

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN SISTEM DISTRIBUSI AIR BERSIH DAN AIR BUANGAN PADA PEMBANGUNAN GEDUNG AUDITORIUM UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Nadiva Salsabila Rahmawati¹, Eko Noerhayati², Anita Rahmawati³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail: nsalsabilarahmawati@gmail.com

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail: eko.noerhayati@unisma.ac.id

³Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang,

e-mail: anita.rahmawati@unisma.ac.id

ABSTRAK

Instalasi distribusi air sering kali ditemukan kurangnya tekanan air khususnya pada gedung tinggi, mengakibatkan debit yang kecil pada aliran air terutama pada lantai teratas bangunan. Hal ini disebabkan tekanan air yang dibawah tekanan minimum, sehingga pada perancangan sistem distribusi air dibutuhkan sistem distribusi yang sesuai dengan jenis bangunan mulai dari penampung air (*Ground water tank / Roof tank*) hingga sistem pemipaan agar tekanan dan debit pengaliran air bersih pada setiap lantai dapat terpenuhi. Studi alternatif perencanaan dilakukan. Teknik yang digunakan dalam perencanaan distribusi air pada Gedung Auditorium Universitas Brawijaya yaitu teknik perhitungan disain manual dan mengevaluasi desain menggunakan aplikasi *Pipe Flow Expert*. Hasil perhitungan dalam studi alternatif ini didapatkan debit kebutuhan air bersih adalah atau 65,208 m³/hari dan debit air buangan yang dihasilkan yaitu 52,166 m³/hari. Kapasitas efektif Penampung air bawah (*Ground Water Tank*) untuk air bersih CWT 300 m³/hari dan kapasitas RWT adalah 250 m³/hari. Kapasitas efektif penampung air atas (*Roof Tank*) adalah 16 m³/hari Kapasitas efektif bak ekualisasi 3,375 m³. Sistem distribusi air bersih menggunakan pipa PPR dan pada sistem pembuangan menggunakan pipa PVC AW. Hasil evaluasi desain menggunakan *software pipe flow expert* menunjukkan $v < 2$ m/s, hal ini menunjukkan bahwa desain dapat digunakan pada lapangan dan aman.

Kata Kunci : air bersih, air buangan, *ground water tank*, *roof tank*

ABSTRACT

Water distribution installations often find a lack of water pressure, especially in high-rise buildings. Because of this, the water flow is low, especially on the top floor of the building. To overcome this, the design of a water distribution system requires a distribution system that is in accordance with the type of building, from ground water tanks / Roof tanks to piping systems so that the pressure and flow of clean water on each floor can be met. The technique used in planning water distribution at the Auditorium Building of Universitas Brawijaya is the manual design calculation technique and evaluating the design using the Pipe Flow Expert Software. The results in this alternative study obtained that the debit for clean water needs is 65,208 m³/day and the resulting wastewater discharge is 52,166 m³/day. Effective capacity Ground water tank for CWT clean water is 300 m³/day and capacity from RWT is 250 m³/day. The effective capacity of the Roof Tank is 16 m³/day Effective capacity of equalization container is 3,375 m³. The clean water distribution system uses PPR pipes and the exhaust system uses PVC pipes. The design evaluation using pipe flow expert software is $v < 2$ m/s, this indicates that the design can be used in the field and is safe.

Keywords : clean water, waste water, *ground water tank*, *roof tank*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sistem perpipaan merupakan unsur utama dari sistem distribusi air bersih yang digunakan untuk mendistribusikan air (E. N.Noerhayati et al., n.d.). Namun, instalasi distribusi air sering kali ditemukan kurangnya tekanan air khususnya pada gedung tinggi, mengakibatkan debit yang kecil pada aliran air utamanya pada lantai tertinggi bangunan. Hal ini disebabkan tekanan air berada dibawah tekanan minimum, sehingga pada perencanaan sistem distribusi air dibutuhkan sistem distribusi yang sesuai dengan bangunan studi mulai dari penampung air (*Ground water tank / Roof tank*) hingga sistem pemipaan agar tekanan serta debit pengaliran air bersih pada setiap lantainya dapat terpenuhi. Meninjau permasalahan diatas serta adanya peraturan yang berlaku di Indonesia mengenai keandalan suatu gedung, maka diperlukan sebuah rencana desain sistem distribusi air bersih dan air buangan untuk gedung Auditorium Brawijaya agar memenuhi syarat keandalan bangunan dengan sanitasi yang baik serta tidak membahayakan lingkungan. Untuk mengevaluasi sistem pemipaan ini diselesaikan dengan perhitungan manual dan penting juga menggunakan perangkat lunak seperti *Pipe Flow Expert* sebagai alat bantu evaluasi.

Rumusan Masalah

1. Berapakah debit kebutuhan air bersih dan debit air buangan pada Gedung Rektorat dan Auditorium Universitas Brawijaya Malang?
2. Berapakah kapasitas penampung air bawah (*Ground Water Tank*) untuk air bersih, kapasitas penampung air atas (*Roof Tank*) untuk air bersih pada Gedung Rektorat dan Auditorium Universitas Brawijaya Malang?
3. Bagaimanakah desain sistem instalasi air bersih dan air buangan Gedung Rektorat dan Auditorium Universitas Brawijaya Malang?
4. Bagaimana hasil evaluasi desain instalasi air bersih menggunakan *pipe flow expert* pada Gedung Rektorat dan Auditorium Universitas Brawijaya Malang?

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum

Air bersih (*clean water*) merupakan air dengan kualitas yang terjamin dan memenuhi persyaratan pada segi kualitas air baik secara fisik, kimia, biologis maupun radiologis. Hal utama yang perlu diperhatikan pada perencanaan sistem penyediaan air bersih yaitu air bersih harus mencapai daerah distribusi dengan debit, tekanan, kuantitas dan kualitas yang cukup dengan standar yang telah ditentukan.

Sistem instalasi air buangan pada gedung merupakan sistem untuk mengalirkan air yang telah digunakan dari gedung ke bangunan pengolahan limbah lalu dialirkan masuk ke saluran pembuangan umum terdekat supaya tidak mengakibatkan pencemaran lingkungan sekitar gedung atau pada gedung tersebut.

Perhitungan Debit Air Bersih dan Air Buangan

Debit air bersih didapatkan dari analisa jumlah pengguna menggunakan luas lantai dan penambahan 20% untuk mengatasi kebocoran, pancuran air dan lain sebagainya sebagainya. Dalam mendapatkan debit air bersih digunakan rumus:

$$Q_{d\text{ Total}} = (100\% + 20\%) \times Q_{d\text{ Total}} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk Debit air buangan dihitung dari 80% debit air bersih, maka debit air buangan adalah :

$$Q_{ak} = Q_d \times 80\% \dots\dots\dots (2)$$

Kapasitas *Ground Water Tank* dan kapasitas *Roof Tank*

Penampung air bawah merupakan tempat penampung air untuk menampung air yang berfungsi juga untuk menaungi air untuk persediaan pemadam kebakaran, dapat dihitung dengan rumus :

$$V_R = Q_d - Q_s \cdot T + V_f \dots\dots\dots (3)$$

Penampung air atas berfungsi sebagai penampung kebutuhan puncak, Kapasitas efektif penampung air atas digunakan:

$$V_E = (Q_p - Q_{\max})T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}) \dots\dots\dots (4)$$

Evaluasi Desain Instalasi Air Bersih Menggunakan *Pipe Flow Expert*

Pipe flow expert merupakan suatu aplikasi yang disiapkan dan direncanakan untuk membantu menggambar sistem jaringan pipa serta menganalisa didalam jaringan pipa tersebut.

METODOLOGI PENELITIAN

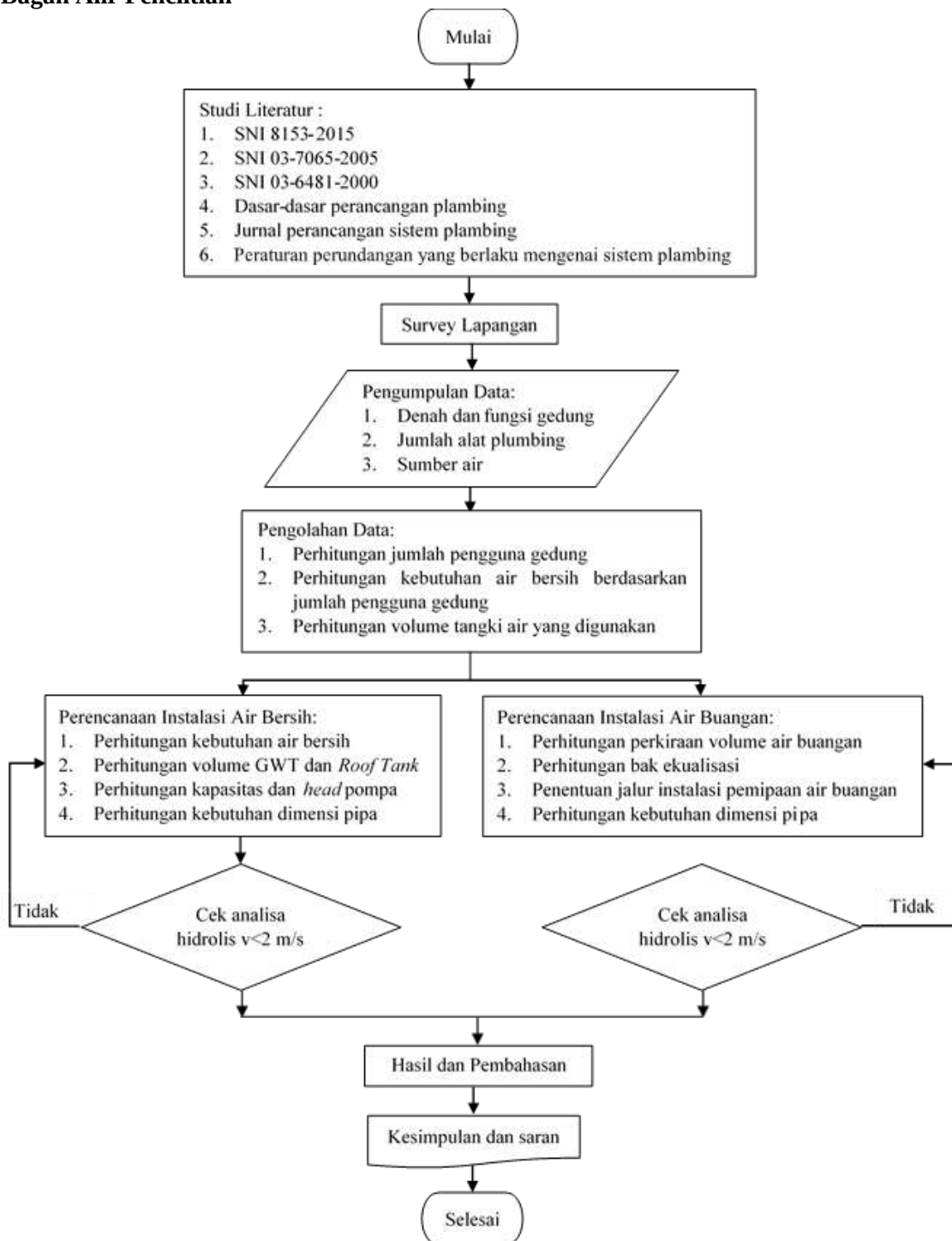
Studi ini dilakukan pada salah satu pembangunan gedung yang ada pada Universitas Brawijaya. Gedung Rektorat dan Auditorium Brawijaya merupakan lokasi penelitian yang secara umum lokasi penelitian ini sebelumnya merupakan Gedung Kebudayaan Mahasiswa. Dalam studi penelitian ini data yang dibutuhkan berupa jumlah lantai, luas tiap lantai dan data layout gedung,



Gambar 1. Peta Lokasi

Sumber : <https://ub.ac.id/id/campus-life/campus-map/>
(Diakses 19 Juni 2022)

Bagan Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penyelesaian Skripsi

Sumber: Data Pribadi, 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih didapat berdasarkan jumlah pengguna gedung, yang menghasilkan jumlah pemakaian air bersih rata-rata perhari sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan Pemakaian Air Rata-rata Harian

Lantai	Fungsi	Luas (m ²)	Luas Efektif (m ²)	Kepadatan Penghuni (orang)	Pemakaian Air Rata-rata Harian	
					(l/hari)	(m ³ /hari)
Semi Basement	Kantor	1805,010	1083,006	155	15500	15,5
Ground Floor	Kantor	1121,610	672,966	96	9600	9,6
2	Gedung pertunjukan	1953,110	1035,148	148	4440	4,44
3	Kantor	533	319,800	46	4600	4,6
4	Kantor	1151,110	690,666	99	9900	9,9
5	Kantor	731,350	438,810	63	6300	6,3
6	Kantor	396	237,600	34	3400	3,4
Atap	Kantor	66	39,600	6	600	0,6

Sumber: Hasil Analisa Perhitungan, 2022

Sehingga diperoleh hasil kebutuhan air bersih sebesar 65,208 m³/hari.

Kapasitas Penampungan Air Bersih

Studi ini menggunakan penampung air bawah (*ground water tank*) dan penampung atas (*roof tank*). Pada penampung air atas didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

a. Penampung air bawah

$$\begin{aligned}
 V_R &= Q_d - Q_s \cdot T + V_f \\
 &= 65,208 \text{ m}^3/\text{hari} - \left(3,25 \text{ m}^3/\text{jam} \times \frac{2}{3} \times 10 \text{ jam} \right) + 227 \text{ m}^3 = 270,541 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi, volume atau kapasitas dari *ground water tank* yaitu sebesar 270,541 m³ atau $\pm 300 \text{ m}^3$ untuk 1 hari pemakaian dimana tangki air bawah menggunakan tangki yang diproduksi oleh pabrik dengan ukuran 20m $\times$ 5m $\times$ 3m.

b. Penampung air atas

$$\begin{aligned}
 V_E &= (19,5 \text{ m}^3/\text{jam} - 13 \text{ m}^3/\text{jam}) 1 \text{ jam} - (19,5 \text{ m}^3/\text{jam} \times 0,5 \text{ jam}) \\
 &= 16,25 \text{ m}^3 \approx 16,3 \text{ m}^3 \text{ dibulatkan menjadi } 16 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$V_E = 16 \text{ m}^3 \text{ (posisi pada lantai atap)}$$

Jadi, besarnya volume efektif bak air atas (*roof tank*) sebesar 16 m³ dimana tangki air atas menggunakan yang diproduksi oleh pabrik dengan ukuran 4m $\times$ 2m $\times$ 2m

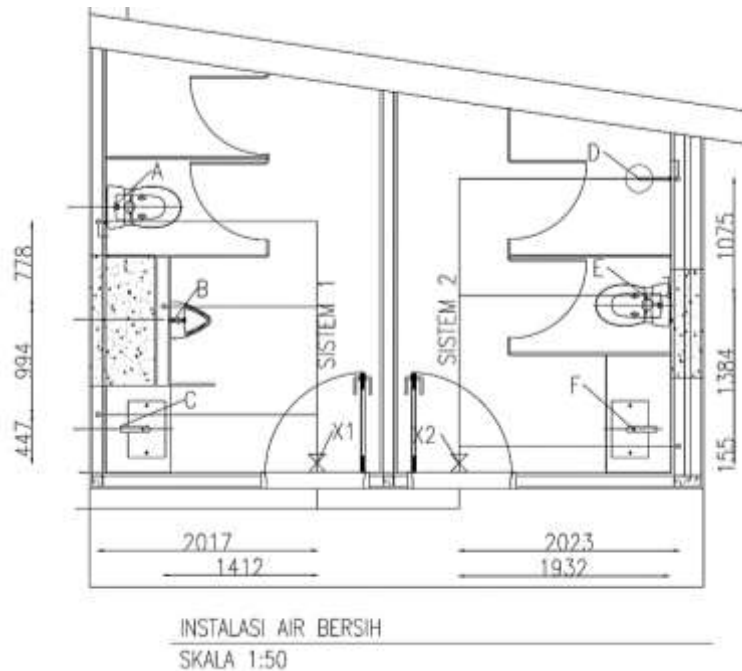
Pipa Air Bersih

Perencanaan pipa yang digunakan pada gedung ini yaitu pipa *Poly Propilene Random* (PPR). Bahan ini digunakan karena sangat cocok untuk mengaliri air bersih dingin dan panas tanpa tekanan. Perhitungan diameter pipa ditentukan dari laju aliran puncak yang melalui pipa. Contoh perhitungan dimensi pipa dapat dilihat melalui tabel 2. dengan contoh pada gambar 3.

Tabel 2. penentuan diameter pipa air bersih lantai *semi basement*

Sistem	Nama Alat	Laju Aliran (m ³ /det)	C	L (m)	V Asumsi (m/det)	D (mm)	D dipasaran (mm)
MALE TOILET							
Sistem 1	WC	0,0003	150	22,865	1,1	17,015	20
	UR	0,0005	150		1,1	24,062	25
	LV	0,0003	150		1,1	17,015	20
	Jumlah	0,0010	150		1,1	34,036	32

Sumber: Hasil Analisa Perhitungan, 2022



Gambar 3. Contoh Sistem Distribusi Air Bersih pada Toilet *Basement*
Sumber: Data Pribadi, 2022

Headloss Pipa Air Bersih

Pada distribusi air bersih dari GWT ke *roof tank* didapatkan *Head* statis sebesar 27 m serta *Head* sistem sebesar 2,043 m sehingga didapatkan *head* pompa sebesar 30 m. Berdasarkan besarnya *head* tersebut didapatkan jenis pompa yaitu pompa GROUNDFOSS 65 × 40 – 315 1450 RPM. Dikarenakan distribusi air bersih menggunakan sistem tangki atap, maka air akan mengalir menggunakan tekanan dari gravitasi sehingga tekanan tiap lantai perlu diketahui.

Dapat diketahui pada hasil perhitungan sebelumnya bahwa pada lantai 5 dan 6 tekanan airnya masih kurang dari tekanan perencanaan minimum, sehingga diperlukan pompa *booster* untuk menaikkan tekanannya.

Pompa *booster* melayani 3 lantai karena pada lantai 4 memiliki tekanan yang sangat dekat dengan tekanan minimum. Kapasitas pompa *booster* berdasarkan beban unit plambing pada saat beban puncak alat secara serempak. Adapun beban unit alat plambing pada lantai 4, 5, dan 6 sebesar 204 FU. Maka pada pompa *booster* dapat diketahui *head* pompa *booster* sebesar 20 m.

Berdasarkan kapasitas pompa dari hasil perhitungan diatas yaitu sebesar 21 m³/jam maka kapasitas pompa *booster* yang dipilih yaitu 10,5 m³/jam/pompa dengan menggunakan 1 *packaged* pompa yang terdapat 2 unit pompa.

Perhitungan Perkiraan Debit Air Buangan dan Bak Ekualisasi (*Sawage Pit*)

a. Perhitungan Debit Air Buangan

$$\begin{aligned} Q_{ak} &= Q_d \times 80\% \\ &= 65,208 \times 80\% \\ &= 52,166 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Volume Bak Ekualisasi

Volume bak ekualisasi didapatkan melalui analisa pemakaian air bersih rata-rata perhari yang dihitung dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} AB \text{ rt-rt} &= 54,34 \text{ m}^3/\text{hari} \times 80\% \\ &= 43,472 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Waktu tinggal di dalam sum pit yaitu 6 – 10 jam, dalam perencanaan ini ditetapkan waktu tinggal di dalam bak ekualisasi selama 7 jam, maka volume bak ekualisasi yang diperlukan adalah :

$$V_{BE} = \frac{7}{24} \times 43,472 = 0,292 \times 43,472 = 12,679 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Perhitungan Pipa Air Kotor dan Air Bekas

Direncanakan sistem pembuangan air pada gedung Auditorium ini menggunakan sistem gravitasi untuk menuju sawage pit (pembuangan sementara) untuk letak toilet yang jauh dengan tempat pembuangan air kotor utama (*Sawage Treatment Plan*) lalu dialirkan ke dalam *Sawage Treatment Plan*. Pada sistem air pembuangan Gedung Auditorium ini menggunakan pipa PVC AW. Penentuan diameter pipa untuk pembuangan air ditentukan berdasarkan nilai unit alat plambing sebagaimana dinyatakan dalam SNI 8153-2015 tentang Sistem Plambing Pada gedung. Berikut merupakan contoh perhitungan diameter pipa air buangan:

Tabel 3. Diameter Pipa Pembuangan Air Kotor dan Air Bekas Pada Toilet *Male Basement*

Daerah Pipa	Alat Plambing	Unit Beban	Diameter Minimum (mm)	Diameter Beban Maksimum (mm)	Diameter Perencanaan (mm)	Diameter Perencanaan (inchi)
Pipa Air Kotor						
A	WC	4	75	50	75	3
B	UR	2	50	40	50	2
Pipa Air Bekas						
C	LV	1	32	32	32	1,5
D	FD	2	50	40	50	2

Sumber: Hasil Analisa Perhitungan, 2022

Dalam Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing (Soufyan & Morimura, 2005). Kemiringan pada pipa air buangan bisa dibuat sama/lebih dari satu per diameter pipanya (mm). Sehingga didapatkan kemiringan pipa tegak air kotor serta air buangan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Kemiringan Pipa Tegak Air Kotor dan Air Buangan

Jenis Pipa Tegak	Diameter pipa (mm)	Kemiringan pipa (%)
Pipa Air Kotor (<i>Black Water</i>)	100	1
Pipa Air Buangan (<i>Grey Water</i>)	100	1

Hasil Analisa Perhitungan, 2022

Kecepatan aliran yang diizinkan yaitu 0,6 m/det dan maksimal 1,2 m/det untuk menghitung kecepatan aliran dalam pipa utama menggunakan rumus manning. Sesuai dengan kriteria perencanaan air buangan dan air kotor, maka direncanakan tinggi air buangan 2/3 dari penampang pipa. Sehingga,

$$h = \frac{2}{3} D$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\left(\frac{2}{3}\right) \times \left(\frac{1}{4}\right) \times \pi \times D^2}{\left(\frac{2}{3}\right) \times \pi \times D} = \frac{1}{4} \times D = \frac{1}{4} \times 0,1 = 0,025 \text{ m}$$

Maka :

$$V = \frac{1}{0,009} \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,009} \times 0,025^{2/3} \times \frac{1}{100}^{1/2} = 0,950 \text{ m/s}$$

$$V > V_{\min} \quad V > V_{\max} \text{ (OK)}$$

Perhitungan Pipa Vent (Tipikal Toilet)

Pipa vent dihitung berdasarkan SNI 03-6481-2000, halaman 105 tabel 7.32.3. yaitu untuk nilai unit plambing dihubungkan : 196 FU sehingga:

Untuk pipa tegak air kotor : 100 mm

Untuk pipa tegak air buangan : 100 mm

Maka ukuran pipa tegak vent : 80 mm

Perhitungan Sand dan Carbon filter

Kapasitas Sand dan carbon Filter dihitung berdasarkan jam puncak pemakaian kebutuhan rata-rata air bersih per hari yaitu sebagai berikut:

$$Q_d = 65 \text{ m}^3/\text{hari}$$

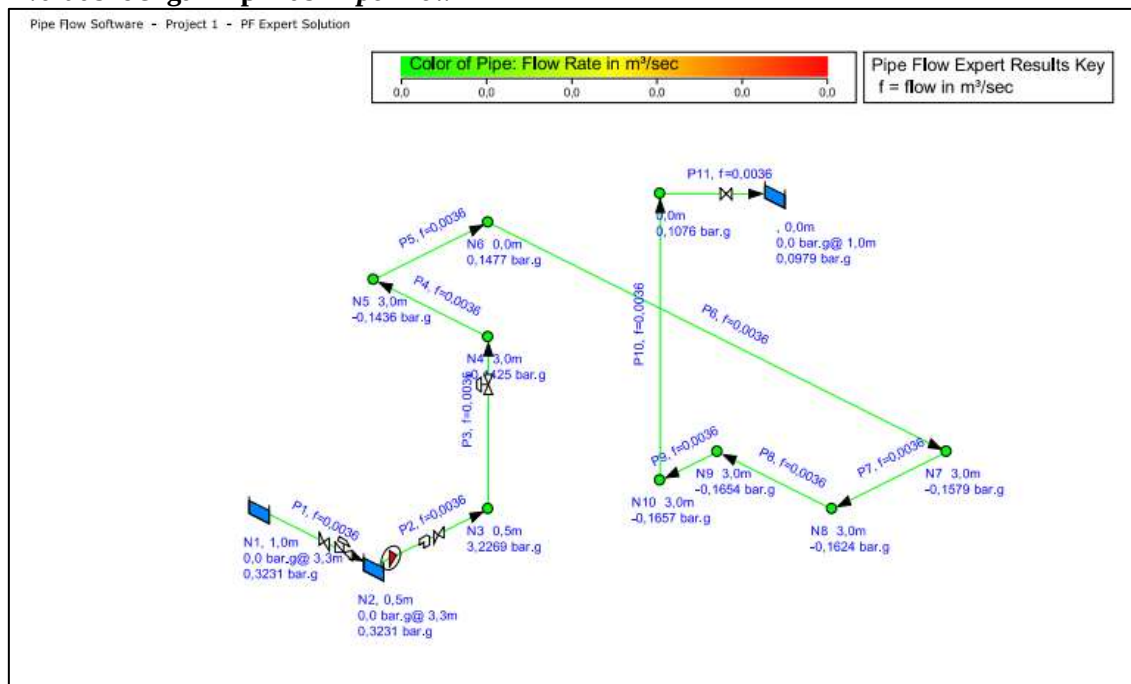
$$Q_h = 65/10 \text{ jam} = 6,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Pemakaian pada jam puncak :

$$\begin{aligned} Q_{jp} &= 2 \times Q_h \\ &= 2 \times 6,5 \\ &= 13 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan kapasitas Sand Filter kapasitasnya dihitung sama dengan pemakaian jam puncak rata-rata air bersih yaitu sebesar 13 m³/jam

Evaluasi dengan Aplikasi Pipe Flow



Gambar 4. Hasil Evaluasi Desain Distribusi Air Bersih Menggunakan *Pipe Flow Expert*
Sumber: Data Pribadi, 2022

Tabel 5. *Pipe* Data

Pipe Id	<i>Pipe Name and Notes</i>	Material	<i>Flow</i> m ³ /s	<i>Velocity</i> m/s	Kesimpulan
1	P1	PPR-PN	0,0036	1,668	Memenuhi
2	P2	PPR-PN	0,0036	1,169	Memenuhi
3	P3	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
4	P4	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
5	P5	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
6	P6	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
7	P7	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
8	P8	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
9	P9	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
10	P10	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi
11	P11	PPR-PN	0,0036	0,757	Memenuhi

Sumber: Dokumentasi Penulis, 2022

Dari hasil evaluasi desain menggunakan aplikasi *Pipe Flow Expert* didapatkan $V < 2$ m/s. Hal ini menunjukkan bahwa desain dapat digunakan pada lapangan dan aman. Berikut adalah perbandingan kecepatan aliran perencanaan awal dengan hasil analisa menggunakan aplikasi *Pipe Flow Expert*:

Tabel 6. Perbandingan Aliran Perencanaan dengan Hasil Analisa

<i>Pipe Name</i>	Kecepatan aliran perencanaan m ³ /s	Kecepatan Aliran Hasil Analisa m ³ /s
P1	1,1	1,668
P2	1,1	1,169
P3	1,1	0,757
P4	1,1	0,757
P5	1,1	0,757
P6	1,1	0,757
P7	1,1	0,757
P8	1,1	0,757
P9	1,1	0,757
P10	1,1	0,757
P11	1,1	0,757

Sumber: Analisa Penulis, 2022

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh adalah:

1. Debit kebutuhan air bersih pada gedung ini yaitu $6,521 \text{ m}^3/\text{jam}$ atau $65,208 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan debit air buangan yang dihasilkan yaitu $52,166 \text{ m}^3/\text{hari}$
2. Kapasitas efektif penampung (tangki) air bawah (*Ground Water Tank*) untuk air bersih CWT yaitu $300 \text{ m}^3/\text{hari}$ dan kapasitas RWT adalah $250 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kapasitas efektif penampung air atas (*Roof Tank*) adalah sebesar $16 \text{ m}^3/\text{hari}$ Kapasitas efektif bak ekualisasi $3,375 \text{ m}^3$.
3. Air Bersih
Pipa untuk desain ini digunakan pada sistem distribusi air bersih adalah pipa PPR-PN 16 dengan pipa tegak diameter 65 mm (2,5 Inch), pipa utama diameter 80 mm, 20 mm untuk *lavatory*, 40 mm untuk *Water closet*, 35 mm untuk urinal dan 20 mm untuk *sink*.
Air Buangan
Sistem pembuangan air yang direncanakan pada gedung ini adalah sistem terpisah yaitu air kotor dan air bekas dialirkan melualui pipa yang berbeda menggunakan pipa PVC AW dengan diameter pipa air kotor 75 mm (3 inch) untuk kloset, diameter pipa air bekas *lavatory* 32 mm ($1 \frac{1}{2}$ inch) untuk *kitchen sink* 50 mm (2 inch), untuk *floor drain* 50 mm (2 inch) dan pipa utama yang berdiameter 100 mm (4 inch).
4. Hasil evaluasi desain instalasi air bersih menggunakan pipe flow expert didapatkan $v < 2 \text{ m/s}$, hal ini menunjukkan bahwa desain dapat digunakan pada lapangan dan aman.

Saran

Adapun beberapa saran untuk lebih baiknya studi ini antara lain:

1. Proses desain sistem pembuangan air direncanakan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dengan meninjau sistem IPAL agar menghindari terjadinya pencemaran lingkungan sekitar yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya.
2. Proses evaluasi desain dapat dilakukan dengan menggunakan metode *software computer* lain, seperti waterCAD, EPANET yang bisa digunakan untuk penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-6481-2000 Sistem Plambing*. Badan Standarisasi Nasional.(2000a).
- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 03-7065-2005 Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*. (2005).
- Badan Standarisasi Nasional. *SNI 8153-2015 Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung*. (2015).
- Epelita, M. (2018). *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Dikampus Universitas Pasir Pengaraian Menggunakan Software Pipe Flow Expert V 5.12*. Universitas Pasir Pengairan.
- Noerhayati, E. N., Pribadi, G., & Rachmawati, A. (n.d.). *Perencanaan Sistem Jaringan Air Bersih Pada Perumahan The Araya Cluster Jasmine Valley Kota Malang*. 6.
- Soufyan, Moh. N., & Morimura, T. (1996). *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing* (4th ed.). Pradnya Paramita.