

## **Bab II Perancangan Drainase dan Perpipaan**

### **2.1 Data Umum perancangan**

Air hujan sering dikumpulkan dari jalan-jalan di kota-kota besar dan kemudian dibawa melalui saluran ke tempat-tempat yang dapat dialirkan dengan aman ke danau, laut, atau daerah sungai. Sistem ini mampu meningkatkan debit puncak daerah hilir dengan mempercepat limpasan permukaan.

Pertumbuhan Indonesia yang pesat mengakibatkan pembangunan infrastruktur meningkat. Berkurangnya resapan air hujan menghasilkan banyak limpasan permukaan dan waktu pengumpulan air lebih cepat. Hal tersebut memungkinkan lebih banyak curah hujan yang terkumpul untuk melewati kapasitas drainase yang ada, mengurangi kemungkinan presipitasi meresap ke dalam tanah. Drainase digambarkan sebagai pembuangan air permukaan yang dilakukan secara gravitasi atau pompa untuk menghindari pembentukan genangan air. Oleh karena itu, diperlukan sistem drainase yang tepat untuk membuang atau meminimalkan kelebihan air dari suatu lahan agar dapat bekerja dengan maksimal.

Mekanikal plambing pada dasarnya adalah sebuah sistem penyedia air bersih dan penyalur pembuangan air limbah di dalam bangunan. Segala sesuatu yang terkait dengan pemasangan pipa dan peralatan dalam struktur atau bangunan yang berkaitan dengan air bersih atau air limbah yang terhubung ke sistem saluran pembuangan kota digambarkan sebagai mekanikal plambing (Suhardiyanto, 2016).

Sistem plambing merupakan aspek integral dari konstruksi bangunan. Sehingga, perencanaan dan perancangan sistem plambing harus berjalan seiring dan sejalan dengan proses perencanaan dan perancangan bangunan. Hal ini juga harus dipertimbangkan dengan teliti sehubungan dengan komponen konstruksi bangunan dan peralatan lainnya.

Dalam SNI 03-6481-2000 disebutkan bahwa Segala sesuatu yang terkait dengan pemasangan pipa dan peralatan di gedung atau bangunan untuk air hujan, air limbah, dan air minum yang terhubung ke sistem kota atau sistem lain disebut sebagai plambing.

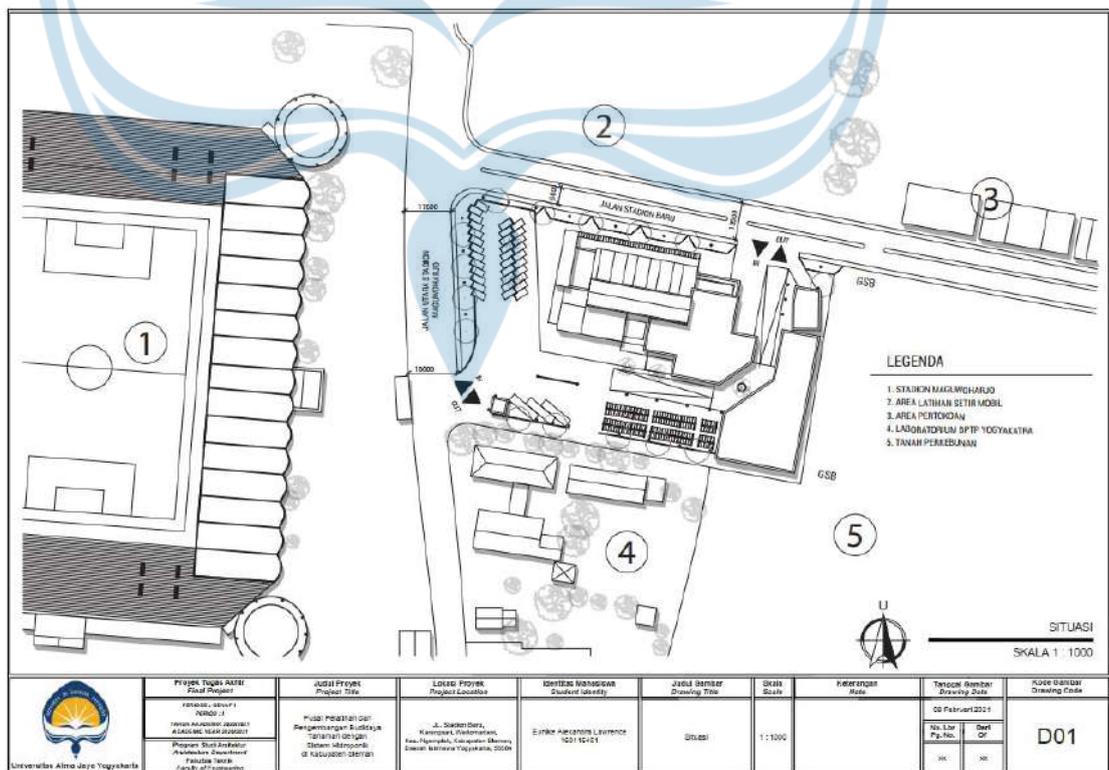
Pemasangan peralatan plambing pada sistem plambing memerlukan perhitungan yang cermat. Tujuan peralatan plambing ini adalah untuk (Noerbambang & Morimura, 2000).

1. Sistem pengolahan dilakukan dengan cara membuang air kotor dari berbagai lokasi tanpa mencemari komponen vital lainnya.
2. Sistem penyediaan air bersih bertanggung jawab untuk memberikan air bersih pada tekanan yang cukup ke tujuan yang diperlukan.

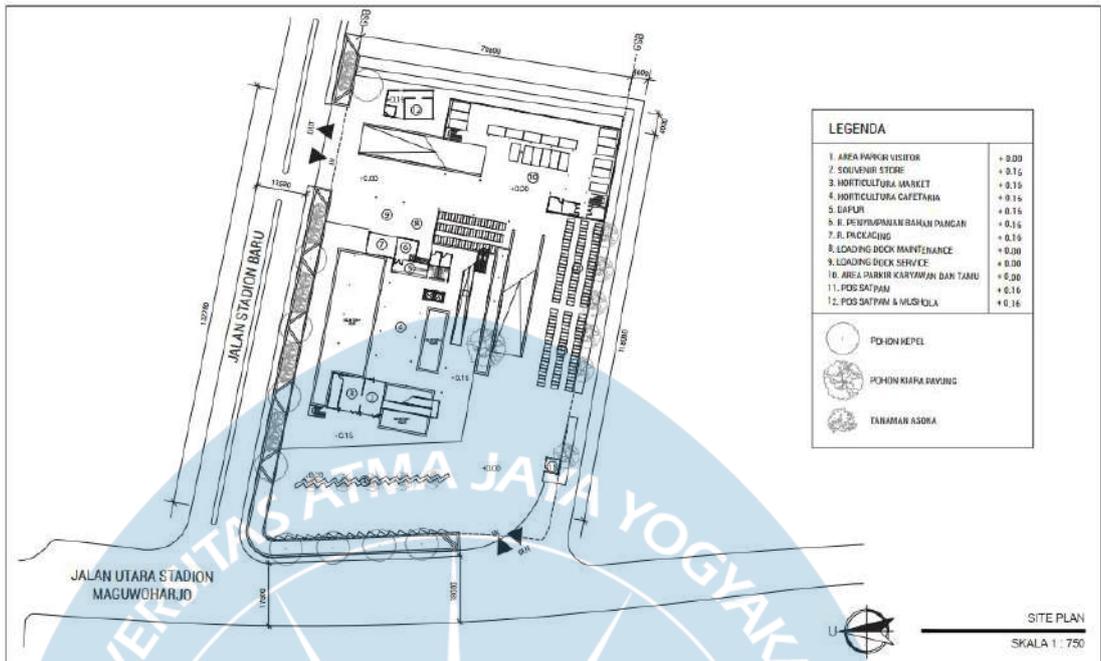
Kesalahan dalam perencanaan, perancangan, pemasangan, dan pemeliharaan peralatan plambing juga dapat membahayakan kehidupan manusia. Kesalahan dalam perancangan, pemasangan, penggunaan, dan pemeliharaan sistem plambing dapat mengakibatkan kecelakaan tragis dan berbagai macam penyakit. Akibatnya, beberapa negara telah mengeluarkan undang-undang yang berkaitan dengan peralatan dan instalasi pipa, termasuk undang-undang, peraturan, pedoman pelaksanaan, standar, dan sebagainya (Noerbambang & Morimura, 2000).

### 2.1.1 Skema Bangunan

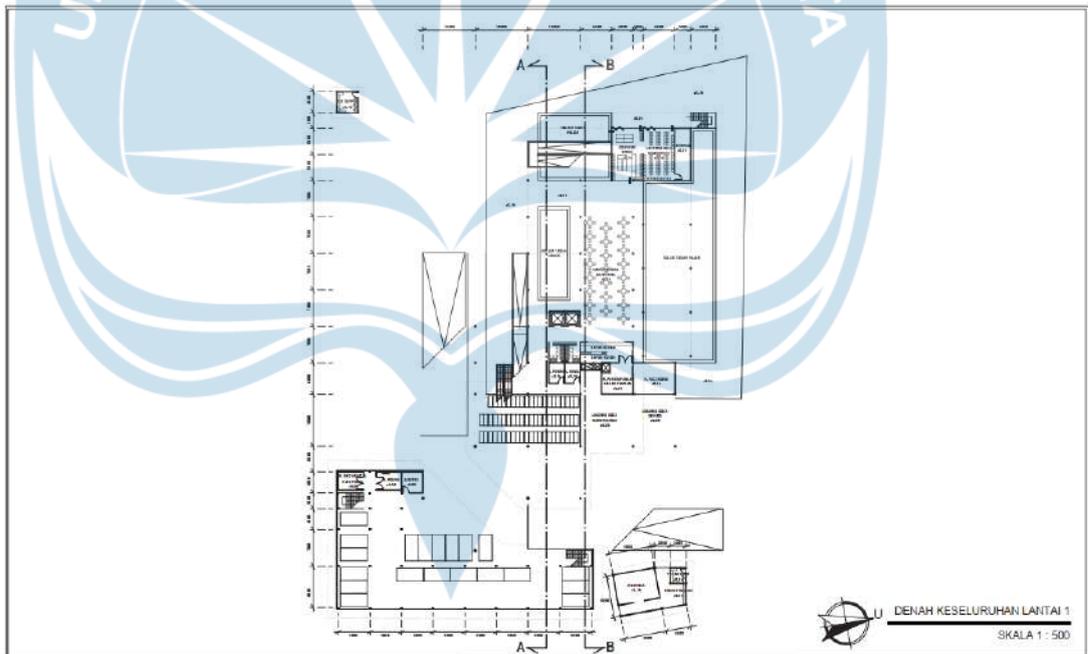
Lokasi perancangan sistem plambing ini didedikasikan untuk Pusat pelatihan dan pengembangan budaya tanaman dengan sistem hidroponik di Jl. Kepuhsari, Jenengan, Desa Maguwoharjo, Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.



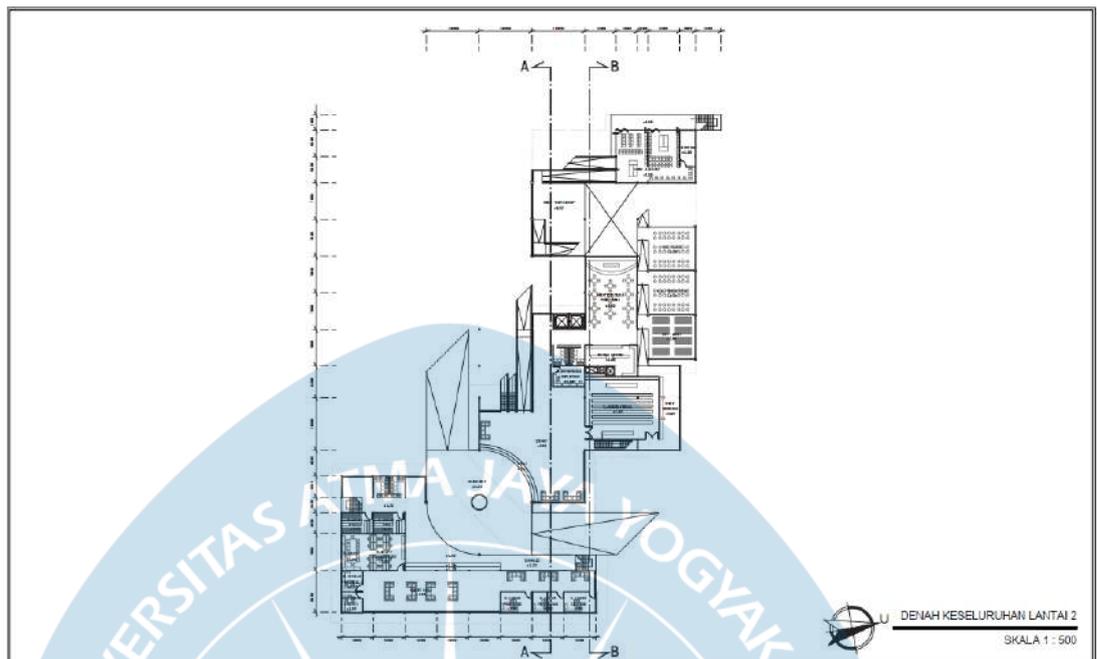
Gambar 2.1 Situasi Lokasi perancangan



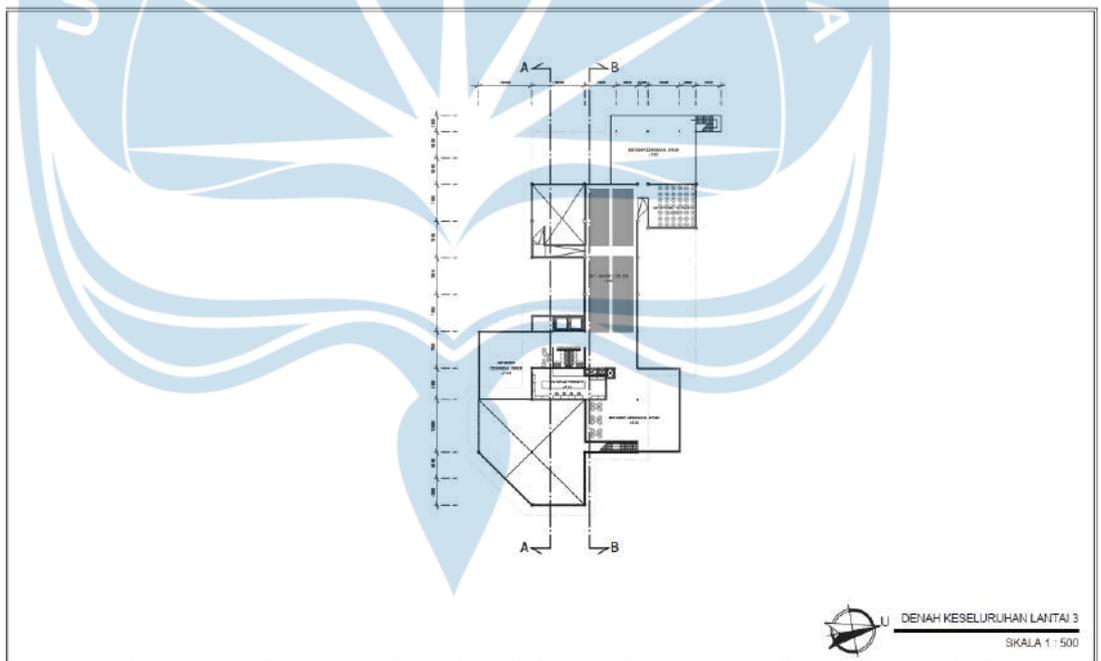
Gambar 2.2 Site plan



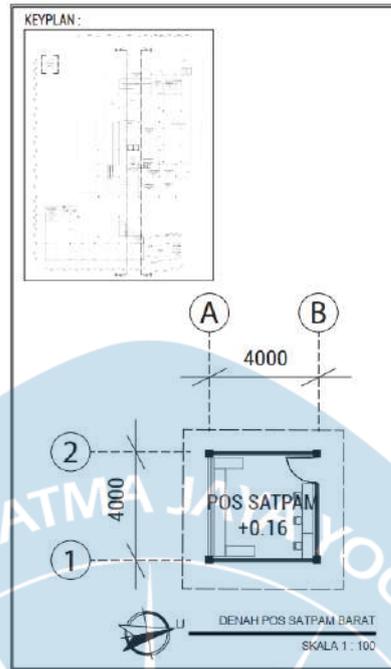
Gambar 2.3 Denah Keseluruhan Lantai 1



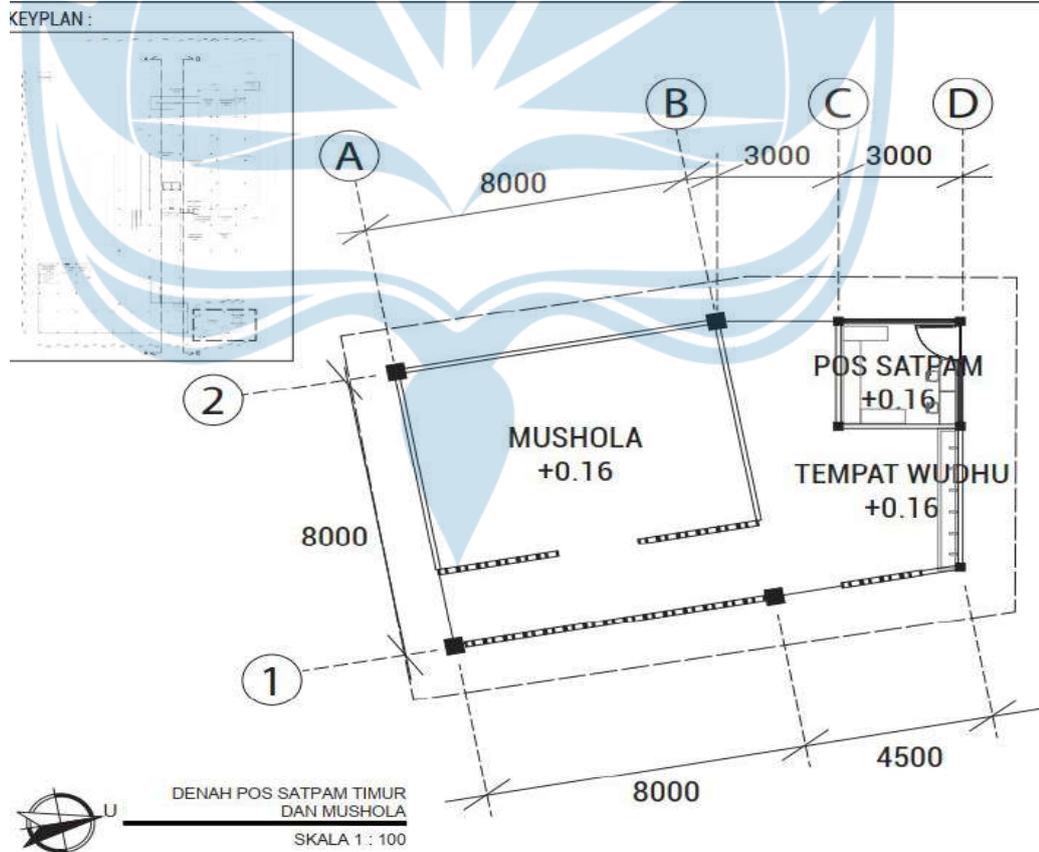
Gambar 2.4 Denah Keseluruhan Lantai 2



Gambar 2.5 Denah Keseluruhan Lantai 3



Gambar 2.6 Denah Pos Satpam Barat



Gambar 2.7 Denah Pos Satpam Timur dan Mushola

## **2.2 Referensi Peraturan Perancangan**

Ada standar acuan yang harus diikuti atau diperhatikan saat membuat segala bentuk perancangan. Standar Nasional Indonesia (SNI) umumnya diikuti di Indonesia. Berikut peraturan yang menjadi landasan perancangan ini.

1. SNI 8153-2015, Tentang Sistem Plambing pada Bangunan Gedung.
2. SNI 03-7065-2005, Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing.
3. SNI 03-2453-2002, Tentang Spesifikasi Sumur Resapan Air Hujan untuk Lahan Pekarangan.
4. SNI 06-2459-2002, Tentang Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan.
5. SNI 2398-2017 tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik dengan Pengolahan Lanjutan (Sumur Resapan, Bidang Sumur Resapan, Up Flow Filter, Kolam Sanita).

## **2.3 Sistem Penyediaan Air Bersih**

Sistem penyediaan air bersih adalah sistem perpipaan atau distribusi yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada bangunan gedung.

### **2.3.1 Kebutuhan Air Bersih**

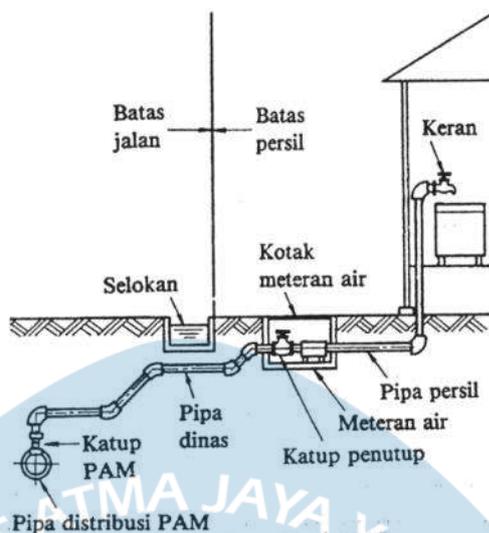
Kapasitas air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia adalah kebutuhan akan air bersih. Jumlah air yang digunakan ditentukan oleh berbagai faktor, termasuk jumlah penduduk yang tinggal di daerah tersebut, iklim, dan kebiasaan hidup manusia. Air bersih yang akan dipakai harus memenuhi kriteria atau standar yang ada, dan air bersih dapat diperoleh dari air tanah dan air permukaan (Burako, 2018).

### **2.3.2 Jenis Sistem Penyediaan Air Bersih**

Sistem penyediaan air bersih terbagi dalam berbagai bentuk, antara lain sistem sambungan langsung, sistem tangki atap, sistem tangki tekan, dan sistem tanpa tangki yang akan di jelaskan sebagai berikut (Pakan & Muliarsi. Ataline, 2013).

1. Sistem sambungan langsung

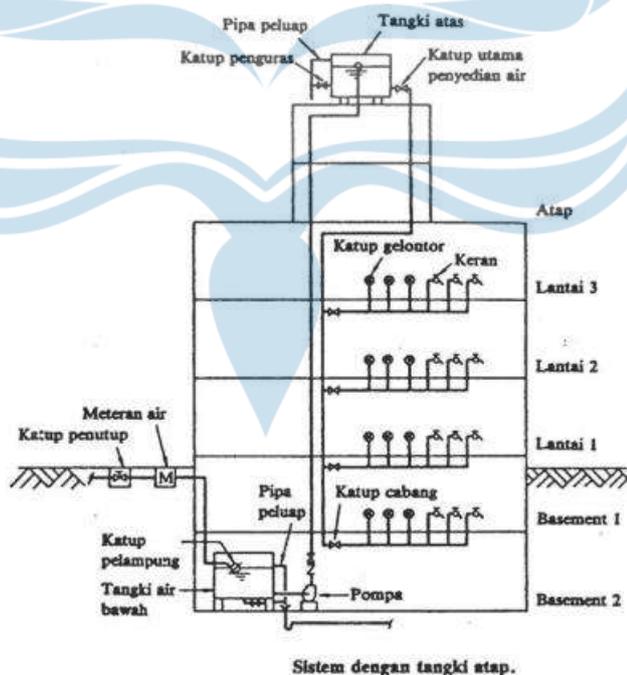
Sistem sambungan langsung pada suatu gedung adalah sistem distribusi air yang sumber airnya adalah Perusahaan Air Minum (PAM).



Gambar 2.8 Sistem Sambungan Langsung

2. Sistem tangki atap

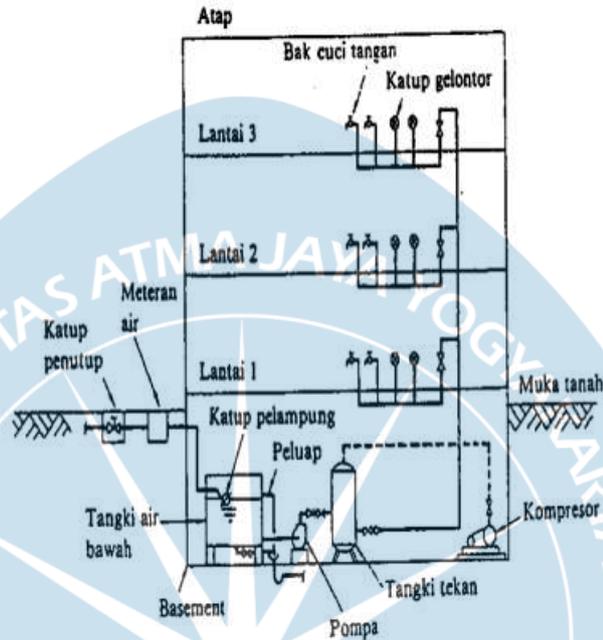
Cara kerja sistem tangki atap adalah dimana air bersih di distribusikan terlebih dahulu disimpan di tangki bawah atau *Ground Water Tank (GWT)*, kemudian dipompa ke tangki atas atau *Roof Tank (RT)*. Air dari tangki atas akan disalurkan ke alat plambing pada gedung melalui pipa.



Gambar 2.9 Sistem Tangki Atap

3. Sistem tangki tekan

Sistem tangki tekanan adalah sistem distribusi air yang mengumpulkan air dari tangki bawah dan menyalurkannya ke tangki tertutup (bejana). Udara di bejana akan dikompresi, sehingga air mengalir ke alat plambing pada bangunan.



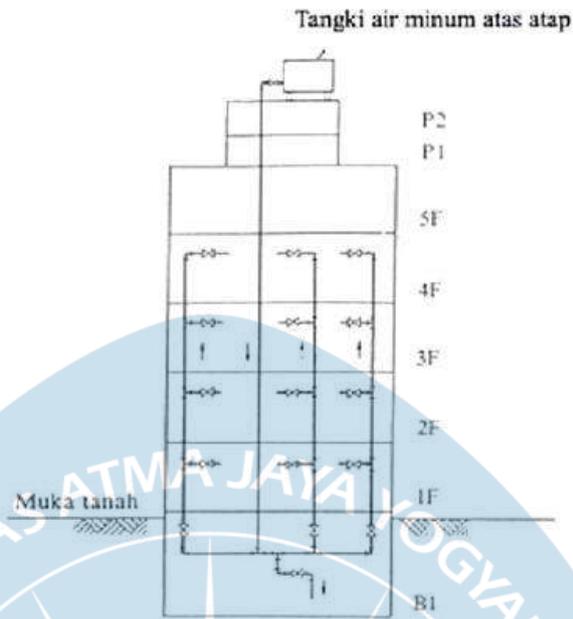
Gambar 2.10 Sistem Tangki Tekan

### 2.3.3 Sistem Pengaliran Air Bersih

Sistem pengaliran air bersih bangunan dipisahkan menjadi tiga jenis yaitu sistem pengaliran ke atas, sistem pengaliran ke bawah, dan sistem pengaliran satu pipa. Untuk penjelasan masing-masing jenis sebagai berikut (Pakan & Muliasari. Ataline, 2013).

1. Sistem pengaliran air ke atas

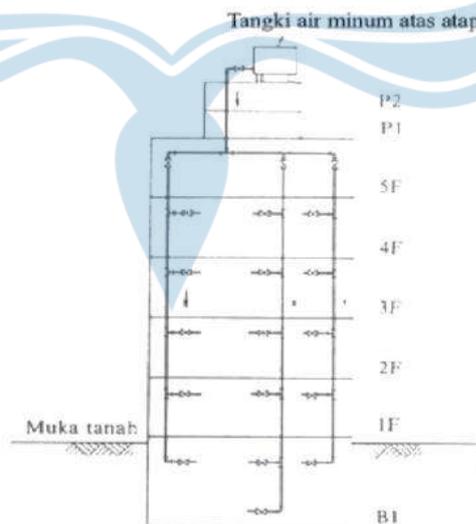
Pipa utama yang dipasang dari tangki atas yang turun ke lantai langit-langit bagian bawah bangunan, kemudian bercabang secara horizontal dan vertikal atas untuk membantu alat plambing dalam mengalirkan air pada gedung sistem ini dikenal sebagai sistem pengaliran air ke atas.



Gambar 2.11 Sistem Pengaliran Air Satu Pipa

2. Sistem pengaliran air ke bawah

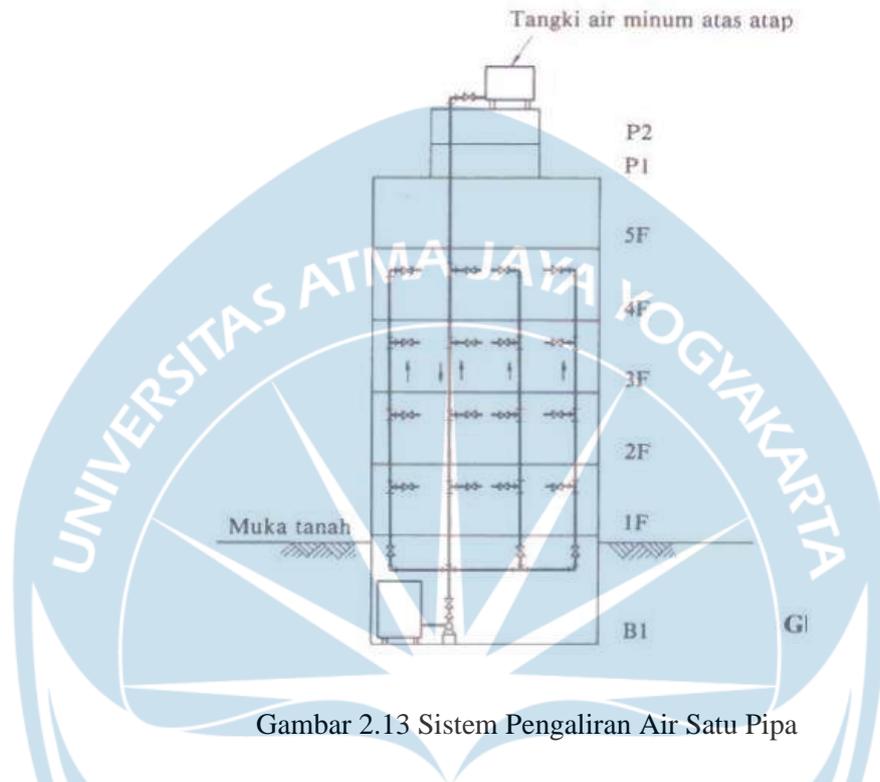
Pipa utama dipasang secara horizontal di dalam langit-langit lantai atas gedung, kemudian secara horizontal dan bercabang vertikal ke bawah untuk Sistem pengaliran air satu pipa untuk membantu alat plambing dalam mengalirkan air pada gedung sistem ini dikenal sebagai sistem pengaliran air ke bawah.



Gambar 2.12 Sistem Pengaliran Air ke Bawah

3. Sistem pengaliran air satu pipa

Jalur penyaluran dari pompa tangki air bawah ke tangki atas dan pipa air utama yang melayani ketinggian bangunan, keduanya merupakan satu pipa dalam sistem pengaliran air satu pipa.



Gambar 2.13 Sistem Pengaliran Air Satu Pipa

#### 2.3.4 Peralatan Sistem Pengaliran Air Bersih

Peralatan yang diperlukan untuk membantu pengangkutan air melalui pipa dikenal dengan peralatan sistem pengaliran air bersih. Ada tiga jenis peralatan yaitu tangki atas, tangki bawah, dan tangki tekanan. Untuk penjelasan masing-masing jenis sebagai berikut (Pakan & Muliarsi, Ataline, 2013).

1. Tangki Atas

Tangki atas digunakan untuk cadangan air untuk penggunaan jam puncak. Tangki atas biasanya dibuat dari pelat baja, beton, kayu, dan *fiberglass*.

2. Tangki Bawah

Tangki bawah digunakan untuk menyimpan air untuk penggunaan satu hari. Tangki bawah biasanya dibuat dari pelat baja, beton, kayu, dan bahan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*.

### 3. Tangki Tekan

Tujuan dari tangki tekanan adalah untuk memompa air dari tangki bawah ke bejana tertutup, mengompresi udara di dalam bejana dan air dapat mengalir menuju alat plambing pada bangunan.

#### 2.3.5 Prinsip dalam Pipe Network

Salah satu bentuk metode pengaliran air adalah pipa *network*, yang juga dikenal sebagai aliran pipa. Cara kerja pipa *network* adalah menyalurkan air melalui pipa ke berbagai lokasi yang membutuhkan. Pipa penampung aliran air disusun dan dirancang untuk mengalirkan aliran dengan lancar ke semua lokasi untuk memenuhi permintaan distribusi air.

Sistem perpipaan menggunakan berbagai komponen pelengkap, termasuk *flange*, katup, *reducer*, *elbow*, tumpuan/struktur, percabangan dan *nozzle*, dan banyak lainnya. Komponen-komponen ini membantu dalam susunan pipa sehingga dapat mencakup semua area dari area yang ditentukan (Ardana, 2012).

#### 2.3.6 Pompa

Pompa adalah alat yang memindahkan fluida dari daerah bertekanan rendah ke lokasi bertekanan lebih tinggi. Ada berbagai macam jenis pompa yang biasa digunakan untuk menyediakan air bersih di suatu gedung.

##### 1. Pompa air sumur dangkal

Pompa dengan daya hisap maksimum sedalam 9 meter dikenal sebagai pompa air sumur dangkal. Biasanya, pompa ini hanya ditujukan untuk penggunaan ringan.

##### 2. Pompa air sumur dalam

Pompa air sumur dalam memiliki daya hisap yang dapat mencapai kedalaman lebih dari 9 meter. pompa ini memiliki *jet injector*, yang membantu meningkatkan daya cangkupan air yang dihisap.

##### 3. Pompa celup

Pompa celup adalah pompa air yang beroperasi dengan cara direndamkan di dalam air. Daya pancar pompa biasanya mencapai 5 meter.

#### 4. Pompa booster

Pompa booster adalah pompa yang meningkatkan kekuatan semprotan air di dalam pipa. Pompa booster biasanya ditempatkan di dekat sumber air, seperti tangki atas.

### 2.3.7 Perhitungan Kebutuhan Penyediaan Air Bersih

Pada tugas akhir ini digunakan *roof tank* sebagai sistem penyediaan air bersih. Air yang mengalir adalah air yang berasal dari sumber air (PAM). Air disimpan di tangki bawah, yang terletak di dekat gedung, dan kemudian dipompa ke tangki atas, di mana air tersebut didistribusikan ke semua alat plambing pada bangunan.

Kebutuhan air bersih dihitung dengan menggunakan metode jumlah penghuni dalam perhitungan ini. Metode ini didasarkan pada konsumsi air rata-rata harian setiap orang, dengan waktu konsumsi air rata-rata 7 jam. Berikut asumsi penggunaan air rata-rata per orang per hari berdasarkan SNI 03-7065-2005.

1. Pusat pelatihan dan pengembangan masuk dalam kategori gedung pertunjukan adalah 30 liter/orang/hari.
2. Mushola dengan penggunaan air wudhu adalah 5 liter/orang/hari sehingga untuk 5 kali sholat dibutuhkan 25 liter/orang.

Berikut adalah langkah-langkah dalam menentukan kebutuhan air bersih (Noerbambang & Morimura, 2000).

1. Pemakaian air dalam satu hari

$$Q_d = 120\% \times \sum (\text{jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air per orang per hari}) \quad (2.1)$$

Dimana:

$$Q_d = \text{pemakaian air sehari (m}^3\text{/hari)}$$

2. Pemakaian air rata-rata per jam

$$Q_h = \frac{Q_d}{T} \quad (2.2)$$

Dimana:

$$Q_h = \text{pemakaian air rata-rata per jam (m}^3\text{/jam)}$$

$$Q_d = \text{pemakaian air sehari (m}^3\text{/hari)}$$

$$T = \text{jangka waktu pemakaian air (jam/hari)}$$

3. Kapasitas pipa dinas

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h \quad (2.3)$$

Dimana:

$Q_s$  = kapasitas pipa dinas ( $m^3/jam$ )

$Q_h$  = pemakaian air rata-rata ( $m^3/jam$ )

4. Pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-max} = c_1 \times Q_h \quad (2.4)$$

Dimana:

$Q_{h-max}$  = pemakaian air jam puncak ( $m^3/jam$ )

$c_1$  = konstanta pemakaian air jam puncak

$Q_h$  = pemakaian air rata-rata ( $m^3/jam$ )

5. Pemakaian air pada menit puncak

$$Q_p = c_2 \times \frac{Q_h}{60} \quad (2.5)$$

Dimana:

$Q_p$  =  $Q_{m-max}$  = pemakaian air menit puncak ( $m^3/menit$ )

$c_2$  = konstanta pemakaian air menit puncak

$Q_h$  = pemakaian air rata-rata ( $m^3/jam$ )

6. Kapasitas pompa pengisi

$$Q_{pu} = c_1 \times \frac{Q_h}{60} \quad (2.6)$$

Dimana:

$Q_p$  =  $Q_{m-max}$  = pemakaian air menit puncak ( $m^3/menit$ )

$c_1$  = konstanta pemakaian air menit puncak

$Q_h$  = pemakaian air rata-rata ( $m^3/jam$ )

### 2.3.8 Perhitungan Volume Tangki Bawah

Volume tangki bawah dihitung tergantung pada jumlah air bersih yang dibutuhkan dalam satu hari. Untuk menghitung volume tangki bawah (*Ground Water Tank*) menggunakan rumus Morimura dan Noerbambang (Noerbambang & Morimura, 2000).

1. Volume GWT

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F \quad (2.7)$$

Dimana:

$V_R$  = volume tangki bawah ( $m^3$ )

- Qd = pemakaian air sehari (m<sup>3</sup>/hari)
- Qs = kapasitas pipa dinas (m<sup>3</sup>/jam)
- T = rata-rata pemakaian air per hari (jam/hari)
- V<sub>F</sub> = kebutuhan air hidran (m<sup>3</sup>)

2. Perhitungan dimensi tangki bawah

$$V = p \times l \times t \quad (2.8)$$

Dimana:

- p = panjang tangki (m)
- l = lebar tangki (m)
- t = kedalaman tangki (m)

### 2.3.9 Perhitungan Volume Tangki Atas

Perhitungan ukuran tangki air atas berdasarkan pasokan air PDAM, terutama berdasarkan fluktuasi kebutuhan air dan pemompaan yang disesuaikan dengan waktu. Menurut (Noerbambang & Morimura, 2000), berikut adalah rumus untuk menghitung tangki atap (*Roof Tank*).

1. Volume RT

$$V_E = (Q_p - Q_{h-max}) T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}) \quad (2.9)$$

Dimana:

- V<sub>E</sub> = volume tangki atas (m<sup>3</sup>)
- Q<sub>p</sub> = pemakaian air menit puncak (m<sup>3</sup>/menit)
- Q<sub>h-max</sub> = pemakaian air jam puncak (m<sup>3</sup>/menit)
- T<sub>p</sub> = jangka waktu kebutuhan puncak (menit)
- Q<sub>pu</sub> = kapasitas pompa pengisi (m<sup>3</sup>/menit)
- T<sub>pu</sub> = jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

2. Perhitungan jumlah kebutuhan tangki atas

Dalam rencana ini, setelah mendapatkan volume air bersih untuk tangki di atas, kemudian ditentukan bahwa tangki atas akan menggunakan *reservoir* air. Jadi, untuk ukuran tampungan air yang digunakan akan menyesuaikan volume kebutuhan air yang sudah dihitung.

### 2.3.10 Perhitungan Daya Pompa

Tujuan dari perhitungan daya pompa adalah untuk mengetahui jenis pompa apa yang akan dipakai untuk memompa air dari tangki bawah ke tangki atas. Proses untuk

menentukan jenis pompa yang akan digunakan berdasarkan laju aliran 0,3 m/s hingga 2,5 m/s adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan debit pengaliran

$$Q = \frac{V_E}{T_{pu}} \quad (2.10)$$

Dimana:

Q = debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

V<sub>E</sub> = volume tangki atas (m<sup>3</sup>)

T<sub>pu</sub> = jangka waktu kerja pompa pengisi (detik)

2. Perhitungan diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{v \times \pi}} \quad (2.11)$$

Dimana:

D = diameter pipa (m)

Q = debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

v = kecepatan pengaliran (m/s)

3. Pengecekan kecepatan asli aliran dalam pipa

$$D = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times v \times D^2} \quad (2.12)$$

Dimana:

v = kecepatan asli aliran (m/s)

Q = debit pengaliran (m<sup>3</sup>/detik)

D = diameter pipa yang digunakan (m)

4. Perhitungan bilangan Reynolds

$$Re = \frac{v \times D}{8,93 \times 10^{-7}} \quad (2.13)$$

Dimana:

Re = bilangan Reynolds

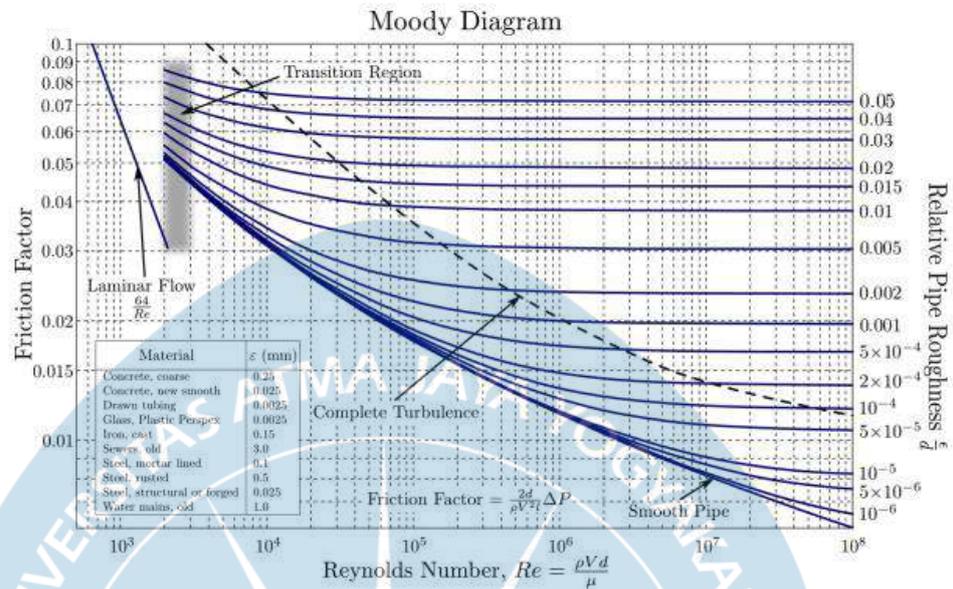
v = kecepatan asli aliran (m/s)

D = diameter pipa (m)

5. Penentuan nilai friksi

*Moody Diagram* digunakan untuk menghitung koefisien gesekan atau nilai friksi. Nilai friksi merupakan nilai kekasaran pipa yang nantinya akan digunakan untuk menghitung *headloss*. Nilai friksi yang tinggi, maka mengakibatkan kasar suatu pipa

dan menghasilkan nilai *headloss* yang tinggi dan sebaliknya nilai friksi yang rendah, maka mengakibatkan mulus suatu pipa dan menghasilkan nilai *headloss* yang rendah.



**Gambar 2.14 Moody Diagram**

Dimana:

- Re = bilangan Reynolds
- L = total panjang pipa (m)
- E = koefisien kekasaran pipa (mm)
- D = diameter pipa (mm)
- E/D = *relative roughness*
- f = nilai friksi/*friction factor*

6. Perhitungan *headloss mayor*

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.14)$$

Dimana:

- H<sub>f</sub> = *headloss mayor* (m)
- f = friksi/*friction factor*
- L = total panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- v = kecepatan asli aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

7. Perhitungan *headloss minor*

$$K = \sum (\text{jumlah aksesoris} \times \text{koefisien aksesoris}) \quad (2.15)$$

$$H_e = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.16)$$

Dimana:

K = koefisien gesek

$H_e$  = *headloss minor* (m)

v = kecepatan asli aliran (m/s)

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

8. Perhitungan *headpump*

$$HP = H_f + H_e + \Delta H \quad (2.17)$$

Dimana:

HP = *headpump* (m)

$H_f$  = *headloss mayor* (m)

$H_e$  = *headloss minor* (m)

$\Delta H$  = perbedaan elevasi GWT dan RT (m)

9. Perhitungan daya pompa

$$P = \frac{\rho \times g \times Q \times HP}{\eta} \quad (2.18)$$

Dimana:

P = daya pompa (watt)

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg/m}^3$ )

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

HP = *headpump* (m)

$\eta$  = efisiensi pompa

### 2.3.11 Perhitungan *Headpump* Pipa Air Bersih dalam Gedung

*Headpump* untuk pipa air bersih di gedung dihitung untuk menentukan debit air dari reservoir ke alat plambing pada gedung. Pertama, isometri pipa harus digambar terlebih dahulu untuk menghitung perhitungan pipa. Kemampuan mengalirkan air kemudian dengan asumsi perhitungan jarak pipa yang terpanjang (dari tandon ke alat plambing terjauh). Perhitungan ini dilakukan pada setiap lantai gedung untuk melihat apakah ketinggian tandon yang direncanakan memiliki energi yang cukup untuk

mengalirkan air ke titik terjauh dari pipa dalam struktur. Adapun langkah-langkah perhitungan pipa air bersih pada bangunan gedung.

1. Rute yang telah diberi nama dan hitung panjang pipa pada rute tersebut.
2. Menghitung jumlah alat plambing dan total bebannya pada setiap rute.

Setiap rute pipa dapat menampung sejumlah peralatan plambing. Selanjutnya ditentukan beban masing-masing jenis peralatan plambing, seperti beban kloset bernilai 2,5, wastafel bernilai 2, bak cuci piring (*sink*) bernilai 1,5, shower bernilai 2, dan kran bernilai Kemudian dihitung beban keseluruhannya.

$$\text{Beban total} = \sum (\text{jumlah alat plambing} \times \text{beban alat plambing}) \quad (2.19)$$

3. Menentukan diameter untuk masing-masing pipa.

Diameter pipa dihitung dengan menggunakan dua parameter yaitu panjang pipa terjauh (dari tandon ke pipa terjauh) dan total beban yang dibawa oleh setiap rute pipa. Kondisi tertentu yang harus dipenuhi dalam perpipaan air bersih Diperlukan diameter pipa minimal 3/4 inci (20 mm). Diameter pipa yang sesuai kemudian dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel 2.1.

Tabel 2.1 UBAP untuk Menentukan Ukuran Pipa Air dan Meter Air

Ukuran meter air (inci)*	Diameter pipa pembawa (inci)	Panjang maksimum yang dibolehkan (m)													
		12	18	24	30	46	61	76	91	122	152	183	213	244	274
UBAP untuk Rentang Tekanan 21 sampai 31,50 mka															
¼	½	6	5	4	3	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
¼	¾	16	16	14	12	9	6	5	4	3	2	2	2	2	1
¼	1	29	25	23	21	17	15	13	12	10	8	6	6	6	6
1	1	36	31	27	25	20	17	15	13	12	10	8	6	6	6
¼	1¼	36	33	31	28	24	23	21	19	17	16	13	12	12	11
1	1¼	54	47	42	38	32	28	25	23	19	17	14	12	12	11
1½	1¼	78	68	57	48	38	32	28	25	21	18	15	12	12	11
1	1½	85	84	79	65	56	48	43	38	32	28	26	22	21	20
1½	1½	150	124	105	91	70	57	49	45	36	31	26	23	21	20
2	1½	151	129	129	110	80	64	53	46	38	32	27	23	21	20
1	2	85	85	85	85	85	85	82	80	66	61	57	52	49	46
1½	2	220	205	190	176	155	138	127	120	104	85	70	61	57	54
2	2	370	327	292	265	217	185	164	147	124	96	70	61	57	54
2	2½	445	418	390	370	330	300	280	265	240	220	198	175	158	143

4. Menentukan debit aliran minimal pada alat plambing terjauh

Setiap jenis alat plambing dapat ditentukan aliran minimal pada pipa berdasarkan jenis alat plambing terjauh pada pipa. Debit dapat ditentukan dengan membagi pemakaian arinya terhadap waktu pengisiannya dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Debit Aliran Minimal pada Alat Plumbing

No.	Nama alat plumbing	Setiap pemakaian (Liter)	Waktu pengisian (detik)
1	Kloset, katup gelontor	15	10
2	Kloset, tangki gelontor	14	60
3	Peturasan, katup gelontor	5	10
4	Peturasan, tangki gelontor	14	300
5	Bak cuci tangan kecil	10	18
6	Bak cuci tangan biasa	10	40
7	Bak cuci dapur, dng kran 13 mm	15	60
8	Bak cuci dapur, dng kran 20 mm	25	60
9	Bak mandi rendam ( <i>bathtub</i> )	125	250
10	Pancuran mandi ( <i>shower</i> )	42	210

5. Menentukan kecepatan pada pipa terjauh

$$V1 = \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \quad (2.20)$$

Dimana:

V1 = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

Q = debit pengaliran minimal pada pipa terjauh (m<sup>3</sup>/detik)

D = diameter pipa (m)

6. Menghitung kecepatan pada masing-masing pipa dengan rumus kontinuitas.

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times v_1 = A_2 \times v_2$$

$$\frac{1}{4} \times \pi \times d_1^2 \times v_1 = \frac{1}{4} \times \pi \times d_2^2 \times v_2$$

$$v_2 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \times v_1 \quad (2.21)$$

Dimana:

Q<sub>1</sub> = debit pengaliran minimal pada pipa terjauh (m<sup>3</sup>/detik)

Q<sub>2</sub> = debit pengaliran minimal pada pipa yang ditinjau (m<sup>3</sup>/detik)

A<sub>1</sub> = luas penampang pipa terjauh (m<sup>2</sup>)

A<sub>2</sub> = luas penampang pipa yang ditinjau (m<sup>2</sup>)

d<sub>1</sub> = diameter pipa terjauh (m)

v<sub>1</sub> = kecepatan aliran pada pipa terjauh (m/s)

d<sub>2</sub> = diameter pipa yang ditinjau (m)

v<sub>2</sub> = kecepatan aliran pada pipa yang ditinjau (m/s)

7. Perhitungan bilangan Reynolds

$$Re = \frac{v \times D}{8,93 \times 10^{-7}} \quad (2.22)$$

Dimana:

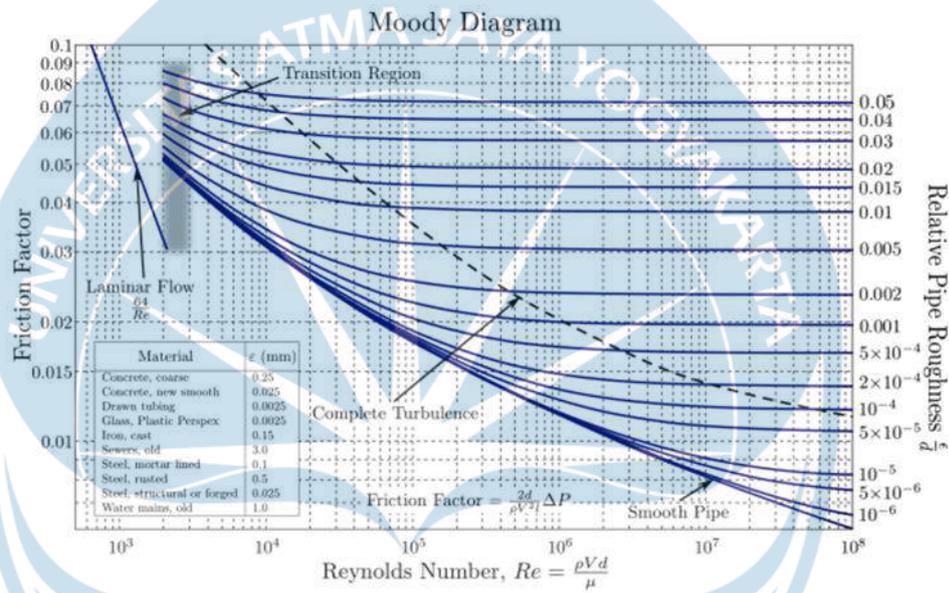
Re = bilangan Reynolds

$v$  = kecepatan asli aliran (m/s)

$D$  = diameter pipa (m)

8. Penentuan nilai friksi

*Moody Diagram* digunakan untuk menghitung koefisien gesekan atau nilai friksi. Nilai friksi merupakan nilai kekasaran pipa yang nantinya akan digunakan untuk menghitung *headloss*. Nilai friksi yang tinggi, maka mengakibatkan kasar suatu pipa dan menghasilkan nilai *headloss* yang tinggi dan sebaliknya nilai friksi yang rendah, maka mengakibatkan mulus suatu pipa dan menghasilkan nilai *headloss* yang rendah.



Gambar 2.15 *Moody Diagram*

Dimana:

$Re$  = bilangan Reynolds

$L$  = total panjang pipa (m)

$E$  = koefisien kekasaran pipa (mm)

$D$  = diameter pipa (mm)

$E/D$  = *relative roughness*

$f$  = nilai friksi/*friction factor*

9. Perhitungan *headloss* mayor untuk masing-masing pipa

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.23)$$

$H_f$  = *headloss mayor* (m)

$f$  = friksi/*friction factor*

- L = total panjang pipa (m)
- D = diameter pipa (m)
- v = kecepatan asli aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

10. Perhitungan koefisien gesek pada masing-masing jalur pipa.

Pertama hitung dahulu jumlah aksesoris pada setiap rute pipa. Kemudian, dengan menggunakan tabel di bawah, dapat dilihat koefisien untuk setiap jenis aksesoris berdasarkan diameter pipa.

Tabel 2.3 Koefisien Gesek Aksesoris Pipa

D (mm)	20	25	35	40	50	65	75	100
K. Elbow	0,444	0,435	0,417	0,408	0,39	0,363	0,345	0,3
K. Tee Branch	0,896	0,88	0,848	0,832	0,8	0,752	0,72	0,64
K. Tee Line	0,22	0,215	0,205	0,2	0,19	0,175	0,165	0,14

Koefisien gesekan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut setelah menentukan jumlah aksesoris dan koefisiennya di setiap rute pipa.

$$K = \sum (\text{jumlah aksesoris} \times \text{koefisien aksesoris}) \quad (2.24)$$

Dimana:

- K = koefisien gesek

11. Perhitungan *headloss* minor untuk masing-masing jalur pipa.

$$He = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (2.25)$$

Dimana:

- K = koefisien gesek
- He = *headloss minor* (m)
- v = kecepatan asli aliran (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

12. Perhitungan total *headloss*

Seluruh kehilangan energi yang dihasilkan dari aliran air dari tendon ke titik terjauh dari peralatan plambing dalam satu lantai pada gedung dikenal sebagai total *headloss*. Oleh karena itu, ada penambahan antara *headloss* mayor dan minor dari setiap pipa, seperti yang ditentukan pada tahap-tahap sebelumnya, dalam perhitungan.

$$HL = \sum Hf + \sum He \quad (2.26)$$

Dimana:

- HL = *headloss* total sistem (m)

Hf = *headloss* mayor masing-masing pipa (m)

He = *headloss* minor masing-masing pipa (m)

### 13. Perhitungan *headpump*

Perhitungan *headpump* digunakan untuk melihat apakah jumlah energi yang diperlukan untuk mengalirkan air dari tendon ke peralatan plambing terjauh sudah mencukupi. Jika perhitungan *headpump* memberikan hasil negatif, maka tinggi desain tandon sudah benar, namun jika nilai *headpump* yang dihitung adalah positif, elevasi tandon harus ditingkatkan dengan nilai *headpump* yang didapatkan, atau pompa booster harus ditambahkan. Perhitungan *headpump* tersebut menggunakan rumus Bernoulli.

$$P + \Delta H_2 + \frac{v^2}{2gH} = \frac{p}{\gamma} + \Delta H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + HL$$
$$HP = \frac{p}{\gamma} + \Delta H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + HL - \Delta H_2 - \frac{v^2}{2g} \quad (2.27)$$

Dimana:

HP = *headpump* (m)

$\Delta H_2$  = perbedaan elevasi tandon terhadap datum (m)

$v_2$  = kecepatan aliran keluar dari tandon (m/s)

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

P = tekanan minimum alat plambing paling ujung (50000 Pa)

$\gamma$  = berat jenis air ( $kg/m^2s^2$ )

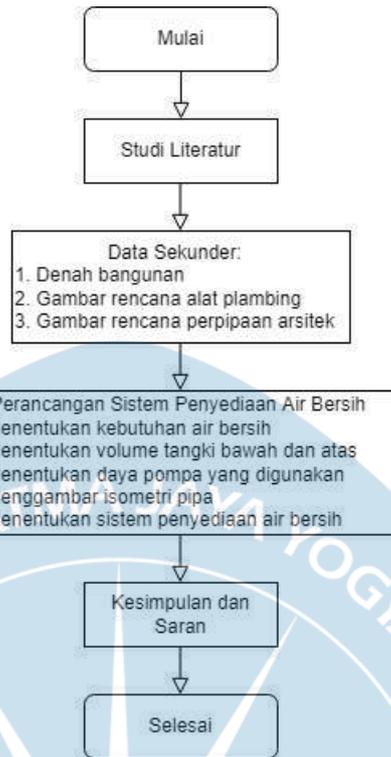
$\Delta H_1$  = perbedaan elevasi alat plambing berupa shower terhadap datum (m)

$v_1$  = kecepatan aliran keluar dari alat plambing (m/s)

HL = *headloss* total (m)

## 2.4 Perancangan Sistem Penyediaan Air Bersih

Dalam tugas akhir ini, sistem penyediaan air bersih yang direncanakan menggunakan dua sistem yaitu *ground water tank* dan *roof tank*. Sumber air yang digunakan berasal dari pam untuk kemudian dialirkan ke *ground water tank* yang sudah direncanakan. Air yang sudah tertampung di dalam *ground water tank* akan dialirkan ke *roof tank* untuk kemudian didistribusikan ke setiap alat plambing yang terdapat pada bangunan yang bersangkutan. Dengan bantuan data seperti kebutuhan air puncak dan kebutuhan air maksimum, maka volume tangki yang akan digunakan dapat ditentukan.



Gambar 2.16 *Flowchart* Perancangan Sistem Penyediaan Air Bersih

#### 2.4.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih dihitung menggunakan metode perhitungan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penghuni jika data jumlah penghuninya tidak diketahui. Perhitungan air bersih kemudian dipisah menjadi dua karena terdapat 2 gedung yang berbeda yaitu gedung 1 dan gedung 2. Untuk perhitungan kebutuhan air bersih bagi gedung 1 secara lebih rinci dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah ini.

1. Luas gedung 1
 

Lantai 1	=	2521,4 m <sup>2</sup>
Lantai 2	=	1703 m <sup>2</sup>
Lantai 3	=	1012,6 m <sup>2</sup>
Total	=	2521,4 + 1703 + 1012,6 = 5237 m <sup>2</sup>
2. Luas gedung efektif = 55% dari luas keseluruhan gedung 1
 

=	55% x 5237 m <sup>2</sup>
=	2880,35 m <sup>2</sup>
3. Dengan asumsi bahwa kepadatan huniannya 10 m<sup>2</sup> / orang, maka
 

Kepadatan penghuni	=	Luas gedung efektif / kepadatan hunian
	=	2880,35 / 10
	≈	289 orang

4. Menurut SNI 03-7065-2005, untuk gedung dengan fungsi bangunan sebagai gedung pertunjukkan, pemakaian air rata-ratanya adalah 30 liter per orang / hari. Maka pemakaian air rata-rata untuk gedung 1 per harinya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_d &= 30 \text{ liter per orang / hari} \times 289 \text{ orang} \\ &= 8670 \text{ liter / hari} \\ &= 8,67 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

5. Untuk mengantisipasi terjadinya kebocoran, diberikan asumsi persentase kebocoran sebesar 20%. Debit kebocoran pun dapat dihitung seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} Q_{\text{kebocoran}} &= 20\% \times 8,67 \\ &= 1,734 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ Q_{\text{total}} &= 8,67 + 1,734 = 10,404 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

6. Jangka waktu pemakaian air rata-rata dalam sehari ditentukan sebesar 7 jam, maka pemakaian air rata-rata efektif dapat dihitung seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} Q_h &= Q_{\text{total}} / T \\ &= 10,404 / 7 \\ &= 1,487 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

7. Dengan mengasumsikan bahwa konstanta pemakaian air jam puncak ( $c_1$ ) sebesar 2, maka pemakaian air pada jam puncak adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_h \text{ max} &= c_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 1,487 \\ &= 2,974 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan air bersih yang diperlukan untuk tanaman hidroponik pada bangunan yang bersangkutan dapat ditentukan dengan terlebih dahulu menghitung luas efektif ruangan tanaman hidroponik seperti pada perhitungan di bawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Luas ruangan tanaman hidroponik} &= 582,4 \text{ m}^2 \\ \text{Luas efektif} &= 70\% \times 582,4 \text{ m}^2 \\ &= 407,68 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

9. Diasumsikan penggunaan air untuk tanaman hidroponik adalah sebesar 0,25 liter/detik/hektar. Setelah dikonversi, maka kebutuhan air tersebut adalah sebesar  $0,00009 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{m}^2$ .

$$\begin{aligned} Q_h &= \text{penggunaan air} \times \text{luas efektif} \\ &= 0,00009 \times 407,68 \\ &= 0,037 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan kebutuhan air bersih bagi gedung 2 secara lebih rinci dapat dilihat pada langkah-langkah di bawah ini.

1. Luas gedung 2

$$\begin{aligned} \text{Lantai 2} &= 1090,5 \text{ m}^2 \\ \text{Total} &= 1090,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Luas gedung efektif = 55% dari luas keseluruhan gedung 2  
 $= 55\% \times 1090,5 \text{ m}^2$   
 $= 599,775 \text{ m}^2$

3. Dengan asumsi bahwa kepadatan huniannya  $10 \text{ m}^2 / \text{orang}$ , maka  
 Kepadatan penghuni = Luas gedung efektif / kepadatan hunian  
 $= 599,775 / 10$   
 $\approx 60 \text{ orang}$

4. Menurut SNI 03-7065-2005, untuk gedung dengan fungsi bangunan sebagai gedung pertunjukkan, pemakaian air rata-ratanya adalah 30 liter per orang / hari. Maka pemakaian air rata-rata untuk gedung 1 per harinya adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_d &= 30 \text{ liter per orang / hari} \times 60 \text{ orang} \\ &= 1800 \text{ liter / hari} \\ &= 1,8 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

5. Untuk mengantisipasi terjadinya kebocoran, diberikan asumsi persentase kebocoran sebesar 20%. Debit kebocoran pun dapat dihitung seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} Q_{\text{kebocoran}} &= 20\% \times 1,8 \\ &= 0,36 \text{ m}^3 / \text{hari} \\ Q_{\text{total}} &= 1,8 + 0,36 = 2,16 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

6. Jangka waktu pemakaian air rata-rata dalam sehari ditentukan sebesar 7 jam, maka pemakaian air rata-rata efektif dapat dihitung seperti berikut ini.

$$\begin{aligned} Q_h &= Q_{\text{total}} / T \\ &= 2,16 / 7 \\ &= 0,309 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

7. Dengan mengasumsikan bahwa konstanta pemakaian air jam puncak ( $c_1$ ) sebesar 2, maka pemakaian air pada jam puncak adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_h \text{ max} &= c_1 \times Q_h \\ &= 2 \times 0,309 \\ &= 0,618 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

8. Kebutuhan air bersih yang diperlukan untuk mushola dapat dihitung seperti di bawah ini.

Luas mushola	=	48 m <sup>2</sup>
Luas area yang dipakai per orang	=	1,5 m <sup>2</sup> / orang
Kapasitas mushola	=	48 / 1,5
	=	32 orang
Jumlah pemakaian per hari	=	2 kali
Waktu efektif	=	1 jam
Waktu sholat	=	15 menit
Turn over	=	60 menit / 15 menit
	=	4 kali
Total pengunjung	=	turn over x 2 x kapasitas
	=	4 x 2 x 32
	=	256 orang
Kebutuhan air mushola perhari	=	5 liter / orang / hari
Total kebutuhan air	=	256 x 5
	=	1280 liter / hari
	=	0,054 m <sup>3</sup> / jam

#### 2.4.2 Perhitungan Volume Ground Water Tank

*Ground water tank* berbentuk persegi panjang dan terbuat dari beton bertulang. *Ground water tank* diletakkan di dalam tanah di bawah dari gedung bangunan yang bersangkutan. Kapasitas dari *ground water tank* direncanakan sedemikian rupa agar dapat memenuhi kebutuhan air gedung yang bersangkutan selama sehari. Untuk langkah perhitungan volume *ground water tank* pada gedung 1 dapat dilihat di bawah ini.

1. Kebutuhan air rata-rata per jam untuk gedung 1 =  $Q_h$  gedung 1 +  $Q_h$  hidroponik  

$$= 1,487 + 0,037$$

$$= 1,524 \text{ m}^3 / \text{jam}$$
2. Kapasitas pipa dinas ( $Q_s$ ) =  $2/3 \times Q_h$   

$$= 2/3 \times 1,524$$

$$= 1,016 \text{ m}^3 / \text{jam}$$
3. Jumlah kebutuhan air per hari ( $Q_d$ ) =  $Q_{\text{total}}$  gedung 1 +  $Q_{\text{total}}$  hidroponik  

$$= 10,404 + (0,037 \times 24)$$

$$= 11,292 \text{ m}^3 / \text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata jangka waktu pemakaian} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Volume ground water tank} &= Q_d - (Q_s \times T) \\ &= 11,292 - (1,016 \times 7) \\ &= 4,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad \text{Panjang tangki diasumsikan} &= 2 \text{ m} \\ \text{Lebar tangki diasumsikan} &= 2 \text{ m} \\ \text{Kedalaman tangki rencana} &= \frac{\text{Volume total}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} + 0,3 \text{ m (freeboard)} \\ &= \frac{4,18}{2 \times 2} + 0,3 \\ &\approx 1,3 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek volume} &= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman} \\ &= 2 \times 2 \times 1,3 \\ &= 5,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Karena volume hasil perancangan ( $5,2 \text{ m}^3$ ) > volume yang diperlukan ( $4,18 \text{ m}^3$ ), maka dimensi *ground water tank* yang digunakan pada gedung 1 yaitu panjang 2 meter, lebar 2 meter dan kedalaman 1,3 meter sudah memenuhi syarat. Untuk langkah perhitungan volume *ground water tank* pada gedung 2 dapat dilihat di bawah ini.

$$\begin{aligned} 1. \quad \text{Kebutuhan air rata-rata per jam untuk gedung 2} &= Q_h \text{ gedung 2} + Q_h \text{ mushola} \\ &= 0,309 + 0,054 \\ &= 0,363 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad \text{Kapasitas pipa dinas (} Q_s \text{)} &= 2/3 \times Q_h \\ &= 2/3 \times 0,363 \\ &= 0,242 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad \text{Jumlah kebutuhan air per hari (} Q_d \text{)} &= Q_{\text{total}} \text{ gedung 2} + Q_{\text{total}} \text{ mushola} \\ &= 2,16 + (0,054 \times 24) \\ &= 3,44 \text{ m}^3 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata jangka waktu pemakaian} &= 7 \text{ jam} \\ \text{Volume ground water tank} &= Q_d - (Q_s \times T) \\ &= 3,44 - (0,242 \times 7) \\ &= 1,746 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 4. \quad \text{Panjang tangki diasumsikan} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Lebar tangki diasumsikan} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Kedalaman tangki rencana} &= \frac{\text{Volume total}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} + 0,3 \text{ m (freeboard)} \end{aligned}$$

$$= \frac{1,746}{1,6 \times 1,6} + 0,3$$

$$\approx 1 \text{ m}$$

Cek volume

$$= \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{kedalaman}$$

$$= 1,6 \times 1,6 \times 1$$

$$= 2,56 \text{ m}^3$$

Karena volume hasil perancangan ( $2,56 \text{ m}^3$ ) > volume yang diperlukan ( $1,746 \text{ m}^3$ ), maka dimensi *ground water tank* untuk gedung 2 yang digunakan yaitu panjang 1,6 meter, lebar 1,6 meter dan kedalaman 1 meter sudah memenuhi syarat.

### 2.4.3 Perhitungan Volume Roof Tank

*Roof tank* terletak pada dag lantai 3 gedung 1 dan berfungsi untuk mengalirkan air bersih ke setiap alat plambing yang terdapat pada gedung 1. *Roof tank* berada pada ketinggian 15,32 m di atas permukaan tanah. Untuk menentukan kapasitas *roof tank* yang diperlukan, diperlukan perhitungan seperti di bawah ini.

1. Koefisien pemakaian air menit puncak ( $c_2$ ) = 4
2. Jangka waktu kebutuhan puncak ( $T_p$ ) = 60 menit
3. Jangka waktu kerja pompa pengisi ( $T_{pu}$ ) = 35 menit
4. Kebutuhan puncak ( $Q_p$ ) = Total kebutuhan air rata-rata  
 $\times c_2 / 60$  =  $1,524 \times 4 / 60$   
=  $0,102 \text{ m}^3 / \text{menit}$
5. Kebutuhan jam puncak ( $Q_{h-\max}$ ) =  $2,974 \text{ m}^3 / \text{jam} = 0,0496 \text{ m}^3 / \text{menit}$
6. Kapasitas pompa pengisi ( $Q_{pu}$ ) =  $0,0496 \text{ m}^3 / \text{menit}$
7. Volume *roof tank* =  $((Q_p - Q_{h-\max}) \times T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}))$   
=  $1,4 \text{ m}^3$

Berdasarkan hasil perancangan yang dilakukan, *roof tank* yang akan digunakan merupakan tandon dengan ukuran minimal bervolume 1500 liter.

### 2.4.4 Perhitungan Daya Pompa

Langkah selanjutnya adalah menentukan daya pompa yang dibutuhkan untuk memompa air dari tangki bawah ke tandon untuk setiap bangunan setelah menghitung kebutuhan air bersih dan volume tangki bawah dan atas. Berikut perhitungan daya pompa pada gedung 1 sebagai berikut.

1. Perhitungan debit

$$\begin{aligned} Q &= \frac{\text{Kapasitas Tangki Atas } (V\varepsilon)}{\text{Jangka Waktu Kerja Pompa Pengisi } (T_{pu})} \\ &= \frac{1,4}{35} \\ &= 0,04 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 0,00067 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

2. Perhitungan diameter

$$\begin{aligned} D &= \sqrt{\left(\frac{4 \times Q}{v \times \pi}\right)} \\ &= \sqrt{\left(\frac{4 \times 0,00067}{2 \times \pi}\right)} \\ &= 0,0206 \text{ m (digunakan diameter pipa 20 mm)} \end{aligned}$$

3. Pengecekan perhitungan kecepatan

$$\begin{aligned} v_{cek} &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,00067}{\frac{1}{4} \times \pi \times 20^2} \\ &= 2,122 \text{ m/s} \end{aligned}$$

4. Menghitung *headloss mayor*

Nilai Re, total panjang pompa, dan koefisien kekasaran dibutuhkan dalam perhitungan *headloss mayor*

$$\begin{aligned} Re &= \frac{v \times D}{\nu} \\ &= \frac{2,122 \times 0,02}{8,93 \times 10^{-7}} \\ &= 47526,5 \\ L &= 22,22 \text{ m} \\ \varepsilon &= 0,0015 \text{ mm} \\ f &= 0,024 \\ H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,024 \times \frac{22,22}{0,02} \times \frac{2,122^2}{2 \times 9,81} \\ &= 6,1199 \text{ m} \end{aligned}$$

5. Perhitungan *headloss minor*

Jumlah standard elbow, K standard elbow, K reentrant Entrance, K pipe Exit dan K total dibutuhkan dalam perhitungan *headloss minor*

Jumlah Standard Elbow = 6

$$\begin{aligned}
\text{K. Standard Elbow} &= 0,444 \\
\text{K. Reentrant Entrance} &= 0,8 \\
\text{K. Pipe Exit} &= 1 \\
\text{K. Total} &= 4,464 \\
\text{He Elbow} &= n \left( \frac{K \times v^2}{2g} \right) \\
&= 6 \left( \frac{4,464 \times 2,122^2}{2 \times 9,81} \right) \\
&= 1,024 \text{ m}
\end{aligned}$$

6. Perhitungan daya pompa

Perhitungan *Headpump* dapat dilakukan setelah mendapatkan perhitungan *headloss mayor*, *headloss minor* dan beda elevasi antar GWT dan RT. Berikut perhitungan *Headpump*.

$$\begin{aligned}
\text{Headpump} &= (\text{HL mayor} + \text{HL Minor} + \text{Beda Elevasi}) \\
&= (6,1199 + 1,024 + 19,71) \\
&= 26,854 \text{ m} \\
P &= \frac{p \times g \times Q \times H}{80\%} \\
&= \frac{100 \times 9,81 \times 0,00067 \times 26,854}{0,8} \\
&= 161,13 \text{ watt}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan daya pompa pada gedung 1, selanjutnya untuk menghitung daya pompa pada gedung 2 menggunakan tahapan yang sama dengan dengan gedung 1. Berikut merupakan perhitungan daya pompa pada gedung 2.

1. Perhitungan debit

$$\begin{aligned}
Q &= \frac{\text{Kapasitas Tangki Atas (V}\epsilon\text{)}}{\text{Jangka Waktu Kerja Pompa Pengisi (Tpu)}} \\
&= \frac{10}{40} \\
&= 0,015 \text{ m}^3/\text{menit} \\
&= 0,00025 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

2. Perhitungan diameter

$$\begin{aligned}
D &= \sqrt{\left( \frac{4 \times Q}{v \times \pi} \right)} \\
&= \sqrt{\left( \frac{4 \times 0,00025}{2 \times \pi} \right)} \\
&= 0,01262 \text{ m (digunakan diameter pipa 20 mm)}
\end{aligned}$$

3. Pengecekan perhitungan kecepatan

$$\begin{aligned}v.\text{cek} &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \pi x D^2} \\&= \frac{0,00025}{\frac{1}{4} \pi x 20^2} \\&= 0,795 \text{ m/s}\end{aligned}$$

4. Menghitung *headloss mayor*

Nilai Re, total panjang pompa, dan koefisien kekasaran dibutuhkan dalam perhitungan *headloss mayor*

$$\begin{aligned}Re &= \frac{V \times D}{\nu} \\&= \frac{0,795 \times 0,02}{8,93 \times 10^{-7}} \\&= 17822,5 \\L &= 12,99 \text{ m} \\ \varepsilon &= 0,0015 \text{ mm} \\f &= 0,028 \\H_f &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\&= 0,028 \times \frac{12,99}{0,02} \times \frac{0,795^2}{2 \times 9,81} \\&= 0,587 \text{ m}\end{aligned}$$

5. Perhitungan *headloss minor*

Jumlah standard elbow, K standard elbow, K reentrant Entrance, K pipe Exit dan K total dibutuhkan dalam perhitungan *headloss minor*

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Standard Elbow} &= 4 \\K. \text{ Standard Elbow} &= 0,444 \\K. \text{ Tee Branch} &= 0,896 \\K. \text{ Tee Line} &= 0,22 \\K. \text{ Reentrant Entrance} &= 0,8 \\K. \text{ Pipe Exit} &= 1 \\K. \text{ Total} &= 10,948 \\H_{e \text{ Elbow}} &= \left( \frac{K \times v^2}{2g} \right) \\&= \left( \frac{10,948 \times 0,795^2}{2 \times 9,81} \right) \\&= 0,353 \text{ m}\end{aligned}$$

6. Perhitungan *daya pompa*

Perhitungan *Headpump* dapat dilakukan setelah mendapatkan perhitungan *headloss mayor*, *headloss minor* dan beda elevasi antar GWT dan unit alat plambing tertinggi. Berikut perhitungan *Headpump*.

$$\begin{aligned} \text{Headpump} &= (\text{HL mayor} + \text{HL Minor} + \text{Beda Elevasi}) \\ &= (0,587 + 0,353 + 7,22) \\ &= 8,160 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \frac{p \times g \times Q \times H}{80\%} \\ &= \frac{100 \times 9,81 \times 0,00025 \times 8,160}{0,8} \\ &= 22,133 \text{ watt} \end{aligned}$$

#### 2.4.5 Perancangan Headpump Pipa Air Bersih dalam Gedung

Tujuan dari perhitungan *headpump* adalah untuk melihat apakah ketinggian yang direncanakan *roof tank* dapat mengalirkan air ke unit plambing terjauh di setiap lantai. Berikut merupakan tahapan dalam menghitung *headpump* pada setiap lantai pada gedung.

1. Lantai 1 Gedung 1

Rute pipa terpanjang dari tandon ke alat plambing terjauh yaitu D4, D3, D2, D1, A1, A5, A7, A9, A15, A18, A21, A24, A25, A27 dengan panjang total pipa 33,546 m. berikut merupakan contoh perhitungan pada jalur A27.

$$\begin{aligned} \text{a. Panjang pipa (L)} &= 2,358 \text{ m} \\ \text{b. Jumlah kloset} &= 0 \\ \text{Jumlah wastafel} &= 1 \\ \text{Jumlah sink} &= 0 \\ \text{Jumlah urinal} &= 0 \\ \text{Beban total} &= \sum (\text{jumlah alat plambing} \times \text{beban alat plambing}) \\ &= (0 \times 2,5) + (1 \times 2) + (0 \times 1,5) + (0 \times 2) \\ &= 2 \\ \text{c. Diameter pipa (D)} &= \frac{3}{4} \text{ inch} = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m} \\ \text{d. Debit aliran (Q)} &= \frac{\text{Setiap pemakaian}}{\text{waktu pengisian}} \\ &= \frac{10 \text{ liter}}{40 \text{ detik}} \\ &= 0,00025 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{e. Kecepatan aliran } (v_1) &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\
 &= \frac{0,00025}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,02)^2} \\
 &= 0,795 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{f. Kecepatan aliran } (v_2) &= \frac{d_1^2}{d_2^2} \times v_1 \\
 &= \frac{20^2}{35^2} \times v_1 \\
 &= 0,084 \text{ m/s (contoh kecepatan aliran pada jalur pipa}
 \end{aligned}$$

D4)

$$\begin{aligned}
 \text{g. Re} &= \frac{v \times D}{8,93 \times 10^{-7}} \\
 &= \frac{0,796 \times 0,02}{8,93 \times 10^{-7}} \\
 &= 17822,5
 \end{aligned}$$

$$\text{h. } \varepsilon = 0,0015$$

$$\begin{aligned}
 \text{i. Headloss mayor } (H_f) &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,028 \times \frac{2,358}{0,02} \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,106 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{j. Jumlah Elbow} = 2$$

$$\text{Jumlah Tee Branch} = 0$$

$$\text{Jumlah Tee Line} = 0$$

$$\text{K. Elbow (D20)} = 0,44$$

$$\text{K. Tee Branch (D20)} = 0,896$$

$$\text{K. Tee Line (D20)} = 0,22$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien gesek } (K) &= \sum (\text{jumlah aksesoris} \times \text{koefisien aksesoris}) \\
 &= (2 \times 0,444) + (0 \times 0,896) + (0 \times 0,22) \\
 &= 0,888
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{k. Headloss minor } (H_e) &= K \times \frac{v^2}{2g} \\
 &= 0,888 \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,028 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{l. Total headloss } (H_L) &= \sum H_f + \sum H_e \\
 &= 0,226 + 0,150 \\
 &= 0,376 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{m. Headpump (HP)} &= \frac{p}{\gamma} + \Delta H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + HL - \Delta H_2 - \frac{v_2^2}{2g} \\
 &= \frac{50000}{1000 \times 9,81} + (-14,32) + \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} + 0,376 - 0 - \frac{0,084^2}{2 \times 9,81} \\
 &= -8,815 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena nilai *headpump* yang diperoleh negatif, maka dapat diasumsikan bahwa sistem memiliki energi yang cukup untuk mengalirkan air dari tandon ke titik terjauh alat plambing di lantai 1 gedung 1. Berikut merupakan rekap semua perhitungan jalur pipa dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada jalur A27.



Tabel 2.4 Rekap Perhitungan Headloss Lantai 1 Gedung 1

Jalur G1 Lt.1	L (m)	Kloset	Wastafel	Sink	Urinal	Beban Total	D (inch)	D (mm)	v (m/s)	Re	e (mm)	e/D	f	Hf	K. elbow	k. tee branch	k. tee line	k. total	He (m)	HL (m)	
D4	4.817	8	4	2	3	37	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.044	0.002	2	0	0	0.834	0.000	0.003	
D3	7.48	8	4	2	3	37	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.044	0.003	0	1	1	1.053	0.000	0.004	
D2	3.84	8	4	2	3	37	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.044	0.002	0	1	1	1.053	0.000	0.002	
D1	4	8	4	2	3	37	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.044	0.002	1	0	0	0.417	0.000	0.002	
A1	3.976	8	4	2	3	37	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.044	0.002	1	1	1	1.47	0.001	0.002	
A5	0.492	8	4	0	3	34	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.033	0.000	0	1	1	1.095	0.000	0.001	
A7	0.705	7	4	0	3	31.5	1 1/4	35	0.085	3325.48	0.0015	0.00004	0.033	0.000	0	1	1	1.095	0.000	0.001	
A9	1.805	6	4	0	3	29	1	25	0.326	9125.12	0.0015	0.00006	0.033	0.013	0	1	1	1.095	0.006	0.019	
A15	1.541	6	4	0	0	23	1	25	0.326	9125.12	0.0015	0.00006	0.033	0.011	0	1	1	1.095	0.006	0.017	
A18	0.781	4	4	0	0	18	1	25	0.326	9125.12	0.0015	0.00006	0.033	0.006	0	1	1	1.095	0.006	0.012	
A21	0.708	2	4	0	0	13	3/4	20	0.796	17822.5	0.0015	0.000075	0.028	0.032	0	1	1	1.116	0.036	0.068	
A24	0.417	0	4	0	0	8	3/4	20	0.796	17822.5	0.0015	0.000075	0.028	0.019	0	1	0	0.896	0.029	0.048	
A25	0.626	0	2	0	0	4	3/4	20	0.796	17822.5	0.0015	0.000075	0.028	0.028	0	1	1	1.116	0.036	0.064	
A27	2.358	0	1	0	0	2	3/4	20	0.796	17822.5	0.0015	0.000075	0.028	0.107	2	0	0	0.888	0.029	0.135	
Total	33.546														0.227					0.150	0.377

2. Lantai 2 Gedung 1

Rute pipa terpanjang dari tandon ke alat plambing terjauh yaitu D4, D3, D2, B1, B2, B6, B10, B14, B16 dengan panjang total pipa 60,547 m. berikut merupakan contoh perhitungan pada jalur B16.

a. Panjang pipa (L) = 5,571 m

b. Jumlah kloset = 0

Jumlah wastafel = 0

Jumlah sink = 0

Jumlah urinal = 0

Jumlah kran = 1

$$\begin{aligned} \text{Beban total} &= \sum (\text{jumlah alat plambing} \times \text{beban alat plambing}) \\ &= (0 \times 2,5) + (0 \times 20) + (0 \times 1,5) + (0 \times 2) + (1 \times 2) \\ &= 2 \end{aligned}$$

c. Diameter pipa (D) =  $\frac{3}{4}$  inch = 20 mm = 0,02 m

$$\begin{aligned} \text{d. Debit aliran (Q)} &= \frac{\text{Setiap pemakaian}}{\text{waktu pengisian}} \\ &= \frac{10 \text{ liter}}{40 \text{ detik}} \\ &= 0,00025 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e. Kecepatan aliran (v1)} &= \frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2} \\ &= \frac{0,00025}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,02)^2} \\ &= 0,795 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{f. Kecepatan aliran (v2)} &= \frac{d_1^2}{d_2^2} \times v_1 \\ &= \frac{20^2}{35^2} \times v_1 \\ &= 0,084 \text{ m/s (contoh kecepatan aliran pada jalur pipa} \end{aligned}$$

D4)

$$\begin{aligned} \text{g. Re} &= \frac{v \times D}{8,93 \times 10^{-7}} \\ &= \frac{0,796 \times 0,02}{8,93 \times 10^{-7}} \\ &= 17822,5 \end{aligned}$$

h.  $\epsilon$  = 0,0015

$$\begin{aligned} \text{i. Headloss mayor (Hf)} &= f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,028 \times \frac{5,571}{0,02} \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 0,252 \text{ m} \\
\text{j. Jumlah Elbow} &= 2 \\
\text{Jumlah Tee Branch} &= 0 \\
\text{Jumlah Tee Line} &= 0 \\
\text{K. Elbow (D20)} &= 0,444 \\
\text{K. Tee Branch (D20)} &= 0,896 \\
\text{K. Tee Line (D20)} &= 0,22 \\
\text{Koefisien gesek (K)} &= \sum (\text{jumlah aksesoris} \times \text{koefisien aksesoris}) \\
&= (2 \times 0,444) + (0 \times 0,896) + (0 \times 0,22) \\
&= 0,888 \\
\text{k. Headloss minor (He)} &= K \times \frac{v^2}{2g} \\
&= 0,888 \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,028 \text{ m} \\
\text{l. Total headloss (HL)} &= \sum Hf + \sum He \\
&= 1,300 + 0,153 \\
&= 1,453 \text{ m} \\
\text{m. Headpump (HP)} &= \frac{p}{\gamma} + \Delta H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + HL - \Delta H_2 - \frac{v_2^2}{2g} \\
&= \frac{50000}{1000 \times 9,81} + (-10,32) + \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} + 1,453 - 0 - \frac{0,084^2}{2 \times 9,81} \\
&= -3,736 \text{ m}
\end{aligned}$$

Karena nilai *headpump* yang diperoleh negatif, maka dapat diasumsikan bahwa sistem memiliki energi yang cukup untuk mengalirkan air dari tandon ke titik terjauh alat plambing di lantai 2 gedung 1. Berikut merupakan rekap semua perhitungan jalur pipa dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada jalur B16.

Tabel 2.5 Rekap Perhitungan Headloss Lantai 2 Gedung 1

Jalur G1 Lt.2	L (m)	Kloset	Wastafel	Sink	Urinal	Kran	Beban Total	D (inch)	D (mm)	v (m/s)	Re	e (mm)	e/D	f	Hf	K. elbow	k. tee branch	k. tee line	k. total	He (m)	HL (m)
D4	4.817	8	4	2	3	6	49	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.00004	0.044	0.002	2	0	0	0.834	0.000	0.003
D3	7.48	8	4	2	3	6	49	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.00004	0.044	0.003	0	1	1	1.053	0.000	0.004
D2	3.84	8	4	2	3	6	49	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.00004	0.044	0.002	0	1	1	1.053	0.000	0.002
B1	3.234	8	4	2	3	6	49	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.00004	0.044	0.001	1	1	1	1.47	0.001	0.002
B2	2.143	0	0	2	0	6	15	1	25	0.326	9125.1	0.002	0.00006	0.033	0.015	0	1	1	1.095	0.006	0.021
B6	12.805	0	0	0	0	6	12	1	25	0.326	9125.1	0.002	0.00006	0.033	0.092	2	1	0	1.75	0.009	0.101
B10	6.931	0	0	0	0	4	8	3/4	20	0.796	17823	0.002	0.000075	0.028	0.313	1	1	0	1.34	0.043	0.356
B14	13.726	0	0	0	0	2	4	3/4	20	0.796	17823	0.002	0.000075	0.028	0.620	2	1	1	2.004	0.065	0.685
B16	5.571	0	0	0	0	1	2	3/4	20	0.796	17823	0.002	0.000075	0.028	0.252	2	0	0	0.888	0.029	0.280
	60.547														1.301					0.154	1.455

3. Lantai 3 Gedung 1

Rute pipa terpanjang dari tandon ke alat plambing terjauh yaitu D4, D3, C1, C28, C34, C36 dengan panjang total pipa 57,133 m. berikut merupakan contoh perhitungan pada jalur C36.

a. Panjang pipa (L) = 5,013 m

b. Jumlah kloset = 0

Jumlah wastafel = 0

Jumlah sink = 0

Jumlah urinal = 0

Jumlah kran = 1

Beban total =  $\sum (\text{jumlah alat plambing} \times \text{beban alat plambing})$   
 $= (0 \times 2,5) + (0 \times 20) + (0 \times 1,5) + (0 \times 2) + (1 \times 2)$   
 $= 2$

c. Diameter pipa (D) =  $\frac{3}{4}$  inch = 20 mm = 0,02 m

d. Debit aliran (Q) =  $\frac{\text{Setiap pemakaian}}{\text{waktu pengisian}}$   
 $= \frac{10 \text{ liter}}{40 \text{ detik}}$   
 $= 0,00025 \text{ m}^3/\text{s}$

e. Kecepatan aliran (v1) =  $\frac{Q}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$   
 $= \frac{0,00025}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,02)^2}$   
 $= 0,795 \text{ m/s}$

f. Kecepatan aliran (v2) =  $\frac{d_1^2}{d_2^2} \times v_1$   
 $= \frac{20^2}{35^2} \times v_1$   
 $= 0,084 \text{ m/s}$  (contoh kecepatan aliran pada jalur pipa

D4)

g. Re =  $\frac{v \times D}{8,93 \times 10^{-7}}$   
 $= \frac{0,796 \times 0,02}{8,93 \times 10^{-7}}$   
 $= 17822,5$

h.  $\epsilon = 0,0015$

i. *Headloss mayor* (Hf) =  $f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$   
 $= 0,028 \times \frac{5,013}{0,02} \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81}$

$$\begin{aligned}
&= 0,226 \text{ m} \\
\text{j. Jumlah Elbow} &= 2 \\
\text{Jumlah Tee Branch} &= 0 \\
\text{Jumlah Tee Line} &= 0 \\
\text{K. Elbow (D20)} &= 0,444 \\
\text{K. Tee Branch (D20)} &= 0,896 \\
\text{K. Tee Line (D20)} &= 0,22 \\
\text{Koefisien gesek (K)} &= \sum (\text{jumlah aksesoris} \times \text{koefisien aksesoris}) \\
&= (2 \times 0,444) + (0 \times 0,896) + (0 \times 0,22) \\
&= 0,888 \\
\text{k. Headloss minor (He)} &= K \times \frac{v^2}{2g} \\
&= 0,888 \times \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} \\
&= 0,028 \text{ m} \\
\text{l. Total headloss (HL)} &= \sum Hf + \sum He \\
&= 0,894 + 0,086 \\
&= 0,98 \text{ m} \\
\text{m. Headpump (HP)} &= \frac{p}{\gamma} + \Delta H_1 + \frac{v_1^2}{2g} + HL - \Delta H_2 - \frac{v_2^2}{2g} \\
&= \frac{50000}{1000 \times 9,81} + (-6,48) + \frac{0,796^2}{2 \times 9,81} + 0,98 - 0 - \frac{0,084^2}{2 \times 9,81} \\
&= -0,370 \text{ m}
\end{aligned}$$

Karena nilai *headpump* yang diperoleh negatif, maka dapat diasumsikan bahwa sistem memiliki energi yang cukup untuk mengalirkan air dari tandon ke titik terjauh alat plambing di lantai 3 gedung 1. Berikut merupakan rekap semua perhitungan jalur pipa dengan menggunakan cara perhitungan yang sama seperti perhitungan pada jalur C36.

Tabel 2.6 Rekap Perhitungan Headloss Lantai 3 Gedung 1

Jalur G1 Lt.3	L (m)	Kloset	Wastafel	Urinal	Kran	Beban Total	D (inch)	D (mm)	v (m/s)	Re	e (mm)	e/D	f	Hf	K. elbow	k. tee branch	k. tee line	k. total	He (m)	HL (m)
D4	4.817	8	4	3	6	46	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.0000043	0.044	0.002	2	0	0	0.834	0.0003	0.003
D3	7.48	8	4	3	6	46	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.0000043	0.044	0.003	0	1	1	1.053	0.0004	0.004
C1	0.75	8	4	3	6	46	1 1/4	35	0.085	3325.5	0.002	0.0000043	0.044	0.000	0	1	0	0.848	0.0003	0.001
C28	29.005	0	0	0	6	12	1	25	0.326	9125.1	0.002	0.00006	0.033	0.207	1	1	1	1.47	0.0080	0.215
C34	10.068	0	0	0	2	4	3/4	20	0.796	17823	0.002	0.0000075	0.028	0.455	1	1	1	1.53	0.0494	0.504
C36	5.013	0	0	0	1	2	3/4	20	0.796	17823	0.002	0.0000075	0.028	0.227	2	0	0	0.87	0.0281	0.255
	57.133													0.895					0.0864	0.981

## 2.5 Sistem Penyaluran Air Hujan dan Drainase

Pertumbuhan Indonesia yang pesat mengakibatkan pembangunan infrastruktur meningkat. Berkurangnya resapan air hujan menghasilkan banyak limpasan permukaan dan waktu pengumpulan air lebih cepat. Hal tersebut memungkinkan lebih banyak curah hujan yang terkumpul untuk melewati kapasitas drainase yang ada, mengurangi kemungkinan presipitasi meresap ke dalam tanah. Oleh karena itu, diperlukan sistem drainase yang tepat untuk membuang atau meminimalkan kelebihan air dari suatu lahan agar dapat bekerja dengan maksimal (Kurniari & Putra, 2020).

### 2.5.1 Data Curah Hujan

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di tanah datar selama periode waktu tertentu ketika tidak ada penguapan, limpasan, atau infiltrasi. Curah hujan diukur dalam satuan tinggi (mm) di atas permukaan horizontal. Stasiun hujan masing-masing wilayah mencatat jumlah curah hujan.

Data hujan yang dihasilkan dari alat pengukur hujan adalah hujan yang turun pada suatu lokasi atau titik tertentu (*point rainfall*). Karena hujan sangat bervariasi dari satu tempat ke tempat lain, alat pengukur hujan belum dapat secara akurat menggambarkan curah hujan di suatu wilayah yang luas. Dalam hal ini, daerah hujan kawasan harus ditentukan dengan menggunakan data curah hujan rata-rata dari banyak stasiun pengukur hujan yang terletak di dan/atau dekat daerah tersebut. metode rerata Aritmatik, metode Thiessen, dan metode Isohiet adalah tiga metode yang digunakan untuk menghitung curah hujan rata-rata di suatu daerah. Metode Thiessen digunakan dalam laporan ini sebagai metode pendekatan.

Dalam praktiknya, data hujan yang diperoleh mengandung kesalahan serius, seperti hilangnya data hujan yang disebabkan oleh kegagalan alat pengukur hujan. Sangat penting untuk menganalisa data curah hujan yang hilang untuk mengurangi kemungkinan ketidakakuratan. Ada dua cara untuk mengisi data curah hujan yang hilang, yaitu.

1. Cara empirik, yang terbagi menjadi.
  - a. Rerata aritmatik.
  - b. Perbandingan normal.
  - c. *Reciprocal method*.

- d. Kantor Cuaca Nasional USA.
- 2. Cara skolastik, yang terbagi menjadi.
  - a. Metode bilangan acak.
  - b. Metode Markov

### 2.5.2 Metode Poligon Thiessen

Metode Poligon Thiessen merupakan metode untuk menghitung hujan rata-rata dari DAS yang ditinjau. Dalam perhitungan menggunakan metode ini faktor yang harus diperhatikan adalah tinggi hujan, jumlah stasiun dan perkiraan luas wilayah yang diwakili oleh setiap stasiun. Poligon dibentuk dengan menggabungkan garis berat diagonal terpendek dari stasiun hujan. Berikut cara membuat Poligon Thiessen lebih detail.

1. Untuk membuat segitiga poligon, hubungkan setiap stasiun dengan garis lurus.
2. Gambarlah sumbu poligon segitiga sedemikian rupa sehingga titik potong sumbu tersebut menjadi poligon baru.
3. Batas wilayah pengaruh hujan masing-masing stasiun pengukuran ditentukan oleh poligon baru ini.
4. Hitung hujan rata-rata pada daerah tinjauan dengan rumus:

$$P = \frac{A_1}{A} \times P_1 + \frac{A_2}{A} \times P_2 + \frac{A_3}{A} \times P_3 \dots \frac{A_n}{A} \times P_n \quad (2.28)$$

Dimana:

P = curah hujan rata-rata (mm)

A = luas DAS total (km<sup>2</sup>)

P (1 s/d n) = curah hujan stasiun hujan 1 sampai n

A (1 s/d n) = luas sub DAS yang diwakili masing-masing stasiun (km<sup>2</sup>)

### 2.5.3 Periode Ulang dan Analisis Frekuensi

Periode ulang adalah perkiraan waktu terjadinya hujan dengan besaran yang bervariasi tergantung pada interval kejadian atau periode ulang yang digunakan. Kemungkinan jumlah hujan tertentu terpenuhi atau terlampaui disebut sebagai frekuensi hujan.

Tabel 2.7 Periode Ulang

**Nilai K untuk distribusi Log-Person III**

Koef. G	Interval kejadian ( <i>Recurrence interval</i> ), tahun (periode ulang)							
	1, 0101	1, 2500	2	5	10	25	50	100
	Persentase peluang terlampaui ( <i>Percent chance of being exceeded</i> )							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-3,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-3,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-3,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

### 2.5.4 Uji Sebaran Data Hujan

Uji sebaran data hujan digunakan untuk menentukan frekuensi dimana frekuensi distribusi data sampel cocok dengan fungsi distribusi yang ditentukan. Pengujian parameter diperlukan untuk menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi. Berikut ini adalah pengujian parameter meliputi.

#### 1. Uji Chi-kuadrat (chi-square)

Uji Chi Square merupakan uji statistik non parametrik yang dapat digunakan untuk menguji hubungan antara dua variabel nominal serta konsistensi distribusi data. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam pengujian.

$$X^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(of - Ef)^2}{Ef} \quad (2.29)$$

Dimana:

X<sup>2</sup> = parameter Chi Kuadrat terhitung

G = jumlah sub kelompok

Of = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke-1

Ef = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke-1

## 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Tes Smirnov-Kolmogorov adalah tes statistik yang menentukan apakah sampel diambil dari populasi dengan distribusi data tertentu atau mengikuti distribusi statistik tertentu. Smirnov-Kolmogorov dapat didefinisikan sebagai metode statistik untuk membandingkan dua sampel independen dengan bentuk data ordinal ditampilkan pada tabel distribusi frekuensi kumulatif dengan sistem interval kelas untuk menguji hipotesis. Karena uji Smirnov-Kolmogorov tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu, uji ini juga dikenal sebagai uji kecocokan non-parametrik. Teknik pelaksanaan uji Smirnov-Kolmogorov adalah sebagai berikut.

- a. Urutkan data (dari besar ke kecil atau sebaliknya) dan hitung peluang setiap data.
- b. Urutkan nilai masing-masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusinya).
- c. Tentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan probabilitas dan peluang probabilitas teoritis dari kedua nilai peluang tersebut.

### 2.5.5 Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung dengan menggunakan rumus Mononobe dan analisis *Intensity Duration Frequency* (IDF) dari wilayah lokasi konstruksi dengan durasi hujan 2 jam dan periode ulang tahun 2 tahun. Karena analisis curah hujan adalah curah hujan harian, dan rumus Mononobe juga menggunakan curah hujan harian, maka metode ini dipilih.

### 2.5.6 Drainase

Drainase adalah pembuangan air permukaan secara gravitasi atau dengan bantuan pompa untuk menghindari terbentuknya genangan air dan menjaga agar muka air tidak terlalu tinggi untuk menghindari penampungan air. Tujuan drainase perkotaan adalah untuk mengendalikan kelebihan air permukaan sehingga tidak merugikan masyarakat dan bermanfaat bagi kehidupan manusia. Air hujan, air limbah, air limbah perumahan dan industri adalah contoh kelebihan air. Akibatnya, drainase perkotaan harus dikombinasikan dengan kegiatan lain seperti sanitasi, pengumpulan sampah, dan pengelolaan banjir perkotaan (Fairizi, 2015).

Ada berbagai macam drainase konvensional, antara lain sebagai berikut.

1. Ditinjau dari segi sejarah.
  - a. Drainase alami adalah jalur drainase yang terbentuk secara alami dan tanpa memerlukan konstruksi tambahan, dengan gaya gravitasi yang membawa air pada akhirnya membentuk aliran permanen seperti sungai.
  - b. Drainase buatan adalah saluran drainase yang dibuat dengan tujuan untuk melayani suatu tujuan tertentu yang memerlukan penggunaan bangunan tambahan seperti gorong-gorong, talang batu bata, dan sebagainya.
2. Ditinjau menurut letak bangunan.
  - a. Drainase permukaan tanah, saluran drainase yang ditempatkan di atas permukaan tanah yang digunakan untuk mengalirkan air limpasan permukaan.
  - b. Drainase bawah permukaan, merupakan saluran drainase yang terletak di bawah permukaan tanah yang berguna untuk mengalirkan air limpasan permukaan.
3. Ditinjau menurut fungsinya.
  - a. *Single purpose*, adalah saluran yang dirancang untuk mengalirkan hanya satu jenis air.
  - b. *Multi purpose*, adalah saluran yang mengalirkan berbagai jenis air baik secara bergantian maupun bersamaan.

Dalam hal berbagai keuntungan, sistem drainase yang dipertimbangkan diklasifikasikan ke dalam empat kategori.

1. Drainase pertanian

Drainase pertanian adalah suatu sistem pengeringan kelebihan air dari permukaan tanah untuk menghindari genangan air yang menyebabkan kerusakan tanaman.

2. Drainase perkotaan/pemukiman

Tujuan drainase perkotaan/pemukiman adalah untuk mencegah terjadinya banjir dan genangan yang dapat mengakibatkan kerusakan harta benda, kerugian, dan gangguan kehidupan.

3. Drainase pusat industri

Drainase pusat-pusat industri merupakan upaya untuk mencegah terjadinya polusi atau pencemaran air limbah.

#### 4. Drainase jalan raya atau lapangan terbang

Drainase yang terletak pada sisi kiri atau kanan jalan raya dan landasan merupakan bentuk drainase jalan raya atau lapangan terbang. Tujuan dari drainase ini adalah untuk mencegah genangan air yang mengganggu lalu lintas darat dan udara serta kerusakan konstruksi.

#### 2.5.7 Perhitungan Curah Hujan

Metode *Reciprocal* digunakan untuk menghitung curah hujan yang kurang lengkap. Metode *Reciprocal* adalah metode untuk menemukan data yang hilang dengan memperhitungkan data hujan dari stasiun terdekat. Data hujan dari stasiun, serta jarak antar stasiun, merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan saat menggunakan metode ini.

$$P_x = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{P_i}{L_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i^2}} \quad (2.30)$$

Dimana:

$P_x$  = data curah hujan yang hilang pada stasiun X

$P_i$  = data hujan di sekitarnya pada periode yang sama

$L_i$  = jarak antar stasiun

#### 2.5.8 Perhitungan Parameter Statistik Curah Hujan

Tujuan penghitungan parameter statistik curah hujan adalah untuk menemukan parameter yang diperlukan untuk menentukan distribusi yang akan digunakan. standar deviasi, koefisien kemencengan, koefisien keruncingan, dan koefisien variasi merupakan bagian dari parameter ini.

##### 1. Standar Deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.31)$$

Dimana:

S = standar deviasi

$X_i$  = nilai varian ke-i

$\bar{X}$  = nilai rata-rata varian

n = jumlah data

2. Koefisien Kemencengan (Cs)

$$s = \frac{(n)\sum(Xi-\bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (2.32)$$

Dimana:

Cs = koefisien kemencengan (skewness)

Xi = nilai varian ke-i

$\bar{X}$  = nilai rata-rata varian

n = jumlah data

S = standar deviasi

3. Koefisien Kurtosis (Ck)

$$Ck = \frac{(n^2)\sum((Xi-\bar{X})^4)}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \quad (2.33)$$

Dimana:

Ck = koefisien kurtosis

Xi = nilai varian ke-i

$\bar{X}$  = nilai rata-rata varian

n = jumlah data

S = standar deviasi

4. Koefisien Variasi (Cv)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.34)$$

Dimana:

Cv = koefisien variasi

S = standar deviasi

$\bar{X}$  = rata-rata hitung

### 2.5.9 Menentukan Jenis Distribusi yang Digunakan

Langkah selanjutnya adalah menentukan jenis distribusi yang akan digunakan setelah mendapatkan parameter statistik curah hujan dari hasil perhitungan. Curah hujan maksimum ditentukan dengan Jenis distribusi yang digunakan. Untuk jenis distribusi yang akan digunakan tergantung dengan persyaratan yang dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Persyaratan Masing-Masing Distribusi

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	CS = 0
2	Long Normal	CS = 3 CV
3	Gumble	CS ≈ 1,14
		CK ≈ 5,4002
4	Long Pearson III	Selain dari nilai di atas

### 2.5.10 Perhitungan Distribusi Menggunakan Log Pearson III

Langkah selanjutnya adalah perhitungan berdasarkan metode yang dipilih setelah menentukan distribusi. Metode yang dipakai dalam perhitungan ini adalah Metode Log Pearson III. Adapun tahapan penghitungannya adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai log dari curah hujan masing-masing tahun
2. Menghitung nilai rata-rata  $\log \bar{X}$

$$\log \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log (X_i)}{n} \quad (2.35)$$

Dimana:

$\log \bar{X}$  = nilai rata-rata  $\log \bar{X}$

$\log (X_i)$  = nilai log dari curah hujan masing-masing tahun

n = jumlah data

3. Menghitung harga standar deviasi (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.36)$$

Dimana:

S = standar deviasi

$\log (X_i)$  = nilai log dari curah hujan masing-masing tahun

$\log \bar{X}$  = nilai rata-rata  $\log \bar{X}$

n = jumlah data

4. Menghitung Koefisien Kemencengan (G)

$$G = \frac{(n) \sum(\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \quad (2.37)$$

Dimana:

- G = koefisien kemencengan
- log (Xi) = nilai log dari curah hujan masing-masing tahun
- log  $\bar{X}$  = nilai rata-rata log  $\bar{X}$
- n = jumlah data

**2.5.11 Perhitungan Uji Kecocokan Distribusi Frekuensi**

Uji Chi Kuadrat (Chi-Square) dan Uji Smirnov-Kolmogorov adalah dua metode untuk menghitung uji kecocokan distribusi frekuensi. pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh dapat diterima atau tidak sesuai dengan persyaratan pengujian.

1. Uji Chi Kuadrat

Ketika statistik uji terdistribusi chi-kuadrat di bawah persentase poin dari table distribusinya, maka uji Chi kuadrat adalah uji hipotesis statistik yang valid. Jika itu masalahnya, hipotesis bisa diterima.

Tabel 2.9 Poin Persentase dari Distribusi Chi Kuadrat

Degrees of Freedom	Probability of a larger value of $\chi^2$								
	0.99	0.95	0.90	0.75	0.50	0.25	0.10	0.05	0.01
1	0.000	0.004	0.016	0.102	0.455	1.32	2.71	3.84	6.63
2	0.020	0.103	0.211	0.575	1.386	2.77	4.61	5.99	9.21
3	0.115	0.352	0.584	1.212	2.366	4.11	6.25	7.81	11.34
4	0.297	0.711	1.064	1.923	3.357	5.39	7.78	9.49	13.28
5	0.554	1.145	1.610	2.675	4.351	6.63	9.24	11.07	15.09
6	0.872	1.635	2.204	3.455	5.348	7.84	10.64	12.59	16.81
7	1.239	2.167	2.833	4.255	6.346	9.04	12.02	14.07	18.48
8	1.647	2.733	3.490	5.071	7.344	10.22	13.36	15.51	20.09
9	2.088	3.325	4.168	5.899	8.343	11.39	14.68	16.92	21.67
10	2.558	3.940	4.865	6.737	9.342	12.55	15.99	18.31	23.21
11	3.053	4.575	5.578	7.584	10.341	13.70	17.28	19.68	24.72
12	3.571	5.226	6.304	8.438	11.340	14.85	18.55	21.03	26.22
13	4.107	5.892	7.042	9.299	12.340	15.98	19.81	22.36	27.69
14	4.660	6.571	7.790	10.165	13.339	17.12	21.06	23.68	29.14
15	5.229	7.261	8.547	11.037	14.339	18.25	22.31	25.00	30.58
16	5.812	7.962	9.312	11.912	15.338	19.37	23.54	26.30	32.00
17	6.408	8.672	10.085	12.792	16.338	20.49	24.77	27.59	33.41
18	7.015	9.390	10.865	13.675	17.338	21.60	25.99	28.87	34.80
19	7.633	10.117	11.651	14.562	18.338	22.72	27.20	30.14	36.19
20	8.260	10.851	12.443	15.452	19.337	23.83	28.41	31.41	37.57
22	9.542	12.338	14.041	17.240	21.337	26.04	30.81	33.92	40.29
24	10.856	13.848	15.659	19.037	23.337	28.24	33.20	36.42	42.98
26	12.198	15.379	17.292	20.843	25.336	30.43	35.56	38.89	45.64
28	13.565	16.928	18.939	22.657	27.336	32.62	37.92	41.34	48.28
30	14.953	18.493	20.599	24.478	29.336	34.80	40.26	43.77	50.89
40	22.164	26.509	29.051	33.660	39.335	45.62	51.80	55.76	63.69
50	27.707	34.764	37.689	42.942	49.335	56.33	63.17	67.50	76.15
60	37.485	43.188	46.459	52.294	59.335	66.98	74.40	79.08	88.38

## 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov juga dikenal sebagai uji kecocokan non-parametrik karena tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu dan sebaliknya berfokus pada kurva dan penggambaran letak pada kertas probabilitas. Jarak penyimpanan setiap titik data ke kurva dapat diamati pada gambar. Jarak penyimpanan adalah nilai  $\Delta_{maks}$  kemungkinan mendapatkan nilai lebih kecil dari nilai  $\Delta$  Kritis, maka jenis distribusi yang dipilih dapat diterapkan.

Tabel 2.10 Nilai  $\Delta$  Kritis Uji Smirnov-Kolmogorov

n	$\alpha = 0,20$	$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,02$	$\alpha = 0,01$
1	0,900	0,950	0,975	0,990	0,995
2	0,684	0,776	0,842	0,900	0,929
3	0,565	0,636	0,708	0,785	0,829
4	0,493	0,565	0,624	0,689	0,734
5	0,447	0,509	0,563	0,627	0,669
6	0,410	0,468	0,519	0,577	0,617
7	0,381	0,436	0,483	0,538	0,576
8	0,359	0,410	0,454	0,507	0,542
9	0,339	0,387	0,430	0,480	0,513
10	0,323	0,369	0,409	0,457	0,486
11	0,308	0,352	0,391	0,437	0,468
12	0,296	0,338	0,375	0,419	0,449
13	0,285	0,325	0,361	0,404	0,432
14	0,275	0,314	0,349	0,390	0,418
15	0,266	0,304	0,338	0,377	0,404
16	0,258	0,295	0,327	0,366	0,392
17	0,250	0,286	0,318	0,355	0,381
18	0,244	0,279	0,309	0,346	0,371
19	0,237	0,271	0,301	0,337	0,361
20	0,232	0,265	0,294	0,329	0,352
21	0,226	0,259	0,287	0,321	0,344
22	0,221	0,253	0,281	0,314	0,337

### 2.5.12 Analisis Intensitas Hujan

Tujuan dari analisis intensitas hujan adalah untuk mengetahui banyaknya intensitas hujan yang turun pada suatu tempat tertentu. Metode Mononobe akan digunakan untuk menghitung intensitas hujan pada perancangan ini.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}} \quad (2.38)$$

Dimana:

I = periode ulang 2 tahun (mm/jam)

$R_{24}$  = curah hujan maksimum periode ulang 2 tahun (mm/hari)

t = lama curah hujan selama 2 jam

### 2.5.13 Perhitungan Talang Air Hujan dan Pipa Air Hujan

Perhitungan talang hujan dan pipa air hujan digunakan untuk memperkirakan ukuran terbaik talang dan pipa air hujan untuk menyalurkan curah hujan yang terkumpul di atap ke sistem drainase yang telah ditentukan.

Tabel 2.11 Penentuan Ukuran Perpipaan Air Hujan Horizontal

Ukuran pipa Inci	Debit (kemiringan 1%) L/dt	Luas bidang datar horizontal maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan (m <sup>2</sup> )					
		25,4 mm/jam	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	0,06	305	153	102	76	61	51
4	2,04	699	349	233	175	140	116
5	4,68	1241	621	414	310	248	207
6	8,34	1988	994	663	497	398	331
8	13,32	4273	2137	1427	1068	855	713
10	28,68	7692	3846	2564	1923	1540	1282
12	51,6	12374	6187	4125	3094	2476	2062
15	83,04	22110	11055	7370	5528	4422	3683

Tabel 2.12 Ukuran Talang Atap, Pipa Utama, dan Perpipaan Tegak Air Hujan

Ukuran saluran atau pipa air hujan inci	Debit L/dt	Luas atap maksimum yang diperbolehkan pada berbagai nilai curah hujan(m <sup>2</sup> )											
		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
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

Sumber :UPC 2012- IAPMO Tabel 1101.11

Tabel 2.13 Ukuran Talang

DIAMETER TALANG (Kemiringan 1%) inci	Nilai curah hujan maksimum berbasis pada luas atap ( m <sup>2</sup> )				
	50,8 mm/jam	76,2 mm/jam	101,6 mm/jam	127 mm/jam	162,4 mm/jam
3	45	30	22	18	15
4	95	63	47	38	32
5	164	109	82	65	55
6	253	169	126	101	84
7	362	242	181	145	121
8	520	347	260	208	174
10	948	632	474	379	316

### 2.5.14 Perhitungan Drainase

Penghilangan massa air secara alami atau buatan dari permukaan atau di bawah permukaan suatu daerah disebut sebagai drainase. Dalam pembahasan ini, drainase yang dirancang didasarkan pada curah hujan yang terjadi di lokasi proyek. Untuk tahapan perancangan adalah sebagai berikut.

1. Menghitung luas bidang tadah
2. Menentukan koefisien bidang tadah berdasarkan tabel 2.14

Tabel 2.14 Koefisien Bidang Tadah

Tipe kawasan daerah pengaliran dan sungai	Koefisien limpasan (C)	
<b>Halaman rumput</b>		
Tanah berpasir, datar (2%)	0,05	0,10
Tanah berpasir, rata-rata (2% - 7%)	0,10	0,15
Tanah berpasir, curam (7%)	0,15	0,20
Tanah berat, datar (2%)	0,13	0,17
Tanah berat, rata-rata (2% - 7%)	0,18	0,22
Tanah berat, curam (7%)	0,25	0,35
<b>Hutan</b>		
Datar (0% - 5%)	0,10	0,40
Bergelombang (5% - 10%)	0,25	0,50
Berbukit (10% - 30%)	0,30	0,60
<b>Lahan tanam</b>	0,08	0,41
<b>Lahan ternak</b>	0,12	0,62
<b>Sungai</b>		
Sungai daerah pegunungan	0,75	0,85
Sungai kecil di dataran	0,45	0,75
Sungai besar, rata-rata daerah pengaliran dataran	0,50	0,75
<b>Bisnis</b>		
Kawasan kota	0,70	0,95
Kawasan pinggiran	0,50	0,70
<b>Kawasan pemukiman</b>		
Kawasan keluarga tunggal	0,30	0,50
Multi satuan, terpisah	0,40	0,60
Multi satuan, berdempetan	0,60	0,75
Pinggiran kota	0,25	0,40
Kawasan tempat tinggal berupa rumah susun	0,50	0,70
<b>Perindustrian</b>		
Kawasan yang ringan	0,50	0,80
Kawasan yang berat	0,60	0,90
Taman-taman dan pemakaman	0,10	0,25
Lapangan bermain	0,20	0,35
Kawasan halaman rel kereta api	0,20	0,40
Kawasan yang belum diperbaiki	0,10	0,30
<b>Perkerasan</b>		
Beraspal	0,70	0,95
Beton	0,80	0,95
Batu bata	0,70	0,85
Jalan raya dan trotoir	0,75	0,85
Atap	0,75	0,95

3. Menentukan intensitas hujan yang telah diperoleh
4. Menghitung debit limpasan air hujan

$$Q_1 = C \times I \times A \quad (2.39)$$

Dimana:

$Q_1$  = debit oleh hujan ( $m^3/s$ )

$C$  = koefisien aliran

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$A$  = luas bidang tadah ( $m^2$ )

5. Menentukan kedalaman saluran rencana ( $y_1$ )

6. Menentukan lebar saluran drainase

$$B = 2 \times y_1 \quad (2.40)$$

Dimana:

$B$  = lebar saluran drainase (m)

$y_1$  = kedalaman saluran rencana (m)

7. Menghitung luas penampang basah

$$A = B \times y_1 \quad (2.41)$$

Dimana:

$A$  = luas penampang basah ( $m^2$ )

$B$  = lebar saluran (m)

$y_1$  = kedalaman saluran rencana (m)

8. Menentukan koefisien *Manning* ( $n$ ) berdasarkan Tabel 2.15

Tabel 2.15 Koefisien Manning

Bahan	Koefisien Manning $n$
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

9. Menghitung keliling basah

$$P = B + (2 y_1) \quad (2.42)$$

Dimana:

$P$  = keliling basah (m)

$B$  = lebar saluran (m)

$y_1$  = kedalaman saluran rencana (m)

10. Menghitung jari-jari hidrolis

$$R = \frac{A}{P} \quad (2.43)$$

Dimana:

R = jari-jari hidrolis (m)

A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

P = keliling basah (m)

11. Menentukan kemiringan saluran (I)

12. Menghitung kecepatan aliran drainase

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (2.44)$$

Dimana:

v = kecepatan aliran drainase (m/s)

n = koefisien *Manning*

R = jari-jari hidrolis (m)

I = kemiringan saluran

13. Menghitung debit saluran drainase

$$Q_2 = A \times v \quad (2.45)$$

Dimana:

$Q_2$  = debit aliran drainase (m<sup>3</sup>/s)

A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

v = kecepatan aliran drainase (m/s)

14. Menghitung tinggi jagaan

$$w = \sqrt{0,5 \times y_1} \quad (2.46)$$

Dimana:

w = tinggi jagaan (m)

$y_1$  = kedalaman saluran rencana (m)

15. Menentukan kedalaman drainase

$$y_2 = y_1 + w \quad (2.47)$$

Dimana:

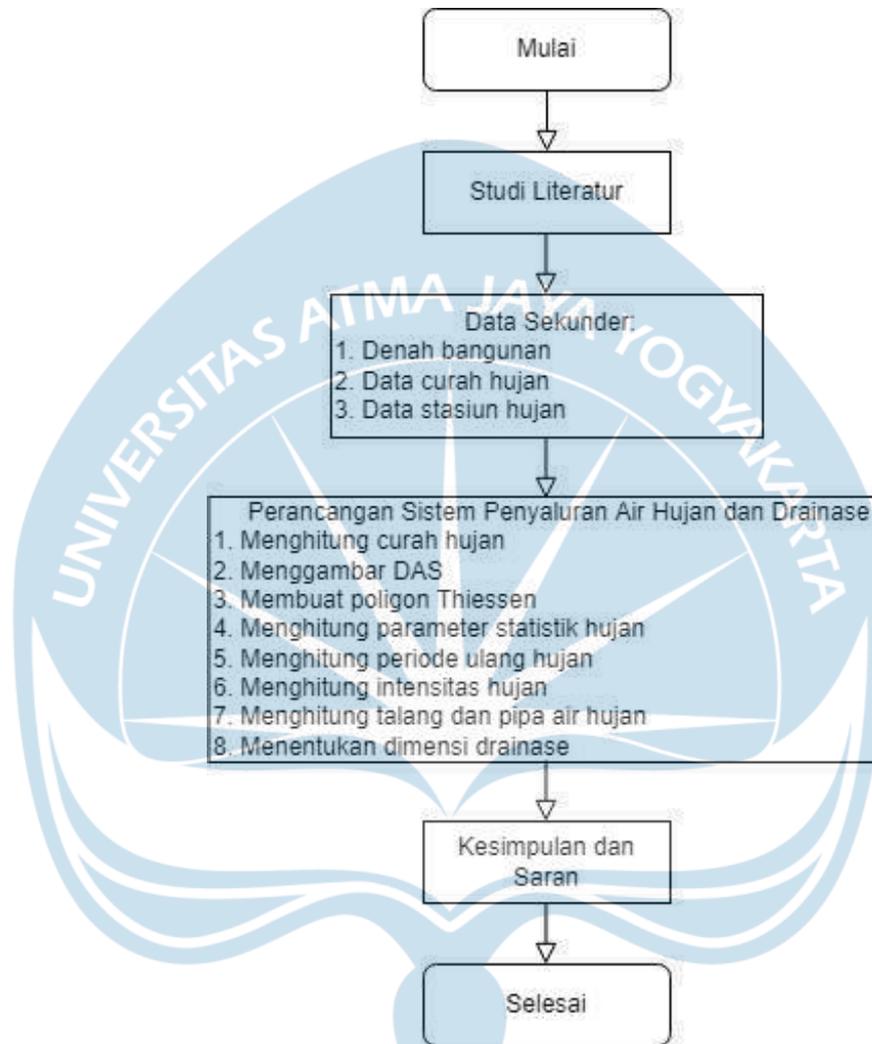
$y_2$  = kedalaman drainase (m)

$y_1$  = kedalaman saluran rencana (m)

w = tinggi jagaan (m)

## 2.6 Sistem Penyaluran Air Hujan dan Drainase

Pada perancangan sistem penyaluran air hujan dan drainase yang akan dibahas adalah mengenai hasil perhitungan dari rancangan yang telah dibuat.



Gambar 2.17 Bagan Alir Perancangan Sistem Penyaluran Air Hujan dan Drainase

### 2.6.1 Data Stasiun Hujan

Data dari setiap lembar data hujan stasiun digunakan untuk membuat data stasiun hujan. koordinat Lintang Selatan (LS) dan Bujur Timur (BT) digunakan untuk menampilkan posisi antar stasiun. Detail mengenai koordinat stasiun dapat dilihat pada Tabel 2.16. Data tinggi curah hujan dianalisis pada tahap berikutnya, dan dihitung nilai maksimum untuk setiap bulan dan tahun.

Tabel 2.16 Data Stasiun Hujan

Nama Stasiun	Koordinat	
	LS	BT
Barongan	7°91'25"	110°37'16"
Bronggang	7°66'44"	110°46'03"
Kedung keris	7°88'33"	110°6'00"
Godean	7°76'72"	110°29'25"

### 2.6.2 Membuat Poligon Thiessen

Gambar DAS dan stasiun menggunakan *software* ArcGIS. Berikut langkah-langkah membuat poligon Thiessen dalam *software* ArcGIS.

1. Buka ArcToolbox → Proximity → Create Thiessen Polygons.
2. Pilih bagian Input Features kemudian masukkan koordinat – koordinat stasiun.
3. Pada bagian Output Fields (optional) pilih ALL.
4. Pilih folder output hasil layer Poligon Thiessen.
5. Klik Environments Setting → Processing Extent pada extent pilih hasil penggabungan peta DEM.
6. Masih pada Environments Setting → Raster Analysis pada Mask pilih hasil penggabungan peta DEM sama seperti pada bagian Processing Extent.
7. Klik OK maka *software* akan membuat Poligon Thiessen secara otomatis.

Langkah-langkah untuk mencari luas DAS masing-masing stasiun yang mewakili sebagai berikut.

1. Menggunakan opsi Open Attribute Table pada Layers polygon thissen yang telah dibuat.
2. Pada Open Attribute Table lalu pada Table Option klik Add Field.
3. Pada Add Field, masukkan penamaan LUAS dan Type berupa Double lalu klik OK.
4. Pada Field LUAS, klik kanan pada mouse lalu pilih Calculate Geometry.
5. Pada Property select Area, Coordinate System yang digunakan adalah WGS 1984 UTM Zone 49S.
6. Lalu select Units berupa kilometres square (km<sup>2</sup>).
7. Luas daerah yang diwakili oleh stasiun dihitung luasnya, sehingga diperoleh hasil seperti pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Luas DAS Masing-Masing Stasiun yang Mewakili

Nama	Luas (km <sup>2</sup> )	Luas (%)
Barongan	163,82421	30,654183
Bronggang	150,9454	28,244348
Kedung keris	114,67857	21,458233
Godean	104,97874	19,643236
<b>Total</b>	<b>534,42692</b>	<b>100</b>

### 2.6.3 Analisis Frekuensi

Jenis distribusi yang digunakan untuk mendapatkan kala ulang dan debit maksimum adalah analisis frekuensi. Pada tabel 2.18 menunjukkan cara memperoleh nilai koefisien kemencengan (Cs), koefisien kortusis (Ck), koefisien variasi (Cv), dan simpangan baku (S). Nilai yang ditemukan kemudian dijadikan sebagai tolak ukur persyaratan jenis distribusi yang diterapkan (dipilih yang paling mendekati dari hasil perhitungan).

### 2.6.4 Menghitung Besaran Statistik

Pada Tabel 2.18 ini menunjukkan perhitungan besaran statistik curah hujan yang bertujuan untuk menentukan nilai S, Cs, Ck, dan Cv.

Tabel 2.18 Analisis Statistik

Tahun	n	Hujan (Xi)	(Xi-x)	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>2</sup>	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>3</sup>	(Xi- $\bar{X}$ ) <sup>4</sup>
1991	1	41,658	-14,7184	216,63	-3188,45	46928,8
1992	2	46,8694	-9,50697	90,3825	-859,264	8169
1993	3	26,8651	-29,5112	870,912	-25701,7	758487
1994	4	62,847	6,47067	41,8696	270,925	1753,06
1995	5	61,6012	5,22482	27,2987	142,631	745,22
1996	6	59,2116	2,83521	8,03841	22,7906	64,616
1997	7	38,2964	-18,08	326,885	-5910,07	106854
1998	8	61,9577	5,58139	31,152	173,871	970,444
1999	9	73,9647	17,5883	309,35	5440,95	95697,3
2000	10	90,4924	34,1161	1163,91	39708	1354681
Total		563,764	0	3086,43	10099,7	2374350
$\bar{X}$		56,376				

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata curah hujan } (\bar{X}) &= \frac{\sum X_i}{n} \\ &= \frac{563,764}{10} \\ &= 56,376 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Standar Deviasi (S)} &= \sqrt{\frac{\sum (X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}} \\ &= \sqrt{\frac{3086,43}{10-1}} \\ &= 18,518 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Kemencengan (Cs)} &= \frac{(n) \sum (\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3} \\ &= \frac{10 \times 10099,7}{(10-1)(10-2)(18,518)^3} \\ &= 0,220 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Kortusis (Ck)} &= \frac{(n^2) \sum ((X_i - \bar{X})^4)}{(n-1)(n-2)(n-3)(S)^4} \\ &= \frac{10^2 \times 2374350}{(10-1)(10-2)(10-3)(18,518)^4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Variasi (Cv)} &= \frac{S}{\bar{X}} \\ &= \frac{18,518}{56,376} \\ &= 0,328 \end{aligned}$$

### 2.6.5 Menentukan Jenis Distribusi yang Digunakan

Pada Tabel 2.19 menunjukkan syarat masing-masing jenis distribusi dengan mencocokkan besar statistika yang telah dihitung.

Tabel 2.19 Uji Sebaran Data

No.	Distribusi	Persyaratan
1	Normal	CS = 0
2	Long Normal	CS = 3 CV
3	Gumble	CS ≈ 1,14
		CK ≈ 5,4002
4	Long Pearson III	Selain dari nilai di atas

### 2.6.6 Perhitungan Distribusi Menggunakan Log Pearson III

Setelah menentukan jenis distribusi menggunakan Log Pearson III, kemudian dihitung distribusi frekuensinya sebagai berikut ini.

Tabel 2.20 Log Pearson Tipe III

Tahun	n	Hujan (Xi) (mm)	Log (X)	Log (Xrt)	(Log X - Log Xrt)	(Log X - Log Xrt) <sup>2</sup>	(Log X - Log Xrt) <sup>3</sup>	(Log X - Log Xrt) <sup>4</sup>
1991	1	41,66	1,62	1,7511	-0,1314	0,01727	-0,0023	0,0003
1992	2	46,87	1,67	1,7511	-0,0802	0,00643	-0,0005	0,00004
1993	3	26,87	1,43	1,7511	-0,3219	0,10362	-0,0334	0,0107
1994	4	62,85	1,8	1,7511	0,04719	0,00223	0,00011	0,000
1995	5	61,6	1,79	1,7511	0,03849	0,00148	0,00006	0,000
1996	6	59,21	1,77	1,7511	0,02131	0,00045	0,00001	0,000
1997	7	38,3	1,58	1,7511	-0,1679	0,0282	-0,0047	0,000
1998	8	61,96	1,79	1,7511	0,041	0,00168	0,00007	0,000
1999	9	73,96	1,87	1,7511	0,11793	0,01391	0,00164	0,00019
2000	10	90,49	1,96	1,7511	0,20552	0,04224	0,00868	0,00178
Total		563,77	17,28	17,5110	-0,2300	0,2175	-0,0303	0,0130
Log X			1,728	1,751				

Harga rata-rata log  $\bar{X}$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n \log(X_i)}{n}$$

$$= \frac{17,511}{10}$$

$$= 1,751$$

Standar Deviasi (s)

$$= \sqrt{\frac{\sum(\log X_i - \log \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$= \sqrt{\frac{0,2175}{10-1}}$$

$$= 0,155$$

Koefisien Kemencengan (G)

$$= \frac{(n) \sum(\log X_i - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(s)^3}$$

$$= \frac{10 \times -0,0303}{(10-1)(10-2)(0,155)^3}$$

$$= -1,130095219$$

Setelah didapatkan nilai log X rerata, standar deviasi, dan koefisien kemencengan, maka berikutnya dilakukan perhitungan curah hujan maksimum yang dapat dilihat sebagai berikut.

1. Periode ulang 1 tahun

$$\text{Log } \bar{X} = 1,751$$

$$G = -1,130095219$$

$$K = -1,120$$

$$S = 0,155$$

$$\text{Log } X_T = \text{Log } \bar{X} + K.S$$

$$\begin{aligned}
&= 1,751 + (-1,120) (0,155) \\
&= 1,526 \\
X_T &= 10^{\text{Log } X_T} \\
&= 10^{1,526} \\
&= 33,573 \text{ mm/hari}
\end{aligned}$$

2. Periode ulang 2 tahun

$$\begin{aligned}
\text{Log } \bar{X} &= 1,751 \\
G &= -1,130095219 \\
K &= 0,183 \\
S &= 0,155 \\
\text{Log } X_T &= \text{Log } \bar{X} + K.S \\
&= 1,751 + (0,183) (0,155) \\
&= 1,779 \\
X_T &= 10^{\text{Log } X_T} \\
&= 10^{1,779} \\
&= 60,117 \text{ mm/hari}
\end{aligned}$$

**2.6.7 Uji kecocokan Distribusi Frekuensi**

Uji sebaran data dilakukan untuk melihat apakah data hujan yang ada memiliki sebaran yang baik dan mewakili. Uji Chi kuadrat dan uji Smirnov-Kolmogrov digunakan dalam uji distribusi data.

1. Uji Chi Kuadrat

Pertama curah hujan direkap sesuai tahun secara berurutan dalam uji Chi kuadrat, kemudian dihitung sesuai tahap-tahap berikut ini.

Tabel 2.21 Rekap Curah Hujan

Tahun	n	Hujan (Xi) (mm)
1991	1	41,66
1992	2	46,87
1993	3	26,87
1994	4	62,85
1995	5	61,60
1996	6	59,21
1997	7	38,30
1998	8	61,96
1999	9	73,96
2000	10	90,49

$$\begin{aligned}
 \text{Uji data (n)} &= 10 \\
 \text{Curah hujan maksimal (Xi-max)} &= 90,94 \text{ mm} \\
 \text{Curah hujan minimal (Xi-min)} &= 26,87 \text{ mm} \\
 \text{Jumlah kelas (K)} &= 1 + 3,22 \log n \\
 &= 1 + 3,22 \log 10 \\
 &= 4,220 \approx 5 \\
 \text{Lebar kelas} &= \frac{(\text{nilai terbesar} - \text{nilai terkecil})}{\text{jumlah kelas}} \\
 &= \frac{(90,49 - 26,87)}{5} \\
 &= 12,724 \\
 \text{Ef} &= \frac{n}{k} \\
 &= \frac{10}{5} \\
 &= 2 \\
 \Delta x &= \frac{x \text{ maks} - x \text{ min}}{(k-1)} \\
 &= \frac{90,49 - 26,87}{(5-1)} \\
 &= 15,905 \\
 \text{X awal} &= \left( X_{\text{min}} - \frac{1}{2} \Delta x \right) \\
 &= \left( 26,87 - \frac{1}{2} 15,905 \right) \\
 &= 18,917
 \end{aligned}$$

Tabel 2.22 Perhitungan Chi Kuadrat

Nomor	Nilai Batasan	Data (Of)	Ef	(Of-Ef)	$X^2 = (Of-Ef)^2/Ef$
1	18,91 - 34,81	1	2	-1	0,5
2	34,81 - 50,72	3	2	1	0,5
3	50,72 - 66,63	4	2	2	2
4	66,63 - 82,53	1	2	-1	0,5
5	82,53 - 98,44	1	2	-1	0,5
Total		10	10	0	4

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai Chi-Kuadrat (dari hitungan)} &= 4 \\
 \text{Tingkat kesalahan } (\alpha) &= 1\% \text{ (tingkat kesalahan paling minimal)} \\
 \text{Variabel terikat (p)} &= 2 \text{ (Ef dan Of)} \\
 \text{Derajat kebebasan (DOF)} &= K - (p + 1) \\
 &= 5 - (2 + 1) \\
 &= 2
 \end{aligned}$$

Nilai Chi-Kuadrat (dari Tabel 2.9) = 5,99

Jadi, karena nilai Chi-Kuadrat dari hitungan lebih kecil dibandingkan dengan nilai Chi Kuadrat pada Tabel 2.9, maka hasil uji Chi-Kuadrat diterima.

## 2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Curah hujan diurutkan terlebih dahulu dari yang terkecil sampai yang terbesar pada uji Smirnov-Kolmogorov, kemudian dihitung menurut tahapan sebagai berikut,

Tabel 2.23 Uji Smirnov-Kolmogorov

Tahun	n	Hujan (Xi)	P (x)	P (x<)	P'(x)	P'(x<)	D (P(x<) - P'(x<))
			(n / m + 1)	(1-P(x))	(n/m-1)	(1-P'(x))	
1991	1	41,66	0,090	0,909	0,111	0,888	0,020
1992	2	46,87	0,181	0,818	0,222	0,777	0,040
1993	3	26,87	0,272	0,727	0,333	0,666	0,060
1994	4	62,85	0,363	0,636	0,444	0,555	0,080
1995	5	61,60	0,454	0,545	0,555	0,444	0,101
1996	6	59,21	0,545	0,454	0,666	0,333	0,121
1997	7	38,30	0,636	0,363	0,777	0,222	0,141
1998	8	61,96	0,727	0,272	0,888	0,111	0,161
1999	9	73,96	0,818	0,181	1	0	0,181
2000	10	90,49	0,909	0,090	1,111	-0,111	0,202

$$\Delta P \text{ maks} = 0,202020202$$

$$\text{Jumlah data (n)} = 10$$

$$\text{Tingkat kesalahan } (\alpha) = 1\% \text{ (tingkat kesalahan paling minimal)}$$

$$\Delta \text{ kritis (dari Tabel 2.10)} = 0,410$$

Karena nilai  $\Delta P$  maks dari hitungan lebih kecil dibandingkan dengan nilai  $\Delta P$  kritis dari Tabel 2.10 maka hasil Uji Smirnov-Kolmogorov diterima.

### 2.6.8 Analisis Intensitas Hujan

Intensitas hujan dihitung menggunakan rumus Mononobe dan analisis Intensity Duration Frequency (IDF) dari daerah lokasi pemabangunan dengan durasi hujan 2 jam dan periode ulang tahun 2 tahun. Karena data curah hujan yang diperoleh merupakan curah hujan harian dengan periode ulang 2 tahun, dan data tersebut sesuai dengan rumus parameter Mononobe, maka metode ini dipilih.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{\frac{2}{3}}$$

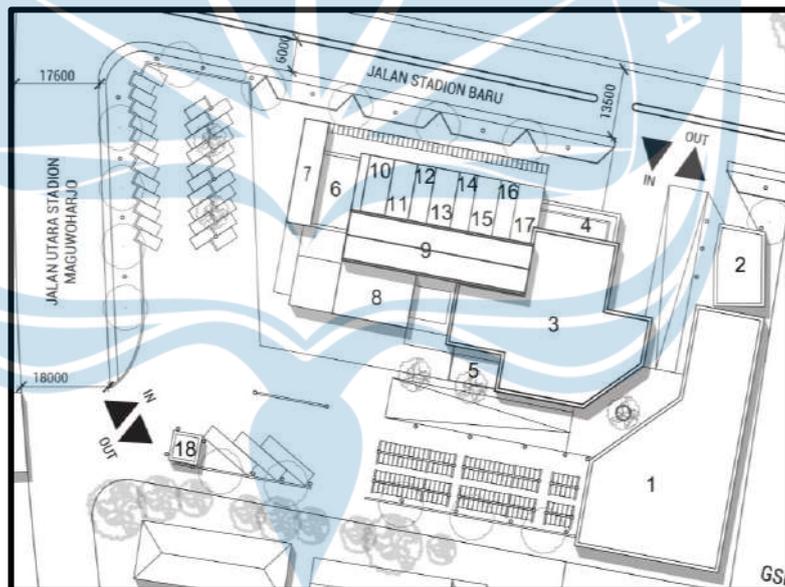
$$I = \frac{60,186}{24} \left[ \frac{24}{2} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$I = 13,144 \text{ mm/jam}$$

### 2.6.9 Perancangan Talang Air Hujan dan Pipa Air Hujan

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk menghitung talang air hujan dan pipa air hujan adalah menghitung terlebih dahulu luasan genteng dan dag beton pada gedung satu, gedung dua, Mushola dan pos satpam. Setelah itu, ukuran talang

air hujan dan pipa air hujan berdasarkan luasan yang telah didapatkan sesuai dengan ketentuan SNI yang berlaku. Untuk denah atap dan dag beton dapat dilihat pada Gambar 2.18, sedangkan untuk hasil perhitungan ukuran talang dan pipa air hujan dapat dilihat pada Tabel 2.24.



Gambar 2.18 Rencana Talang dan Pipa

Tabel 2.24 Ukuran Talang dan Pipa

No	Jenis	Luas (m <sup>2</sup> )	Kemiringan Talang	Ukuran Talang Atap (inch)	Diameter Pipa Air Hujan (inch)	Kemiringan Dag	Diameter Pipa Air Hujan Horizontal (inch)
1	Dag	1049,33				1%	5
2	Dag	154,51				1%	3
3	Dag	896,71				1%	5
4	Dag	128				1%	3
5	Dag	136				1%	3
6	Dag	162,46				1%	3
7	Dag	79,41				1%	3
8	Atap	178,91	1%	6	2		
9	Atap	368,79	1%	8	3		
10	Atap	50,15	1%	4	2		
11	Atap	50,15	1%	4	2		
12	Atap	50,15	1%	4	2		
13	Atap	50,15	1%	4	2		
14	Atap	50,15	1%	4	2		
15	Atap	50,15	1%	4	2		
16	Atap	50,15	1%	4	2		
17	Atap	50,15	1%	4	2		
18	Dag	35,59				1%	3

### 2.6.10 Perancangan Drainase

Drainase merupakan pembuangan air permukaan yang dilakukan secara gravitasi atau pompa untuk menghindari pembentukan genangan air. Drainase yang dirancang berdasarkan 3 daerah tangkapan hujan yaitu atap, tanah, dan jalan.

#### 1. Limpasan air hujan atap

$$\text{Luas bidang tadah (A)} = 3590,91 \text{ m}^2$$

$$\text{Koefisien (C)} = 0,95$$

$$\text{Intensitas hujan (I)} = 13,144 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit oleh hujan (Q1)} &= C \times I \times A \\ &= 0,95 \times 13,144 \times 3590,91 \\ &= 0,012 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

#### 2. Limpasan air hujan tanah

$$\text{Luas bidang tadah (A)} = 1137,926 \text{ m}^2$$

$$\text{Koefisien (C)} = 0,25$$

$$\text{Intensitas hujan (I)} = 13,144 \text{ mm/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Debit oleh hujan (Q1)} &= C \times I \times A \\ &= 0,25 \times 13,144 \times 1137,926 \\ &= 0,001 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

3. Limpasan air hujan jalan

$$\begin{aligned}\text{Luas bidang tadah (A)} &= 4502,231 \text{ m}^2 \\ \text{Koefisien (C)} &= 0,95 \\ \text{Intensitas hujan (I)} &= 13,144 \text{ mm/jam} \\ \text{Debit oleh hujan (Q1)} &= C \times I \times A \\ &= 0,95 \times 13,144 \times 4502,231 \\ &= 0,015 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

4. Dimensi drainase (Metode Manning)

$$\begin{aligned}\text{Debit atap (Q}_1) &= 0,012 + 0,001 + 0,015 \\ &= 0,028 \text{ m}^3/\text{s}\end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman saluran rencana (y}_1) = 0,1 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}\text{Lebar saluran (B)} &= 2 \times y_1 \\ &= 2 \times 0,1 \\ &= 0,2 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas penampang basah (A)} &= B \times y_1 \\ &= 0,2 \times 0,1 \\ &= 0,02 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Manning (n)} = 0,013 \text{ (beton)}$$

$$\begin{aligned}\text{Keliling basah (P)} &= B + 2y \\ &= 0,2 + 2(0,1) \\ &= 0,4 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Jari-jari hidrolis (R)} &= \frac{A}{P} \\ &= \frac{0,02}{0,4} \\ &= 0,05 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\text{Kemiringan saluran (i)} = 2\% \text{ (asumsi)}$$

$$\begin{aligned}\text{Kecepatan aliran drainase (v)} &= \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{1}{0,013} 0,05^{\frac{2}{3}} 2^{\frac{1}{2}} \\ &= 1,476 \text{ m/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Debit saluran drainase (Q}_2) &= v \times A \\ &= 1,476 \times 0,02 \\ &= 0,030 \text{ m}^3/\text{s (Q}_2 > \text{Q}_1, \text{ maka AMAN)}\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi jagaan (w)} = \sqrt{0,5 \times y_1}$$

$$\begin{aligned}
&= \sqrt{0,5 \times 0,1} \\
&= 0,224 \text{ m} \\
\text{Kedalaman saluran (y}_2\text{)} &= y_1 + w \\
&= 0,1 + 0,224 \\
&= 0,324 \text{ m} \\
&\approx 0,35 \text{ m}
\end{aligned}$$

## 2.7 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil perancangan drainase dan perpipaan pada proyek Pusat pelatihan dan pengembangan hidroponik, yaitu.

1. Perhitungan kebutuhan air bersih pada gedung satu dan gedung dua berdasarkan metode luas bangunan.
2. Sumber air bersih untuk Gedung 1 berasal dari PAM yang ditampung di GWT kemudian dipompa ke RT. Kebutuhan daya pompa pada gedung 1 adalah sebesar 161,13 watt. Sedangkan untuk Gedung 2, air bersih ditampung di GWT dan kemudian dipompa langsung ke tiap alat plambing. Kebutuhan daya pompa untuk gedung 2 adalah sebesar 22,13 watt.
3. Elevasi tandon air pada gedung 1 ditinggikan sebesar 3,5 meter untuk memenuhi energi yang diperlukan untuk pengaliran air bersih ke setiap alat plambing.
4. Perhitungan curah hujan diambil dari 4 stasiun curah hujan, yaitu Barongan, Bronggang, Kedung Keris, Godean.
5. Perhitungan intensitas hujan menggunakan metode Mononobe.
6. Perancangan dimensi drainase menggunakan rumus Manning.
7. Perhitungan talang dan pipa air hujan berdasarkan luasan bidang tadah atap.
8. Dimensi drainase yang digunakan adalah lebar 0,2 meter, kedalaman saluran 0,35 meter dan panjang saluran 254,63 meter. Air hujan kemudian dialirkan ke sistem drainase kota.