

Perhitungan *Pressure Drop* Sistem Plumbing Air Bersih pada Gedung Pendidikan Terpadu Agribisnis Politeknik Negeri Jember

Andika Junianto Prasetyo¹, Megalita Rodiyani², Dora Melati Nurita Sandi³

Wahyu Satyaning Budhi⁴ Catur Bejo Santoso⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi D3 Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Jl. Raya Jember Km. 13 Labanasem, Kabat, Banyuwangi

²E-mail: megalita@poliwangi.ac.id

Abstract *The clean water plumbing system is a fundamental necessity to support academic and practical activities. The basic principle of the plumbing system is to ensure a sufficient and effective supply of clean water. In the flow of pipes, there are obstacles caused by the installation shape, resulting in a decrease in fluid energy or pressure drop. This research aims to calculate the clean water plumbing system that meets the building's needs and to determine the distribution of pressure loss on each floor. The methods used include calculating the clean water requirements, peak flow, pipe diameter based on SNI 03-7065-2005, and calculating pressure loss in the pipe installation and pump system using the Darcy-Weisbach and Hazen-Williams formulas. The results of the average daily clean water requirement calculation are 85 m³/day, the average clean water requirement per hour is 14.2 m³/hour, the clean water requirement during peak hours is 28.4 m³/hour, and the clean water requirement during peak minutes is 0.947 m³/minute. For the diameter of the horizontal pipe, it was found to be 32 mm (1 inch), while for the pipe from area B to D, two pipe diameter sizes were obtained: 20 mm (1/2 inch) for the horizontal and vertical pipes leading to the urinal, and a pipe diameter of 25 mm (3/4 inch) for the vertical pipe in area C-D. For the pipes leading to the faucet and jet washer, a pipe diameter of 16 mm (1/2 inch) was obtained, and for the pipe leading to the sitting toilet, a pipe diameter of 20 mm (1/2 inch) was found. The highest pressure drop was observed on the first floor, measuring 22.47 m. The pump head loss was 27.82 m, and the hydrostatic pressure was 2.13 bar.*

Keyword: *plumbing system; clean water requirements; pressure drop; pipe installation; pump system.*

Abstrak *Sistem plumbing air bersih merupakan kebutuhan mendasar untuk mendukung aktivitas akademik dan praktikum. Prinsip dasar sistem plumbing adalah memastikan pasokan air bersih yang cukup dan efektif. Dalam aliran pipa, terjadi hambatan yang disebabkan oleh bentuk instalasi, yang mengakibatkan penurunan energi fluida atau penurunan tekanan (pressure drop). Penelitian ini bertujuan untuk menghitung sistem plumbing air bersih yang sesuai dengan kebutuhan gedung serta mengetahui distribusi kehilangan tekanan pada tiap lantai. Metode yang digunakan meliputi perhitungan kebutuhan air bersih, debit puncak, diameter pipa berdasarkan SNI 03-7065-2005, serta menghitung kehilangan tekanan pada instalasi pipa dan sistem pompa menggunakan rumus Darcy-Weisbach dan Hazen-William. Hasil dari perhitungan kebutuhan air bersih rata-rata perhari sebesar 85m³/hari, kebutuhan rata-rata air bersih per jam sebesar 14,2m³/jam, kebutuhan air bersih pada jam puncak sebesar 28,4m³/jam, kebutuhan air bersih pada menit puncak sebesar 0,947m³/menit. 2. Untuk diameter pipa horizontal didapatkan sebesar 32mm (1 inci), untuk pipa dari daerah B ke D didapatkan 2 ukuran diameter pipa yaitu 20mm(1/2 inci) untuk pipa horizontal dan vertikal ke arah urinoir dan diameter pipa 25mm(3/4 inci) untuk daerah C-D pada pipa vertikal. Untuk pipa ke arah faucet (keran) dan jet washer didapatkan diameter pipa sebesar 16mm (1/2 inci), dan untuk pipa ke arah kloset duduk didapatkan diameter pipa sebesar 20mm (1/2 inci). Hasil pressure drop tertinggi terdapat pada lantai 1 sebesar 22,47m dan 2. Hasil head loss pompa sebesar 27,82m, dan tekanan hidrostatis sebesar 2,13 bar.*

Kata-kata kunci: *sistem plumbing; kebutuhan air bersih; pressure drop; instalasi pipa; sistem pompa.*

I. PENDAHULUAN

Gedung Pendidikan Terpadu Agribisnis Politeknik Negeri Jember merupakan gedung perkuliahan yang terdiri dari 5 lantai, dimana terdapat berbagai fasilitas diantaranya gedung perkuliahan, laboratorium agribisnis, ruang multimedia, dan ruang baca. Dalam pembangunan infrastruktur pendidikan, sistem plumbing yang efisien sangat penting untuk memastikan ketersediaan air bersih yang memadai. Prinsip dasar sistem plumbing

adalah memastikan pasokan air bersih yang cukup dan efektif, dimana sistem plumbing merupakan bagian yang penting dalam pembangunan gedung. Tanpa sistem plumbing yang baik, operasional gedung dapat terganggu, terutama dalam hal penyediaan air bersih yang menjadi kebutuhan dasar bagi pengguna gedung.

Dalam perencanaan sistem plumbing air bersih, terdapat hal penting yang harus

diperhatikan, yaitu kualitas air yang akan didistribusikan, sistem penyediaan air yang akan digunakan, pencegahan pencemaran air dalam sistem, laju aliran dalam pipa, kecepatan aliran dan tekanan air (Lilipaly et al., 2021). Dalam pendistribusian air bersih dalam gedung membutuhkan pipa vertikal dan horizontal untuk mensupply ke lantai-lantai. Hal ini menyebabkan terjadinya pola aliran dua fase pada instalasi perpipaan dari pipa vertikal ke horizontal melalui *elbow*. Dalam suatu aliran yang melewati sistem instalasi perpipaan tersebut akan terjadi hambatan aliran, hambatan tersebut diakibatkan oleh beberapa faktor diantaranya bentuk instalasi pipa, belokan pipa, dan kelengkapan pipa.

Hambatan aliran tersebut menyebabkan turunnya energi fluida atau disebut juga kerugian tinggi tekan (*head loss*) atau penurunan tekanan (*pressure drop*). Head loss atau pressure drop merupakan pengaruh yang ditimbulkan karena gesekan fluida (*friction losses*) dan perubahan pola aliran (terjadi karena fluida harus mengikuti bentuk dari dindingnya). Dengan menghitung kehilangan tekanan (*pressure drop*), dapat diperoleh nilai total pressure drop pada tiap-tiap lantai, mengetahui distribusi tekanan di setiap titik, dan mengidentifikasi lokasi kehilangan tekanan yang signifikan. Hal ini penting untuk memastikan pasokan air yang merata dan efisien di Gedung Pendidikan Terpadu Agribisnis Politeknik Negeri Jember.

Dalam Gedung Pendidikan Terpadu Agribisnis Politeknik Negeri Jember, kebutuhan air bersih tidak hanya terbatas pada penggunaan sehari-hari, tetapi juga untuk kegiatan praktikum dan penelitian yang memerlukan pasokan air yang memadai. Oleh karena itu, penting untuk melakukan perhitungan yang akurat terkait kapasitas dan distribusi sistem plumbing agar dapat memenuhi permintaan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung sistem plumbing air bersih yang sesuai dengan kebutuhan gedung pendidikan terpadu agribisnis di Politeknik Negeri Jember. Dengan melakukan analisis terhadap kebutuhan air bersih, dimensi pipa, dengan menggunakan acuan SNI 03-7065-2005 tentang tata cara perencanaan sistem plumbing dan kehilangan tekanan (*pressure drop*) pada instalasi pipa dan sistem pompa, menggunakan rumus Darcy-Weisbach dan Hazen-William diharapkan

dapat diperoleh solusi yang optimal untuk pengelolaan daya air di lingkungan kampus.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebutuhan Air Bersih Sesuai Pengguna Gedung

Penggunaan air bersih pada setiap gedung bervariasi dan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, jumlah penghuni dan luas bangunan. Semakin banyak penghuni yang tinggal atau bekerja di dalam gedung, semakin besar kebutuhan air bersih yang diperlukan untuk memenuhi aktivitas sehari-hari mereka. Jenis bangunan memainkan peran penting dalam menentukan pola penggunaan air bersih; misalnya, gedung perkantoran memiliki pola penggunaan yang berbeda dibandingkan dengan gedung pendidikan. Dalam gedung perkantoran, penggunaan air mungkin meningkat pada jam-jam tertentu, seperti saat istirahat makan siang. Sebaliknya, gedung pendidikan akan mengalami puncak penggunaan air bersih pada pagi dan sore hari. Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan air bersih adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Penghuni} = \frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Kepadatan hunian}} \quad (1)$$

$$Q_d = \text{jumlah penghuni} \times \text{pemakaian air per orang/hari} \quad (2)$$

Untuk menentukan luas lantai efektif dan jumlah pemakaian air bersih per hari dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 1. Kebutuhan air bersih sesuai pengguna gedung

No	Jenis Gedung	Pemakaian air		Perbandingan Lantai Efektif
		rata-rata sehari (l/hari)	Jangka Waktu Pemakaian (jam/hari)	
1.	Rumah biasa	160 - 250	8 - 10	50 - 53
2.	Apartemen	200 - 250	8 - 10	45 - 50
3.	Asrama	120	8	
	Rumah Sakit	>1000		
4.	- Mewah	500 - 1000	8 - 10	45 - 48
	- Menengah			
	- Umum	350 - 500		
5.	SD	40	5	58 - 60
6.	SLTP	50	6	58 - 60
7.	SLTP dan lebih tinggi	80	6	
8.	Rumah toko	100 - 120	8	
9.	Toserba	3	7	55 - 60
	Pabrik			
10.	- Wanita	100	8	
	- Pria	60		
11.	Stasiun	3	15	
12.	Restoran	30	5	
13.	Kantor	100	8	60 - 70

Sumber : Noerbambang, et al., 2005

$$Q_h = \frac{Q_d}{t}, \quad (3)$$

$$Q_h - \text{maks} = C_1 \times Q_h \quad (4)$$

$$Q_m - \text{maks} = C_2 \times Q_h \quad (5)$$

2.2 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan adalah suatu sistem yang digunakan untuk transportasi fluida antar peralatan (*equipment*) dari suatu tempat ke tempat yang lain sehingga proses produksi dapat berlangsung. Sistem ini menggunakan jaringan pipa sebagai sarana pendistribusian air. Untuk mendistribusikan air bersih dengan jaringan perpipaan terdapat beberapa sistem pengaliran, tergantung pada keadaan topografi, lokasi air baku, beda tinggi daerah pengaliran atau daerah layanan (Dairi, 2022).

Sedangkan pipa sendiri merupakan sebuah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Salah satu hal yang penting dalam perencanaan pipa yaitu penentuan dan penggunaan diameter pipa yang tepat, dikarenakan diameter pipa akan menunjang kenyamanan penghuninya. Diameter pipa yang tepat akan mengurangi resiko kehilangan tekanan (*pressure drop*) pada instalasi jaringan pipa air bersihnya. Rumus yang digunakan untuk menentukan diameter pipa sebagai berikut:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} \quad (6)$$

Untuk penentuan diameter pipa, pada penelitian ini menggunakan metode perhitungan diameter pipa berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing yang mengacu pada SNI-03-7065-2005, dengan melihat tabel nilai beban alat saniter air bersih berdasarkan jenisnya.

Kemudian menentukan kecepatan aliran guna menghitung *pressure drop* pada sistem instalasi pipa dan sistem pompa menggunakan rumus berikut :

$$V_{\text{cek}} = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2} \quad (7)$$

2.3 Kehilangan Tekanan (*Head Loss*)

Menurut Harwan Ahyadi (2021), Aliran di dalam suatu saluran selalu disertai dengan friksi, aliran terlalu cepat akan menimbulkan *pressure drop* yang tinggi sedangkan aliran yang terlalu lambat *pressure drop* nya akan rendah akan tetapi tidak efisien.

2.3.1 *Head Loss Major*

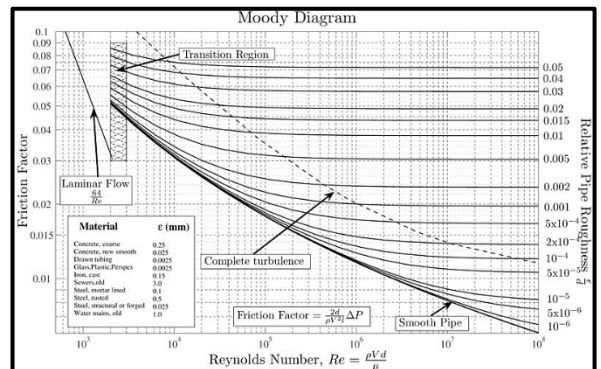
Aliran fluida yang melalui pipa akan mengalami kerugian head, hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh aliran fluida (kerugian kecil). Aliran fluida yang mengalir melalui pipa akan selalu mengalami kerugian head. Hal ini disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa. *Head loss major* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari Darcy Weisbach berikut:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}, \quad (8)$$

Di mana:

- h_f = Kerugian head karena gesekan pada pipa lurus (m);
- f = Koefisien gesekan;
- d = Diameter dalam pipa (m);
- L = Panjang pipa (m);
- v = Kecepatan aliran (m/s);
- g = Gaya gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$),

Dimana faktor gesekan (f) dapat dicari dengan menggunakan diagram moody seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Moody

2.3.2 *Head Loss Minor*

Selain kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terjadi kerugian karena kelengkapan pipa seperti belokan, siku, sambungan, katup dan sebagainya yang disebut dengan kerugian kecil (*minor losses*). *Head loss minor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dari Darcy Weisbach berikut:

$$h_f = k \frac{v^2}{2g}, \quad (9)$$

Di mana:

- h_f = Kerugian head karena gesekan (m);

- k = Koefisien;
- v = Kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s);
- g = Gaya gravitasi (9,8 /s²).

2.4 Perhitungan *Pressure Drop* Instalasi Pipa
 Perhitungan *pressure drop* adalah proses untuk menentukan penurunan tekanan yang terjadi dalam suatu sistem aliran fluida, seperti pipa atau saluran. Berikut langkah-langkah untuk menghitung *pressure drop* pada instalasi pipa,

1. Menentukan kecepatan aliran menggunakan rumus (7)
2. Menentukan nilai ϵ/D dengan nilai ϵ merupakan kekasaran relatif. Nilai kekasaran relative. Berikut untuk tabel kekasaran relative. Nilai kekasaran relatif dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 2. Nilai kekasaran relatif

Material (new)	Roughness (ϵ)		
	ft	m	mm
Riveted steel	0,003 – 0,03	0,0009 – 0,009	0,9 – 9
Concrete	0,001 – 0,01	0,0003 – 0,003	0,3 – 3
Wood stave	0,0006 – 0,003	0,0002 – 0,0009	0,2 – 0,9
Cast iron	0,00085	0,00026	0,26
Galvanized iron	0,0005	0,00015	0,15
Asphalted cast iron	0,0004	0,0001	0,1
Commercial steel or wrought iron	0,00015	0,000046	0,046
Drawn brass or copper tubing	0,000005	0,0000015	0,0015
Glass and plastic	“smooth”	“smooth”	“smooth”

Sumber: Moody & Princeton (1944)

3. Menentukan bilangan Reynold menggunakan rumus berikut,

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (10)$$
4. Menentukan harga koefisien gesek (f) menggunakan diagram *moody*.
5. Menghitung *pressure drop major* menggunakan rumus (8).
6. Menghitung *pressure drop minor* menggunakan rumus (9).

2.5 Perhitungan *Head Loss* Pompa

Perhitungan *head loss* pompa adalah proses untuk menentukan penurunan energi atau tekanan yang terjadi saat fluida mengalir melalui sistem perpipaan yang melibatkan pompa. Berikut beberapa langkah untuk menghitung *head loss* pompa,

1. Menghitung *static head loss* menggunakan rumus berikut,

$$static\ head\ loss = Panjang\ pipa\ naik - Panjang\ pipa\ turun \quad (11)$$

2. Menghitung *head loss major* menggunakan rumus dari Hazen William sebagai berikut,

$$hf = \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times L, \quad (12)$$

Dimana :

- hf = Kehilangan tekanan (m);
- C = Koefisien pipa;
- L = Panjang pipa (m);
- D = Diameter pipa (m);
- Q = Debit air (m³/s).

Untuk nilai koefisien pipa C, dapat dilihat pada tabel 3 berikut,

Tabel 3 Harga C (formula Hazen-William)

Jenis Pipa	C
Pipa besi cor baru	130
Pipa besi cor tua	100
Pipa baja baru	120-130
Pipa baja tua	80-100
Pipa dengan lapisan semen	130-140
Pipa dengan lapisan tera rang batu	140

Sumber : Pompa Dan Kompresor, Sularso, Tahara Haruo

3. Menghitung *head loss minor* pompa menggunakan rumus (9).
4. Menghitung tekanan hidrostatis untuk mengetahui berapa tekanan (bar) yang dihasilkan dari *head loss major* dan *minor* pada sistem pompa menggunakan rumus berikut,

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

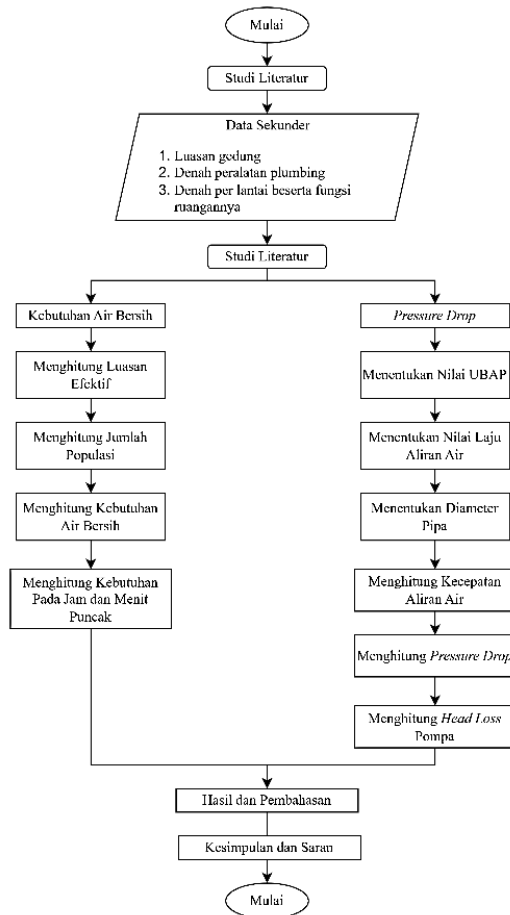
Di mana:

- P = Tekanan hidrostatis (bar);
- ρ = Massa jenis air 1000 (kg/m³);
- g = Gaya gravitasi (m/s²);
- h = Perbedaan elevasi (m).

III. METODE

3.1 Diagram Penelitian

Tahapan penulisan penelitian ini dilakukan seperti terlihat pada Gambar 3.1 berikut,



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3.2 Teknik Analisa Data

Data yang didapat dari perencanaan dihitung manual dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

- Menghitung luas efektif gedung, dengan cara luasan gedung dikalikan dengan 60%;
- Menghitung jumlah populasi menggunakan rumus (1);
- Menentukan jumlah kebutuhan air bersih pemakaian rata-rata dalam sehari menggunakan rumus (2);
- Menghitung pemakaian rata-rata air bersih per jam menggunakan rumus (3);

e) Menentukan jumlah kebutuhan air bersih pada jam puncak menggunakan rumus (4);

f) Menentukan jumlah kebutuhan air bersih pada menit puncak menggunakan rumus (5).

2. Perhitungan *Pressure Drop*

a) Setelah mengetahui komponen-komponen alat plumbing, ditentukan nilai UBAP (Unit Beban Alat Plumbing) yang kemudian di kumulatifkan;

b) Menentukan nilai laju aliran;

c) Menghitung diameter pipa menggunakan rumus (6);

d) Menghitung kecepatan aliran air menggunakan rumus (7);

e) Menentukan bilangan Reynold pada aliran menggunakan rumus (10);

f) Menentukan harga koefisien gesek pipa menggunakan diagram *moody*;

g) Menghitung *pressure drop* pada instalasi pipa lurus menggunakan rumus (8);

h) Menghitung *pressure drop* pada peralatan pipa (belokan sambungan) menggunakan rumus (9).

3. Menghitung *Head Loss* Pompa

a) Menghitung *head loss static*, menggunakan rumus (11).

b) Menghitung *major head loss* menggunakan rumus (12).

c) Menghitung *minor head loss* pada kelengkapan pompa (belokan, siku, katup) menggunakan rumus (10).

d) Menghitung tekanan hidrostatik, untuk mengetahui berapa tekanan (bar) yang dihasilkan dari *head loss major* dan *minor* pada sistem pompa menggunakan rumus (13).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Sebelum menghitung jumlah kebutuhan air bersih dalam gedung, perlu diketahui terlebih dahulu jumlah penghuni gedung. Dalam hal ini, jumlah penghuni gedung dihitung menggunakan luasan gedung yang ada, sebagai berikut:

Luas gedung = 34 m x 52,2m = 1.774,8 m²
 Luas lantai efektif = 1.774,8m² x 60% = 1.064,8m²

Jumlah Penghuni = $\frac{\text{Luas lantai efektif}}{\text{Kepadatan hunian}}$

Jumlah Penghuni = $\frac{1.064,8m^2}{5m^2} = 212,976 = 213$ orang

Pemakaian air bersih untuk gedung kuliah menurut Noerbambang, *et all.*, 2005 dalam buku Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing (Tabel 2.1) adalah 80 liter/orang/hari. Maka perhitungan kebutuhan air bersih berdasarkan jumlah penghuni adalah sebagai berikut,

- Q_d = jumlah penghuni x pemakaian air per orang/hari
- Q_d = 213orang x 80 liter/orang/hari = 17.040 liter/hari
- Jumlah kebutuhan air bersih keseluruhan 17.040 liter/hari x 5 lantai = 85.200 liter/hari = 85,2 m³/hari
- Pemakaian rata-rata air per jam

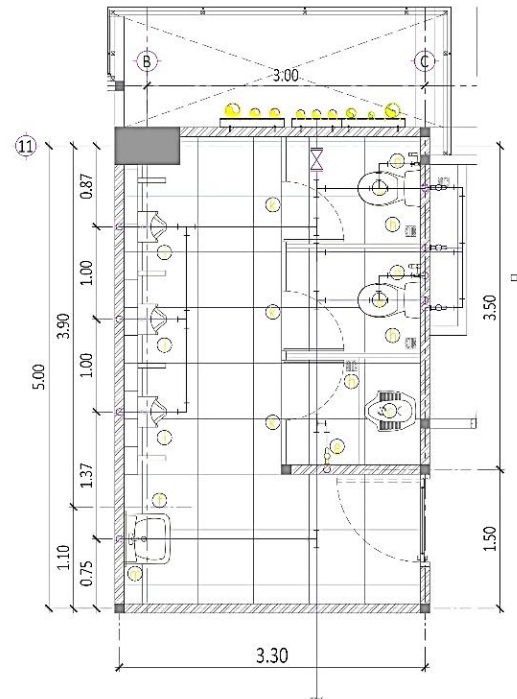
$Q_h = \frac{Q_d}{t}$
 $Q_h = \frac{85,2m^3/hari}{6 \text{ jam}} = 14,2m^3/jam$

- Pemakaian air bersih pada jam puncak
 $Q_h - \text{maks} = C_1 \times Q_h$
 $= 2 \times 14,2 = 28,4m^3/jam$
- Pemakaian air bersih pada menit puncak
 $Q_m - \text{maks} = C_2 \times Q_h$
 $= 4 \times 14,2 = 56,8m^3/jam$
 $= 56,8m^3/jam \times \frac{1}{60}$
 $= 0,947m^3/menit$

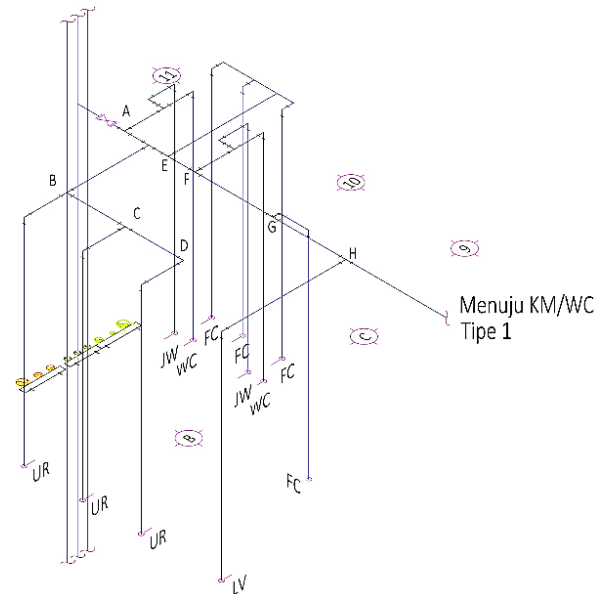
4.2 Perhitungan diameter pipa air bersih

Dalam gedung pendidikan terpadu agribisnis politeknik negeri jember terdapat 2 tipe kamar mandi/WC tipikal. Berikut merupakan perhitungan diameter pipa pada ruangan tersebut,

1. KM/WC Tipe 2 (laki-laki)



Gambar 3. Denah KM/WC Tipe 2



Gambar 4. Isometri Pipa Air Bersih KM/WC Tipe 2

Alat plumbing yang terdapat dalam KM/WC tipe 2 tipikal terdiri dari, *washtafel*, urinoir, *faucet* (keran), dan kloset. Berikut contoh perhitungan diameter pipa air bersih KM/WC tipe 2,

- Alat plumbing : kloset
- UBAP : 3
- Laju Aliran Air (Q)

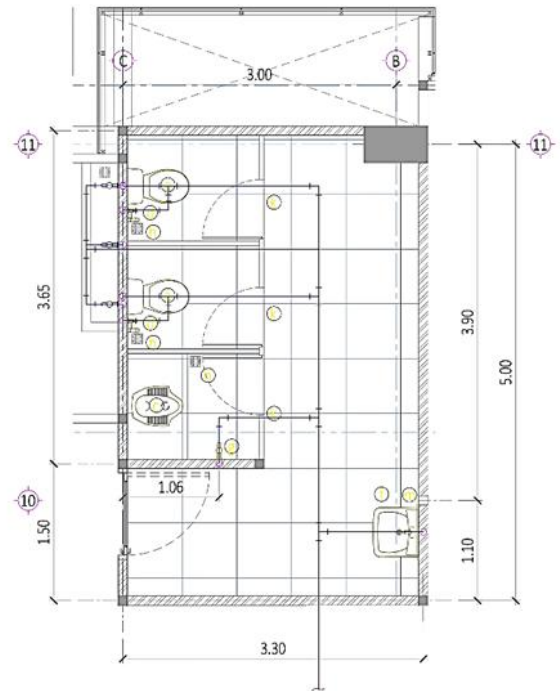
$$0,41 \text{ l/s} = 0,00041 \text{ m}^3/\text{s}$$

- Diameter pipa

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,00041 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 2 \text{ m/s}}} = 0,016 \text{ m} = 16,16 \text{ mm}$$

Tabel 3. Hasil perhitungan diameter pipa air bersih KM/WC tipe 2

Segmen Dari Ke	Jenis alat plumbing	UBAP	FU KUMULA TIF	Q(l/s)	Q(m3/s)	Diameter pipa (mm)	Diamater tersedia (mm)	V (m/s)
JW1	A jet washer kloset duduk 1	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
KD1	A kloset duduk 1	5	5	0.59	0.00059	19.38	20	1.88
A	B		7	0.74	0.00074	21.70	20	2.36
UR1	B urinoir	3	3	0.41	0.00041	16.16	20	1.31
B	C		10	0.92	0.00092	24.20	20	2.93
UR2	C urinoir	3	3	0.41	0.00041	16.16	20	1.31
C	D		13	1.01	0.00101	25.36	25	2.06
UR3	D urinoir	3	3	0.41	0.00041	16.16	20	1.31
B	E		16	1.37	0.00137	29.53	25	2.79
FC1	E faucet (keran)	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
FC2	E faucet (keran)	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
FC3	E faucet (keran)	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
E	F		22	1.24	0.00124	28.10	25	2.53
JW2	F jet washer kloset duduk 2	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
KD2	F kloset duduk 2	5	5	0.59	0.00059	19.38	20	1.88
F	G		29	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
FC4	G faucet (keran)	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
G	H		31	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
WS1	H washtafel	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
H	KM/W C tipe		33	1.24	0.00124	28.10	32	1.54



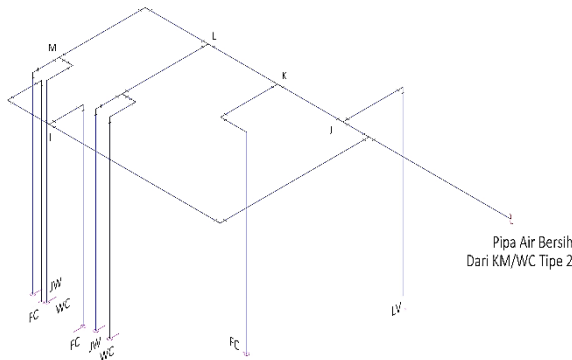
Gambar 6. Denah KM/WC Tipe 1

Untuk perhitungannya, sama dengan perhitungan diameter pipa pada KM/WC tipe 2, berikut hasil yang didapatkan,

Tabel 4. Hasil Perhitungan Diameter Pipa Air bersih KM/WC Tipe 1

Segmen Dari Ke	Jenis alat plumbing	UBAP	FU KUMULA TIF	Q(l/s)	Q(m3/s)	Diameter pipa (mm)	Diamater pakai (mm)	V (m/s)
H	I		33	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
FC1	I faucet (keran) 1	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
JW1	I jet washer 1	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
I	J		37	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
WS1	J washtafel	2	2	0.02	0.00002	3.57	16	0.10
J	K		39	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
FC2	K faucet (keran) 2	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
K	L		41	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
JW2	L et washer 2 kloset duduk 1	2	2	0.02	0.00002	3.57	16	0.10
KD1	L kloset duduk 1	5	5	0.59	0.00059	19.38	20	1.88
L	M		48	1.24	0.00124	28.10	32	1.54
FC2	M faucet (keran) 2	2	2	0.03	0.00003	4.37	16	0.15
KD2	M kloset duduk 2	5	5	0.59	0.00059	19.38	20	1.88

1. KM/WC Tipe 1 (Perempuan)



Gambar 5. Isometri Pipa Air Bersih KM/WC Tipe 1

4.3 Perhitungan Pressure Drop Instalasi Jaringan Pipa

Adapun proses perhitungan pressure drop dapat diuraikan pada rumus-rumus dibawah ini:

Daerah B-D:

- Titik B terdapat: Urinoir
- Beban unit plumbing: 3

- Laju aliran = 0,41 l/s
- Kecepatan aliran = 1,31 m/s
- Kekasaran relatif bahan
 $\epsilon/D = 0,0001/0,02 = 0,005$
- Bilangan Reynold aliran air didalam pipa
 $Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,31 \cdot 0,02}{1,002 \cdot 10^{-6}} = 26147,71$
- Dengan menggunakan *moody* diagram didapat
 $f = 0,033$
- Kerugian pipa lurus
 $h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = 0,033 \times \frac{3,96}{0,02} \frac{1,31^2}{2 \times 9,8} = 0,58m$
- Kerugian peralatan pipa
 4 buah *elbow* 90°
 $f = 0,75$
 $h_f = k \frac{v^2}{2g} = 0,75 \times \frac{1,31^2}{2 \times 9,8} = 0,65m$
 $4 \times 0,65 = 2,6m$
 2 buah *Tee*
 $f = 1$
 $h_f = k \frac{v^2}{2g} = 1 \times \frac{1,31^2}{2 \times 9,8} = 0,87m$
 $2 \times 0,87 = 1,74m$
- Total *pressure drop* pada daerah B – D adalah
 $h_{f \text{ total}} = h_f \text{ kerugian pipa lurus} + h_f \text{ kerugian peralatan pipa}$
 $h_{f \text{ total}} = 0,58 + 2,6 + 1,74 = 4,92m$

Berikut untuk hasil *pressure drop* KM/WC tipe 1 dan tipe 2 tipikal

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Pressure Drop* KM/WC tipikal

Daerah	D (mm)	V (l/s)	ϵ/D	f	L (m)	Kerugian pipa lurus (m)	Kerugian peralatan pipa (m)	h_f (total) (m)
A-B	16	0.15	0.005	0.051	4.38	0.016	0.003	0.612
A-B	20	1.88	0.005	0.032	1.55	0.447	0.146	
B-D	20	1.31	0.005	0.033	3.96	0.572	2.602	3.174
A-E	25	2.97	0.005	0.031	1.9	1.060	0.122	1.208
A-E	16	0.15	0.005	0.051	6.57	0.024	0.003	
E-F	25	2.53	0.005	0.031	0.94	0.381	0.176	1.247
E-F	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.002	
E-F	20	1.88	0.005	0.032	2.19	0.632	0.049	0.299
F-G	32	1.54	0.005	0.032	0.89	0.108	0.182	
F-G	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.002	0.264
G-H	32	1.54	0.005	0.032	1.84	0.223	0.033	
G-H	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.001	6.141
H-I	32	1.54	0.005	0.032	28.58	3.458	2.665	
H-I	16	0.15	0.005	0.051	4.38	0.016	0.002	0.166
I-J	32	1.54	0.005	0.032	1.03	0.125	0.033	
I-J	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.001	0.269
J-K	32	1.54	0.005	0.032	1.6	0.194	0.065	
J-K	16	0.15	0.005	0.051	2.52	0.009	0.001	1.128
K-L	32	1.54	0.005	0.032	2.37	0.287	0.065	
K-L	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.001	1.270
K-L	20	1.88	0.005	0.032	2.19	0.632	0.135	
L-M	32	1.54	0.005	0.032	2.27	0.275	0.124	1.270
L-M	16	0.15	0.005	0.051	2.19	0.008	0.001	
L-M	20	1.88	0.005	0.032	2.52	0.727	0.135	15.78
TOTAL								

Pada lantai 1 juga terdapat 8 set *kitchen sink* untuk ruangan laboratorium hewani, berikut untuk hasil *pressure drop* pada area tersebut,

Tabel 6. Hasil perhitungan *pressure drop* area laboratorium hewani

Daerah	D (mm)	V (l/s)	ϵ/D	f	L (m)	Kerugian pipa lurus (m)	Kerugian peralatan pipa (m)	h_f (total) (m)
Area Laboratorium Hewani	32	1.54	0.005	0.051	33.5	6.460	0.229	6.69

Jadi, didapatkan hasil *pressure drop* tiap lantai sebagai berikut,

Tabel 7. Hasil *Pressure Drop* Tiap Lantai

Lantai	<i>Pressure Drop</i> (m)
Lantai 1	22,47
Lantai 2	15,78
Lantai 3	15,78
Lantai 4	15,78
Lantai 5	15,78

4.4 Perhitungan *Head Loss* Pompa

Head loss yang tinggi dapat menyebabkan pompa bekerja lebih keras, yang dapat mengurangi umur pompa dan meningkatkan biaya operasional. Dengan perhitungan yang tepat, dapat memastikan bahwa pompa beroperasi dalam rentang efisien. Perhitungan ini juga membantu dalam mencegah masalah *cavitation*, yang dapat merusak pompa dan mengganggu aliran fluida. Berikut tahapan perhitungan *head loss* pompa,

- Menghitung *head loss static*
 $static \ head \ loss = \text{Panjang pipa naik} - \text{Panjang pipa turun}$
 $static \ head \ loss = 20,5 - 1,20 = 19,3m$
- Menghitung *head loss major* menggunakan rumus dari Hazen William
 Untuk sistem pompa yang digunakan, meliputi spesifikasi sebagai berikut,
Transfer pump
 $Q \text{ (debit)} = 24m^3 / jam = 0,0067m^3 / s$
 Diameter pipa = 60mm
 Kecepatan aliran V (m/s) = Q/A
 $A = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,06 \times 0,06 = 0,0028m^2$
 $V = Q/A = 0,0067 \times 0,0028 = 2,39 \text{ m/s}$
 $hf = \frac{10,67 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,87}} \times L,$
 $= \frac{10,67 \times 0,0067^{1,85}}{130^{1,85} \times 0,06^{4,87}} \times 50 = 4,56m$
- Menghitung *head loss minor*
 Sebelum itu, berikut untuk nilai koefisien jenis dan jumlah peralatan pipa pada sistem

pompa yang terdapat pada Gedung Pendidikan Terpadu Agribisnis Politeknik Negeri Jember,

Tabel 8. Nilai koefisien, jenis dan jumlah peralatan pipa pada sistem pompa

Jenis Peralatan	Jumlah	K	K (total)
Elbow 90°	9	0,63	5,67
Gate Valve	4	0,15	0,6
Strainer	2	1	2
Flexible joint	3	0,04	0,12
Check Valve	2	2,6	5,2
K Total			13,59

- Head loss minor

$$h_f = k \frac{v^2}{2g} = 13,59 \frac{2,39^2}{2 \times 9,8} = 3,96\text{m}$$

- Head loss total

$$\begin{aligned} & \text{head loss major} + \text{head loss minor} + \text{static head loss} \\ & = 4,56 + 3,96 + 19,3 = 27,82\text{m} \end{aligned}$$

- Menghitung tekanan hidrostatik

$$\begin{aligned} P &= \rho \times g \times h \\ &= 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8\text{m/s} \times 21,82\text{m} \\ &= 213.836 \text{ Pa} = 2,13 \text{ bar} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

1. Jumlah penghuni gedung dihitung berdasarkan luasan gedung, didapatkan hasil sebanyak 213 jiwa. Kemudian untuk kebutuhan rata-rata air bersih per hari sebesar $85\text{m}^3/\text{hari}$, kebutuhan rata-rata air bersih per jam sebesar $14,2\text{m}^3/\text{jam}$, kebutuhan air bersih pada jam puncak sebesar $28,4\text{m}^3/\text{jam}$, kebutuhan air bersih pada menit puncak sebesar $0,947\text{m}^3/\text{menit}$.
2. Untuk diameter pipa horizontal didapatkan sebesar 32mm (1 inchi), untuk pipa dari daerah B ke D didapatkan 2 ukuran diameter pipa yaitu 20mm(1/2 inchi) untuk pipa horizontal dan vertikal ke arah urinoir dan diameter pipa 25mm(3/4 inchi) untuk daerah C-D pada pipa vertikal. Untuk pipa ke arah *faucet* (keran) dan *jet washer* didapatkan diameter pipa sebesar 16mm (1/2 inchi), dan untuk pipa ke arah kloset duduk didapatkan diameter pipa sebesar 20mm (1/2 inchi).

REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional. (2005). *SNI 03-7065-2005. Tata Cara Perencanaan Sistem Plumbing*. Jakarta, Badan Standarisasi Nasional.
- Ahyadi, H., Suprijatmono, D., & Alcholili, I. (2021). Analisis kinerja sistem distribusi air bersih di Anjungan Lepas Pantai X. *Teknik Mesin, PRESISI*, V(2), 1-18.
- Dairi, R. H. (2022). Sistem jaringan distribusi perpipaan air bersih di Kecamatan Mawasangka Timur Kabupaten Buton Tengah. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(1), 9–17.
- Moody, L. F. & Princeton, N. J. (1944). Friction factors for pipe flow. *ASME Trans*, 66 : 671-684.
- Noerbambang, S. & Morimura, T. (2005). *Perancangan dan pemeliharaan sistem plumbing*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Lilipaly, I, P., Badriani, R, E., & Dhokhikah, Y. (2021). Perencanaan sistem plumbing dan hidran kebakaran pada proyek pembangunan Hotel Pesona Alam. *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmedewa*, 10(2), 266-279.
- Sularso & Haruo, T. (2000). *Pompa Dan Kompresor*. Jakarta: Pradnya Paramita