

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM *PLUMBING* PADA PEMBANGUNAN GEDUNG RISET DAN INOVASI FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG

Syifa Raditya Ayuningtyas¹, Anita Rahmawati² dan Aasniari³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Email: 22001051075@unisma.ac.id

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Email: anita.rahmawati@unisma.ac.id

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
Email: aasniari@unisma.ac.id

ABSTRACT

Building utilities are essential supporting systems that ensure safety, health, comfort, and convenience for building users, with plumbing as one of the key components. Proper plumbing design must consider water supply methods, flow rate, velocity, pressure, and storage capacity. This study presents an alternative plumbing system analysis for the Research and Innovation Building of the Faculty of Computer Science, Brawijaya University, Malang, using manual calculations and Pipe Flow Expert V7.40 software. The results show that the clean water demand is 41.8 m³/day and wastewater discharge is 40.128 m³/day. The planned storage capacities include a Ground Water Tank of 265 m³, Roof Water Tank of 7.66 m³, and equalization tank of 11.704 m³/day. The clean water system uses PPR-PN pipes, while wastewater uses PVC pipes. Flow simulation indicates a velocity of 1.644 m/s, meeting SNI 8153:2015 requirements ($v < 2$ m/s), indicating that the piping network design is acceptable.

Keyword: clean water, waste water, plumbing system, Pipe Flow Expert, building utilities.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Utilitas bangunan merupakan fasilitas penunjang penting untuk menjamin fungsi bangunan berjalan optimal, terutama melalui perencanaan sistem plumbing yang baik [1]. Serta sejalan dengan SDGs poin 6 tentang air bersih dan sanitasi layak [2].

Perencanaan *plumbing* harus memperhatikan metode penyediaan air, laju dan kecepatan aliran, tekanan, kapasitas tampungan, serta sistem pembuangan air kotor agar aman dan tidak menimbulkan risiko kesehatan maupun lingkungan [3].

Namun, permasalahan seperti tekanan air yang tidak mencukupi di gedung bertingkat masih sering terjadi, sehingga dibutuhkan perencanaan sistem yang tepat mulai dari tangki, pompa, hingga jaringan perpipaan [4]. Selain itu, efisiensi penggunaan air dapat

ditingkatkan melalui penerapan *low-flow fixtures* dan *greywater recycling* [5].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini membahas alternatif perencanaan sistem *plumbing* Gedung Riset dan Inovasi FILKOM Universitas Brawijaya Malang dengan perhitungan manual dan bantuan *software Pipe Flow Expert V7.40* untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan efisien.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian latar belakang dapat diperoleh identifikasi masalah sebagai berikut:

1. Belum dilakukan analisis kebutuhan debit air bersih dan air buangan pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang berdasarkan perencanaan sistem *plumbing* yang mengacu pada SNI 8153-2015.

2. Belum diketahui perhitungan kapasitas *ground water tank* dan *roof tank* yang sesuai dengan kebutuhan air pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang berdasarkan perencanaan sistem *plumbing* yang mengacu pada SNI 8153-2015.
3. Belum diketahui diameter pipa instalasi air bersih dan air kotor pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang berdasarkan perhitungan perencanaan sistem *plumbing* yang mengacu pada SNI 8153-2015.
4. Belum dilakukan analisis kinerja sistem distribusi air bersih menggunakan *software Pipe Flow Expert V7.40* pada gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
5. Belum dipertimbangkannya penggunaan perlengkapan *plumbing* hemat air (*low flow fixtures*) serta alternatif sistem *greywater recycling* pada gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

1.3 Rumusan Masalah

Dari identifikasi masalah dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah debit kebutuhan air bersih (Q_d) dan air buangan (Q_{ab}) pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang?
2. Berapakah kapasitas *ground water tank* (V_R) dan *roof tank* (V_E) pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang ?
3. Berapakah diameter (D) pipa pada sistem instalasi air bersih dan air kotor pada gedung Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang ?
4. Bagaimana hasil analisis instalasi air bersih menggunakan *software Pipe Flow Expert V7.40* pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang?
5. Berapakah besar konsumsi air pada penggunaan *low flow fixtures* dan potensi air volume air buangan (*greywater*) yang dapat dimanfaatkan kembali pada Gedung Riset

dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Untuk mengetahui debit kebutuhan air bersih (Q_d) dan air buangan (Q_{ab}) pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
2. Untuk mengetahui kapasitas *ground water tank* (V_R) dan *roof tank* (V_E) pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
3. Untuk mengetahui diameter (D) pipa pada sistem instalasi air bersih dan air kotor pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
4. Untuk mengetahui hasil analisis instalasi air bersih menggunakan *software Pipe Flow Expert V7.40* pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.
5. Untuk mengetahui besar potensi air volume air buangan ringan (*greywater*) yang dapat dimanfaatkan kembali pada Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Tidak membahas mengenai perencanaan struktur, perencanaan konstruksi, dan perencanaan elektrik.
2. Tidak membahas analisa resiko kerja.
3. Tidak menghitung analisa Rancangan Anggaran Biaya (RAB).
4. Tidak membahas amdal.
5. Tidak membahas sistem sistem *low flow fixtures* dan sistem *greywater recycling*.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian dari tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menambah wawasan dalam merencanakan sistem distribusi air bersih dan air buangan pada gedung bertingkat.
2. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi dalam merencanakan sistem *plumbing* air bersih dan air buangan.

3. Untuk mengembangkan ilmu pengetahuan yang di pelajari pada jurusan Teknik Sipil.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Plumbing

Perencanaan dan perancangan sistem *plumbing* haruslah dilakukan bersamaan dan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan serta perancangan gedung dengan memperhatikan secara seksama hubungannya dengan bagian-bagian konstruksi gedung dan dengan peralatan lainnya yang ada pada gedung tersebut. Menurut SNI 03-8153-2015 sistem *plumbing* merupakan sistem penyediaan air minum, penyaluran air buangan dan drainase, termasuk semua sambungan, alat-alat dan perlengkapannya yang terpasang di dalam persil dan gedung.

2.2 Perhitungan Kebutuhan Harian Maksimum

Menghitung pemakaian air rata-rata per hari menggunakan rumus:

$$Q_h = Q_d / T \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

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

Q_d = Pemakaian air rata-rata per hari ($m^3/hari$)

T = Jangka waktu pemakaian (jam)

Diperkiraan perlu adanya tambahan sampai dengan 20% [5]. Sehingga pemakaian air rata-rata per hari menjadi:

$$Q_{d \text{ perhari}} = (100\% + 20\%) \times Q_d \text{ Total} \dots\dots (2)$$

2.3 Perhitungan Pemakaian Air pada Jam Puncak

Perhitungan pemakaian air pada jam puncak menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{h \text{ max}} = C1 \times Q_h \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

$Q_{h \text{ max}}$ = Pemakaian air pada jam puncak (m^3/jam)

C1 = Konstanta berkisar antara 1,5 - 2,0

Q_h = Pemakaian rata-rata (m^3/jam)

2.4 Perhitungan Pemakaian Air pada Menit Pucak

Perhitungan pemakaian air pada menit puncak menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{m \text{ max}} = (C2) \times (Q_h / 60) \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

$Q_{m \text{ max}}$ = Pemakaian air pada menit puncak ($m^3/menit$)

C2 = Konstanta berkisar antara 3,0 – 4,0

Q_h = Pemakaian rata-rata (m^3/jam)

2.5 Penentuan Kapasitas GWT (Ground Water Tank)

Perhitungan dimensi kapasitas *Ground Water Tank* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times \frac{2}{3}T) + V_f \dots\dots\dots (5)$$

Dimana:

V_R = Volume *ground water tank* (m^3)

Q_d = Jumlah kebutuhan air rata-rata per hari ($m^3/hari$)

Q_s = Kapasitas pipa dinas ($m^3/hari$)

T = Waktu penampung (hari)

V_f = Volume atau kapasitas tangki air (m^3)

2.6 Penentuan Kapasitas RWT (Roof Water Tank)

Perhitungan dimensi kapasitas *Roof Water Tank* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$V_E = (Q_p - Q_{m \text{ max}}) T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

V_E = Volume *roof water tank* (m^3)

Q_p = Kebutuhan puncak ($m^3/menit$)

$Q_{m \text{ max}}$ = Kebutuhan jam puncak (m^3/jam)

Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi ($m^3/menit$)

T_p = Jangka waktu kebutuhan jam puncak (jam)

T_{pu} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

2.7 Perhitungan Diameter Pipa Air Bersih

Selain mencari diameter pipa tegak dari GWT ke *roof tank* diperlukan perhitungan terhadap kecepatan aliran air sesuai standar SNI 03-7065-2005 melalui persamaan sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \dots\dots\dots (7)$$

$$V = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

D = Diameter pipa (m)

Q = Debit pengaliran ($m^3/detik$)

V = Kecepatan pengaliran (m/detik)

2.8 Perhitungan Kerugian Gesek pada Pipa

Kerugian *head mayor mayor* disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (kerugian kecil). Untuk mengetahui jenis aliran, digunakan persamaan bilangan *Reynolds*:

$$R_e = \frac{V \times D}{\nu} \dots\dots\dots (9)$$

Dimana:

R_e = Bilangan *Reynolds* (tak berdimensi)

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

D = Diameter pipa (m)

ν = Viskositas kinematik zat cair (m²/s)

Apabila aliran bersifat turbulen persamaan yang digunakan sebagai berikut:

$$hl = \lambda \frac{L \times V^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots (10)$$

Untuk mencari λ kita menggunakan formula *Darcy-Weisbach* untuk aliran turbulen, dengan persamaan berikut:

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (11)$$

2.9 Kerugian Akibat Tekanan

Kerugian *head minor* diakibatkan oleh perubahan-perubahan mendadak dari geometri aliran seperti karena perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katup, *reducer* serta berbagai jenis sambungan. Besarnya kerugian *minor* dapat dihitung dengan rumus :

$$h_f = \sum n \times K \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (12)$$

Dimana:

h_f = Kerugian *head* (m)

$\sum n$ = Jumlah kelengkapan pipa

K = Koefisien kerugian

L = Panjang pipa (m)

V^2 = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.10 Perhitungan Tekanan

Dibutuhkan perhitungan tekanan air dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (13)$$

Dimana:

P = Tekanan (N/m²)

ρ = Kerapatan air 200 (997 kg/m³)

g = Percepatan gravitasi

h = Tinggi potensial (m)

2.11 Perhitungan Daya Pompa

$$nh = (0,163) (Q) (H) (Y) \dots\dots\dots (14)$$

Dimana:

H = Tinggi angka total (m)

Q = Kapasitas pompa (m³/menit)

Y = Berat spesifik (kg/liter)

2.12 Perhitungan Potensi Penghematan Air

Potensi penghematan air dengan

menggunakan *low flow fixtures* dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini :

$$WS = (Q_{conv} - Q_{eff}) \times N \times F \times D \dots\dots\dots (15)$$

Dimana:

WS = *Water Savings*

Q_{conv} = Konsumsi *fixtures* konvensional (liter/penggunaan)

Q_{eff} = Konsumsi *fixtures* hemat air (liter/penggunaan)

N = Jumlah pengguna

F = Frekuensi penggunaan per hari

D = Jumlah hari operasional per tahun

2.13 Perhitungan Volume Air Buangan dan Bak Ekualisasi

Untuk dapat menghitung volume tampungan bak ekualisasi diperlukan perkiraan volume air buangan yang dihasilkan oleh gedung tersebut. Karena pada perhitungan volume air buangan tidak terpaut dengan koefisien apapun, maka dapat dihitung dengan menjumlahnya setiap lantai dengan rumus:

$$Q_{ak} = Q_{d \text{ total}} \times 80\% \dots\dots\dots (16)$$

Dimana:

Q_{ak} = Volume air buangan (m³/hari)

Q_d = Jumlah debit total (m³/hari)

Waktu tinggal didalam bak ekualisasi atau *Hydraulic Retention Time* (HRT) umumnya berkisar antara 6 - 10 jam, sehingga untuk dapat menghitung volume bak ekualisasi yang diperlukan adalah sebagai berikut:

$$V_{BE} = \frac{HRT}{24} \times Q_{ak} \dots\dots\dots (17)$$

V_{BE} = Volume bak ekualisasi (m³/hari)

HRT = *Hydraulic retention time* (jam)

Q_{ak} = Volume air buangan (m³/hari)

2.14 Greywater Recycling

Greywater atau air limbah berasal dari aktivitas domestik seperti wastafel, pancuran mandi, bak cuci, dan pendingin udara (AC), yang tidak mengandung kotoran manusia. Berbeda dengan *blackwater* yang berasal dari kloset dan urinoir, *greywater* memiliki tingkat kontaminan yang lebih rendah sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan kembali setelah melalui proses sederhana.

3. METODOLOGI PENELITIAN

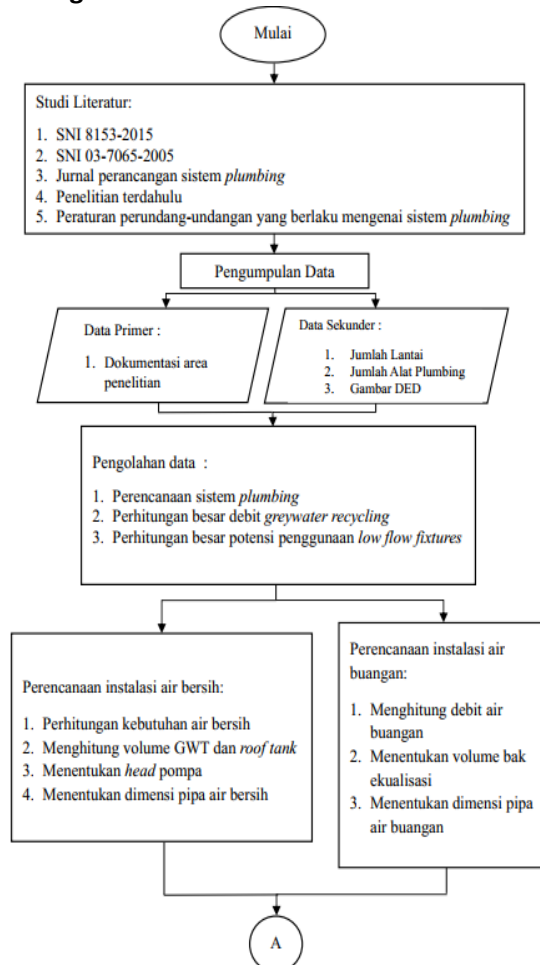
3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada Pembangunan Gedung Riset dan Inovasi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya di Jl. Veteran, Kelurahan Ketawanggede, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang.

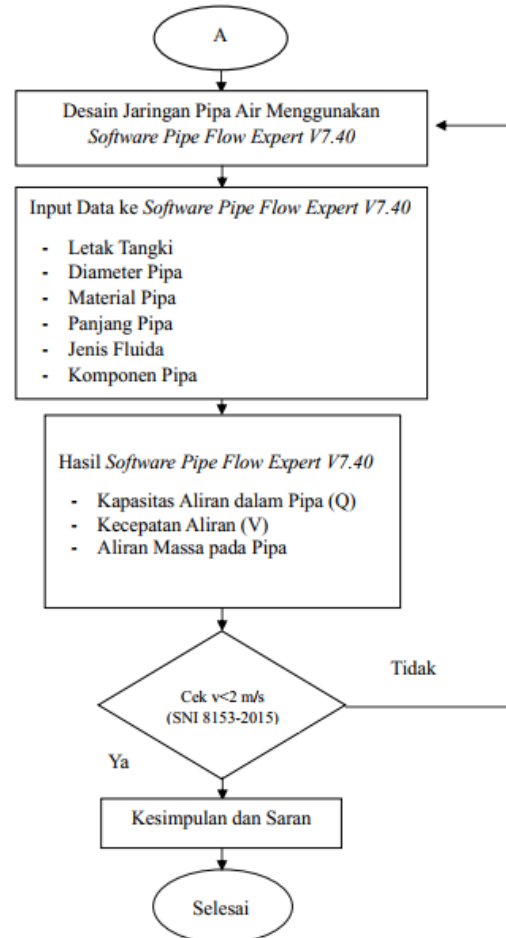


Gambar 1 Peta Lokasi
Sumber: Google Earth, 2025

3.2 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3 Bagan Alir *Pipe Flow Expert*
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025



Gambar 2 Bagan Alir Penelitian
Sumber: Dokumen Pribadi, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

4.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Tabel 1 Perhitungan Penggunaan Air Bersih Berdasarkan Faktor Pemakaian

Jenis Alat Plumbing	Faktor Pemakaian	Penggunaan Air (Liter/Jam)	Jumlah Penggunaan Air (Liter/Jam)
Kloset	41%	2352	964,32
Wastafel	41%	1680	688,8
Jet Washer	43%	1260	541,8
Keran	40%	2160	864
Urinoir	43%	630	270,9
Shower	47%	3528	1658,16
Sink	88%	270	237,6
Jumlah			5225,58

Sumber: Hasil Perhitungan, 2025

4.2 Pemakaian Air Rata-Rata Perhari

Diketahui nilai $Q_h = 5,225 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan waktu pemakaian rata-rata air bersih perhari

adalah 8 jam. Sehingga untuk mengetahui air rata-rata sehari adalah:

$$Q_h = \frac{Q_{d \text{ total}}}{t}$$

$$Q_{d \text{ total}} = Q_h \times t$$

$$= 5,225 \text{ m}^3/\text{jam} \times 8$$

$$= 41,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Untuk kebutuhan air sehari ditambah dengan 20% nya, karena diperkirakan perlu adanya penambahan untuk pendingin gedung, pancuran air, penyimpanan tanaman, dan lain sebagainya.

$$Q_{d \text{ perhari}} = (100\% + 20\%) \times Q_{d \text{ Total}}$$

$$= (100\% + 20\%) \times 41,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 120\% \times 41,8 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 50,16 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka kebutuhan air rata-rata per hari pada jangka waktu 8 jam adalah sebanyak 50,16 m³/hari.

4.3 Perhitungan Kebutuhan Air pada Jam Puncak

Nilai C₁ (konstanta pada jam puncak) berkisar antara 1,5 – 2,0 nilai ini bergantung pada lokasi, sifat penggunaan gedung dan lain sebagainya. Konstanta yang digunakan adalah 1,75 dikarenakan gedung pada studi ini gedung bersifat sebagai perkantoran dan tidak diperuntukkan sebagai tempat tinggal. Pemakaian pada jam puncak dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{h-\text{max}} = C_1 \times Q_h$$

$$= 1,75 \times 5,225 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 9,143 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 152,383 \text{ liter}/\text{menit}$$

4.4 Pemakaian Air Bersih pada Menit Puncak

Nilai C₂ (konstanta untuk menit puncak) berkisar antara 3,0 sampai 4,0 nilai ini bergantung pada lokasi, sifat penggunaan gedung dan lain sebagainya. Konstanta yang digunakan adalah 3,5 karena gedung pada studi ini gedung bersifat sebagai perkantoran dan tidak diperuntukkan sebagai tempat tinggal. Pemakaian pada menit puncak dinyatakan sebagai berikut:

$$Q_{m-\text{max}} = (C_2 \times Q_h) / 60$$

$$= (3,5 \times 5,225 \text{ m}^3/\text{jam}) / 60$$

$$= 0,305 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 5,08 \text{ liter}/\text{menit}$$

4.5 Kapasitas Tangki Air Bawah (Ground Water Tank)

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan Q_d total = 41,8 m³/hari, sehingga perhitungan kapasitas tangki air bawah yang diperlukan adalah:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times \frac{2}{3}T) + V_f$$

$$= 50,16 - (2,508 \times \frac{2}{3} \times 8 \text{ jam}) + 227 \text{ m}^3$$

$$= 50,16 - 13,376 + 227$$

$$= 263,784 \text{ m}^3 \text{ (efektif per hari)}$$

Dari hasil perhitungan volume tersebut dapat ditentukan dimensi dari tangki air bawah yaitu 10m x 5,3m x 5m.

4.6 Kapasitas Tangki Air Atas (Roof Tank)

Dari perhitungan kebutuhan air bersih didapatkan:

$$Q_p = Q_{m \text{ max}}$$

$$= 0,305 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Q_{\text{max}} = Q_{h \text{ max}} / 60$$

$$= 9,143 / 60$$

$$= 0,152 \text{ m}^3/\text{menit}$$

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

Kapasitas efektif tangki atas adalah:

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

$$= (0,305 - 0,152) 60 - (0,152 \times 10)$$

$$= 7,66 \text{ m}^3$$

$$= 7.660 \text{ liter}$$

Jadi, volume tangki air atas adalah 7,66 m³ dengan dimensi yang digunakan adalah 2,26m x 2,26m x 1,5m.

4.7 Perhitungan Dimensi Pipa dari Ground Water Tank dan Roof Tank

Nilai kapasitas aliran air diperlukan dalam merencanakan diameter pipa tegak, berikut merupakan perhitungan nya:

$$Q_{pu} = 0,152 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$= 0,003 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Menurut SNI 03-7065-2005 kecepatan aliran dalam pipa minimal 0,9 m/detik dan kecepatan aliran maksimal 2,0 m/detik. Maka direncanakan V asumsi sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,003}{3,14 \times 2}} = 0,044 \text{ m}$$

$$= 0,044 \text{ m} = 50 \text{ mm} = 2 \text{ inch}$$

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \times 0,003}{3,14 \times 0,044^2} = 1,973 \text{ m}/\text{detik}$$

0,9 m/detik < 1,973 m/detik < 2,0 m/detik (Memenuhi)

4.8 Diameter Pipa Distribusi

Contoh perhitungan : Lantai 1
 Nama alat *plumbing* : Kloset
 Unit alat *plumbing* : 5 WSFU
 Debit aliran air : 0,59 liter/detik
 Diameter perhitungan :

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00059}{3,14 \times 2}} = 0,019 \text{ m} = 19 \text{ mm}$$

Diameter pakai : 20 mm
 Kecepatan aliran : $\frac{4Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \times 0,00059}{3,14 \times 20^2} = 1,878 \text{ m/detik}$

4.9 Perhitungan Diameter Pipa Utama Air Bersih

Unit alat *plumbing* : 477 WSFU
 Debit aliran air : 7,82 liter/detik
 Diameter perhitungan :

$$= \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00782}{3,14 \times 2}} = 0,070 \text{ m} = 70 \text{ mm}$$

Diameter pakai : 80 mm
 Kecepatan aliran : $\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \times 0,00782}{3,14 \times 80^2} = 1,552 \text{ m/detik}$

4.10 Perhitungan Kerugian Head

Kerugian *head* yang terjadi merupakan akibat dari gesekan antara air dengan pipa. Kerugian *head* dapat digunakan untuk memperhitungkan besarnya tekanan air yang keluar pada alat *plumbing*.

Contoh perhitungan : Pada lantai 1
 Unit alat *plumbing* : Wastafel
 Diketahui :

D = 0,015 m
 V = 1,811 m/detik
 v = $1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik}$
 Le = 5,84 + 1,2 = 7,04

$$\begin{aligned} - \text{Re} &= \frac{V \cdot D}{v} = \frac{1,811 \times 0,015}{1,004 \times 10^{-6}} = 27057 \\ - \Lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{D} \\ &= 0,020 + \frac{0,0005}{0,015} = 0,053 \\ - \text{HI} &= \lambda \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \\ &= 0,053 \times \frac{7,04 \times 1,811^2}{0,015 \times 2 \times 9,81} \\ &= 4,184 \text{ m} \end{aligned}$$

4.11 Perhitungan Tekanan

Pada perhitungan ini tetap mengacu pada batas tekanan perencanaan gedung bertingkat, yakni sebagai berikut:

P min = 1 atm = 101337 N/m² (SNI 03-1745-2000)

P maks = 4 atm = 504348 N/m² (SNI 03-1745-2000)

Tekanan air pada tiap lantai dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini :

$$P = \rho \times g \times h$$

Dimanai:

P = Tekanan (N/m²)

ρ = Kerapatan air 200 (999,80 kg/m³)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

h = Tinggi Potensial (m)

Tabel 3 Hasil Perhitungan Tekanan Air pada Tiap Lantai

Lantai	ρ (kg/m ³)	g (m/s ²)	h (m)	Tekanan (N/m ²)
Lantai 1	999,80	9,81	28	274625,06
Lantai 2	999,80	9,81	24	235392,91
Lantai 3	999,80	9,81	20	196160,76
Lantai 4	999,80	9,81	16	126928,61
Lantai 5	999,80	9,81	12	117696,46
Lantai 6	999,80	9,81	8	78464,30
Lantai 7	999,80	9,81	4	39232,15

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Tabel 2 Perhitungan Pipa Distribusi Air Bersih Lantai 1

Nama Alat Plumbing	WSFU	Debit Aliran Air (Liter/detik)	Debit Aliran (m ³ /detik)	Diameteri Perhitungan (D) (m)	Diameter Perhitungan (D) (m)	Diameteri Pakai (D) (m)	Kecepatan Aliran (V) (m/s)
Wastafel	2	0,32	0,00032	0,014	14	15	1,811
Kloset	5	0,59	0,00059	0,019	19	20	1,878
Jet Washer	2	0,32	0,00032	0,014	14	15	1,811
Keran	2	0,32	0,00032	0,014	14	15	1,811
Shower	4	0,51	0,00051	0,018	18	20	1,624

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Berdasarkan tabel 3 diketahui bahwa tekanan air di lantai 6 dan 7 membutuhkan pompa *booster*.

4.12 Perhitungan Kapasitas dan Daya Pompa

- Pompa *Supply* (Pompa Angkat)

$$\begin{aligned} H_s &= \text{Tinggi Hisap} = 2,5 \text{ m} \\ H_d &= \text{Tinggi Tekan} = 35 \text{ m} \\ H_a &= H_s + H_d \\ &= 2,5 \text{ m} + 35 \text{ m} = 37,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena P1 dan P2 merupakan tangki terbuka, maka : $\Delta H_p = H_{P2} - H_{P1} = 0$

- Pompa Hisap

Diketahui:

$$\begin{aligned} D &= 0,044 \text{ m} \\ V &= 1,973 \text{ m/detik} \\ v &= 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik} \\ L &= 2,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Terdapat kerugian peralatan pipa, yakni 1 buah katup sorong. Maka L total = 2,5 + 0,17 = 2,67 m

$$Re = \frac{V \times D}{v} = \frac{1,973 \times 0,044}{1,004 \times 10^{-6}} = 88466,135$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{D} \\ &= 0,020 + \frac{0,0005}{0,044} = 0,031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_l &= \lambda \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \\ &= 0,031 \frac{2,67 \times 1,973^2}{0,044 \times 2 \times 9,81} = 0,373 \text{ m} \end{aligned}$$

- Pipa Hantar

Diketahui:

$$\begin{aligned} D &= 0,044 \text{ m} \\ V &= 1,973 \text{ m/s} \\ v &= 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \\ L &= 35 \text{ m} \end{aligned}$$

Terdapat kerugian peralatan pipa, yaitu:

$$\begin{aligned} 2 \text{ buah belokan } 90^\circ &= 3 \times 1,3 = 3,9 \\ 2 \text{ buah katup sorong} &= 2 \times 0,17 = 0,34 \\ 1 \text{ buah saringan} &= 3 \end{aligned}$$

Maka L total adalah :

$$35 + 3,9 + 0,34 + 3 = 42,24 \text{ m}$$

$$Re = \frac{V \times D}{v} = \frac{1,973 \times 0,044}{1,004 \times 10^{-6}} = 88466,135$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 0,020 + \frac{0,0005}{D} \\ &= 0,020 + \frac{0,0005}{0,044} = 0,031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_l &= \lambda \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \\ &= 0,031 \frac{42,24 \times 1,973^2}{0,044 \times 2 \times 9,81} = 5,904 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi kerugian *head* pada pipa hisap dan pipa hantar adalah :

$$H_f = 0,373 + 5,904 = 6,277 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H &= H_a + \Delta H_p + H_f + \left(\frac{V^2}{2g}\right) \\ &= 37,5 + 0 + 6,277 + 0 = 43,777 \text{ m} \end{aligned}$$

Daya pompa *supply* adalah:

$$\begin{aligned} N_h &= 0,163 \times Q \times H \times \gamma \\ &= 0,163 \times 0,152 \times 43,777 \times 0,998 \\ &= 1,082 \text{ kW} \end{aligned}$$

4.13 Penentuan Debit Air Buangan dan Bak Ekuwalisasi

Dalam perencanaan sistem air buangan diperlukan perhitungan perkiraan debit air buangan yang dihasilkan untuk memperhitungkan volume bak ekuwalisasi.

a. Menentukan debit air buangan

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= Q_d \times 80\% \\ &= 50,16 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\ &= 40,128 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Didapatkan debit dari air buangan sebesar 40,128 m³/hari.

b. Perhitungan volume bak ekuwalisasi

$$\begin{aligned} V_{BE} &= \frac{HRT}{24} \times Q_{ak} \\ &= \frac{7}{24} \times 40,128 \text{ m}^3/\text{hari} \\ &= 11,704 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga digunakan dimensi bak ekuwalisasi Panjang 3,55 m dan Diameter 2m.

4.14 Penentuan Diameter Pipa Air Buangan

Tabel 4 Hasil Perhitungan Diameter Pipa Air Buangan Lantai 1

Jenis Alat Plumbing	Beban	Diameter Pipa Air Buangan Minimum	Diameter Beban Maksimum (mm)	Diameter Perencanaan (mm)
<i>Black water</i>				
Kloset	4	75	50	75
<i>Grey Water</i>				
Wastafel	2	50	50	50
Floor Drain	2	50	50	50

Sumberi: Hasil Perhitungan, 2025

4.15 Persentase Menggunakan Sistem Low Flow Fixtures

Tabel 5 Perbandingan Kebutuhan Air Bersih dengan Low Flow

Parameter	Standar	Low Flow	Penghematan	Persentase (%)
Q _h (m3/hari)	5,225	2,84	2,385	45,64%
Q _d (m3/hari)	41,8	22,72	19,08	45,64%
Q _d (m3/hari)	50,16	27,264	22,896	45,65%

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

desain instalasi air bersih menggunakan *software Pipe Flow Expert* didapatkan $v = 1,644 \text{ m/s}$, hal ini menunjukkan bahwa desain memenuhi ketentuan.

5. Besar konsumsi air dengan penerapan *low flow fixtures* menunjukkan penghematan sebesar 45,65% atau 22,896 m³/hari, sedangkan potensi volume *greywater* yang dapat dimanfaatkan kembali mencapai penghematan sebesar 47,55% atau 23,856 m³/hari.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan beberapa saran yang dapat diajukan yakni sebagai berikut:

1. Proses analisis desain dapat dilakukan dengan menggunakan dua *software* berbeda, yang hasilnya kemudian dibandingkan untuk memperoleh evaluasi yang lebih komprehensif.
2. Instalasi air buangan harus direncanakan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dengan meninjau sistem IPAL agar menghindari terjadinya pencemaran lingkungan sekitar.
3. Kajian lebih mendalam tentang desain detail sistem pengolahan *greywater* yang optimal untuk kondisi gedung perkantoran/pendidikan.
4. Dapat dilakukan integrasi sistem *rainwater harvesting* sebagai sumber air tambahan

untuk mengurangi ketergantungan pada PDAM

5. Perlu mempertimbangkan analisis anggaran biaya untuk menilai dampak finansial dari penerapan sistem hemat air dan *greywater recycling*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pitaloka, R. D., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. 2024. *Studi Alternatif Perencanaan Sistem Plumbing Berbasis Software Autodesk Revit pada Gedung Rumah Sakit Benyamin Guluh Kolaka Sulawesi Tenggara*. Jurnal Rekayasa Sipil.
- [2] United Nations. 2015. *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: United Nations.
- [3] Mufid, H. N., Suprpto, B., & Ingsih, I. S. 2024. *Studi Alternatif Perencanaan Sistem Plumbing Berbasis Software Autodesk Revit pada Gedung Rumah Sakit Benyamin Guluh Kolaka Sulawesi Tenggara*. Jurnal Rekayasa Sipil.
- [4] Rahmawati, N. S., Noerhayati, E., & Rahmawati, A. 2022. *Studi Alternatif Perencanaan Sistem Distribusi Air Bersih dan Air Buangan pada Pembangunan Gedung Auditorium Universitas Brawijaya*. Jurnal Rekayasa Sipil.
- [5] Noerbambang, Soufyan M., dan Morimura, T. 2005. *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing*. PT. Pradyna Paramita. Jakarta.