

Bab II

Perancangan Drainase dan Pemipaan

2.1 Data Umum Perancangan

Dalam melakukan perancangan pemipaan air bersih dan drainase yang mengacu pada Pondok Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta, diperlukan beberapa data gedung seperti berikut :

1. Jumlah penghuni
 - a. Berdasarkan pelaku
 - Santri putra : 370 orang
 - Santri putri : 70 orang
 - Pengurus putra : 10 orang
 - Pengurus putri : 5 orang
 - Ustad : 10 orang
 - b. Berdasarkan jenis kelamin
 - Laki – laki : 390 orang
 - Perempuan : 75 orang
2. Kebutuhan ruang pada Pondok Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta

Tabel 2.1 Kebutuhan ruang berdasarkan fungsi

| Jenis | No | Area | Nama ruang |
|-------------|----|---------------|--|
| Publik | 1 | Mushola | <ul style="list-style-type: none">• Ruang imam• Tempat wudhu• Toilet• Tempat penyimpanan alat |
| Pribadi | 2 | Pondok asrama | <ul style="list-style-type: none">• Ruang kamar putra• Ruang kamar putri• Kamar mandi / Toilet |
| Semi Publik | 3 | Ruang makan | <ul style="list-style-type: none">• Ruang makan putra• Ruang makan putri• Toilet• Dapur |

| | | | |
|-------------|---|---------------|---|
| Publik | 4 | Kelas Mengaji | <ul style="list-style-type: none"> • Ruang kelas (6 kelas) • Toilet |
| Pribadi | 5 | Mushola putri | <ul style="list-style-type: none"> • Toilet • Gudang |
| Semi Publik | 6 | Perpustakaan | <ul style="list-style-type: none"> • Perpustakaan putra • Perpustakaan putri |
| Pribadi | 7 | Kantor | <ul style="list-style-type: none"> • Ruang pelanggaran • Ruang penerimaan tamu • Kantor pengelola • Toilet |
| Servis | 8 | Utilitas | <ul style="list-style-type: none"> • Ruang pompa air • Tandon air • Ruang genset • Parkir mobil • Parkir motor |

3. Kebutuhan air bersih air dingin didapat dari tabel 1 SNI 03-7065-2005 yaitu sebesar 120 liter/penghuni/hari dengan penggunaan gedungnya adalah asrama.

Tabel 2.2 Pemakaian air dingin minimum sesuai penggunaan gedung

| No. | Penggunaan gedung | Pemakaian air | Satuan |
|-----|--------------------------|-------------------|--|
| 1 | Rumah tinggal | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 2 | Rumah susun | 100 ¹⁾ | Liter/penghuni/hari |
| 3 | Asrama | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 4 | Rumah Sakit | 500 ²⁾ | Liter/tempat tidur pasien /hari |
| 5 | Sekolah Dasar | 40 | Liter/siswa/hari |
| 6 | SLTP | 50 | Liter/siswa/hari |
| 7 | SMU/SMK dan lebih tinggi | 80 | Liter/siswa/hari |
| 8 | Ruko/Rukan | 100 | Liter/penghuni dan pegawai/hari |
| 9 | Kantor / Pabrik | 50 | Liter/pegawai/hari |
| 10 | Toserba, toko pengecer | 5 | Liter/m2 |
| 11 | Restoran | 15 | Liter/kursi |
| 12 | Hotel berbintang | 250 | Liter/tempat tidur /hari |
| 13 | Hotel Melati/ Penginapan | 150 | Liter/tempat tidur /hari |
| 14 | Gd. pertunjukan, Bioskop | 10 | Liter/kursi |
| 15 | Gd. Serba Guna | 25 | Liter/kursi |
| 16 | Stasiun, terminal | 3 | Liter/penumpang tiba dan pergi |
| 17 | Peribadatan | 5 | Liter/orang, (belum dengan air wudhu) |

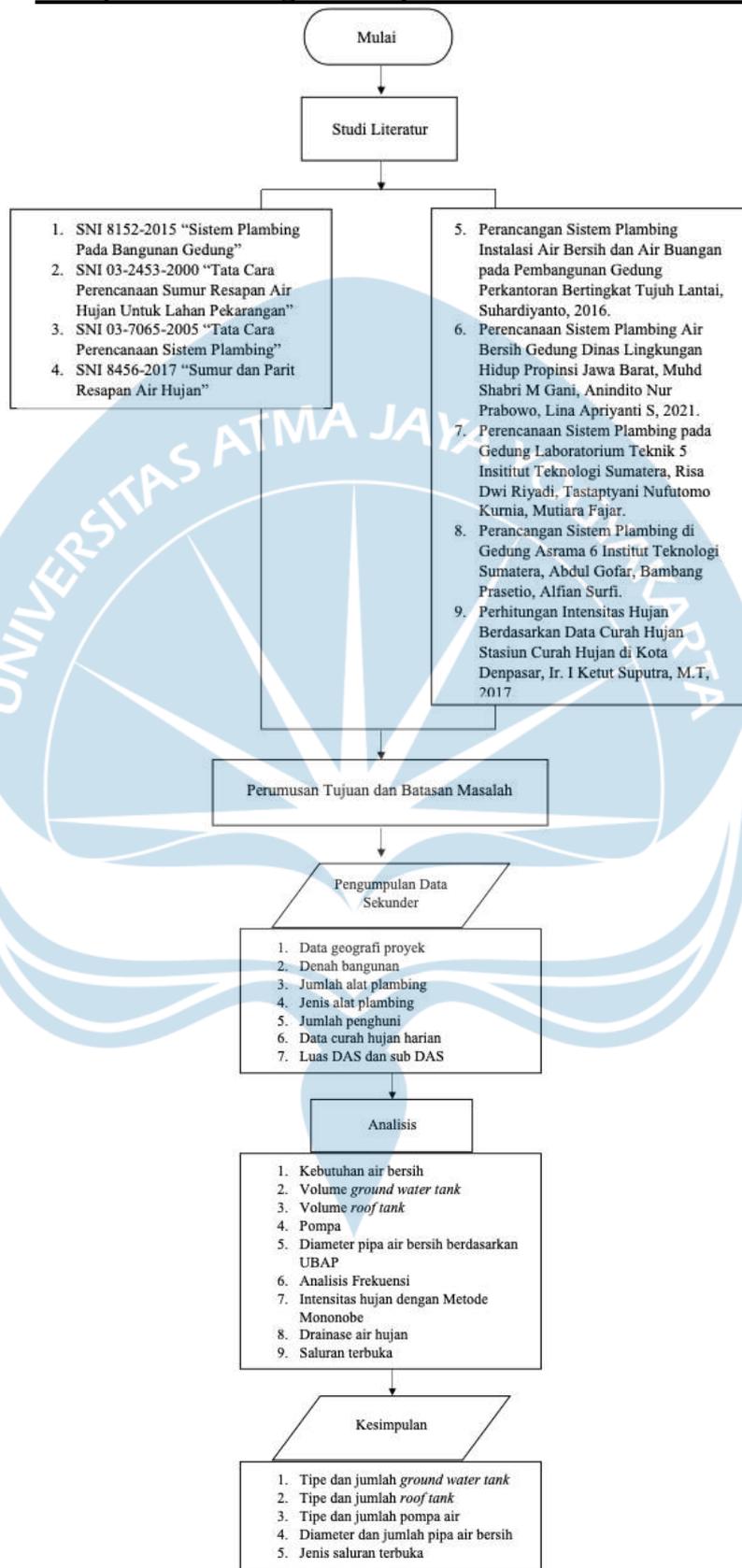
(sumber : Tabel 1 SNI 03-7065-2005)

4. Total jumlah alat plambing
 - a. Kloset tanki gelontor : 117 buah
 - b. *Lavatory* : 43 buah
 - c. *Shower* : 62 buah
 - d. Kran wudhu : 18 buah
 - e. Kran kamar mandi : 42 buah
5. Antisipasi kebocoran yaitu 20%.
6. Durasi pemakaian sehari selama 8 jam.
7. Persentase luas efektif yaitu 50%.

2.2 Referensi

1. SNI 8152-2015 “Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung”
2. SNI 03-2453-2000 “Tata Cara Perencanaan Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan”
3. SNI 03-7065-2005 “Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing”
4. SNI 8456-2017 “Sumur dan Parit Resapan Air Hujan”
5. Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai, Suhardiyanto, 2016.
6. Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih Gedung Dinas Lingkungan Hidup Propinsi Jawa Barat, Muhd Shabri M Gani, Anindito Nur Prabowo, Lina Apriyanti S, 2021.
7. Perencanaan Sistem Plambing pada Gedung Laboratorium Teknik 5 Insitut Teknologi Sumatera, Risa Dwi Riyadi, Tastaptyani Nufutomo Kurnia, Mutiara Fajar.
8. Perancangan Sistem Plambing di Gedung Asrama 6 Institut Teknologi Sumatera, Abdul Gofar, Bambang Prasetyo, Alfian Surfi.
9. Perhitungan Intensitas Hujan Berdasarkan Data Curah Hujan Stasiun Curah Hujan di Kota Denpasar, Ir. I Ketut Suputra, M.T, 2017.

2.3 Tahapan Perancangan Pemipaan Air Bersih dan Drainase



Gambar 2.1 Tahapan perancangan pemipaan air bersih dan drainase

2.4 Perancangan Pemipaan

2.4.1 Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih pada gedung Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta dihitung menggunakan 3 jenis metode yang berbeda yaitu berdasarkan jumlah penghuni, berdasarkan jumlah alat plambing, dan berdasarkan unit beban alat plambing. Hasil dari perhitungan kebutuhan air bersih berupa debit atau laju air total harian dalam liter/hari, debit total dalam liter/jam, debit maksimum dalam liter/jam, dan debit maksimum dalam liter/menit. Setelah itu, dipilih hasil debit air yang terbesar dari ketiga metode tersebut agar dapat menjamin kebutuhan air bersih pada kondisi ekstrim atau penggunaan maksimum.

Perhitungan debit maksimum dalam liter/jam dan debit maksimum dalam liter/menit diperhitungkan dengan mengalikan dengan konstanta c_1 dan c_2 Morimura. Konstanta c_1 berkisar antara 1,5-2,0 dan c_2 berkisar antara 3,0-4,0. Pada umumnya, konstanta c_1 sebesar 1,5 untuk bangunan rumah tinggal, 1,75 untuk bangunan perkantoran, dan 2,0 untuk bangunan hotel atau apartemen, sementara konstanta c_2 sebesar 3,0 untuk bangunan rumah tinggal, 3,5 untuk bangunan perkantoran, dan 4,0 untuk bangunan hotel atau apartemen [1]. Oleh karena itu, maka dipilih angka konstanta c_1 sebesar 2,0 dan c_2 sebesar 4,0.

2.4.1.1 Berdasarkan Jumlah Penghuni

Menentukan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah pemakai, perlu untuk mengetahui jumlah penghuni dari pesantren terlebih dahulu. Menurut data yang telah diberikan, jumlah penghuni Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta total berjumlah 465 orang. Setelah menentukan jumlah penghuninya, kemudian dicari pemakaian air per liter berdasarkan tabel 1 SNI 03-7065-2005. Setelah ditelusuri, gedung pesantren ini digolongkan yaitu penggunaan gedung asrama dimana jumlah pemakaian airnya 120 liter/penghuni/hari.

Setelah itu dihitung untuk jumlah pemakaian per liter per harinya dengan cara jumlah penghuni dikalikan pemakaian air per liter. Didapatkan hasil jumlah debit air atau pemakaian airnya per liter per hari yaitu 55800 liter/hari.

Tabel 2.3 Pemakaian air dingin minimum sesuai penggunaan gedung

| No. | Penggunaan gedung | Pemakaian air | Satuan |
|-----|--------------------------|-------------------|--|
| 1 | Rumah tinggal | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 2 | Rumah susun | 100 ¹⁾ | Liter/penghuni/hari |
| 3 | Asrama | 120 | Liter/penghuni/hari |
| 4 | Rumah Sakit | 500 ²⁾ | Liter/tempat tidur pasien /hari |
| 5 | Sekolah Dasar | 40 | Liter/siswa/hari |
| 6 | SLTP | 50 | Liter/siswa/hari |
| 7 | SMU/SMK dan lebih tinggi | 80 | Liter/siswa/hari |
| 8 | Ruko/Rukan | 100 | Liter/penghuni dan pegawai/hari |
| 9 | Kantor / Pabrik | 50 | Liter/pegawai/hari |
| 10 | Toserba, toko pengecer | 5 | Liter/m ² |
| 11 | Restoran | 15 | Liter/kursi |
| 12 | Hotel berbintang | 250 | Liter/tempat tidur /hari |
| 13 | Hotel Melati/ Penginapan | 150 | Liter/tempat tidur /hari |
| 14 | Gd. pertunjukan, Bioskop | 10 | Liter/kursi |
| 15 | Gd. Serba Guna | 25 | Liter/kursi |
| 16 | Stasiun, terminal | 3 | Liter/penumpang tiba dan pergi |
| 17 | Peribadatan | 5 | Liter/orang, (belum dengan air wudhu) |

(sumber : Tabel 1 SNI 03-7065-2005)

Antisipasi kebocoran diasumsikan 20% dari debit air hariannya supaya jika terjadi kebocoran, kebutuhan air tetap terpenuhi karena sudah diperhitungkan dalam hitungan kebutuhan air.

Durasi penggunaan air dalam sehari, berdasarkan Noerbambang, Soufiyan dan Morimura, Takeo (2000) diasumsikan 8 jam. Lalu setelah diketahui persentase antisipasi kebocoran dan durasi pemakaian dalam sehari, dihitung total debit hariannya (Q_d) dalam liter/hari dengan cara jumlah pemakaian awal 55800 liter/hari ditambah dengan jumlah pemakaian awal yang sudah dikalikan dengan antisipasi kebocoran 20%, sehingga didapatkan Q_d sebesar 66960 liter/hari.

Jumlah debit air dalam liter/jam (Q_h) adalah 8370 liter/jam dengan cara total debit harian (Q_d) dibagi dengan durasi penggunaan air dalam sehari yaitu 8 jam.

Debit air maksimum dalam liter/jam (Q_h maksimum) didapat sebesar 16740 liter/jam dengan cara Q_h dikalikan dengan c1. Debit air maksimum dalam liter/menit (Q_m maksimum), didapat sebesar 558 liter/menit dengan cara Q_h dikalikan dengan c2 dan dibagi dengan 60 agar menjadi menit.

Tabel 2.4 Perhitungan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penghuni

| Kebutuhan Air Berdasarkan Jumlah Penghuni | | |
|---|-----------|---------------------|
| Luas Bangunan | 4627,3235 | m ² |
| Jumlah Penghuni | 465 | orang |
| Pemakaian | 120 | Liter/penghuni/hari |
| Jumlah Pemakaian (Qd) | 55800 | Liter/hari |
| Antisipasi Kebocoran | 20% | |
| Durasi Pemakaian Sehari | 8 | Jam |

Tabel 2.5 Rekap hasil perhitungan kebutuhan air

| No | Metode | Qd total (liter/hari) | Qh (liter/jam) | Qh max (liter/jam) | Qm max (liter/menit) |
|----|----------------------------|--------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | Berdasarkan jumlah pemakai | 66960 | 8370 | 16740 | 558 |

2.4.1.2 Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing

Perhitungan kebutuhan air bersih dengan metode ini diperlukan untuk menghitung dan mendata seluruh jenis alat plumbing yang ada terlebih dahulu. Terdapat 5 jenis alat plumbing yaitu kloset tanki gelontor berjumlah 117 buah, *lavatory* berjumlah 43 buah, *shower* berjumlah 62 buah, kran untuk wudhu berjumlah 18 buah, dan kran untuk kamar mandi berjumlah 42 buah.

Masing-masing jumlah alat plumbing ditentukan pemakaian per jam, pemakaian satu kali dan faktor pemakaian serentak yang didapat dari sumber tabel 2.2 Noerbambang & Morimura (2000), kemudian menghitung kebutuhan airnya (Qh max) dalam liter/jam dengan mengalikan pemakaian per jam dengan pemakaian satu kali dan faktor pemakaian serentak.

Tabel 2.6 Faktor pemakaian (%) dan jumlah alat plumbing

| Jumlah Alat Plumbing | 1 | 2 | 4 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 50 | 70 | 100 | |
|------------------------------|------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|
| Kloset dengan katup gelontor | 1 | 50 | 50 | 40 | 30 | 27 | 23 | 19 | 17 | 15 | 12 | 10 |
| | Satu | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Alat plumbing biasa | 1 | 100 | 75 | 55 | 48 | 45 | 42 | 40 | 39 | 38 | 35 | 33 |
| | Dua | | 3 | 5 | 6 | 7 | 10 | 13 | 16 | 19 | 25 | 33 |

(sumber : Tabel 2.6 Noerbambang, Soufian dan Morimura, Takeo (2000) “Plumbing”)

Tabel 2.7 Perhitungan kebutuhan air bersih berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing

| Jenis alat plambing | Jumlah total | Pemakaian perjam | Pemakaian satu kali (liter) | Faktor pemakaian serentak | Kebutuhan air (liter/jam) |
|-----------------------|--------------|------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Kloset tanki gelontor | 117 | 7 | 14 | 10,00% | 1146,60 |
| <i>Lavatory</i> | 43 | 7 | 10 | 38,70% | 1164,87 |
| <i>Shower</i> | 62 | 8 | 42 | 36,20% | 7541,18 |
| Kran Wudhu | 18 | 5 | 5 | 44,25% | 199,13 |
| Kran Kamar Mandi | 42 | 6 | 13 | 38,80% | 10291,78 |
| Total | | | | | 20103,56 |

Tabel 2.8 Rekap hasil perhitungan kebutuhan air

| No | Metode | Qd total (liter/hari) | Qh (liter/jam) | Qh max (liter/jam) | Qm max (liter/menit) |
|----|--|-----------------------|----------------|--------------------|----------------------|
| 1 | Berdasarkan jumlah pemakai | 66960 | 8370 | 16740 | 558 |
| 2 | Berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing | 80414,232 | 10051,779 | 20103,56 | 670,1186 |

2.4.1.3 Berdasarkan Unit Beban Alat Plambing (UBAP)

Perhitungan berdasarkan unit beban alat plambing dilakukan dengan menganalisis jumlah alat dan jenis plambing yang terdapat pada bangunan yang akan di analisis kebutuhan air bersihnya. Jumlah alat dan jenis plambing sebelumnya sudah dihitung pada metode berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing, yaitu kloset tanki gelontor berjumlah 117 buah, *lavatory* berjumlah 43 buah, *shower* berjumlah 62 buah, kran untuk wudhu berjumlah 18 buah, dan kran untuk kamar mandi berjumlah 42 buah.

Penentuan beban setiap alat plambing (UBAP) didapatkan dengan melihat tabel 2.4 Noerbambang & Morimura (2000).

Tabel 2.9 Unit alat plambing untuk penyediaan air dingin

| Jenis alat plambing ²⁾ | Jenis penyediaan air | Unit alat plambing ³⁾ | | Keterangan |
|--|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| | | Untuk pribadi ⁴⁾ | Untuk umum ⁵⁾ | |
| Kloset | Katup gelontor | 6 | 10 | |
| Kloset | Tangki gelontor | 3 | 5 | |
| Peturasan, dengan tiang | Katup gelontor | - | 10 | |
| Peturasan terbuka (urinal stall) | Katup gelontor | - | 5 | |
| Peturasan terbuka (urinal stall) | Tangki gelontor | - | 3 | |
| Bak cuci (kecil) | Keran | 0,5 | 1 | |
| Bak cuci tangan | Keran | 1 | 2 | |
| Bak cuci tangan, untuk kamar operasi | Keran | - | 3 | |
| Bak mandi rendam (bath tub) | Keran pencampur air dingin dan panas | 2 | 4 | |
| | Keran pencampur air dingin dan panas | 2 | 4 | |
| Pancuran mandi (shower) | Keran pencampur air dingin dan panas | 2 | 4 | |
| Pancuran mandi tunggal | Keran pencampur air dingin dan panas | 2 | 4 | |
| Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam | Kloset dengan katup gelontor | 8 | - | |
| | Kloset dengan tangki gelontor | 6 | - | |
| Satuan kamar mandi dengan bak mandi rendam | (untuk tiap keran) | - | 2 | Gedung kantor, dsb |
| Bak cuci bersama | Keran | 3 | 4 | Untuk umum : hotel |
| Bak cuci pel | Keran | 2 | 4 | atau restoran, |
| Bak cuci dapur | Keran | - | 5 | dsb |
| Bak cuci piring | Keran | 3 | - | |
| Bak cuci pakaian (satu sampai tiga) | Keran air minum | - | 2 | |
| Pancuran minum | Katup bola | - | 2 | |
| Pemanas air | | | | |

(sumber : Tabel 2.4 Noerbambang, Soufian dan Morimura, Takeo (2000) "Plambing")

Tabel 2.10 UBAP setiap alat plambing

| Jenis Alat Plambing | Beban Unit Alat Plambing |
|-----------------------|--------------------------|
| Kloset tanki gelontor | 5 |
| <i>Lavatory</i> | 2 |
| <i>Shower</i> | 4 |
| Kran Wudhu | 4 |
| Kran Kamar Mandi | 4 |

Perhitungan total beban didapatkan dengan mengalikan jumlah total alat plambing dengan beban alat plumbing sesuai dengan jenis plumbingnya.

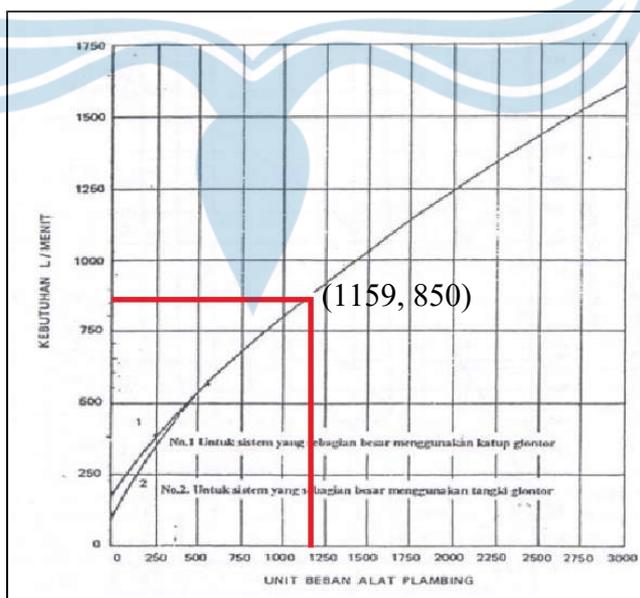
Contoh Perhitungan :

Total beban kloset tangki gelontor : Jumlah total x Beban
 : 117 x 5
 : 585

Tabel 2.11 Total UBAP setiap alat plambing

| Jenis Alat Plambing | Total Unit Beban Alat Plambing |
|-----------------------|--------------------------------|
| Kloset tanki gelontor | 585 |
| Lavatory | 86 |
| Shower | 248 |
| Kran Wudhu | 72 |
| Kran Kamar Mandi | 168 |
| Total | 1159 |

Penentuan kebutuhan air bersih berdasarkan SNI 03-7065-2005 berdasarkan unit beban alat plumbing menggunakan grafik kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 3000 dikarekan total beban alat plumbing yang direncanakan lebih besar dari 240.



Gambar 2.2 Kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 3000 (sumber : SNI 03-7065-2005)

Berdasarkan grafik kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk UBAP sampai dengan 3000, maka didapat kebutuhan air dalam liter/menit adalah 850.

Tabel 2.12 Rekap hasil perhitungan kebutuhan air

| No | Metode | Qd total (liter/hari) | Qh (liter/jam) | Qh max (liter/jam) | Qm max (liter/menit) |
|----|---|--------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1 | Berdasarkan jumlah pemakai | 66960 | 8370 | 16740 | 558 |
| 2 | Berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing | 80414,232 | 10051,779 | 20103,56 | 670,1186 |
| 3 | Berdasarkan Unit Beban Alat Plambing (UBAP) | 102000 | 12750 | 25500 | 850 |

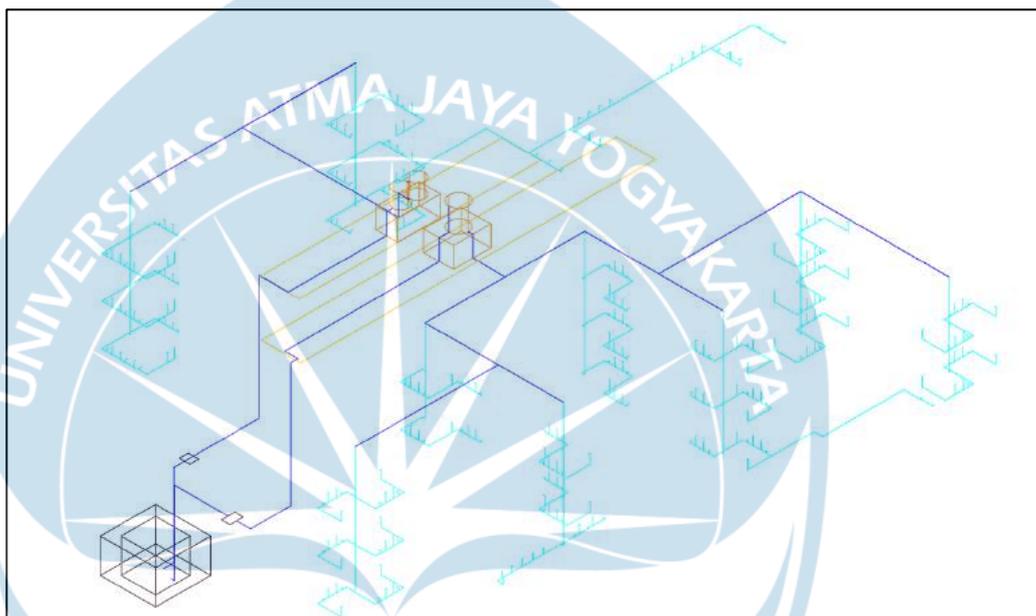
Dari ketiga metode yang telah digunakan, dipustuskan untuk menggunakan metode UBAP untuk menentukan kebutuhan air bersihnya karena kebutuhan air atau debit air maksimum dalam liter/menit adalah yang paling besar

2.4.2 Isometri Pipa Air Bersih

Isometri pipa air bersih digambar menggunakan *software* computer AutoCAD. Dalam menggambar isometri pipa air bersih, ditentukan peletakan pipa yang tepat dengan mengamati terlebih dahulu berbagai posisi alat plambing yang ada pada bangunan. Pipa dihubungkan antar satu alat plambing dengan yang lainnya. Seperti menghubungkan pipa dari *lavatory* menuju toilet, lalu menuju *shower*.

Untuk ketinggian pipa pada masing-masing alat plambing juga ditentukan berbeda-beda sesuai kebutuhan dan pada kasus ini digunakan berbagai referensi jurnal untuk membandingkan, sehingga didapat ketinggian pipa *lavatory* ditentukan setinggi 80 cm, kloset setinggi 20 cm, *shower* setinggi 80 cm, kran air kamar mandi setinggi 80 cm, dan kran air untuk wudhu setinggi 60 cm.

Melihat dari gambar arsitektur, didekat kamar mandi terdapat *shaft* yang akan menghubungkan pipa bawah dengan pipa lantai atasnya. Karena ketinggian antar 1 lantai dengan lantai lainnya adalah 4 m, maka dibuatlah panjang pipa tegak *shaft* 4 m juga. Setiap daerah kamar mandi dihubungkan dengan 1 *shaft*. Untuk menghubungkannya dengan tanki bawah dan tanki atas, pipa dihubungkan juga melalui antar *shaft* lalu menuju ke tanki atas dan tanki bawah.



Gambar 2.3 Isometri pipa air bersih

2.4.3 Ground Water Tank dan Roof Tank

Perhitungan dimensi *Ground Water Tank* (GWT) berdasarkan rumus yang bersumber pada Noerbambang & Morimura, 2005 yaitu :

1. Penentuan besar kapasitasnya pipa dinas

$$Q_s = \frac{2}{3} \cdot Q_h \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

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

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

Perhitungan :

$$Q_s = \frac{2}{3} \cdot \left(12.750 \frac{1}{jam} \times 10^{-3}\right) = 8.5 \frac{m^3}{jam}$$

2. Perhitungan volume bak air bawah

$$\text{Volume GWT} = [Q_d - (Q_s \times t)] \times T \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Q_d = pemakaian air rata – rata (m^3/jam)

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

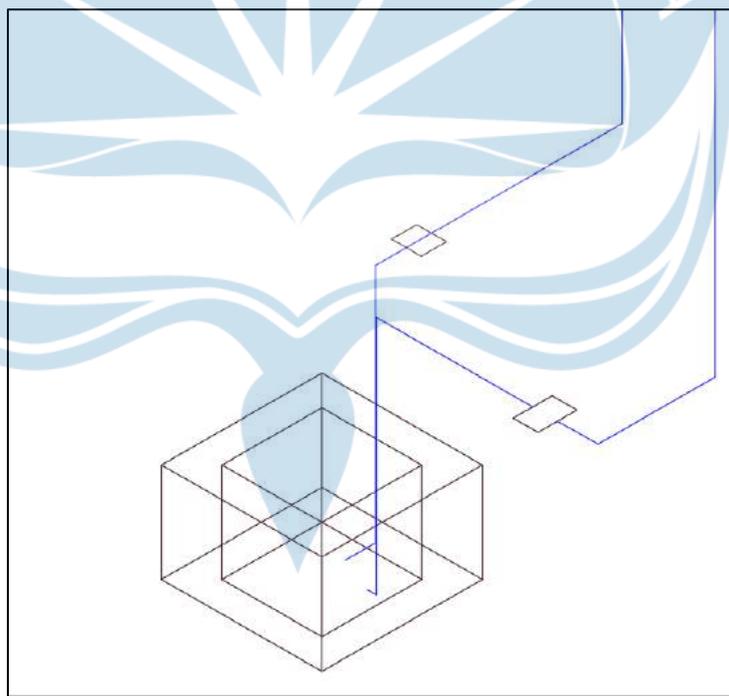
t = pemakaian air 1 hari (jam/hari)

T = waktu penampungan (hari)

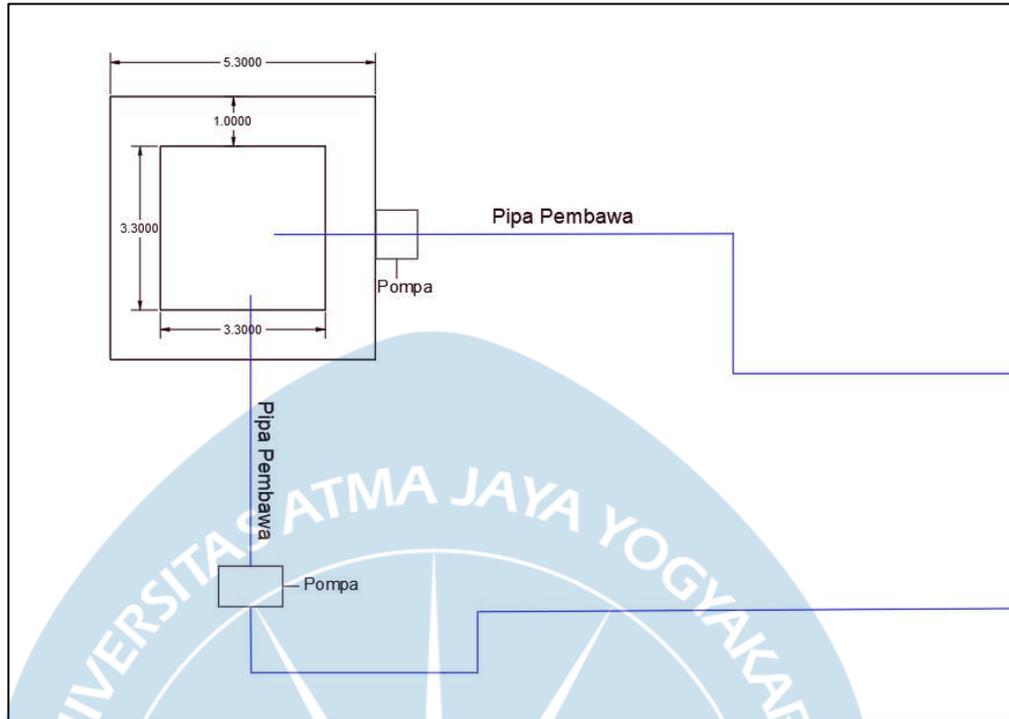
Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Volume GWT} &= \left[102000 \frac{1}{\text{hari}} \times 10^{-3} - \left(8.5 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 8 \frac{\text{jam}}{\text{hari}} \right) \right] \times 1 \\ &= 34 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Penentuan bentuk pada *Ground Water Tank* menggunakan panel kotak *fiberglass* dengan kesepakatan berbentuk kubus sehingga ukuran dari GWT adalah : $\sqrt[3]{34} = 3.24 \text{ m} \approx 3.3 \text{ m}$. Sehingga penentuan perancangan bak air bawah (GWT) seperti pada gambar berikut :



Gambar 2.4 Penempatan dan tampak bak air bawah atau *Ground Water Tank* (GWT)



Gambar 2.5 Tampak atas bak air bawah atau *Ground Water Tank (GWT)*

Perhitungan volume bak air atas *Roof Tank (RT)* berdasarkan rumus yang bersumber pada Noerbambang & Morimura, 2005 yaitu :

1. Menghitung Volume Bak Air Atas (*Roof Tank*)

$$V_e = [(Q_p - Q_{h-maks}) \times T_p - (Q_{pu} \times T_{pu})] \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

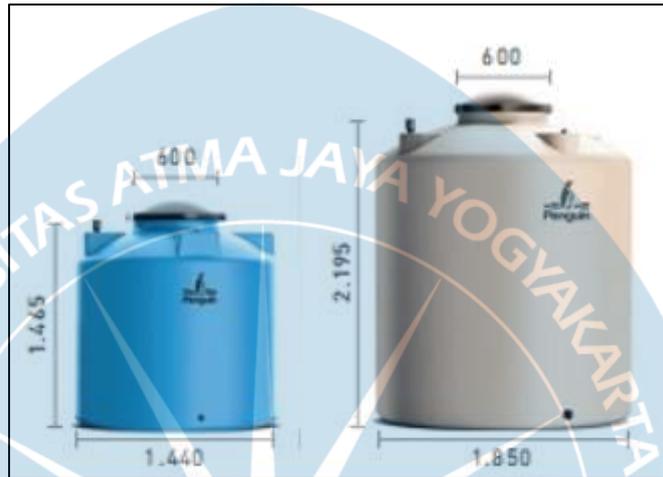
- V_e = volume bak air atas (m^3)
- Q_p = kebutuhan puncak (m^3 /menit)
- Q_{h-maks} = kebutuhan jam puncak (m^3 /menit)
- Q_{pu} = kapasitas pompa pengisi (m^3 /menit)
- T_p = jangka waktu kebutuhan (menit)
- T_{pu} = janka waktu pengisian (menit)

Perhitungan :

$$V_e = [(0.85 - 0.425) \times 30 - (0.425 \times 10)]$$

$$V_e = 8.5 m^3$$

Roof tank yang kami gunakan adalah *roof tank* yang dijual pada pasaran dengan memperhatikan volume yang dibutuhkan untuk bak air atas dan efisiensi harga, maka *roof tank* yang digunakan ada 3 buah, 1 buah tipe TB 500 dan 2 buah tipe TB 200. Masing-masing tipe *roof tank* memiliki spesifikasi sebagai berikut:

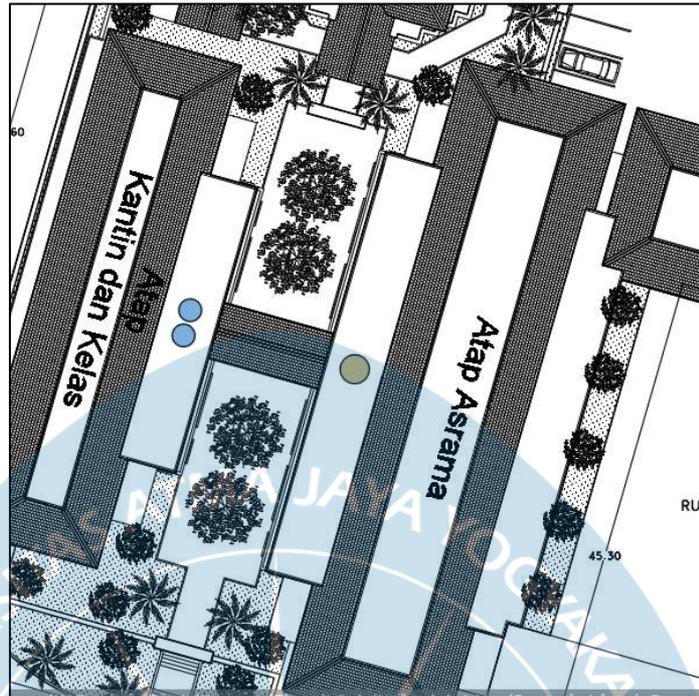


Gambar 2.6 Spesifikasi dimensi *roof tank* tipe 500 dan tipe 200
(sumber : www.tangkiairpenguin.com)

Tabel 2.13 Spesifikasi *roof tank* tipe 500 dan tipe 200

| Tipe | TB200 | TB500 |
|--------------------|--------------|-------|
| Kapasitas (liter) | 2000 | 5100 |
| Inlet (inch) | 1 | 1,5 |
| Outlet (Bulkhead) | 1 | 1,5 |
| Outlet (Flange) | - | - |
| Drain (inch) | 1 | 1,5 |
| Tebal dinding (mm) | 10-12 | 12-18 |
| Berat (kg) | 65 | 152 |
| Berat (kg) | 51 | 116,5 |
| Akseoris | Plumbing Kit | |

(sumber : www.tangkiairpenguin.com)



Gambar 2.7 Detail penempatan *roof tank*

Keterangan :

● : Penguin TB 200

● : Penguin TB 500

Penambahan tinggi *roof tank* menggunakan persamaan Bernoulli berdasarkan saluran pipa dari *roof tank* dengan saluran terjauh pada lantai tertinggi (lantai 3) yang dimiliki oleh gedung Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta yaitu *lavatory* sebagai berikut :

$$Z_{rt} + \frac{\rho_{rt}}{\gamma} + \frac{v_{rt}^2}{2g} = Z_l + \frac{\rho_l}{\gamma} + \frac{v_l^2}{2g} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- Z_{rt} dan Z_l = perbedaan elevasi pada datum (m)
- v_{rt} dan v_l = kecepatan aliran pada *roof tank* dan *lavatory* (m/s)
- γ = berat jenis fluida (kN/m³)
- g = gravitasi (9,81 m/s²)
- ρ_{rt} dan ρ_l = tekanan pada *roof tank* dan *lavatory* (kN/m²)

Pada SNI 2015 tekanan minimum pada setiap saat di titik aliran keluar unit alat plambing adalah 0,50 kg/cm² maka ρ_l adalah 0,50 kg/m². Dengan

persamaan rumus berikut dan dengan penjabaran rumus tekanan yaitu $= \rho \times g \times h$ dan berat jenis $= \rho \times g$, maka penambahan tinggi *roof tank* dapat dicari, persamaan berikut menjadi :

Pada Gedung Asrama :

$$0 + \frac{\rho \times g \times h}{\rho \times g} + \frac{V_{rt}^2}{2g} = -3,15 + \frac{5000}{\rho \times g} + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$0 + h + \frac{0,07894100966^2}{2 \times 9,81} = -3,15 + \frac{5000}{1000 \times 9,81} + \frac{0,8771223295^2}{2 \times 9,81}$$

$$h = -2,601\text{m (maka tidak perlu penambahan tinggi } \textit{roof tank})$$

Pada Gedung Kantin Kelas :

$$0 + \frac{\rho \times g \times h}{\rho \times g} + \frac{V_{rt}^2}{2g} = -3,15 + \frac{5000}{\rho \times g} + \frac{V_1^2}{2g}$$

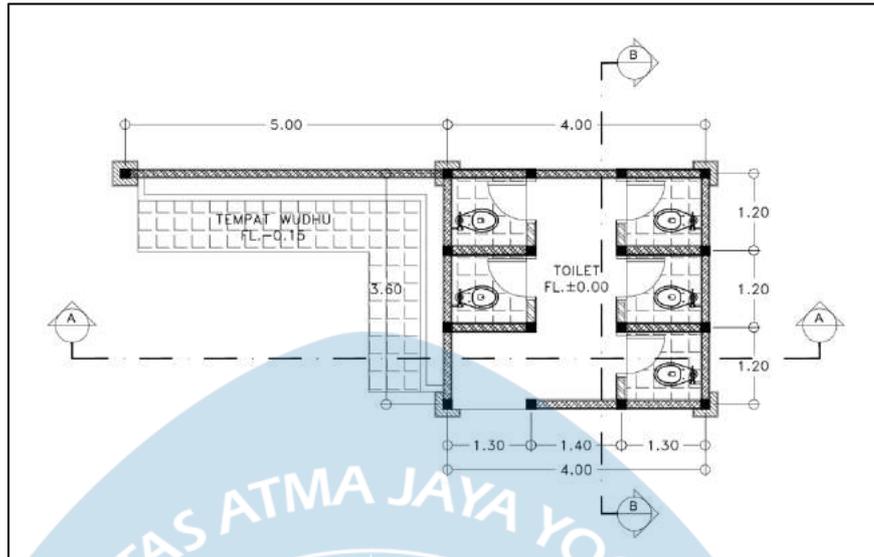
$$0 + h + \frac{0,07894100966^2}{2 \times 9,81} = -3,15 + \frac{5000}{1000 \times 9,81} + \frac{0,8771223295^2}{2 \times 9,81}$$

$$h = -2,601\text{m (maka tidak perlu penambahan tinggi } \textit{roof tank})$$

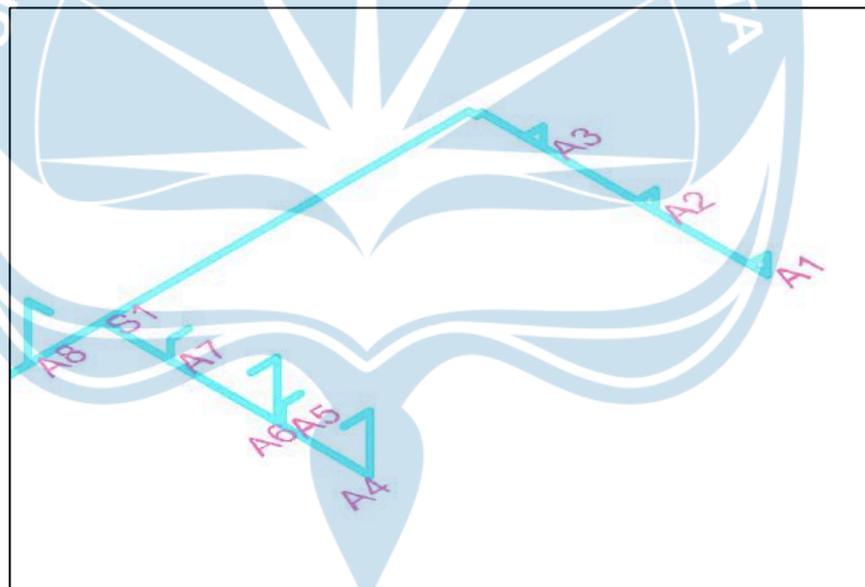
2.4.4 Diameter Pipa Air Bersih

Penentuan diameter pipa air bersih yang dibutuhkan, dihitung berdasarkan unit beban alat plambing (UBAP) yang bersumber dari tabel 2.4 Noerbambang, Soufyan dan Morimura, Takeo (2000) dan ditinjau pada setiap panjang pipa antar alat plambing. Sebagai contoh, pada lantai 1 bagian masjid besar/utama terdapat 5 alat plambing kloset di ujung utara masjid yang dapat dilihat pada gambar 2.8. Setiap kloset diberi notasi atau penamaannya masing-masing agar tidak tertukar-tukar, kemudian mulai meninjau yang pertama yaitu daerah A1 sampai A2. Dimulai dari daerah yang paling terjauh/ujung terlebih dahulu agar penjumlahan kumulatif UBAP lebih mudah untuk dikerjakan.

Daerah A1-A2 memiliki UBAP yaitu 5 karena alat plambingnya kloset dan panjang pipanya 1,4 m. Setelah didapatkan kedua data tersebut, maka dapat ditentukan besar diameter pipa yang dibutuhkan berdasarkan tabel 4 SNI 8153-2015, kemudian didapat ukuran diameter pembawa yang sesuai adalah $\frac{1}{2}$ inci. Pada kasus ini, diameter pipa pembawa minimal yang ditentukan adalah $\frac{3}{4}$ inci, maka $\frac{1}{2}$ inci dibulatkan menjadi $\frac{3}{4}$ inci.



Gambar 2.8 Denah tempat wudhu dan toilet pada masjid besar



Gambar 2.9 Isometri pipa air bersih tempat wudhu dan toilet pada masjid besar

Tabel 2.14 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 | 305 |
| UBAP untuk Rentang Tekanan 21 sampai 31,50 mka | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¾ | ¾ | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ¾ | ¾ | 16 | 16 | 14 | 12 | 9 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| ¾ | 1 | 29 | 25 | 23 | 21 | 17 | 15 | 13 | 12 | 10 | 8 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| 1 | 1 | 36 | 31 | 27 | 25 | 20 | 17 | 15 | 13 | 12 | 10 | 8 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| ¾ | 1¼ | 36 | 33 | 31 | 28 | 24 | 23 | 21 | 19 | 17 | 16 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 1 | 1¼ | 54 | 47 | 42 | 38 | 32 | 28 | 25 | 23 | 19 | 17 | 14 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 1½ | 1¼ | 78 | 68 | 57 | 48 | 38 | 32 | 28 | 25 | 21 | 18 | 15 | 12 | 12 | 11 | 11 |
| 1 | 1½ | 85 | 84 | 79 | 65 | 56 | 48 | 43 | 38 | 32 | 28 | 26 | 22 | 21 | 20 | 20 |
| 1½ | 1½ | 150 | 124 | 105 | 91 | 70 | 57 | 49 | 45 | 36 | 31 | 26 | 23 | 21 | 20 | 20 |
| 2 | 1½ | 151 | 129 | 129 | 110 | 80 | 64 | 53 | 46 | 38 | 32 | 27 | 23 | 21 | 20 | 20 |
| 1 | 2 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 82 | 80 | 66 | 61 | 57 | 52 | 49 | 46 | 43 |
| 1½ | 2 | 220 | 205 | 190 | 176 | 155 | 138 | 127 | 120 | 104 | 85 | 70 | 61 | 57 | 54 | 51 |
| 2 | 2 | 370 | 327 | 292 | 265 | 217 | 185 | 164 | 147 | 124 | 96 | 70 | 61 | 57 | 54 | 51 |
| 2 | 2½ | 445 | 418 | 390 | 370 | 330 | 300 | 280 | 265 | 240 | 220 | 198 | 175 | 158 | 143 | 133 |
| UBAP Rentang Tekanan 32,20 sampai 42 mka | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¾ | ¾ | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ¾ | ¾ | 20 | 20 | 19 | 17 | 14 | 11 | 9 | 8 | 6 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| ¾ | 1 | 39 | 39 | 36 | 33 | 28 | 23 | 21 | 19 | 17 | 14 | 12 | 10 | 9 | 8 | 8 |
| 1 | 1 | 39 | 39 | 39 | 36 | 30 | 25 | 23 | 20 | 18 | 15 | 12 | 10 | 9 | 8 | 8 |
| ¾ | 1¼ | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 34 | 32 | 27 | 25 | 22 | 19 | 19 | 17 | 16 |
| 1 | 1¼ | 78 | 78 | 76 | 67 | 52 | 44 | 39 | 36 | 30 | 27 | 24 | 20 | 19 | 17 | 16 |
| 1½ | 1¼ | 78 | 78 | 78 | 78 | 66 | 52 | 44 | 39 | 33 | 29 | 24 | 20 | 19 | 17 | 16 |
| 1 | 1½ | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 80 | 67 | 55 | 49 | 41 | 37 | 34 | 32 | 30 |
| 1½ | 1½ | 151 | 151 | 151 | 151 | 128 | 105 | 90 | 78 | 62 | 52 | 42 | 38 | 35 | 32 | 30 |
| 2 | 1½ | 151 | 151 | 151 | 151 | 117 | 98 | 84 | 67 | 55 | 42 | 38 | 35 | 32 | 30 | 30 |
| 1 | 2 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 83 | 80 |
| 1½ | 2 | 370 | 370 | 340 | 318 | 272 | 240 | 220 | 198 | 170 | 150 | 135 | 123 | 110 | 102 | 94 |
| 2 | 2 | 370 | 370 | 370 | 370 | 368 | 318 | 280 | 250 | 205 | 165 | 142 | 123 | 110 | 102 | 94 |
| 2 | 2½ | 640 | 610 | 610 | 580 | 535 | 500 | 470 | 440 | 400 | 365 | 335 | 315 | 285 | 267 | 250 |
| UBAP Rentang Tekanan di atas 42 mka | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ¾ | ¾ | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| ¾ | ¾ | 20 | 20 | 20 | 20 | 17 | 13 | 11 | 10 | 8 | 7 | 6 | 6 | 5 | 4 | 4 |
| ¾ | 1 | 39 | 39 | 39 | 39 | 35 | 30 | 27 | 24 | 21 | 17 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 |
| 1 | 1 | 39 | 39 | 39 | 39 | 38 | 32 | 29 | 25 | 22 | 18 | 14 | 13 | 12 | 12 | 11 |
| ¾ | 1¼ | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 39 | 34 | 28 | 26 | 25 | 23 | 22 | 21 |
| 1 | 1¼ | 78 | 78 | 78 | 78 | 74 | 62 | 53 | 47 | 39 | 31 | 26 | 25 | 23 | 22 | 21 |
| 1½ | 1¼ | 78 | 78 | 78 | 78 | 78 | 74 | 65 | 54 | 43 | 34 | 26 | 25 | 23 | 22 | 21 |
| 1 | 1½ | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 81 | 64 | 51 | 48 | 46 | 43 | 40 |
| 1½ | 1½ | 151 | 151 | 151 | 151 | 151 | 130 | 113 | 88 | 73 | 51 | 51 | 46 | 43 | 40 | 40 |
| 2 | 1½ | 151 | 151 | 151 | 151 | 151 | 142 | 122 | 98 | 82 | 64 | 51 | 46 | 43 | 40 | 40 |
| 1 | 2 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| 1½ | 2 | 370 | 370 | 370 | 370 | 360 | 335 | 305 | 282 | 244 | 212 | 187 | 172 | 153 | 141 | 129 |
| 2 | 2 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 370 | 340 | 288 | 245 | 204 | 172 | 153 | 141 | 129 |
| 2 | 2½ | 654 | 654 | 654 | 654 | 654 | 650 | 610 | 570 | 510 | 460 | 430 | 404 | 380 | 356 | 329 |

(sumber : Tabel 4 SNI 8153-2015)

Menghitung *head loss major* dan *head loss minor* yang terjadi, digunakan persamaan 2.5 dan 2.6, tetapi sebelum menghitung head loss, ditentukan terlebih dahulu laju aliran masing-masing alat plambing berdasarkan tabel 3 SNI 03-7065-2005.

$$Head Loss Major = \lambda x \frac{L}{D} x \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Head Loss Minor = n x (\frac{k x V^2}{2g}) \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- n = Jumlah aksesoris
- K = Koefisien gesek
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter pipa (m)
- V = Kecepatan aliran (m/s)

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

λ = Angka yang didapat dari *Moody Diagram*

Tabel 2.15 Pemakaian air dingin pada alat plambing

| No. | Nama alat plambing | 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 |

(sumber : Tabel 3 SNI 03-7065-2005)

Contoh perhitungan *head loss major* dan *head loss minor* daerah A1-A2:

1. Menghitung *Head Loss Major*

$$\begin{aligned}
 \text{Head Loss Major} &= \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} \\
 &= 0,090467 \times \frac{1,4}{0,75 \times 0,0254} \times \frac{0,82^2}{2 \times 9,81} \\
 &= 0,227 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Kecepatan aliran didapatkan dari laju aliran yang dibagi dengan luas penampang pipa. Lamda (λ) atau angka dari diagram Moody didapatkan dari hubungan angka Reynolds dan angka *relative roughness*. Angka Reynolds yaitu kecepatan aliran dikalikan dengan diameter pipa, lalu dibagi dengan viskositas air ($8,93 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$), sedangkan *relative roughness* yaitu epsilon PVC dibagi dengan diameter pipa. Epsilon PVC sebesar 0,0015.

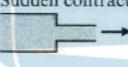
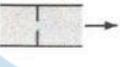
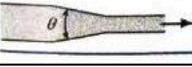
2. Menghitung *Head Loss Minor*

$$\begin{aligned}
 \text{Head Loss Minor} &= n \times \left(\frac{k \times V^2}{2g} \right) \\
 &= 2 \times \left(\frac{0,9 \times 0,82^2}{2 \times 9,81} \right) \\
 &= 0,061 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Pada daerah A1-A2, didapat belokan sejumlah 2 dan dikategorikan sebagai jenis *standard elbow* yang koefisiennya adalah 0,9 dilihat dari tabel 7.2 *Mechanics of Fluids 5th Edition*, kemudian ditotal jumlah *head loss major*

dan *head loss minor*, begitupun juga dengan daerah yang lain dengan cara yang sama.

Tabel 2.16 Nominal loss coefficients K (Turbulent Flow)

| Type of fitting Diameter | | Screwed | | Flanged | | |
|---------------------------------|---|---|-------|--|-------|-------|
| | | 2.5 cm | 10 cm | 5 cm | 10 cm | 20 cm |
| Globe valve | (fully open) | 8.2 | 5.7 | 8.5 | 6.0 | 5.8 |
| | (half open) | 20 | 14 | 21 | 15 | 14 |
| | (one-quarter open) | 57 | 40 | 60 | 42 | 41 |
| Angle valve | (fully open) | 4.7 | 1.0 | 2.4 | 2.0 | 2.0 |
| Swing check valve | (fully open) | 2.9 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |
| Gate valve | (fully open) | 0.24 | 0.11 | 0.35 | 0.16 | 0.07 |
| Return bend |  | 1.5 | 0.64 | 0.35 | 0.30 | 0.25 |
| Tee (branch) |  | 1.8 | 1.1 | 0.80 | 0.64 | 0.58 |
| Tee (line) |  | 0.9 | 0.9 | 0.19 | 0.14 | 0.10 |
| Standard elbow |  | 1.5 | 0.64 | 0.39 | 0.30 | 0.26 |
| Long sweep elbow |  | 0.72 | 0.23 | 0.30 | 0.19 | 0.15 |
| 45° elbow |  | 0.32 | 0.29 | | | |
| Square-edged entrance |  | | 0.5 | | | |
| Reentrant entrance |  | | 0.8 | | | |
| Well-rounded entrance |  | | 0.03 | | | |
| Pipe exit |  | | 1.0 | | | |
| Sudden contraction ^b |  | Area ratio | | | | |
| | | 2:1 | | 0.25 | | |
| | | 5:1 | | 0.41 | | |
| 10:1 | | 0.46 | | | | |
| Orifice plate |  | Area ratio A/A_0 | | | | |
| | | 1.5:1 | | 0.85 | | |
| | | 2:1 | | 3.4 | | |
| | | 4:1 | | 29 | | |
| $\geq 6:1$ | | $2.78 \left(\frac{A}{A_0} - 0.6 \right)^2$ | | | | |
| Sudden enlargement ^c |  | | | $\left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$ | | |
| 90° miter bend (without vanes) |  | | 1.1 | | | |
| (with vanes) |  | | 0.2 | | | |
| General contraction |  | (30° included angle) | | 0.02 | | |
| | | (70° included angle) | | 0.07 | | |

(sumber : Tabel 7.2 *Mechanics of Fluids 5th Edition*)

2.5 Perancangan Drainase

2.5.1 Curah Hujan Maksimum dan Minimum

Perhitungan curah hujan rerata, maksimum, dan minimum digunakan 5 stasiun yang diasumsikan paling dekat dengan lokasi bangunan yaitu stasiun Angin-Angin, stasiun Plunyon, stasiun Kempud, stasiun Santan, dan stasiun Prumpung. Pengolahan data curah hujan digunakan metode Thiessen karena perlu memperhitungkan luas daerah pengaruh dari setiap stasiun

dengan bantuan *software* Arcgis, seperti ditunjukkan pada persamaan 2.7. Data hujan harian yang dipakai adalah dari tahun 2000 sampai tahun 2007.

$$P = \frac{A_1P_1 + A_2P_2 + \dots + A_nP_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \dots \dots \dots (2.7)$$

Sumber : (Triatmodjo, 2016)

Keterangan :

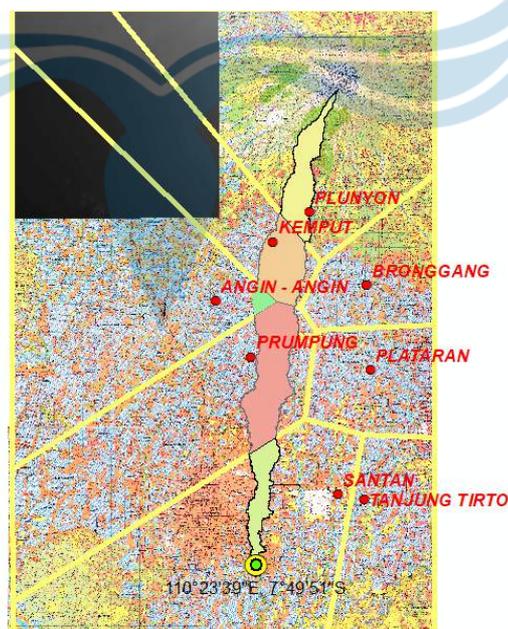
P = Hujan rerata

A₁, A₂, ..., A_n = Luas sub DAS stasiun (1,2,3...dst)

P₁, P₂, ..., P_n = Hujan pada stasiun (1,2,3...dst)

Tabel 2.17 Luas sub-DAS masing-masing STA

| No. | Nama Stasiun Hujan | Luas (km ²) |
|-----|--------------------|-------------------------|
| 1. | Angin-Angin | 1,730705 |
| 2. | Plunyon | 12,66056 |
| 3. | Kemput | 13,10596 |
| 4. | Santan | 8,682408 |
| 5. | Prumpung | 21,31206 |



Gambar 2.10 Daerah Aliran Sungai (DAS) dan pembagian sub-DAS metode polygon Thiessen

Data curah hujan maksimum dan minimum didapat dengan mencari nilai maksimum dari curah hujan harian rerata pada setiap tahunnya. Curah hujan rerata setiap tahun didapat dari menjumlah nilai maksimum curah hujan yang sudah dikalikan dengan luas sub DAS dan dibagi dengan luas DAS total pada hari dan tahun yang sama, setelah itu didapatkan curah hujan yang paling maksimum dan juga yang minimum.

Tabel 2.18 Curah hujan rerata maksimum dan minimum

| Tahun | Curah Hujan Rerata Maksimum (mm) | Curah Hujan Rerata Minimum (mm) |
|-------|----------------------------------|---------------------------------|
| 2003 | 11,58 | 2,88 |
| 2004 | 11,20 | 6,68 |
| 2005 | 12,54 | 9,79 |
| 2006 | 19,54 | 1,30 |
| 2007 | 9,49 | 1,14 |

2.5.2 Analisis Frekuensi

Perhitungan analisis frekuensi ditujukan untuk memberikan gambaran tentang kejadian ekstrim yang akan terjadi dan ada berapa banyak frekuensinya. Dalam perhitungan analisis frekuensi, digunakan metode distribusi probabilitas yang akan menghasilkan beberapa parameter seperti P, S, Cv, Cs, dan Ck. Parameter-parameter tersebut kemudian akan digunakan untuk menentukan tipe distribusi data hujan yang dipakai apakah termasuk tipe distribusi Normal, Log-Normal, Gumbel, atau Log-Pearson III.

Untuk perhitungan pertama, setelah mendapatkan curah hujan rata-rata maksimum dan minimum, kita mencari hasil pangkat dua, tiga, dan empat dari curah hujan rata-rata dari minimum sampai maksimum selama 5 tahun.

Setelah diketahui hasilnya, yang pertama bisa mencari standar deviasi (S) dengan cara $\sqrt{\frac{\sum(Xi - Xrt)^2}{n-1}}$. Setelah didapatkan $S = 3,7706$, sekarang mencari koefisien variasi (Cv) dengan cara $\frac{S}{\sum Xi}$ dan didapatlah hasil 0,08654.

Berikutnya melakukan perhitungan koefisien kemiringan (Cs) dengan cara $\frac{n-(Xi-Xrt)^3}{(n-1)(n-2)s^3}$. Hasil dari perhitungan koefisien kemiringan (Cs) adalah 0,8397.

Dan perhitungan selanjutnya yaitu menghitung koefisien keruncingan (Ck) dengan cara $\frac{\frac{1}{n}\sum(Xi-Xrt)^4}{s^4}$ dan didapatkan hasil 5,684.

Lalu setelah menentukan beberapa koefisien, hasilnya untuk menentukan tipe distribusi mana yang dipilih dan memenuhi syarat. Berdasarkan tipe distribusi gumbel tipe I, log normal, dan normal, hasil Cs dan Ck diatas tidak sesuai dengan syarat, jadi tidak memenuhi syarat. Namun syaratnya jika tidak memenuhi syarat yang sudah disebutkan sebelumnya, maka tipe distribusi yang digunakan yaitu Log Person tipe III. Untuk persyaratan tipe distribusi didapatkan dari Buku Hidrologi, Bambang Triadmodjo, 2016.

Setelah ditentukan tipe distribusi log person tipe III, dicarilah Log(X) (log dari jumlah total curah hujan rata-rata) dan Log(Xrt) (log dari rata-rata jumlah curah hujan rata-rata). Lalu dicari juga (LogX - LogXrt), $(\text{LogX} - \text{LogXrt})^2$, $(\text{LogX} - \text{LogXrt})^3$, dan $(\text{LogX} - \text{LogXrt})^4$.

Hasil dari perhitungan log tadi digunakan untuk mencari, yang pertama yaitu hujan maksimum rata-rata (Log x rata-rata) yang dimana adalah rata-rata dari Log(x) yaitu 0,49. Lalu yang kedua mencari standar deviasi (S log X) dengan cara $\sqrt{\frac{\sum(\text{Log X} - \text{Log Xrt})^2}{n-1}}$ dan didapatkan hasil 0,45.

Yang ketiga mencari koefisien variasi (Cv log X) dengan cara $\frac{S \log X}{\text{Log X rata-rata}}$ dan hasilnya adalah 0,92. Keempat, yaitu mencari koefisien kemiringan (Cs log X) dengan cara $\frac{a}{s \log X^3}$. Untuk mencari a sendiri, caranya adalah $\frac{n}{(n-1)(n-2)} x (\log X - \log Xrt)^3$. Hasil dari koefisien kemiringan didapat 1,38. Yang terakhir mencari koefisien keruncingan (Ck log X) dengan cara $\frac{n^2}{(n-1)(n-2)(n-3)(n-1)^4} x (\log X - \log Xrt)^4$, dan didapatkan hasil 5,36.

Setelah didapat koefisien-koefisien, pencarian selanjutnya yaitu mencari nilai K dengan menggunakan interpolasi antara Cs dengan periode ulang hujan 5-200 tahun. Menggunakan Cs -1,38, lalu dicari angka diatas itu dan dibawah itu dengan melihat tabel Faktor Frekuensi K untuk distribusi Log person tipe III.

Lalu setelah didapatkan hasil interpolasinya, bisa dicari X atau hujan maksimum periode ulang. Langkah awal dengan menentukan peluang dan K terlebih dahulu, jika sudah diketahui, maka mencari $Y = \log X$ dengan cara $\log X \text{ rerata} + (K * S \log X)$. Jika sudah didapatkan $Y = \log X$, bisa mencari X (hujan maks periode ulang) dengan cara 10^Y .

Perhitungan yang dilakukan selanjutnya yaitu uji chi kuadrat. Yang pertama dilakukan yaitu mencari x maksimum dan minimum dari curah hujan rata-rata. Lalu setelah itu mencari K dengan cara $1+3,322 \log(n)$ dan didapatkan hasilnya 3,322 dengan dibulatkan menjadi 4. Yang ketiga yaitu mencari DoF atau derajat kebebasan dengan cara $K-R-1$, dan didapatkan hasil 0,322 dengan dibulatkan menjadi 1. Dengan a sama dengan 0,05 atau 5%, berdasarkan tabel chi kuadrat yang didapat dari Buku Hidrologi, Bambang Triadmodjo, 2016, maka didapat $X^2 = 3,841$. Jika sudah diperoleh X^2 , maka selanjutnya mencari Ef dengan cara $\frac{n}{K}$ dan didapat hasilnya 1,25. Setelah itu mencari Dx dengan cara $\frac{(X \text{ max} - X \text{ min})}{(K-1)}$ dan hasilnya adalah 2,885. Dan yang terakhir adalah pencarian nilai X awal dengan rumus $X \text{ min} - (0,5 Dx)$ dan didapat hasil -0,303.

Perhitungan selanjutnya yaitu mencari nilai chi square hitung dengan cara mencari nilai batasan terlebih dahulu yang diambil dari X awal, lalu dicari Of dengan cara mencari nilai batasan, ada berapa nilai curah hujan rata-rata yang masuk dalam batasan. Lalu setelah Of ditemukan, saatnya mencari Ef dengan cara jumlah tahun dibagi K. Setelah itu, dicari $(Of - Ef)^2$ lalu setelah itu dicari $\frac{(Of - Ef)^2}{Ef}$.

Hasil perhitungan tadi ditujukan untuk mencari nilai chi square. Yang pertama mencari nilai chi square hitung dulu, nilai didapat dari total dari

$\frac{(Of-Ef)^2}{Ef}$. Selanjutnya adalah harus mengetahui n (jumlah data), K , DoF, dimana sudah dicari diperhitungan atas, dan sudah didapatkan hasilnya. Setelah itu baru mengetahui nilai chi square kritis yaitu X^2 yang adalah 3,841. Maka dapat disimpulkan bahwa karena nilai chi square hitung < nilai chi square kritis, maka hipotesis diterima.

Perhitungan terakhir di analisis frekuensi ini adalah uji Smirnov Kolmogorov. Tujuan perhitungan ini untuk mencari tahu apakah $D_{max} < D_{kritis}$ yang mana dapat diterima hipotesanya. Untuk mencari tahu diperlukan beberapa perhitungan. Yang pertama yaitu mengurutkan data curah hujan rata-rata dari yang terbesar menuju yang terkecil. Lalu setelah itu perlu mencari $P(x)$ dengan rumus $\frac{n}{m+1}$, mencari $P(x<)$ dengan rumus $1-P(x)$, mencari $P'(x)$ dengan rumus $\frac{n}{m-1}$, mencari $P'(x<)$ dengan rumus $1-P'(x)$, dan yang terakhir mencari D dengan rumus $P(x<) - P'(x<)$.

Setelah perhitungan tadi selesai, dapat dicari D_{kritis} dengan cara melihat pada Tabel 7.9, Buku Hidrologi, Bambang Triatmodjo, 2016. Didapatkan D_{kritis} 0,56. Lalu mencari $D_{maksimum}$ dengan cara mencari angka terbesar dari perhitungan D diatas, dan didapatlah 0,417. Kesimpulannya, karena $D_{max} < D_{kritis}$, maka hipotesa diterima.

Semua syarat yang ada diperhitungan analisis frekuensi sudah terpenuhi dan dapat melakukan perhitungan selanjutnya.

2.5.3 Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan bertujuan untuk mencari perkiraan besarnya debit banjir rencana dalam m^3/d . Pertama yang dilakukan adalah membuat kurva Intensitas-Durasi-Frekuensi (IDF). Pembuatan kurva IDF ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara durasi hujan dalam menit dan intensitas hujan dalam mm/jam. Diperlukan data hujan maksimum periode ulang yang telah dihitung pada analisis frekuensi.

Dalam kasus ini, digunakan metode Mononobe untuk perhitungan intensitas hujan karena data hujan yang tersedia berupa data hujan harian, sehingga cocok untuk menggunakan metode Mononobe dan digunakan persamaan 2.7.

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

I_t = Intensitas curah hujan untuk lama hujan t (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

R_{24} = Curah hujan maksimum selama 24 jam (mm)

(sumber : Triatmodjo, 2016)

Contoh perhitungan :

R_{24} (2 tahun) = 3,875 mm

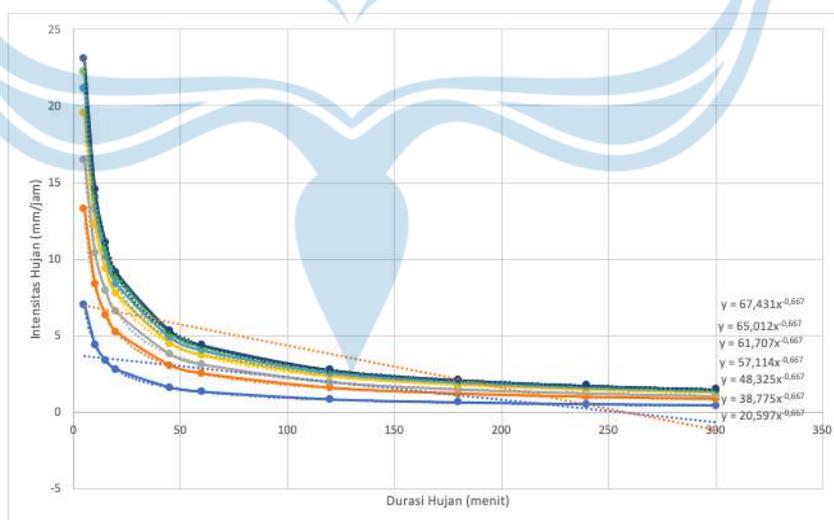
t = 5 menit

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} x \left(\frac{24}{t}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_t = \frac{3,875}{24} x \left(\frac{24}{2}\right)^{\frac{2}{3}}$$

$$I_t = 7,042 \text{ mm}$$

Untuk perhitungan dengan t lainnya yaitu 10 menit, 15 menit, 20 menit, dan seterusnya sampai 300 menit adalah sama langkahnya dengan contoh perhitungan di atas untuk berbagai periode ulang, kemudian setelah itu dibuat kurva IDF seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.11 Kurva Intensitas Durasi Frekuensi (IDF)

Perhitungan debit banjir rencana menggunakan metode rasional karena keserhanaan metodenya dan sering digunakan untuk perencanaan drainase perkotaan yang daerah tangkapannya (DAS) kecil. Perhitungan

digunakan data intensitas hujan pada durasi 60 menit, luas atap gedung keseluruhan, dan koefisien aliran (C) berdasarkan persamaan 2.8 berikut.

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

Q = Debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan dengan intensitas, durasi, dan frekuensi tertentu (m^3/d)

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah tangkapan (km^2)

C = Koefisien aliran ditentukan sebesar 0,6 karena diasumsikan tipe daerah alirannya multi unit terpisah, dilihat pada tabel 6.2 Hidrologi Terapan (Triatmodjo, 2016).

2.5.4 Saluran Terbuka

Perancangan saluran terbuka dilakukan dengan mengacu pada SNI 8456-2017 dan menggunakan intensitas hujan dengan periode ulang hujan 5 tahun.

Intensitas hujan (I) = 0,00253 m/jam

Koefisien permeabilitas tanah (K) = 0,036 m/jam (mengasumsikan jenis tanah yang digunakan adalah jenis tanah lanau 2,0-3,6 cm/jam)

Debit masuk (Q) = 1,973 m^3 /jam

Luas atap (A) = 1298,8357 m^2

Koefisien runoff atap/perkerasan (C) = 0,95

Kedalaman parit (H) = 1 m (asumsi)

Lebar parit (b) = 0,8 m (asumsi)

β = 40 (dinding porus)

Perhitungan parit resapan air hujan dengan mengasumsikan keadaan muka air tanah $H < 2$ m.

$$B = \frac{Q^2}{40 \times b \times H^2 \times K^2} = \frac{1.973^2}{40 \times 0,8 \times 1^2 \times 0,036^2} = 93.872 \text{ m}$$

2.6 Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan perancangan ulang jaringan pipa air bersih dan drainase untuk denah Pondok Pesantren Assalafiyah Mlangi Yogyakarta, maka :

1. Tipe *Ground Water Tank* (GWT) = Panel kotak *fiberglass*
2. Jumlah *Ground Water Tank* (GWT) = 1 buah
3. Tipe *Roof Tank* (RT) = TB 500 merk Penguin
4. Jumlah *Roof Tank* (RT) = 1 buah
5. Tipe *Roof Tank* (RT) = TB 200 merk Penguin
6. Jumlah *Roof Tank* (RT) = 2 buah
7. Tipe pompa = Sentrifugal kW 3 phase
F50/160b
8. Jumlah pompa = 2 buah
9. Diameter dan jumlah pipa air bersih yang dibutuhkan
 - a) Diameter $\frac{3}{4}$ inch dengan total panjang 292 m
 - b) Diameter 1 inch dengan total panjang 170 m
 - c) Diameter $1\frac{1}{4}$ inch dengan total panjang 82 m
 - d) Diameter $1\frac{1}{2}$ inch dengan total panjang 81 m
 - e) Diameter 2 inch dengan total panjang 28 m
 - f) Diameter $2\frac{1}{2}$ inch dengan total panjang 53 m
 - g) Diameter 4 inch dengan total panjang 205 m
10. Jenis saluran terbuka = Parit resapan air hujan
bentuk persegi
11. Dimensi saluran terbuka
 - a) Lebar (b) = 0,8 m
 - b) Panjang (B) = 93,872 m
 - c) Kedalaman (H) = 1 m