



Desain Sistem Plambing Air Bersih Dan Air Buangan Pada Gedung Rusunawa Kelurahan Karame Kota Manado

Ireine O. Siwi^{#a}, Roski R. I. Legrans^{#b}, Arthur H. Thambas^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^agitasiwi16@gmail.com, ^blegransroski@unsrat.ac.id, ^carthurthambas@unsrat.ac.id

Abstrak

Tulisan ini bertujuan untuk mendesain sistem plambing yang meliputi sistem plambing air bersih, sistem plambing air buangan (*black water & grey water*), dan sistem vent. Tahap desain meliputi perhitungan populasi rusunawa, perancangan kapasitas tanki bawah dan tanki atas, perancangan jaringan pipa air bersih, jaringan pipa air buangan dan sistem vent. Hasil perhitungan populasi diperoleh jumlah penghuni rusunawa yakni 300 jiwa dengan kebutuhan air bersih (Q_{total}) adalah $36 \text{ m}^3/\text{hari}$. Kapasitas tanki bawah adalah 25 m^3 dan kapasitas tanki atas adalah 12 m^3 . Perancangan jaringan pipa air bersih, air buangan, dan sistem vent pada gedung Rusunawa Kelurahan Karame mengacu pada ketentuan SNI 8153:2015 tentang Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung yang merupakan penggabungan revisi antara SNI 03-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing dan SNI 03-6481-2000 tentang Sistem Plambing. Berdasarkan SNI tersebut dan alat plambing yang digunakan pada seluruh lantai gedung Rusunawa maka dirancang diameter pipa dinas air bersih yakni pipa berukuran 4", pipa datar shaf ke setiap lantai yakni pipa berukuran 2½" dan pipa perangkap tiap alat plambing yakni pipa berukuran ½". Diameter pipa dinas air buangan *grey water* digunakan pipa berukuran 5", untuk *black water* menggunakan pipa berukuran 4", dan sistem vent menggunakan pipa berukuran 6". Tekanan yang bekerja pada setiap plambing memenuhi persyaratan tekanan minimum dalam SNI 03-7065-2005, yakni 0.2 kgf/cm^2 . Tekanan air pada alat plambing yang berada pada lantai 3 dan 4 tidak memenuhi persyaratan tekanan minimum sehingga memerlukan tambahan tekanan dengan menggunakan *booster pump*.

Kata kunci: Rusunawa Kelurahan Karame, sistem plambing air bersih, sistem plambing air buangan

1. Pendahuluan

Rumah susun sewa (Rusunawa) akan dibangun untuk memenuhi kebutuhan rumah sederhana dan terjangkau bagi masyarakat di Kelurahan Karame, Kecamatan Singkil, Kota Manado dan merupakan gedung bertingkat 4 (empat) lantai. Selain air bersih yang diperlukan untuk kebutuhan penghuni dan fasilitas gedung, dalam satu gedung akan ada air buangan yang harus ditangani dengan baik agar tidak mengganggu kenyamanan dan kesehatan pengguna gedung, meminimalkan risiko, dan memastikan keamanan air yang sehat serta sanitasi yang baik.

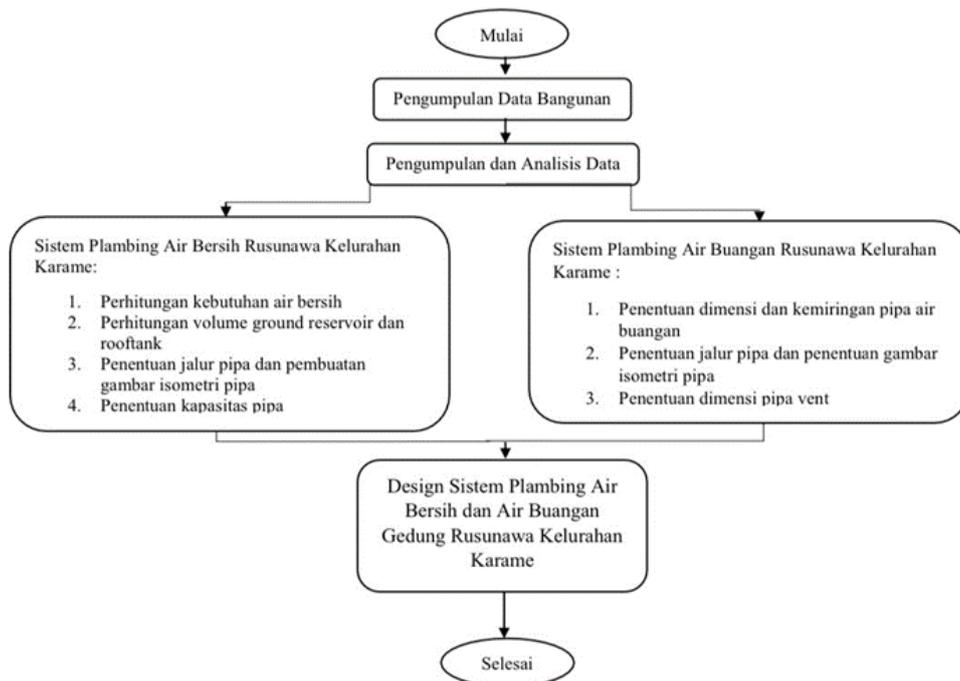
Badan Standarisasi Nasional (BSN) telah mengeluarkan SNI 8153:2015 tentang Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung dengan berbagai persyaratan yang bertujuan untuk melindungi kesehatan dan keamanan, meminimalkan risiko, dan memastikan keamanan air yang sehat serta sanitasi yang baik. Tulisan ini menitikberatkan pada perancangan sistem plambing air bersih dan air buangan untuk Rusunawa Kelurahan Karame dengan mengacu kepada SNI yang ada, dimana tahap perancangan meliputi perhitungan populasi rusunawa, perhitungan kebutuhan air bersih setiap hari, perhitungan kapasitas tanki bawah dan tanki atas serta pipa transmisi (pipa dinas), perancangan jaringan pipa air bersih, jaringan pipa air buangan dan sistem vent, perhitungan kehilangan energi dan perhitungan tekanan pada unit alat plambing.



Gambar 1. Lokasi Gedung Rusunawa Kelurahan Karame: 1°29'21" N dan 124°51'4" E

2. Diagram Alir Perancangan

Perancangan sistem plambing pada gedung Rusunawa menggunakan alur yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Perancangan

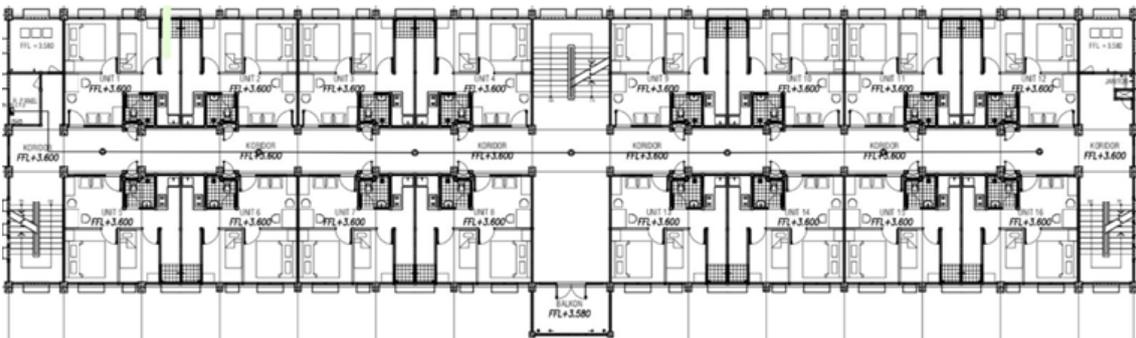
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Gedung Perencanaan

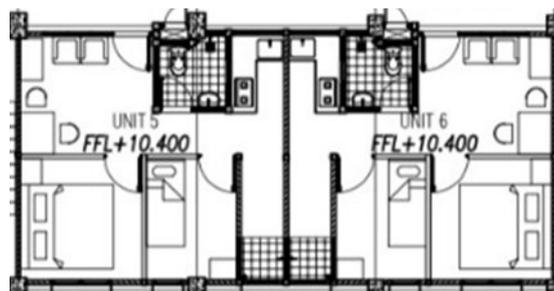
Pembangunan Rusunawa Kelurahan Karame direncanakan memiliki 1 tower dengan 4 lantai dan terdiri dari 60 unit kamar tipe 36 dengan fasilitas 2 kamar tidur, 1 kamar mandi, 1 ruang tamu, dapur serta ruang cuci, dan akan dilengkapi dengan fasilitas penunjang seperti ruangan serbaguna, ruangan untuk pengelola, mushola, dan ruangan janitor yang terletak di lantai 1. Gambar 4 dan Gambar 5 adalah denah tiap lantai yang dijadikan referensi dalam perancangan sistem plambing ini.



Gambar 3. Denah Lantai 1



Gambar 4. Denah Lantai 2 (Tipikal Untuk Lantai 2 Sampai 4)



Gambar 5. Detail Denah Unit

3.2. Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih menggunakan sistem tanki atas, dimana air bersih dialirkan dari tangki atas ke daerah layanan alat plambing pada lantai 1 sampai lantai 4. Sumber air bersih untuk gedung rusunawa mengambil dari jaringan pemipaan PDAM yang ditampung di tanki bawah dan kemudian dalirkan ke tanki atas dengan menggunakan pompa.

3.2.1 Perhitungan Debit Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih pada gedung ini berdasarkan perkiraan jumlah penghuni. Jumlah penghuni Rusunawa dihitung dengan mengasumsikan setiap kamar mampu menampung

5 orang sehingga total jumlah penghuni rusunawa adalah 300 jiwa dengan jumlah kamar yakni 60 unit. Kebutuhan air bersih untuk gedung Rusunawa Kelurahan Karama dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebutuhan Air Bersih

Lantai	Jumlah Penghuni (Orang)	Kebutuhan Air (l/o/hari)	Q ₁ (m ³ /hari)	Q _h (m ³ /jam)	Q _{h-max} (m ³ /jam)	Q _{m-max} (m ³ /menit)
Lantai 1	60	100	6	7,2	1,8	0,06
Lantai 2	80	100	8	9,6	2,4	0,08
Lantai 3	80	100	8	9,6	2,4	0,08
Lantai 4	80	100	8	9,6	2,4	0,08
Total	300	100	30	4,5	9	0,3

3.2.2 Perhitungan Volume Ground Reservoir dan Rooftank

Perhitungan untuk mendapatkan volume ground reservoir adalah sebagai berikut.

$$V_R = [Q_d - (Q_s \times t)] \times T$$

Keterangan:

Q_d = Jumlah kebutuhan air per hari (m³/hari)

Q_s = Kapasitas pipa dinas (m³/jam)

t = waktu pemakaian per hari (jam/hari)

T = waktu penampungan (1 hari)

V_R = volume ground reservoir (m³)

$$\begin{aligned} Q_s &= \frac{2}{3} Q_h \\ &= \frac{2}{3} \times 4,5 \frac{m^3}{jam} \\ &= 3 \text{ m}^3/jam \end{aligned}$$

Jika waktu pemakaian air pada rusun adalah 8 jam/hari maka volume tanki bawah yakni:

$$\begin{aligned} V_R &= [Q_d - (Q_s \times t)] \times T \\ &= [36 \text{ m}^3/hari - (3 \text{ m}^3/jam \times 8 \text{ jam/hari})] \times 1 \text{ hari} \\ &= 12 \text{ m}^3 \\ &= 12.000 \text{ liter} \end{aligned}$$

Kapasitas efektif tangki atas dinyatakan dengan rumus :

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

Dimana :

V_E = Kapasitas efektif tangki atas (m³)

Q_P = Kebutuhan puncak (m³/menit)

Q_{hmax} = Kebutuhan jam puncak (m³/menit)

Q_{PU} = Kapasitas pompa pengisi (m³/menit)

T_P = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

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

$$\begin{aligned} &= (0,3 - 0,15) \times 60 - (0,15 \times 25) \\ &= 5,25 \text{ m}^3 \\ &= 5250 \text{ liter} \end{aligned}$$

Untuk memaksimalkan penyediaan air bersih dilakukan penambahan kapasitas sebesar 100%, sehingga volume tanki bawah yang direncanakan menyesuaikan dengan kapasitas tanki di pasaran yakni 25 m³. Sedangkan kapasitas tanki atas menggunakan tanki berkapasitas 2 x 6 m³.

3.2.3 Penentuan Dimensi Pipa Distribusi Air Bersih

Rumus utama menghitung diameter pipa untuk distribusi berdasarkan kecepatan aliran air adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q &= V \cdot A \\ A &= \pi D^2/4 \\ D &= ((4Q)/(\pi V))^{(1/2)} \end{aligned}$$

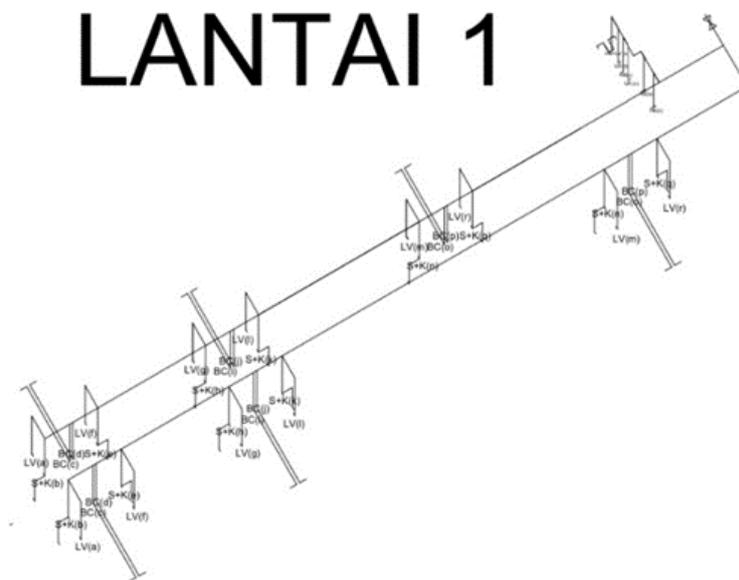
Dimana:

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{Laju aliran air yang dibutuhkan (m}^3/\text{det)} \\
 V &= \text{Kecepatan aliran air yang melalui pipa (m/det)} \\
 A &= \text{Luas penampang pipa (m}^2) \\
 D &= \text{diameter pipa (m)} \\
 D &= ((4Q)/(\pi V))^{(1/2)} \\
 &= ((4 \times 0,00023)/(3,14 \times 2))^{(1/2)} \\
 &= 0,012 \text{ m}
 \end{aligned}$$

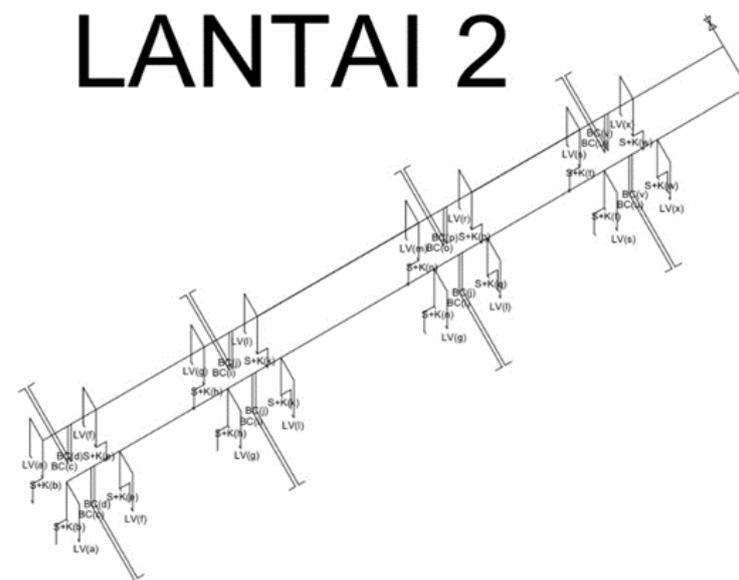
Untuk menyesuaikan ukuran ukuran pipa hasil perhitungan dengan yang beredar di pasaran diambil pipa berukuran 0,015 m (pipa 1/2").

$$\text{Kontrol kecepatan aliran: } V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0,00023}{3,14 \times 0,015^2} = 1,302194 \text{ m/det} < 2 \text{ m/det}$$

Tahap selanjutnya adalah merencanakan jaringan pipa air bersih berdasarkan letak alat plambing menurut desain arsitektur. Penentuan dimensi pipa menurut beban alat plambing pada masing-masing lantai. Alat plambing pada lantai 2, 3, dan 4 memiliki jenis dan letak yang sama secara vertical, sehingga menggunakan diameter pipa yang sama. Pada lantai 1 terdapat beberapa alat plambing yang berbeda dari yang ada pada lantai 2 sd. lantai 4. Isometri jaringan pipa air bersih untuk lantai 1-4 dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Desain Isometri Pipa Air Bersih Lantai 1



Gambar 7. Desain Isometri Pipa Air Bersih Lantai 2 (Tipikal Untuk Lt. 2-4)

3.2.4 Perhitungan Kehilangan Energi (Headloss)

a. Perhitungan Tekanan Hidrostatik

$$P = \rho g h$$

Keterangan

P = Tekanan

ρ = massa jenis (998 kg/m³)

g = gravitasi (9,81 m/s)

h = beda tinggi

Contoh perhitungan tekanan hidrostatik pada alat plambing lavatory di lantai 4 adalah sebagai berikut:

h = beda tinggi tanki atas sampai lavatory lantai 4 = 2,58 m

P = $\rho g h$

= 998 x 9,81 x 2,58

= 25259,2 N/m²

Penyesuaian satuan ke dalam satuan pipa kg/cm²

25259,2 x 0,00001 = 0,25259 barr x 1,0197 = 0,25757 kg/cm² = 0,2 kg/cm² < 0,3 kg/cm².

Perhitungan tekanan hidrostatik selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 2 sd. Tabel 5.

Tabel 2. Perhitungan Tekanan pada Alat Plambing Lt. 1

Lantai 1								
Kloset	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	135400.9554	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.354009554	barr		
	h	beda tinggi at ap sampai mata kran lantai 1	13.83	m	1.380683542	kg/cm ²	1.3	kg/cm ²
Lavatory	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	127079.1324	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.270791324	barr		
	h	beda tinggi at ap sampai mata kran lantai 1	12.98	m	1.295825913	kg/cm ²	1.3	kg/cm ²
Shower	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	122183.9424	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.221839424	barr		
	h	beda tinggi at ap sampai mata kran lantai 1	12.48	m	1.245909661	kg/cm ²	1.2	kg/cm ²
Bak Cuci Dapur	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	127079.1324	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.270791324	barr		
		beda tinggi at ap sampai mata kran lantai 1	12.98	m	1.295825913	kg/cm ²	1.3	kg/cm ²
Bak Cuci Pakaian	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	127079.1324	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.270791324	barr		
		beda tinggi at ap sampai mata kran lantai 1	12.98	m	1.295825913	kg/cm ²	1.3	kg/cm ²

Tabel 3. Perhitungan Tekanan pada Alat Plumbing Lt. 2

Lantai 2								
Kloset	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	100155.5874	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	1.001555874	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	10.23	m	1.021286525	kg/cm ²	1	kg/cm ²
Lavatory	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	91833.7644	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.918337644	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 2	9.38	m	0.936428896	kg/cm ²	0.9	kg/cm ²
Shower	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	86938.5744	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.869385744	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 2	8.88	m	0.886512643	kg/cm ²	0.9	kg/cm ²
Bak Cuci Dapur	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	91833.7644	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.918337644	barr		
		beda tinggi atap sampai mata kran lantai 2	9.38	m	0.936428896	kg/cm ²	0.9	kg/cm ²
Bak Cuci Pakaian	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	91833.7644	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.918337644	barr		
		beda tinggi atap sampai mata kran lantai 2	9.38	m	0.936428896	kg/cm ²	0.9	kg/cm ²

Tabel 4. Perhitungan Tekanan pada Alat Plumbing Lt. 3

Lantai 3								
Kloset	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	66868.2954	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.66868295	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	6.83	m	0.68185601	kg/cm ²	0.6	kg/cm ²
Lavatory	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	58546.4724	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.58546472	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	5.98	m	0.59699838	kg/cm ²	0.6	kg/cm ²
Shower	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	53651.2824	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.53651282	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	5.48	m	0.54708213	kg/cm ²	0.5	kg/cm ²
Bak Cuci Dapur	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	58546.4724	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.58546472	barr		
		beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	5.98	m	0.59699838	kg/cm ²	0.6	kg/cm ²
Bak Cuci Pakaian	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	58546.4724	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.58546472	barr		
		beda tinggi atap sampai mata kran lantai 3	5.98	m	0.59699838	kg/cm ²	0.6	kg/cm ²

Tabel 5. Perhitungan Tekanan pada Alat Plumbing Lt. 4

Lantai 4								
Kloset	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	33581.0034	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.33581003	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 4	3.43	m	0.34242549	kg/cm ²	0.3	kg/cm ²
Lavatory	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	25259.1804	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.2525918	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 4	2.58	m	0.25756786	kg/cm ²	0.2	kg/cm ²
Shower	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	20363.9904	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.2036399	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 4	2.08	m	0.20765161	kg/cm ²	0.2	kg/cm ²
Bak Cuci Dapur	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	25259.1804	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.2525918	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 4	2.58	m	0.25756786	kg/cm ²	0.2	kg/cm ²
Bak Cuci Pakaian	ρ	Massa Jenis	998	kg/m ³	25259.1804	N/m ²		
P	g	Gravitasi	9.81	m/s	0.2525918	barr		
	h	beda tinggi atap sampai mata kran lantai 4	2.58	m	0.25756786	kg/cm ²	0.2	kg/cm ²

Alat plumbing yang berada pada lantai 3 dan 4 menerima tekanan yang lebih kecil dari tekanan minimum yang diperlukan alat plumbing, sehingga memerlukan pompa tekan.

b. Perhitungan Pressure Drop

- Bilangan Reynold

$$Re = \frac{vd}{\mu}$$

$\mu = 0,984 \times 10^{-6}$ pada suhu 21,1

$$Re = \frac{1,5 \frac{m}{s} \times 0,015 m}{0,984 \times 10^{-6}} = 2,28659 \times 10^4$$

- Kekasaran Realatif Bahan

$$\frac{\epsilon}{D}$$

$$\epsilon = 0,0015 - 0,007 \text{ mm, karena bahan pipa pvc} = \frac{0,0015 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 0,0001$$

Selanjutnya nilai bilangan Reynold dan nilai kekasaran relative bahan di-plot ke grafik diagram Moody.

- Inrerpulasi

$$X = 1,43$$

$$X1 = 1$$

$$X2 = 2$$

$$Y1 = 0,012$$

$$Y2 = 0,013$$

$$Y = Y1 + \frac{(X-X1)}{(X2-X1)} (Y2 - Y1)$$

$$Y = 0,012 + \frac{(1,43 - 1)}{(2 - 1)} (0,013 - 0,012) = 0,012$$

- Kehilangan energi akibat pipa lurus (H_f)
Berikut ini adalah perhitungan kehilangan energi akibat pipa lurus pada daerah layanan lavatory:

$L = 4.6 \text{ m}$
 $D = 0.015 \text{ m}$
 $V = 0.94 \text{ m/det}$
 $g = 9.81 \text{ m/det}$
 $F = 0.012$

$$H_f = F \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0,012 \frac{4,6}{0,015} \frac{(0,94)^2}{2(9,81)} = 0,171741748 \text{ m}$$

- Koefisien gesekan akibat peralatan pipa

- Belokan pipa (elbow)

Rumus untuk belokan pipa atau elbow ditentukan berdasarkan sudut belokan pipa yang terdapat pada daerah layanan tersebut. Dalam penelitian ini, semua belokan pipa mempunyai sudut 90° maka perhitungan dilakukan sebagai berikut :

$$K = 30 \times fr$$

Keterangan:

fr = gesekan pipa, dimana data gesekan pipa dapat di lihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 6. Koefisien Gesekan Pipa

Nominal	mm	15	20	25	32	40	50	65, 80	100	125	150	200-250	300-400	450-
Size	in.	1/2	3/4	1	3 3/4	1 1/2	2	2 1/2	4	5	6	8, 10	12 - 16	18.24
Fraction Factor	(fr)	0.027	0.025	0.023	0.022	0.021	0.019	0.018	0.017	0.016	0.015	0.014	0.013	0.012

$$K = 30 \times fr$$

$$K = 30 \times 0,027 = 0,81$$

- Menghitung Kehilangan Energi Minor

$$Headloss \text{ Minor} = K \frac{V^2}{2.g}$$

Keterangan:

Contoh perhitungan kehilangan energi pada daerah layanan lavatory pada lantai 4 adalah sebagai berikut:

$$K = 0.81 \times 2 = 1,62 \text{ (}\times 2 \text{ karena terdapat dua belokan pada daerah layanan ini)}$$

$$V = 0,94 \text{ m/det (kecepatan aliran pada pipa daerah layanan lavatory)}$$

$$g = 9,81 \text{ m/det}$$

$$Headloss \text{ Minor} = 1,62 \frac{0,94^2}{2 \times 9,81} = 0.07352062 \text{ m}$$

Tabel 7. Kehilangan Energi akibat Pipa Lurus Lt. 1

5. ANALISIS KERUGIAN GESEKAN (H_f) Pipa Lurus					
Daerah aliran a (Lavatory)					
H_f	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01234		0.171741748 m
		L	4.6	m	
		v	0.94		
		D	0.015		
Daerah aliran b (shower dan kloset)					
H_f	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01229		0.404560675 m
		L	4.25	m	
		v	1.51		
		D	0.015		
Daerah aliran c (bak cuci piring + bak cuci pakaian)					
H_f	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01201		1.34605799 m
		L	8.4	m	
		v	1.98		
		D	0.015		
Lantai 1					

Tabel 8. Kehilangan Energi akibat Pipa Lurus Lt. 2

Daerah aliran a (Lavatory)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01234		0.163017	m
		L	4,4	m		
		v	0.94			
		D	0.015			
Daerah aliran b (shower dan kloset)						
	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01229		0.380539	m
		L	4.05	m		
		v	1.50			
		D	0.015			
Daerah aliran c (bak cuci piring + bak cuci pakaian)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01201		1.311889	m
		L	8.2	m		
		v	1.98			
		D	0.015			
Lantai 2						

Tabel 9. Kehilangan Energi akibat Pipa Lurus Lt. 3

Daerah aliran a (Lavatory)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01234		0.148197404	m
		L	4	m		
		v	0.94			
		D	0.015			
Daerah aliran b (shower dan kloset)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01229		0.342954893	m
		L	3.65	m		
		v	1.50			
		D	0.015			
Daerah aliran c (bak cuci piring + bak cuci pakaian)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01201		1.247894092	m
		L	7.8	m		
		v	1.98			
		D	0.015			
Lantai 3						

Tabel 10. Kehilangan Energi akibat Pipa Lurus Lt. 4

Daerah aliran a (Lavatory)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01234		0.177836885	m
		L	4.8	m		
		v	0.94			
		D	0.015			
Daerah aliran b (shower dan kloset)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01229		0.418123089	m
		L	4.45	m		
		v	1.50			
		D	0.015			
Daerah aliran c (bak cuci piring + bak cuci pakaian)						
Hf	$F \times \frac{LV^2}{D2g}$	F	0.01201		1.375883229	m
		L	8.6	m		
		v	1.98			
		D	0.015			
Lantai 4						

Tabel 11. Kehilangan Energi akibat Peralatan Pipa pada Lt. 1 sd. Lt. 4

6. ANALISIS KERUGIAN PERALATAN PIPA (K)						
a. belokan Pipa (Elbow)						
K	R pipa elbow		90			
	D		0.015	1/2"		
	fr		0.027			
	30 fr		0.81			
b. Menghitung Minor Less Daerah a						
HLM	$Kx \frac{V^2}{2g}$	k		1.62		0.07352062
		v		0.94	m/s ²	
		g		9.81	m/s ²	
c. Menghitung Minor Less Daerah b						
HLM	$Kx \frac{V^2}{2g}$	k		1.62		0.188212787
		v		1.51	m/s ²	
		g		9.81	m/s ²	
d. Menghitung Minor Less Daerah c						
HLM	$Kx \frac{V^2}{2g}$	k		1.62		0.324225934
		v		1.98	m/s ²	
		g		9.81	m/s ²	

Tabel 12a. Diameter Pipa Air Bersih pada Lt. 1

Section Lt. 1a											
Alat Plambing	Jumlah	UBAP	Wsfu	Daerah Pipa	Q (l/s)	Q (l/menit)	Q (m ³ /s)	D Hitung	D pakai	V Kontrol	Ket
Lavatory	1	1	1	a	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	Memenuhi Syarat Kecepatan Aliran Dalam Pipa
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	b	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	c	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	d	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	e	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	h	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	i	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	j	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	k	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	l	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Lavatory	1	1	1	m	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	n	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	o	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	p	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	q	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	r	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Hoss Bibb + Lavatory	2	7	7	s	0.31666667	19	0.00031667	0.014202	0.015	1.79287568	
Urinal	1	2	2	t	0.2	12	0.0002	0.011287	0.015	1.13234253	
Hoss Bibb	1	2.5	2.5	u	0.21666667	13	0.00021667	0.011748	0.015	1.22760441	
Urinal	1	2	2	v	0.2	12	0.0002	0.011287	0.015	1.13234253	
Hoss Bibb	2	5	5	w	0.28333333	17	0.00028333	0.013434	0.015	1.60415192	
Hoss Bibb	2	5	5	x	0.28333333	17	0.00028333	0.013434	0.015	1.60415192	
Pipa Cabang Section Lt. 1a	1	104.5	104.5	B	6.2	372	0.0062	0.062841	0.065	1.86937022	
Section Lt. 1b											
Alat Plambing	Jumlah	UBAP	Wsfu	Daerah Pipa	Q (l/s)	Q (l/menit)	Q (m ³ /s)	D Hitung	D pakai	V Kontrol	Ket
Lavatory	1	1	1	a	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	Memenuhi Syarat Kecepatan Aliran Dalam Pipa
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	b	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	c	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	d	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	e	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	h	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	i	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	j	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	k	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	l	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Lavatory	1	1	1	m	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	n	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	o	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	p	0.35	21	0.00035	0.014931	0.015	1.98159943	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	q	0.26666667	16	0.00026667	0.013033	0.015	1.50979004	
Lavatory	1	1	1	r	0.16666667	10	0.00016667	0.010303	0.015	0.94361878	
Pipa Cabang Section LT. 1	1	81	81	A	4.7	282	0.0047	0.054714	0.065	1.41710323	
Pipa Dinas Section Lt. 1	1	185.5	185.5	L	10.9	654	0.0109	0.083323	0.1	1.38853503	

Tabel 12b. Diameter Pipa Air Bersih pada Lt. 2

Section Lt. 2a											
Alat Plambing	Jumlah	UBAP	WSFU	Daerah Pipa	Q (l/s)	Q (l/menit)	Q (m ³ /s)	D Hitung	D pakai	V Kontrol	Ket
Lavatory	1	1	1	a	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	Memenuhi Syarat Kecepatan Aliran Dalam Pipa
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	b	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	c	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	d	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	e	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	h	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	i	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	j	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	k	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Lavatory	1	1	1	l	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Lavatory	1	1	1	m	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	n	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	o	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	p	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	q	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Lavatory	1	1	1	r	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Lavatory	1	1	1	s	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	t	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	u	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	v	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	w	0.26666667	16	0.00026667	0.013032704	0.015	1.50979	
Lavatory	1	1	1	x	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	
Pipa Cabang Lt. 2a	1	108	108	H	6.26666667	376	0.00626667	0.063178378	0.065	1.889471	

Tabel 12d. Diameter Pipa Air Bersih pada Lt. 4

Section Lt. 4a												
Alat Plambing	Jumlah	UBAP	WSFU	Daerah Pipa	Q (l/s)	Q (l/menit)	Q (m ³ /s)	D Hitung	D pakai	V Kontrol	Ket	
Lavatory	1	1	1	a	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619	Memenuhi Syarat Kecepatan Aliran Dalam Pipa	
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	b	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	c	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	d	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	e	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	h	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	i	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	j	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	k	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	l	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	m	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	n	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	o	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	p	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	q	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	r	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	s	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	t	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	u	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	v	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	w	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	x	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Pipa Cabang Lt. 4a	1	108	108	H	6.26666667	376	0.00626667	0.063178378	0.065	1.889471		
Section Lt. 4b												
Alat Plambing	Jumlah	UBAP	Wsfu	Daerah Pipa	Q (l/s)	Q (l/menit)	Q (m ³ /s)	D Hitung	D pakai	V Kontrol		Ket
Lavatory	1	1	1	a	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		Memenuhi Syarat Kecepatan Aliran Dalam Pipa
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	b	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	c	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	d	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	e	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	f	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	h	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	i	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	j	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	k	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	l	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	m	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	n	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	o	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	p	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	q	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	r	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Lavatory	1	1	1	s	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	t	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	u	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Bak Cuci Dapur + Bak Cuci Pakaian	1	8	8	v	0.35	21	0.00035	0.014930838	0.015	1.981599		
Shower + Kloset	1	4.5	4.5	w	0.26666667	16	0.00266667	0.013032704	0.015	1.50979		
Lavatory	1	1	1	x	0.16666667	10	0.00016667	0.010303257	0.015	0.943619		
Pipa Cabang Lt. 4b	1	108	108	G	6.26666667	376	0.00626667	0.063178378	0.065	1.889471		
Pipa Dinas Lt. 4	1	216	216	I	12.53333333	752	0.01253333	0.089947719	0.1	1.596603		

3.3. Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan

Penentuan dimensi pipa air buangan didasarkan pada unit beban alat plambing menurut SNI 8153:2015. Pipa air buangan pada perancangan ini menggunakan pipa PVC. Alat plambing yang memerlukan saluran air buangan (*black water* dan *grey water*) yakni pengering lantai / floor drain, kloset, urinoir, lavatory, kitchen sink. Berdasarkan data denah lantai, terdapat 2 pengering lantai untuk setiap unit, perancangan ini menambahkan 1 pengering lantai di daerah dapur untuk mempermudah penghuni rusun dalam melakukan pembersihan lantai dapur. Hasil penentuan ukuran diameter pipa air buangan (*grey water* dan *black water*) berdasarkan SNI 8153:2015 dapat dilihat pada Tabel 12 dan Tabel 13.

Tabel 13. Diameter Pipa Air Buangan Grey Water

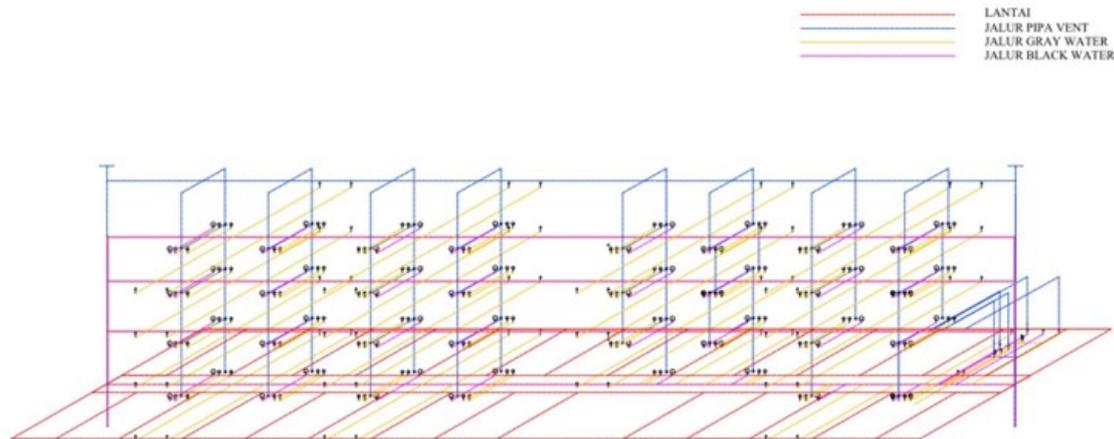
Daerah Layanan	UBAP	Diameter Perencanaan (inci)	Ket
Floor Drain	2	2	Alat Plambing
Lavatory	1	1¼	Alat Plambing
Kitchen Sink	2	1½	Alat Plambing
Pipa Cabang Lantai 1	120	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 2	144	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 3	144	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 4	144	4	Pipa Datar
Pipa Dinas Lantai 1-4	552	5	Pipa Tegak

Tabel 14. Diameter Pipa Air Buangan *Black Water*

Daerah Layanan	UBAP	Diameter Perencanaan (inci)	Ket
Kloset	3	3	Alat Plumbing
Urinoir	2	2	Alat Plumbing
Pipa Cabang Lantai 1	49	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 2	48	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 3	48	4	Pipa Datar
Pipa Cabang Lantai 4	48	4	Pipa Datar
Pipa Dinas Lantai 1-4	193	4	Pipa Tegak

3.4. Penentuan Dimensi Pipa Vent

Penentuan dimensi pipa vent didasarkan pada unit beban alat plumbing yang dilayani. Jenis pipa vent dalam perancangan ini adalah pipa vent tegak yang terhubung pada satu pipa di setiap lantainya kemudian diarahkan langsung ke udara terbuka melalui satu pipa tegak (Gambar 7). Nilai UBAP untuk menentukan diameter pipa vent ditentukan dalam SNI 8153-2015. Ukuran pipa vent yang digunakan tercantum pada Tabel 15.

**Gambar 7.** Desain Isometri Pipa Air Buangan dan Sistem Vent**Tabel 15.** Diameter Pipa Air Buangan *Black Water*

Ukuran Pipa Vent Horizontal		
Jenis Air Buangan	UBAP	Diameter Perencanaan (inci)
Lantai 1		
Gray Water & Black Water	169	4
Lantai 2		
Gray Water & Black Water	192	4
Lantai 3		
Gray Water & Black Water	192	4
Lantai 4		
Gray Water & Black Water	192	4
Ukuran Pipa Vent Vertikal		
Gray Water & Black Water	754	6

4. Kesimpulan

1. Rusunawa Kelurahan Karama menggunakan tanki bawah dan tanki atas untuk melayani kebutuhan air bersih pada setiap lantai gedung. Kapasitas tanki bawah adalah 12 m³ dan kapasitas tangka atas adalah 2 x 6 m³. Untuk mengantisipasi kekurangan air pada jam puncak, dalam perancangan ini menggunakan 2 buah tanki atas dengan kapasitas yang sama;

2. Booster pump digunakan untuk memenuhi tekanan air pada alat plambing yang berada di lantai 3 dan lantai 4, sehingga memenuhi tekanan minimum yakni $0,3 \text{ kgf/cm}^2$;
3. Jaringan pipa air bersih menggunakan pipa diameter $\frac{1}{2}$ " untuk alat plambing kloset, shower, lavatory, bak cuci piring dan bak cuci pakaian. Diameter pipa dinas pada lantai 1 sampai lantai 4 berukuran 4" dengan pipa datar shaft ke setiap lantai berukuran $2\frac{1}{2}$ inci. Ukuran pipa layanan tiap alat plambing berukuran $\frac{1}{2}$ ";
4. Jaringan pipa air buangan air kotor (*grey water*) menggunakan 2 pipa tegak pada sisi ujung kiri dan kanan gedung dari lantai 1 sd. lantai 4 yang berdiameter 5", pipa cabang ke setiap lantai berukuran 4". Pipa buangan dari alat plambing floor drain, lavatory dan kitchen sink secara berturut-turut adalah 2", $1\frac{1}{2}$ ", $1\frac{1}{4}$ ";
5. Jaringan pipa air buangan air kotor (*black water*) menggunakan 2 pipa tegak berukuran 4 inci di sisi ujung kiri dan kanan gedung dari lantai 1 sd. lantai 4. Pipa cabang ke setiap lantai berukuran 4", pipa buangan air limbah pada setiap alat plambing untuk kloset berukuran 3" dan urinoir 2";
5. Jaringan pipa vent direncanakan mempunyai 2 pipa yang terhubung ke udara terbuka pada sisi ujung kiri dan kanan gedung dengan ukuran masing-masing 6" untuk *grey water* dan *black water*. Pipa vent horizontal menggunakan pipa berukuran 4" untuk *grey water* dan *black water*.

Referensi

- Amda Rahman, Eka, Nico. 2021. Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan di Rusunami X dengan Aspek Konservasi Air.
- Pinandita Arya, 2009. Perencanaan Plambing di Gedung Perkantoran X.
- Dasinangon Yuri, 2022. Evaluasi Terhadap Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan di Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.
- Dhea Rinka, Rangga, Eka. 2021. Perencanaan Sistem Plambing Air Limbah dengan Penerapan Konsep Green Building Pada Gedung Panghegar Resort Dago Golf-Hotel&Spa.
- Ditjen Cipta Karya. 2000. Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU. Jakarta: Dinas Pembangunan Umum.
- Leba Martius, 2020. Tinjauan Terhadap Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan Pada Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Made Novia, 2013. Sistem Plambing Pada Bangunan Studi Kasus : Four Seasons Private, Estate Bali at Jimbaran Bay
- Noerbambang, Soufyan Moh dan Morimura, Takeo. 2005. Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.
- Panduan KTIS (2022) : Universitas Sam Ratulangi.
- Pekik Mahardika, 2018. Evaluasi Instalasi Plumbing Air Bersih Rumah Tipe 42 Menggunakan Pipe Flow Expert Berdasarkan SNI 03-7065-2005 dan BS 6700.
- SNI 03-6481-2000. Sistem Plambing. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI 03-7065-2005. Tata Cara Perencanaan Plambing. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI 8153-2015. 2015. Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standar Nasional.
- Suhardiyanto, 2016. Perancangan Sistem Plambing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan Pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai.