	0,2727	0,889	0,111	0,1616
1998	9	103	79	0,8182	0,1818	1,000	0,000	0,1818
1999	10	90	51	0,9091	0,0909	1,111	-0,111	0,2020

Δ kritik pada kepercayaan 0,05 (α) = 0,40925

D Peluang Maksimum (D Maks) = 0,2020

D kritis = 0,40925

Didapatkan Dmax yaitu 0,2020 dan D kritis 0.40925 sehingga Dmax < Dkritis maka pengolahan data dapat diterima.

2.5.7. Intensitas Hujan

Menentukan intensitas hujan dengan menggunakan metode mononobe dengan periode ulang 200 tahun dan didapat hasil sebagai berikut :

Tabel 2.10. Intensitas Hujan

t	I R24 (mm/jam)						
	2	5	10	25	50	100	200
	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun
	96,92	108,90	112,31	114,29	115,00	115,36	115,54
1	33,60	37,75	38,93	39,62	39,87	39,99	40,06
2	21,17	23,78	24,53	24,96	25,12	25,19	25,23
3	16,15	18,15	18,72	19,05	19,17	19,23	19,26
4	13,33	14,98	15,45	15,72	15,82	15,87	15,90
5	11,49	12,91	13,32	13,55	13,63	13,68	13,70
6	10,18	11,43	11,79	12,00	12,07	12,11	12,13
7	9,18	10,32	10,64	10,83	10,89	10,93	10,95
8	8,40	9,44	9,73	9,91	9,97	10,00	10,01
9	7,77	8,73	9,00	9,16	9,21	9,24	9,26
10	7,24	8,13	8,39	8,54	8,59	8,62	8,63
11	6,79	7,63	7,87	8,01	8,06	8,09	8,10
12	6,41	7,20	7,43	7,56	7,61	7,63	7,64
13	6,08	6,83	7,04	7,17	7,21	7,23	7,25
14	5,78	6,50	6,70	6,82	6,86	6,89	6,90

Lanjutan Tabel 2.12. Intensitas Hujan

t	I R24 (mm/jam)						
	2	5	10	25	50	100	200
	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun	tahun
	96,92	108,90	112,31	114,29	115,00	115,36	115,54
15	5,52	6,21	6,40	6,51	6,55	6,58	6,59
16	5,29	5,95	6,13	6,24	6,28	6,30	6,31
17	5,08	5,71	5,89	5,99	6,03	6,05	6,06
18	4,89	5,50	5,67	5,77	5,80	5,82	5,83
19	4,72	5,30	5,47	5,56	5,60	5,62	5,63
20	4,56	5,12	5,28	5,38	5,41	5,43	5,44
21	4,41	4,96	5,12	5,21	5,24	5,25	5,26
22	4,28	4,81	4,96	5,05	5,08	5,09	5,10
23	4,15	4,67	4,81	4,90	4,93	4,95	4,95
24	4,04	4,54	4,68	4,76	4,79	4,81	4,81

Dari perhitungan dengan metode mononobe didapatkan intensitas hujan maksimum yaitu 40,06 mm/jam

2.5.8. Pipa dan Talang Air Hujan

Air hujan yang jatuh pada atap tidak baik bagi penghuni apabila langsung mengalir ke bawah sampai ke lantai dasar. Perencanaan talang dan pipa air hujan hanya pada rumah hunian A dan hunian B. Bangunan rumah hunian A memiliki tinggi 10,87 meter dan rumah hunian B memiliki tinggi 8,62 meter sehingga akan berbahaya apabila mengenai penghuni yang berada di lantai paling bawah karena

pada saat hujan deras maka aliran air dari atap akan cukup deras dan kencang sampai ke lantai dasar. Maka dari itu air dari atap akan ditampung ke talang yang selanjutnya akan dialirkan melalui pipa ke sumur resapan.

Berdasarkan SNI 8153-2015, ukuran talang sudah ditetapkan berdasarkan kemiringan talang, nilai curah hujan, serta luasan atap. Talang akan diletakkan pada kedua sisi memanjang gedung yang kemudian disalurkan untuk pipa vertikal yang mengalirkan air dari talang atap sampai pada saluran drainase di bawahnya.

Tabel 2.13. Ukuran Talang

DIAMETER TALANG (Kemiringan 4 %)	Nilai curah hujan maksimum berbasis pada luas atap (m ²)				
	inci	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam
3	89	59	45	36	30
4	190	126	95	76	63
5	329	219	164	131	110
6	515	343	257	206	172
7	725	483	362	290	242
8	1040	693	520	416	347
10	1858	1238	929	743	619

Tabel 2.14. Ukuran talang atap, pipa utama, dan perpipaan tegak air hujan

Ukuran saluran atau pipa air hujan	Debit	Luas atap maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan(m ²)											
		25,4 mm/j	50,8 mm/j	76,2 mm/j	101,6 mm/j	127 mm/j	162,4 mm/j	178 mm/j	203 mm/j	229 mm/j	254 mm/j	279 mm/j	305 mm/j
inci	L/dt'												
2	1.8	268	134	89	67	53	45	38	33	30	27	24	22
3	5.52	818	409	272	204	164	137	117	102	91	82	74	68
4	11.52	1709	855	569	427	342	285	244	214	190	171	156	142
5	21.6	3214	1607	1071	804	643	536	459	402	357	321	292	268
6	33.78	5017	2508	1672	1254	1003	836	717	627	557	502	456	418
8	72.48	10776	5388	3592	2694	2155	1794	1539	1347	1197	1078	980	892

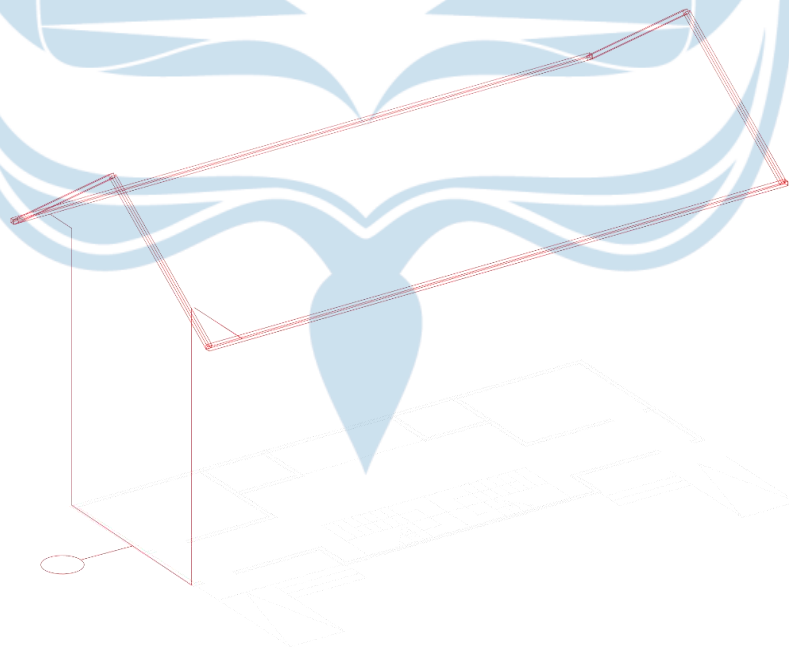
Tabel 2.15. Penentuan ukuran perpipaan air hujan horizontal

Ukuran pipa	Debit (kemiringan 2%)	Luas bidang datar horisontal maksimum yang diperbolehkan pada Berbagai nilai curah hujan (m ²)						
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam	
Inci	L/dt							
3	2.88	431	216	144	108	86	72	
4	6.5	985	492	328	246	197	164	
5	11.76	1754	877	585	438	351	292	
6	18.84	2806	1403	935	701	561	468	
8	40.62	6057	3029	2019	1514	1211	1012	
10	72.84	10851	5425	3618	2713	2169	1812	
12	117.18	17465	8733	5816	4366	3493	2912	
15	209.46	31214	15607	10405	7804	6248	5202	

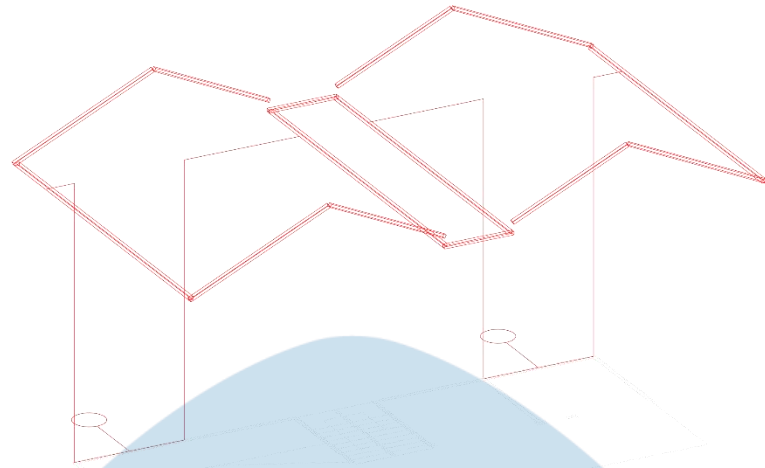
Berdasarkan luas dan acuan dari tabel di atas maka didapatkan ukuran talang, pipa horizontal dan vertikal, sebagai berikut :

Tabel 2.16. Ukuran Talang, Pipa Horizontal dan Vertikal yang digunakan

No	Modul	Luas	Kemiringan	Intensitas	Pipa Horizontal	Pipa Vertikal	Talang
		m ²	%	mm/jam	in	in	in
1	Atap A (Bagian 1)	55,77	2	40,06	3	2	3
2	Atap A (Bagian 2)	44,66	2	40,06	3	2	3
3	Dak atap A	24,2	2	40,06	3	2	3
4	Balkon A	16,56	2	40,06	3	2	
5	Atap B	82,042	2	40,06	3	2	4



Gambar 2.4. Talang, pipa vertikal dan horizontal hunian A



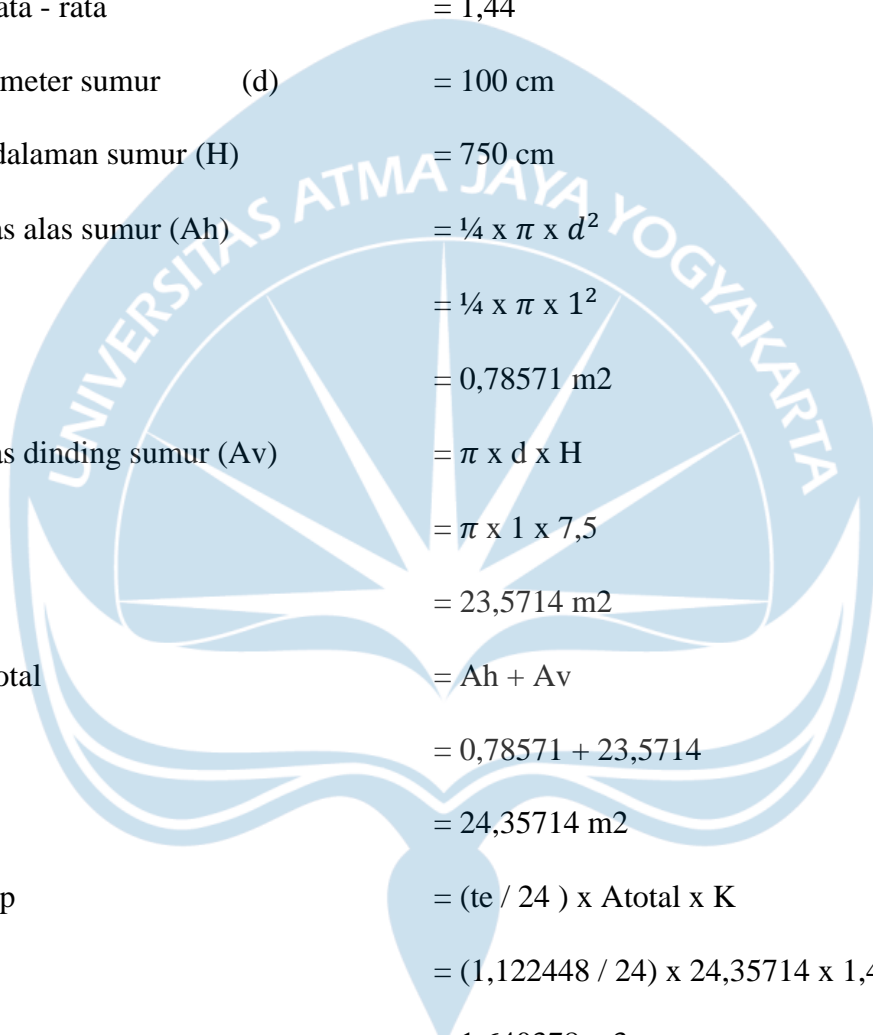
Gambar 2.5. Talang, pipa vertikal dan horizontal hunian B

2.5.9. Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan bangunan air yang berfungsi untuk menampung air hujan dari area bangunan. Air dari curah hujan yang berasal dari talang akan mengalir ke sumur resapan yang nantinya air tersebut bisa digunakan untuk cadangan air apabila sedang musim kemarau. Sesuai dengan SNI 03-2453-2002 perhitungan sumur resapan, berikut adalah rumus untuk menentukan dimensi dan jumlah dari sumur resapan :

1. Sumur resapan untuk rumah hunian A

$$\begin{aligned}
 (C_{\text{tadah}}) &= 0,5 \\
 A_{\text{tadah}} &= 291,3 \text{ m}^2 \\
 R_{5\text{tahun}} &= 108,9 \text{ L/m}^2/\text{hari} \\
 V_{\text{ab}} &= 0,855 \times C_{\text{tadah}} \times A_{\text{tadah}} \times R \\
 &= 0,855 \times 0,5 \times 291,3 \times 108,9 \\
 &= 13561,718 \text{ liter}
 \end{aligned}$$



$$= 13,561718 \text{ m}^3$$

$$te = 0,9 \times R^{0,92} / 60$$

$$= 0,9 \times 108,9^{0,92} / 60$$

$$= 1,122448 \text{ jam}$$

$$K \text{ rata - rata} = 1,44$$

$$\text{Diameter sumur (d)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Kedalaman sumur (H)} = 750 \text{ cm}$$

$$\text{Luas alas sumur (Ah)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

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

$$= 0,78571 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding sumur (Av)} = \pi \times d \times H$$

$$= \pi \times 1 \times 7,5$$

$$= 23,5714 \text{ m}^2$$

$$A \text{ total} = Ah + Av$$

$$= 0,78571 + 23,5714$$

$$= 24,35714 \text{ m}^2$$

$$V_{rsp} = (te / 24) \times A_{total} \times K$$

$$= (1,122448 / 24) \times 24,35714 \times 1,44$$

$$= 1,640378 \text{ m}^3$$

$$V \text{ storasi} = V_{ab} - V_{rsp}$$

$$= 13,56172 - 1,640378$$

$$= 11,92134 \text{ m}^3$$

$$H_{total} = V \text{ storasi} / Ah$$

$$= 11,92134 / 0,78571$$

$$= 15,1726 \text{ m}$$

Untuk H rencana 7,5 m diperlukan :

$$H \text{ total} / H = 15,1726 / 7,5 = 2,023 \approx 2$$

Maka dibutuhkan 2 buah sumur resapan dengan kedalaman tiap sumur 7,5 m

2. Sumur resapan untuk rumah hunian A

$$(C_{\text{tadah}}) = 0,5$$

$$\text{Atadah} = 164,084 \text{ m}^2$$

$$R_{5\text{tahun}} = 108,9 \text{ L/m}^2/\text{hari}$$

$$V_{\text{ab}} = 0,855 \times C_{\text{tadah}} \times \text{Atadah} \times R$$

$$= 0,855 \times 0,5 \times 164,084 \times 108,9$$

$$= 7639,069 \text{ liter}$$

$$= 7,639069 \text{ m}^3$$

$$t_e = 0,9 \times R^{0,92} / 60$$

$$= 0,9 \times 108,9^{0,92} / 60$$

$$= 1,122448 \text{ jam}$$

$$K \text{ rata - rata} = 1,44$$

$$\text{Diameter sumur (d)} = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Kedalaman sumur (H)} = 750 \text{ cm}$$

$$\text{Luas alas sumur (A}_h) = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

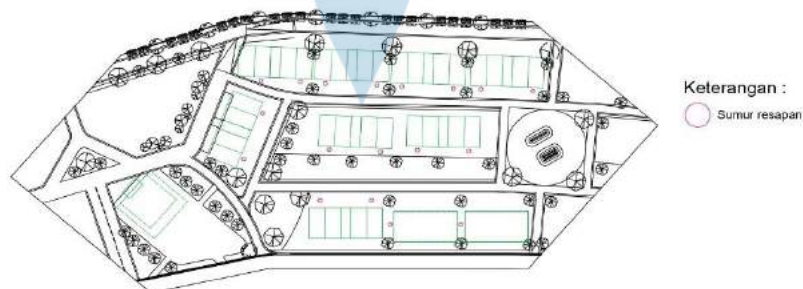
$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 1^2$$

$$= 0,78571 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding sumur (A}_v) = \pi \times d \times H$$

$$= \pi \times 1 \times 7,5$$

$$\begin{aligned}
 &= 23,5714 \text{ m}^2 \\
 A \text{ total} &= A_h + A_v \\
 &= 0,78571 + 23,5714 \\
 &= 24,35714 \text{ m}^2 \\
 V_{\text{rsp}} &= (t_e / 24) \times A_{\text{total}} \times K \\
 &= (1,122448 / 24) \times 24,35714 \times 1,44 \\
 &= 1,640378 \text{ m}^3 \\
 V \text{ storasi} &= V_{\text{ab}} - V_{\text{rsp}} \\
 &= 7,639069 - 1,640378 \\
 &= 5,998691 \text{ m}^3 \\
 H_{\text{total}} &= V \text{ storasi} / A_h \\
 &= 5,998691 / 0,78571 = 7,6347 \text{ m} \\
 \text{Untuk } H \text{ rencana } 7,5 \text{ m diperlukan :} \\
 H \text{ total} / H &= 7,6347 / 7,5 = 1,01796 \approx 1 \\
 \text{Maka dibutuhkan 1 buah sumur resapan dengan kedalaman tiap sumur } 7,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$



Gambar 2.6. Letak Sumur Resapan

2.5.10. Saluran Drainase

Saluran drainase jalan diasumsikan memiliki elevasi terendah sehingga pada saluran drainase tersebut diasumsikan akan menerima semua debit curah hujan dari jalan yang diberi perkerasan, sementara untuk daerah yang tidak diberi perkerasan jalan diasumsikan dapat menyerap air kedalam tanah sehingga limpasan air pada daerah ini tidak diperhitungkan.

$$\begin{aligned} \text{Luas total jalan yang diberi perkerasan} &= 1509,71 \text{ m}^2 \\ &= 0,00150971 \text{ km}^2 \\ \text{Koefisien pengaliran (C)} &= 0,95 \\ \text{Intensitas curah hujan (I)} &= 40,06 \text{ mm/jam} \\ Q &= 0,278 \times C \times I \times A \\ &= 0,278 \times 0,95 \times 40,06 \times 0,00150971 \\ &= 0,015971171 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Menentukan dimensi saluran :

Mencari tinggi muka air (h) dengan rumus Q :

$$\begin{aligned} Q &= h^2 \sqrt{3} \frac{1}{n} \left(\frac{h}{2}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \\ h &= 0,2264457676 \text{ m} \end{aligned}$$

Mencari lebar dasar saluran (B) :

$$\begin{aligned} B &= \frac{2}{3} h \sqrt{3} \\ &= \frac{2}{3} 0,2264457676 \sqrt{3} \\ &= 0,261477 \text{ m} \\ A &= h^2 \sqrt{3} \\ &= 0,2264457676^2 \sqrt{3} \end{aligned}$$

$$= 0,08882 \text{ m}^2$$

Kemiringan dinding (m) $= ((A/h) - B) h$

$$= ((0,08882 / 0,2264) - 0,261477)0,2264$$

$$= 0,57735$$

Top width (T) $= B + 2 m h$

$$= 0,261477 + 2 \times 0,57735 \times 0,2264$$

$$= 0,522954 \text{ m}$$

Keliling basah saluran (P) $= 2 h \sqrt{3}$

$$= 2 \times 0,2264 \times \sqrt{3}$$

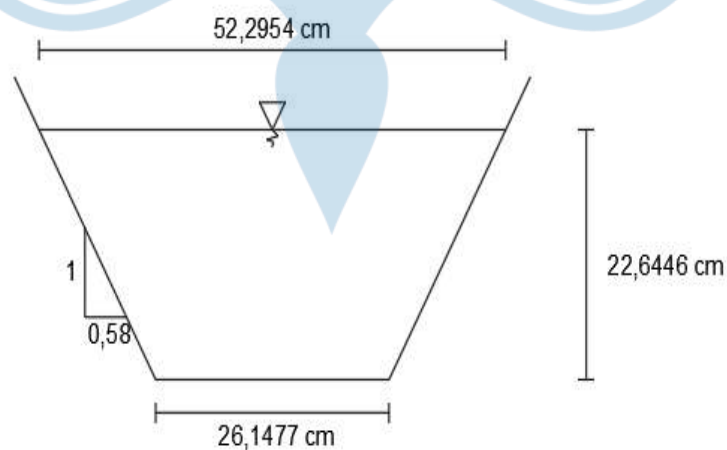
$$= 0,784431149$$

Jari - jari hidrolis (R) $= A / P$

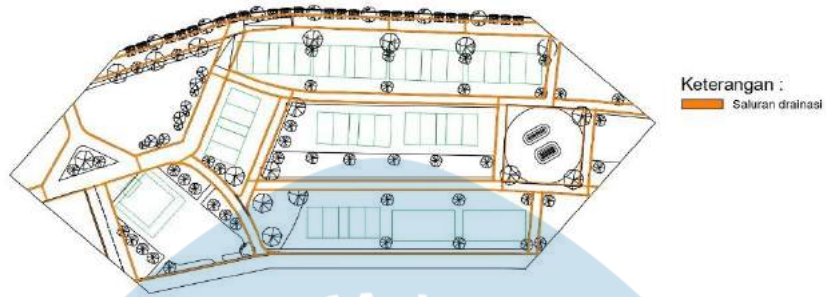
$$= 0,08882 / 0,784431149$$

$$= 0,113222884 \text{ m}$$

Maka saluran drainase memiliki bentuk dan dimensi saluran, yaitu :



Gambar 2.7. Dimensi Saluran



Gambar 2.8. Saluran Drainase

