



## Analisis Sistem Plambing Air Bersih Dan Air Buangan Pada Gedung Hotel Amaris Manado

Kristian Ruring<sup>#a</sup>, Roski R. I. Legrans<sup>#b</sup>, Aristotulus E. Tungka<sup>#c</sup>

<sup>#</sup>Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

<sup>a</sup>kristianruring6@gmail.com, <sup>b</sup>legransroski@unsrat.ac.id, <sup>c</sup>aristungka@unsrat.ac.id

### Abstrak

Sistem Plambing berperan penting dalam mendukung kenyamanan dan operasional bangunan, khususnya pada Gedung Hotel yang memerlukan distribusi Air Bersih dan pembuangan Air Buangan secara efisien. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi Sistem Plambing pada Gedung Hotel Amaris Manado berdasarkan SNI 8153:2015. Tinjauan dilakukan terhadap sistem penyediaan Air Bersih dan sistem pembuangan *grey water* dan *black water*. Hotel terdiri dari 11 lantai dengan tinggi 40,5 meter dan layout saniter seragam pada lantai 6–11 sebanyak 18 unit/lantai. Berdasarkan luas lantai efektif 4.900 m<sup>2</sup> dan kepadatan 5 m<sup>2</sup>/orang, diperoleh total penghuni 980 orang. Kebutuhan Air Bersih harian tercatat sebesar 299 m<sup>3</sup>/hari, dengan cadangan 20% menjadi 358,8 m<sup>3</sup>/hari. Debit rata-rata jam kerja 14,95 m<sup>3</sup>/jam, debit jam puncak 29,9 m<sup>3</sup>/jam, dan debit menit puncak mencapai 1.996 liter/menit. Sistem distribusi Air Bersih dirancang dengan kapasitas tangki bawah sebesar (120 m<sup>3</sup>) dan tangki atas sebesar (17.441 liter) yang memadai, serta dimensi pipa yang dihitung berdasarkan beban puncak. Hasil analisis menunjukkan sebagian besar sistem telah sesuai standar, dengan beberapa bagian direkomendasikan untuk penyesuaian dimensi.

*Kata kunci:* air bersih, air buangan, SNI 8153:2015, plambing

### 1. Pendahuluan

Air adalah kebutuhan dasar bagi semua makhluk hidup dan pasokan air bumi tetap konstan sejak awal pembentukannya. Namun, pertumbuhan populasi dan pemadatan area permukiman dan perkantoran pada zaman modern telah menyebabkan ketersediaan lahan untuk perumahan dan perkantoran menjadi lebih terbatas. Situasi ini telah mendorong pergeseran dari pembangunan horizontal menjadi pembangunan vertikal, yang ditandai dengan konstruksi bangunan bertingkat. Pembangunan semacam ini memerlukan perencanaan yang komprehensif pada berbagai aspek, termasuk desain struktural dan sistem mekanikal, seperti ventilasi, proteksi kebakaran, dan plambing, untuk memastikan kenyamanan penghuni. Pada perancangan Sistem Plambing ini diperlukan sistem distribusi air bersih yang sesuai dengan jenis bangunan sehingga tekanan dan debit pengaliran air bersih pada masing-masing lantai dapat terpenuhi. Maka dari itu, sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknik Bangunan Gedung pada bagian Persyaratan Kesehatan Bangunan gedung ditegaskan bahwa dalam pembangunan suatu gedung harus dipenuhi aspek sanitasi dalam hal ini untuk plambing harus meninjau Kualitas Air Minum mengikuti Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan sistem Air Minum dan Permenkes 907/2002, sedangkan instalasi perpipaannya mengikuti Pedoman Plambing dan SNI 03-6481-2000 tentang Sistem Plambing.

Berdasarkan latar belakang yang dikemukakan di atas, maka pokok permasalahan yang menjadi kajian penelitian ini adalah:

1. Bagaimana Kesesuaian Sistem Plambing Air bersih dan Air Buangan Pada Gedung Hotel Amaris Manado dengan SNI 8153:2015?
2. Apakah dimensi pipa Air Bersih dan Air Buangan pada Gedung Hotel Amaris Manado sudah memenuhi dari SNI 8153:2015?

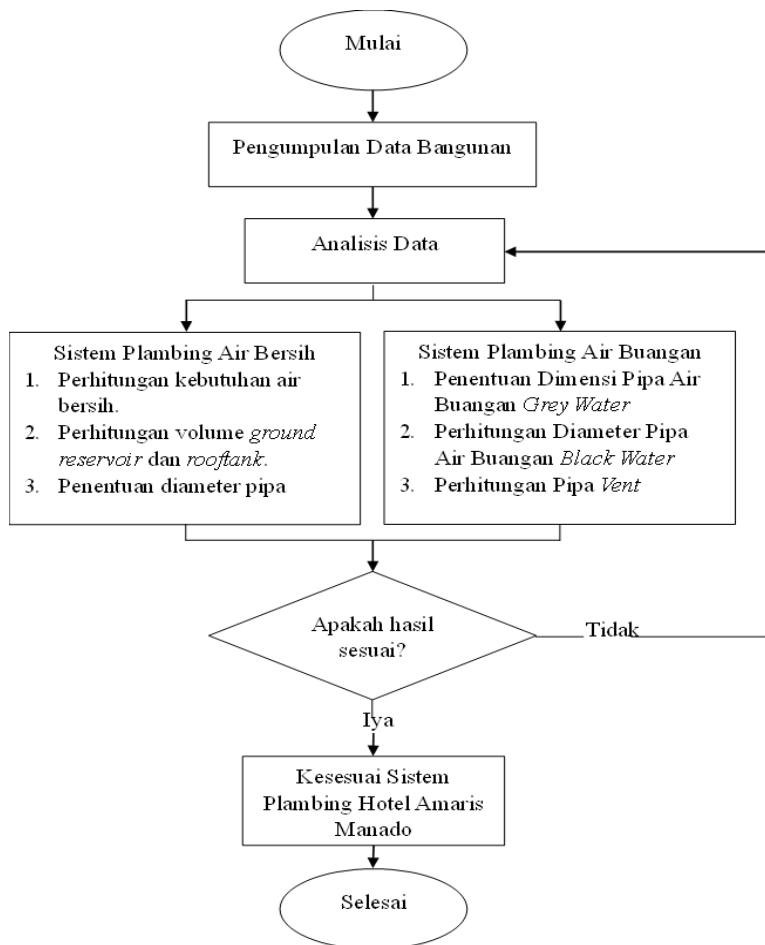
3. Bagaimana kesesuaian kapasitas tangki atas dan tangki bawah untuk dapat menampung Kebutuhan Air Bersih pada Gedung Hotel Amaris Manado?

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kapasitas pipa Air Bersih dan kesesuaian Sistem Plumbing Air Buangan pada Gedung Hotel Amaris Manado dengan SNI 8153:2015.
2. Menganalisis Kesesuaian dimensi pipa Air Buangan plumbing dengan SNI 8153:2015.
3. Menghitung kapasitas tangki atas dan tangki bawah yang dapat menampung Kebutuhan Air Bersih pada Gedung Hotel Amaris Manado.

## 2. Metode Analisis

Analisis ini dilaksakan melalui beberapa tahap utama yaitu i) tahap analisis air bersih dan sistem plumbing penyediaan Air Bersih yang di dasarkan dari gambar jalur instalasi pipa Air Bersih serta gambar isometri pipa yang mendetail. Dalam tahapan ini juga dilakukan perhitungan pada diameter pipa air bersih secara komprehensif, selanjutnya ada perhitungan tangki atas (*rooftank*) dan juga tangki bawah (*ground reservoir tank*), kemudian ii) tahap analisis sistem Pembuangan. Pada tahapan ini meliputi perhitungan dimensi pipa air bungan (*grey water*), (*black water*) dan juga perhitungan pipa (*vent*).



**Gambar 1.** Alur Analisa

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 2.1. Kebutuhan Air Bersih

Perbandingan luas lantai efektif menurut (Noerbambang & Morimura, 2005) adalah 55% sampai 80% dari luas seluruhnya dan kepadatan hunian  $5 \text{ m}^2$  sampai  $10 \text{ m}^2$  per orang. Diasumsikan perbandingan luas lantai efektif adalah 70% atau 0,7. Luas lantai efektif Gedung Hotel Amaris Manado adalah sebagai berikut:

**Tabel 1.** Hasil Perhitungan Jumlah Populasi Berdasarkan Luas Lantai Efektif

Lantai	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m <sup>2</sup> )	Luas Lantai Efektif (m <sup>2</sup> )	Jumlah Penghuni (jiwa)
Lantai 1	40	35	1.400	980	196
Lantai 2	40	35	1.400	980	196
Lantai 3	40	35	1.400	980	196
Lantai 4	40	35	1.400	980	196
Lantai 5	40	35	1.400	980	196
Total	200	175	7.000	4.900	980

Pemakaian air dingin minimum berdasarkan penggunaan gedung pada SNI 8153-2015 menunjukkan bahwa pemakaian air untuk gedung Hotel berbintang sebesar 250 liter/tempat tidur/hari. Dengan demikian pemakaian air rata-rata per hari (Q1) dapat dihitung sebagai berikut:

Pemakaian air per hari (Q1):

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah penghuni} \times \text{pemakaian per orang per hari} \\
 &= 980 \text{ orang} \times 250 \text{ liter/orang/hari} \\
 &= 245.000 \text{ Liter/hari} \\
 &= 245 \text{ m}^3/\text{hari}.
 \end{aligned}$$

Perhitungan pemakaian air rata-rata berdasarkan jumlah bed. Penentuan pemakaian rata-rata Air Bersih per hari berdasarkan data penggunaan air dingin minimum, untuk Hotel berbintang adalah 250 Liter/tempat tidur/hari.

Estimasi konsumsi Pemakaian air perhari (Q2)

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah bed} \times \text{pemakaian/tempat tidur/hari.} \\
 &= 216 \text{ Bed} \times 250 \text{ liter/Bed/hari.} \\
 &= 54.000 \text{ liter/hari.} \\
 &= 54 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

**Tabel 2.** Hasil Perhitungan Total Kebutuhan Air Bersih

Total Penghuni	Q <sub>1</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	Q <sub>d</sub> (m <sup>3</sup> /hari)	Q <sub>h</sub> (Liter/jam)	Q <sub>h-max</sub> (m <sup>3</sup> /jam)	Q <sub>m-max</sub> (m <sup>3</sup> /menit)
980 orang + 216 bed	299	358,8	29.900	29,9	0,99667

## 2.2 Ground Reservoir

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume *ground reservoir* yaitu:

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

Keterangan Rumus:

- $Q_d$  = Jumlah Kebutuhan Air Bersih  
 $Q_s$  = Kapasitas pipa dinas (m<sup>3</sup>/jam)  
 $T$  = waktu pemakaian per hari (jam/hari)  
 $t$  = waktu penampungan (1 hari)  
 $V_R$  = volume *ground reservoir* (m<sup>3</sup>)  
 Kapasitas pipa dinas sebagai berikut:

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2}{3} \times 29.900 \text{ liter/jam.} \\
 &= 996.666 \text{ liter/jam.}
 \end{aligned}$$

Jika waktu pemakaian air pada gedung Hotel Amaris Manado 24 jam/hari maka volume *ground reservoir* sebagai berikut:

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

$$= [358.8 \text{ liter/jam} - (996.666 \text{ liter/jam} \times 24 \text{ jam})] \times 1 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned}
 &= 119.600 \text{ Liter} \\
 &= 119,6 \text{ m}^3 \\
 &= 120 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi, volume *ground reservoir* sebesar 120.000 Liter cukup dan memenuhi Kebutuhan Air Bersih pada Gedung Hotel Amaris Manado.

### 2.3 Rooftank

Rumus yang digunakan untuk menghitung volume *ground reservoir* yaitu:

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

Dimana:

- $V_E$  = Kapasitas efektif tangki atas (m<sup>3</sup>).  
 $Q_p$  = Kebutuhan puncak.  
 $Q_{max}$  = Kebutuhan jam puncak.  
 $Q_{pu}$  = Kapasitas Pompa pengisi (m<sup>3</sup>/menit) total debit pompa.  
 $T_p$  = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit).  
 $T_{pu}$  = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit).  
 Diasumsikan  $T_p = 60$  menit,  $T_{pu} = 25$  menit, dan berdasarkan tabel 4.2 didapatkan nilai  $Q_p = 0,99666$  m<sup>3</sup>/menit dan  $Q_{hmax} = 0,49833$  m<sup>3</sup>/menit.

Maka dapat dihitung volume *rooftank* adalah:

$$\begin{aligned}
 V_E &= (Q_p - Q_{max}) \times T_p - (Q_{pu} \times T_{pu}) \\
 &= (0,99666 - 0,49833) \times 60 - (0,498 \times 25) \\
 &= 17,441 \text{ m}^3 \\
 &= 17.441 \text{ Liter.}
 \end{aligned}$$

Volume *rooftank* hasil perhitungan berdasarkan luas lantai efektif Sebesar 17.441 Liter.

### 2.4 Diameter Pipa Air Bersih

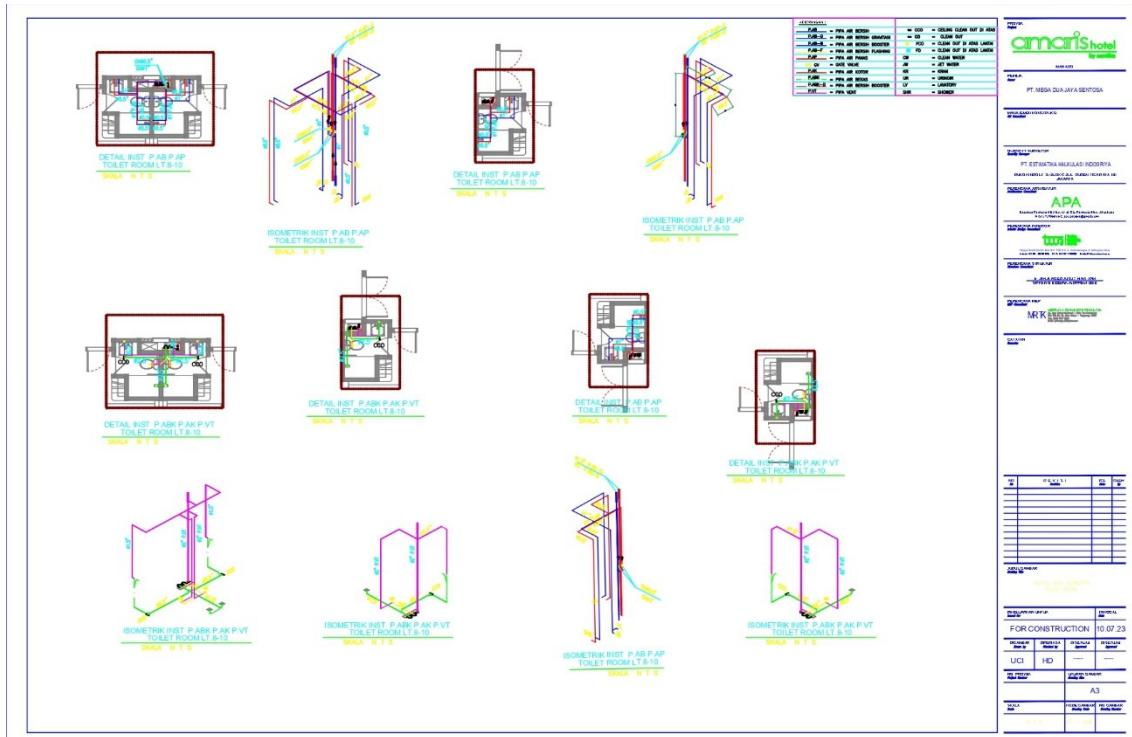
Penetapan diameter pipa pada sistem distribusi air bersih dilakukan melalui pendekatan yang terencana dan terstruktur. Proses ini diawali dengan mengidentifikasi perlengkapan plambing yang posisinya paling jauh pada setiap lantai bangunan. Selanjutnya, dilakukan analisis untuk menentukan ukuran pipa yang sesuai guna memastikan aliran air yang memadai dan efisien ke setiap perlengkapan plambing, berdasarkan beban yang harus ditanggung oleh sistem.

Berdasarkan hasil evaluasi diameter pipa air bersih menunjukkan bahwa terdapat beberapa penyesuaian ukuran pipa yang dapat diterapkan untuk efisiensi material. Untuk pipa dinas yang melayani toilet lantai 6–11, meskipun saat ini seluruhnya menggunakan diameter 2 inci, hasil perhitungan teknis menunjukkan bahwa pipa dinas 1, 3, 9, dan 11 cukup menggunakan diameter 1½ inci tanpa mengurangi performa aliran. Sementara itu, pipa dinas lainnya tetap memerlukan diameter 2 inci sesuai kebutuhan. Untuk lantai 1–5, tidak ada perbedaan antara kondisi eksisting dan hasil evaluasi; diameter 2 inci telah sesuai. Pada pipa horizontal dari shaft ke masing-masing lantai, ditemukan perbedaan signifikan. Di lantai 6–11, ukuran 1 inci yang digunakan saat ini dapat dikurangi menjadi ¾ inci. Di lantai 2 dan 5, pipa berdiameter 2 inci dapat diganti dengan 1½ inci. Namun, untuk lantai 1 dan 3, ukuran 2 inci dan 2½ inci tetap diperlukan.

Adapun pipa yang langsung terhubung ke perlengkapan seperti Jet Spray, Lavatory, dan Water Closet, diameter ½ inci sudah tepat dan tidak memerlukan perubahan. Untuk Urinor, ukuran ½ inci juga dinilai cukup, meskipun kemungkinan saat ini digunakan diameter yang lebih besar dari yang dibutuhkan.

**Tabel 3.** Perbandingan Diameter Pipa Air Bersih

Perpipaan	Diameter (inci)	
	Perencanaan Awal (eksisting)	Hasil Analisa
Pipa Dinas 1 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	1 ½
Pipa Dinas 2 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 3 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	1 ½
Pipa Dinas 4 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 5 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 6 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 7 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 8 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 9 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	1 ½
Pipa Dinas 10 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	2
Pipa Dinas 11 (Melayani toilet lantai 6 -11)	2	1 ½
Pipa Dinas Lantai 5	2	2
Pipa Dinas Lantai 3	2	2
Pipa Dinas Lantai 2	2	2
Pipa Dinas Lantai 1	2	2
Pipa datar dari <i>shaf</i> lantai 6 - 11	1	¾
Pipa datar dari <i>shaf</i> lantai 5	2	1 ½
Pipa datar dari <i>shaf</i> lantai 3	2 ½	½
Pipa datar dari <i>shaf</i> lantai 2	2	1 ½
Pipa datar dari <i>shaf</i> lantai 1	2	2
Pipa tiap alat plambing (KL, LV, JW, HB, SHR, UR)	½	½

**Gambar 2.** Isometri Lantai 6 sampai dengan 11

## 2.5 Perhitungan Headloss

Perhitungan Headloss dibagi menjadi dua yaitu *Head Loss Major* dan *Head Loss Minor*. Contoh Analisa Perhitungan Tekanan untuk alat Plumbing pada lantai 11.

### 1. Lantai 11

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

Keterangan:

$P$  = Tekanan hidrostatis ( $\text{N/m}^2$ ).

$\rho$  = massa jenis zat cair dalam suhu ruangan  $21^\circ \text{C}$  ( $\text{kg/m}^3$ ).

$h$  = beda tinggi atap sampai mata keran (m)

$g$  = gravitasi ( $\text{m/s}^2$ ).

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

$$= 998 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 3,27 \text{ m}$$

$$= 31.955,57 \text{ N/m}^2$$

Kemudian hasil yang di dapat  $31.955,57 \text{ N/m}^2$  dilakukan penyesuaian satuan kedalam satuan bar:

$$1 \text{ bar} = 100.000 \text{ N/m}^2$$

$$P = 31.955,57 \text{ N/m}^2 / 100.000 \text{ N/m}^2$$

$$= 0,31956 \text{ bar}$$

Kemudian hasil  $0,31956 \text{ bar}$  di konversi ke satuan  $\text{kg/cm}^2$

$$1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2$$

$$P = 0,31956 \times 1,0197$$

$$= 0,326 \text{ kg/cm}^2$$

### 2. Analisa Perhitungan *Pressure Drop*

➤ Analisis Bilangan Reynold pada daerah layanan a (*Lavatory*).

$$Re = \frac{v_s d}{v}$$

Dimana nilai:

$$v \text{ (viskositas kinematik)} = 0,984 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{0,94361 \text{ m/s} \times 0,015 \text{ m}}{0,984 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 14.385$$

$$= 1,4384 \times 10^4$$

➤ Analisis Kekasarhan Relatif Bahan.

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

$\epsilon$  = karena pipa bahan pvc maka nilai antara  $0,0015$ - $0,007 \text{ mm}$ .

$$= \frac{0,0015 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 0,0001.$$

➤ Interpolasi

$$X = 1,4384$$

$$X_1 = 1$$

$$X_2 = 2$$

$$Y_1 = 0,32$$

$$Y_2 = 0,025$$

$$f = Y = Y_1 + \frac{(X-X_1)}{(X_2-X_1)} (Y_2 - Y_1)$$

$$f = 0,32 + \frac{(1,4384-1)}{(2-1)} (0,25 - 0,32)$$

$$f = 0,0289$$

➤ Analisis kerugian gesekan ( $H_f$ ) pipa lurus.

$$H_f = F \frac{L \times V^2}{D \times 2g} = 0,0289 \frac{4,1 \text{ m} \times (0,943618778 \text{ m/s})^2}{0,015 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}}$$

$$= \frac{4,1 \text{ m} \times 0,89041604 \text{ m}^2/\text{s}^2}{0,015 \text{ m} \times 2 \times 9,81 \text{ m/s}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{3,650705764 \text{ m}^3/\text{s}^2}{0,2943 \text{ m}^2/\text{s}^2} \\
 &= 12,404708 \text{ m} \\
 \text{Hf} &= 0,0289 \times 12,404708 \text{ m} = 0,3588756 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### 3. Analisan kerugian peralatan pipa (k)

#### ➤ Belokan Pipa (*Elbow*)

Menggunakan rumus *fuller* yakni:

$$k = (\text{Jumlah Elbow } 90 \times K_{Elbow} 90) + (\text{Jumlah Gate Valve} \times K_{Gate Valve})$$

$$k = (2 \times 0,81) + (1 \times 0,22)$$

$$= 1,62 + 0,22$$

$$k = 1,84 \text{ (tanpa satuan)}$$

#### ➤ Menghitung *Minor Loss*

$$HLM = K \frac{V^2}{2g}$$

$$HLM = 1,84 \frac{0,994^2}{9,81}$$

$$= 0,00595 \text{ m.}$$

## 2.6 Tinjauan Sistem Plumbing Air Buangan

### 1. Diameter Air Buangan

Penentuan dimensi pipa untuk sistem air Buangan didasarkan pada unit beban alat plumbing yang dilayani. Dalam sistem pembuangan air limbah ini, tidak terdapat penggunaan sanitary tee atau belokan dengan sudut 90 derajat, karena penggunaan aksesoris pipa dengan sudut tersebut dapat menyebabkan pengendapan. Penentuan diameter pipa harus didasarkan pada unit beban alat plumbing yang dilayani sebagaimana diatur dalam standar SNI 8153-2015. Perbandingan diameter pipa perencanaan awal dengan hasil analisa yang dilakukan untuk diameter pipa buangan *Grey Water* dan *Black Water*.

**Tabel 4.** Perbandingan Diameter Pipa Air Buangan (*Grey Water*)

Daerah Pipa	Diameter (inci)	
	Perencanaan Awal (eksisting)	Hasil Analisa
Pipa Cabang Keseluruhan	4	4
Pipa Tegak	6	4

**Tabel 5.** Perbandingan Diameter Pipa Air Buangan (*Black Water*)

Daerah Pipa	Diameter (inci)	
	Perencanaan Awal (eksisting)	Hasil Analisa
Pipa Cabang Keseluruhan	4	4
Pipa Tegak	6	4

### 2. Diameter Pipa *Vent*

Dalam SNI 8153-2015 dikatakan bahwa jaringan Air Buangan pada bangunan berlantai lebih dari satu harus dilengkapi dengan vent yang memungkinkan adanya sirkulasi udara dalam semua pipa dan memungkinkan keluar masuknya udara. Gedung Hotel Amaris Manado merupakan bangunan Gedung berlantai lebih dari satu yang harus dilengkapi dengan vent sebagaimana dikatakan dalam SNI 8153-2015 tersebut. Dan untuk saat ini Gedung Hotel Amaris Manado sudah memiliki sebagaimana ketentuan dalam SNI 8153-2015.

**Tabel 6.** Perbandingan Pipa Vent

Pipa Vertikal	Diameter (inci)	
	Perencanaan Awal (eksisting)	Hasil Analisa
Pipa Vent Lantai 1	3	5
Pipa Vent Lantai 2	3	5
Pipa Vent Lantai 3	3	5
Pipa Vent Lantai 4	3	5
Pipa Vent Lantai 5	3	5
Pipa Vent Lantai 6	3	5
Pipa Vent Lantai 7	3	5
Pipa Vent Lantai 8	3	5
Pipa Vent Lantai 9	3	5
Pipa Vent Lantai 10	3	5
Pipa Vent Lantai 11	3	5
Pipa Vent Lantai 12	3	5

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan pada Gedung Hotel Amaris Manado yang telah dilakukan, dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil analisis menunjukkan bahwa Sistem Plambing Air Bersih pada Gedung Hotel Amaris Manado telah dirancang untuk melayani kebutuhan 980 pengguna, dengan total Kebutuhan Air Bersih sebesar 299 m<sup>3</sup>/hari dan kebutuhan setelah penambahan cadangan sebesar 358,8 m<sup>3</sup>/hari. Pipa distribusi utama dan cabang menggunakan diameter yang sesuai berdasarkan beban puncak dan unit alat plambing, serta memenuhi persyaratan minimum laju aliran dan tekanan menurut SNI 8153:2015;
2. Untuk Sistem Plambing Air Buangan, hasil evaluasi memperlihatkan bahwa instalasi telah mencakup pemisahan antara saluran (*grey water*) dan (*black water*). Pipa cabang menggunakan diameter 4 inci yang sesuai dengan ketentuan standar. Namun, pada pipa tegak ditemukan penggunaan diameter 6 inci, padahal hasil perhitungan berdasarkan beban aktual menunjukkan cukup menggunakan 4 inci, sehingga terjadi kondisi *overdesign*. Sistem *vent* juga telah tersedia, meskipun masih terdapat ketidaksesuaian pada beberapa ukuran pipa *vent* yang lebih kecil dari standar;
3. Berdasarkan kondisi terpasang, *ground reservoir* memiliki kapasitas 180 m<sup>3</sup>, sedangkan hasil analisis menunjukkan kebutuhan hanya sebesar 120 m<sup>3</sup>. Demikian pula, *rooftank* eksisting berkapasitas 20.400 liter, sedangkan kebutuhan hasil perhitungan adalah 17.441 liter. Meskipun hal tersebut memberikan cadangan air yang memadai, hal ini dapat mengakibatkan pemborosan ruang serta biaya konstruksi.

## Referensi

- Arsyad, M. (2016). Perencanaan Sistem Perpipaan Air Limbah Kawasan Pemukiman Penduduk. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 6(1), 100201.
- Beck, R., & Collins, M. (2008). *Fluid Mechanics and Hydraulics*. Engineering Press.
- Dasinangon, Y. (2022). *Evaluasi Terhadap Perencanaan Sistem Plambing Air Bersih dan Air Buangan di Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi*. Manado: Universitas Sam Ratulangi.
- Epelita, M. (2018). *Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih Dikampus Universitas Pasir Pengaraian Menggunakan Software Pipe Flow Expert V 5.12*.
- Isnanto, R. R. (2009). *Dasar-Dasar Perencanaan Sistem Plambing*.
- Juvano, R. A., Yermadona, H., & Yusman, A. S. (2022). Tinjauan perencanaan jaringan perpipaan distribusi Air Bersih di Kenagarian Taram Kecamatan Harau. *Ensiklopedia Research and Community Service Review*, 1(2), 147-153.
- Karya, D. C. (2000). Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU. Available at: [ciptakarya.pu.go.id](http://ciptakarya.pu.go.id).

*id.*

- Noerbambang, A., & Morimura, T. (2005). *Perancangan dan pemeliharaan sistem plambing plambing*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Siwi, I. O., Legrans, R. R., & Thambas, A. H. (2023). *Desain Sistem Plambing Air Bersih Dan Air Buangan Pada Gedung Rusunawa Kelurahan Karame Kota Manado*. TEKNO, 21(85), 1325-1339.
- SNI03-6481-2000. (2000). Sistem Plambing. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI03-7065-2005. (2005). *Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing*. Jakarta: Badan Standar Nasional.
- SNI8153-2015. (2015). *Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standar Nasional.
- Suyanta. (2012). *Kimia Air dan Lingkungan*. UGM Press.
- Wikimedia Commons. (2008). Moody Diagram
- World Health Organization (2020). *Guidelines for Drinking-Water Quality*. 4th Edition. WHO Press.