

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian *Plumbing***

Sistem penyaluran air pada suatu gedung disebut dengan *plumbing* (Ilfan & Sari, 2022). Sistem *plumbing* merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan dari sebuah gedung yang mencakup sistem penyediaan air bersih, sistem penyediaan air panas, sistem penyaluran air buangan dan sistem pencegahan kebakaran (Ilfan & Sari, 2022). Selain untuk menyediakan air pada ruangan-ruangan yang ada dengan debit aliran yang cukup, dibutuhkan juga tekanan yang memadai agar tidak terjadi pengendapan pada saluran pipa ataupun cepat rusaknya pipa akibat tekanan yang terlalu besar (Rahayu et al., 2020). Selain akan menghambat aliran, perencanaan yang kurang tepat juga akan mengakibatkan kualitas air yang juga tidak baik (Rahayu et al., 2020).

#### **2.2 Prinsip Dasar Sistem Penyediaan Air Bersih**

Rumah Sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna yang menyediakan pelayanan rawat inap, rawat jalan dan gawat darurat (Sahila et al., 2023). Salah satu bagian penting untuk menciptakan rasa nyaman pada Rumah Sakit adalah sistem pendistribusian air bersih dan pengolahan air limbah yang baik (Sahila et al., 2023). Perencanaan sistem *plumbing* pada rumah sakit tentu berbeda dengan bangunan gedung bertingkat biasa (Sahila et al., 2023). Pada sistem *plumbing* rumah sakit pasti akan lebih kompleks dikarenakan fungsi bangunan yang juga lebih kompleks (Sahila et al., 2023).

##### **2.2.1 Sumber Air Bersih**

Sumber air bersih adalah salah satu komponen dalam penyediaan air bersih, sumber air merupakan tempat air baik alami maupun buatan yang terdapat pada atas maupun di bawah (Yasmin et al., 2023). Berikut beberapa sumber air bersih pada suatu bangunan (Yasmin et al., 2023):

a. Sumber air PDAM

Sumber air PDAM sudah melewati tahapan klinis sehingga memenuhi standart kebutuhan air bersih. Sumber air PDAM juga memiliki sifat kontinuitas atau terus menerus dapat menyuplai kebutuhan air bersih selama 24 jam. Sumber air ini dapat langsung ditampung pada tangki air bawah (*Ground Water Tank*) yang kemudian akan dipompakan ke tangki air atas (*Roof Tank*).

b. Sumber air *Deep Wheel*

Sumber air dari *Deep Wheel* tidak bersifat kontinu seperti pada PDAM. *Deep Wheel* didapat dari pengeboran yang harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu apakah telah memenuhi syarat air bersih. Apabila belum memenuhi persyaratan maka air tersebut harus diolah terlebih dahulu sebelum ditampung oleh tangki air bawah (*Ground Water Tank*). Namun apabila air dari *Deep Wheel* telah memenuhi persyaratan maka dapat langsung ditampung pada tangki air bawah.

### 2.2.2 Syarat Air Bersih

Berikut beberapa kriteria yang harus terpenuhi dalam penyediaan air bersih (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.):

a. Syarat Kualitas

Kualitas Air harus memiliki kriteria yang baik dari aspek fisik, kimia, biologis, dan radiologis agar tidak menimbulkan efek samping dalam pemakaiannya.

b. Syarat Kuantitas

Syarat kuantitas yaitu dihadapkan air bersih yang tersedia dapat mencukupi kebutuhan penghuni gedung tersebut.

c. Syarat Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas ini dimaksudkan untuk ketersediaan air yang diambil sesuatu kontinuitas yang dibutuhkan dapat terus menerus digunakan dengan fluktuasi debit yang relatif tetap selama 24 jam pada musim kemarau ataupun hujan.

d. Syarat Tekanan

Tekanan air yang ada pada sistem *plumbing* harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku sesuai jenis Gedung.

### 2.2.3 Jenis Sistem Penyediaan Air Bersih

Terdapat beberapa jenis sistem penyediaan air bersih, yaitu sebagai berikut (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*):

a. Sistem sambungan langsung

Pipa utama disambung untuk penyediaan air bersih, pipa di distribusikan dalam gedung. Sistem ini biasanya diterapkan untuk perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama tersebut.

b. Sistem tangka tekan

Prinsip kerja sistem ini yaitu, air yang telah ditampung dalam tangki bawah dipompakan ke dalam suatu tangki tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan ke dalam sistem distribusi bangunan.

c. Sistem tanpa tangka

Sistem distribusi bangunan dialiri oleh air dari tangki. Dalam suatu tangki tertutup, udara didalamnya terkompresi sehingga prinsip kerja ini yaitu, air yang telah ditampung dalam tangki bawah dipompakan.

d. Sistem tanpa tangka (*Booster Sistem*)

Sistem ini tidak menggunakan tangki apapun, tangki tekan, tangki bawah, ataupun tangki atap. Pompa menghisap air langsung dari pipa utama, sebelumnya air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan.

### 2.2.4 Laju Aliran Air

Pada perancangan sistem penyediaan air untuk suatu bangunan, kapasitas peralatan dan ukuran pipa-pipa didasarkan pada jumlah dan laju aliran air yang harus disediakan kepada bangunan tersebut (Suhardiyanto, 2017). Jumlah dan laju aliran air tersebut seharusnya diperoleh dari penelitian keadaan sesungguhnya (Suhardiyanto, 2017). Penentuan laju aliran dapat ditentukan dengan dua cara yaitu berdasarkan pemakai dan unit beban alat plambing (Suhardiyanto, 2017).

**Tabel 2. 1** Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100	liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500	liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah dasar	40	liter/siswa/hari
6	SLTP	50	liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	liter/pegawai/hari
10	Toserba, Toko pengecer	5	liter/m <sup>2</sup> /hari
11	Restoran	15	liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	liter/tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/Penginapan	150	liter/tempat tidur/hari
14	Gd. Pertunjukan, Bioskop	10	liter/kursi
15	Gs. Serba Guna	25	liter/kursi
16	Stasiun, Terminal	3	liter/penumpang tiba dan pergi
17	Peribadatan	5	liter/orang (belum dengan air wudhu)

Sumber: SNI 03-7065-2005

**Tabel 2. 2** Laju Aliran Air Berdasarkan Nilai Unit Alat Plumbing Kumulatif

Sistem Penyediaan Tangki Gelontoran		Sistem Penyediaan Katup Gelontor	
Load Water Supply FixtureUnits (WSFU)	Demand Loter/second	Load Water Supply Fixture Units (WSFU)	Demand Liter/second
1	0,19		
2	0,32		
3	0,41		
4	0,51		
5	0,59	5	0,95
6	0,68	6	1,10
7	0,74	7	1,25
8	0,81	8	1,40
9	0,86	9	1,55
10	0,92	10	1,70
12	1,01	12	1,80
14	1,07	14	1,91
16	1,14	16	2,01
18	1,19	18	2,11
20	1,24	20	2,21
25	1,36	25	2,40
30	1,47	30	2,65
35	1,57	35	2,78
40	1,66	40	2,90
45	1,76	45	3,03
50	1,84	50	3,15
60	2,02	60	3,41
70	2,21	70	3,66

Sumber: Pedoman Plumbing Indonesia

**Tabel 2. 3** Lanjutan Laju Aliran Air Berdasarkan Nilai Unit Alat Plumbing Kumulatif

Sistem Penyediaan Tangki Gelontoran		Sistem Penyediaan Katup Gelontor	
Load Water Supply FixtureUnits (WSFU)	Demand Loter/second	Load Water Supply Fixture Units (WSFU)	Demand Liter/second
80	2,41	80	3,86
90	2,59	90	4,06
100	2,74	100	4,26
120	3,03	120	4,61
140	3,31	140	4,86
160	3,60	160	5,11
180	3,85	180	5,39
200	4,10	200	5,68
250	4,73	250	6,37
300	5,36	300	6,81
400	6,62	400	8,01
500	7,82	500	9,02
750	10,73	750	11,17
1000	13,12	1000	13,12
1250	15,08	1250	15,08
1500	16,97	1500	16,97
2000	20,50	2000	20,50
2500	23,97	2500	23,97
3000	27,32	3000	27,32
4000	33,12	4000	33,12
5000	37,41	5000	37,41

Sumber: Pedoman Plumbing Indonesia

Untuk mendapatkan taksiran besarnya laju aliran air terdapat tiga metode yaitu sebagai berikut:

a. Berdasarkan Jumlah Pemakaian

Dalam perancangan ini digunakan pemakaian air rata-rata sehari per orang sebesar 500 liter/hari/orang dengan jangka waktu pemakaian air rata-rata dalam sehari yaitu 8-10 jam (SNI 03-7065, 2005). Adapun langkah-langkah perhitungan kebutuhan air bersih dalam gedung yaitu (Suhardiyanto, 2017):

- Rumus pemakaian air dalam satu hari

$$Q_d = \text{Jumlah penghuni} \times \text{Pemakaian air/org/hari} \dots \dots \dots (2-1)$$

- Rumus perhitungan kebutuhan air rata-rata per hari

$$Q_h = \frac{Q_d}{T} \dots \dots \dots (2-2)$$

Dimana:  $Q_h$  = Pemakaian air rata-rata ( $m^3/\text{jam}$ )

$Q_d$  = Pemakaian air rata-rata sehari ( $m^3$ )

$T$  = Jangka waktu pemakaian rata-rata (jam)

- Rumus perhitungan pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-\max} = (C_1)(Q_h) \dots \dots \dots (2-3)$$

Dimana:  $Q_{h-\max}$  = pemakaian air ( $m^3/\text{jam}$ )

$C_1$  = konstanta 1,5 untuk bangunan rumah tinggal, 1,75 untuk bangunan perkantoran dan 2,0 untuk bangunan hotel/apartemen.

- Rumus perhitungan pemakaian air pada menit puncak

$$Q_{m-\max} = (C_2) \left( \frac{Q_h}{60} \right) \dots \dots \dots (2-4)$$

Dimana:  $Q_{m-\max}$  = pemakaian air ( $m^3/\text{menit}$ )

$C_2$  = konstanta 3,0 untuk bangunan rumah tinggal, 3,5 untuk bangunan perkantoran dan 4,0 untuk bangunan hotel/apartemen.

b. Berdasarkan jenis dan jumlah alat plumbing

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plumbing dapat diketahui misalnya untuk perumahan atau gedung kecil lainnya (Rahmawati et al., 2023).

**Tabel 2.4** Faktor Pemakaian (%) dan jumlah Alat *plumbing*

Jenis alat <i>plumbing</i>	Jumlah alat <i>plumbing</i>											
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Kloset, dengan katup gelontor	1	50	50	40	30	27	23	19	17	15	12	10
	satu	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10	
Alat <i>plumbing</i> biasa	1	100	75	55	48	45	42	40	39	38	35	33
	dua	3	5	6	7	10	13	16	19	25	33	

Sumber: Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura, (2005)

Rumus untuk menghitung factor pemakaian :

$$Y_n = Y_1 - \left[ (Y_1 - Y_2) \times \frac{(x_n - x_1)}{(x_2 - x_1)} \right] \dots \dots \dots (2-5)$$

Dimana:  $Y_n$  = Faktor pemakaian (%)  
 $Y_1$  = Jenis alat *plumbing* pada jumlah 1  
 $Y_2$  = Jenis alat *plumbing* pada jumlah 2  
 $x_n$  = Jumlah alat *plumbing* yang akan dicari  
 $x_1$  = Jumlah alat *plumbing* 1  
 $x_2$  = Jumlah alat *plumbing* 2

**Tabel 2.5** Pemakaian Air Tiap Alat *Plumbing*

No.	Nama Alat <i>Plumbing</i>	Pemakaian Air untuk Penggunaan Satu Kali	Penggunaan Perjam	Laju Aliran Air (liter/menit)	Waktu untuk Pengisian (detik)
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16,5	6-12	110-180	8,2-10
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6-12	15	60
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12-20	30	10
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300



**Tabel 2. 6** Lanjutan Pemakaian Air Tiap Alat *Plumbing*

No.	Nama Alat <i>Plumbing</i>	Pemakaian Air untuk Penggunaan Satu Kali	Penggunaan Perjam	Laju Aliran Air (liter/menit)	Waktu untuk Pengisian (detik)
	Peturasan, 5-7 orang				
5	(dengann tangki gelontor)	22,5-31,5 (@4,5)	12	4,5-6,3	300
6	Bak cuci tangan kecil	3	12-20	10	18
7	Bak cuci tangan biasa ( <i>lavatory</i> )	10	6-12	15	40
8	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 13 mm	15	6-12	15	60
9	Bak cuci dapur (sink) dengan keran 20 mm	25	6-12	25	60
10	bak mandi rendam ( <i>bathub</i> )	125	3	30	250
11	pancuran mandi ( <i>shower</i> )	24-60		12	120-300
12	bak mandi gaya jepang	Tergantung ukuran nya	3	30	

Sumber: Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura (2005)

c. Berdasarkan Unit Beban alat *plumbing*

Dalam metode ini untuk setiap alat *plumbing* ditetapkan suatu unit beban (*fixture unit*)(Rana & Lalan, n.d.). Untuk Setiap bagian pipa dijumlahkan besarnya unit beban dari semua alat *plumbing* yang dilayaninya, kemudian dicari besarnya laju aliran air dengan kurva (Rana & Lalan, n.d.). Kurva ini membersihkan hubungan antara jumlah unit beban alat *plumbing* dengan laju aliran air dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat – alat *plumbing* (Prahara, 2014a).

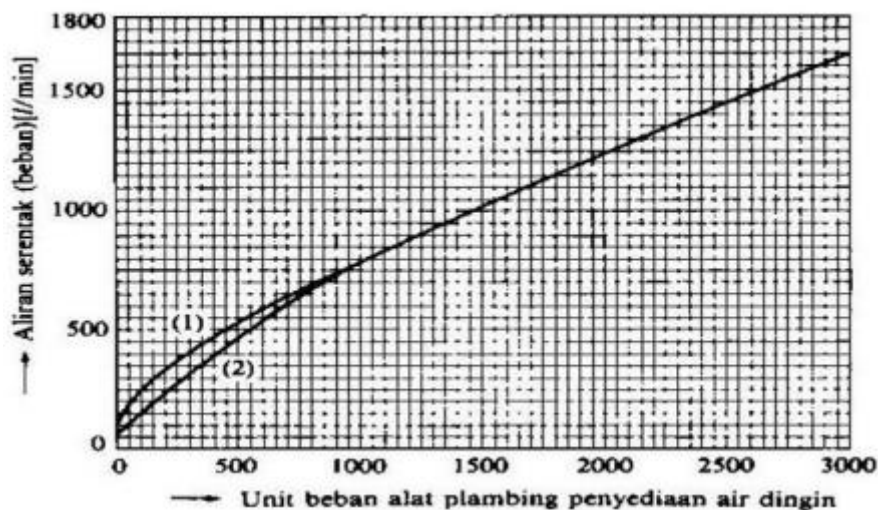
**Tabel 2. 7** Unit Beban Alat *Plumbing* Untuk Penyediaan Air Dingin

Jenis Alat <i>Plumbing</i>	Jenis Penyediaan Air	Unit Alat <i>Plumbing</i>		Keterangan
		Untuk Pribadi	Untuk Umum	
Kloset	Katup gelontor	6	10	

**Tabel 2. 8** Lanjutan Unit Beban Alat *Plumbing* Untuk Penyediaan Air Dingin

Jenis Alat <i>Plumbing</i>	Jenis Penyediaan Air	Unit Alat <i>Plumbing</i>		Keterangan
		Untuk Pribadi	Untuk Umum	
Kloset	Tangki gelontor	3	5	
Peturasan dengan Tiang	Katup gelontor		10	
Peturasan Terbuka ( <i>urinal stall</i> )	Katup gelontor		5	
Peturasan Terbuka ( <i>urinal stall</i> )	Tangki gelontor		3	
Bak Cuci (kecil)	Keran	0,5	1	
Bak Cuci Tangan	Keran	1	2	
Bak Cuci Tangan, untuk Kamar Operasi	Keran		3	
Bak Mandi Rendam ( <i>bath tub</i> )	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	Gedung kantor, dsb
Pancuran Mandi ( <i>shower</i> )	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	Untuk umum: Hotel atau restoran, dsb.
Pancuran Mandi Tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2		
Bak Cuci Bersama	(Untuk tiap keran)		2	
Bak Cuci Pel	Keran	3	4	
Bak Cuci Dapur	Keran	2	4	
Bak Cuci Piring	Keran		5	
Bak Cuci Pakaian (satu sampai tiga)	Keran	3		
Pancuran Minuman	Keran air minum		2	
Pemanas Air	Katup bola		2	

Sumber: Soufyan Noerbambang dan Takeo Marimura, (2005)



Gambar 2.1 Grafik Hubungan Antara Unit Beban Alat *Plumbing* dengan Laju Aliran

### 2.2.5 Tekanan Air dan Kecepatan Aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaiannya (R.A. Sri Martini et al., 2021). Tekanan air yang berlebihan juga dapat menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan alat *plumbing* dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air (R.A. Sri Martini et al., 2021). Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan standar adalah 1,0 kg/cm<sup>2</sup>, tekanan statik antara 4,0 kg/cm<sup>2</sup> sampai 5,0 kg/cm<sup>2</sup> untuk perkantoran dan 2,5 kg/cm<sup>2</sup> sampai 3,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk hotel dan perumahan (R.A. Sri Martini et al., 2021).

Tabel 2. 9 Tekanan yang dibutuhkan Alat *Plumbing*

Nama alat <i>plumbing</i>	Tekanan yang dibutuhkan (kg/cm <sup>2</sup> )	Tekanan standar (kg/cm <sup>2</sup> )
Katup gelontor kloset	0,7	
Katup gelontor petarusan	0,4	
Keran yang menutup sendiri, otomatis	0,7	1
Pancuran mandi, dengan pancaran halus/tajam	0,7	
Pancuran mandi (Biasa)	0,35	

**Tabel 2. 10** Lanjutan Tekanan yang dibutuhkan Alat *Plumbing*

Nama alat <i>plumbing</i>	Tekanan yang dibutuhkan (kg/cm <sup>2</sup> )	Tekanan standar (kg/cm <sup>2</sup> )
Keran biasa	0,3	
Pemanas air langsung dengan bahan bakar gas	0,25 - 0,7	

Sumber: Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura (2005)

Rumus mencari tekanan tiap lantai (Novarizal et al., 2022):

$$P = \rho \times g \times h \dots \dots \dots (2-6)$$

Dimana: P = Tekanan (N/m<sup>2</sup>)  
 ρ = Kerapatan air (998,2 Kg/m<sup>3</sup>)  
 g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 h = Tinggi Potensial (m)

Standart kecepatan yang digunakan yakni sebesar 0,9-1,2 m/dtk, dengan batas maksimum antara 1,5-2,0 m/dtk (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.).

Rumus pemeriksaan kecepatan aliran (Suhardiyanto, 2017):

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \dots \dots \dots (2-7)$$

Dimana: v = Kecepatan aliran (m/dtk)  
 Q = Laju aliran (m<sup>3</sup>/dtk)  
 D = Diameter Pipa (m)

## 2.2.6 Peralatan Penyedia Air Bersih

### 2.2.6.1 Tangki Air

#### a. Tangki Air Atas (*Roof Tank*)

Tangki atas digunakan untuk memenuhi kebutuhan puncak, biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka panjang, waktu kebutuhan puncak yakni sekitar 30 menit (Novarizal et al., 2022). Kapasitas efektif tangki atas dinyatakan dengan rumus (Novarizal et al., 2022):

$$V_E = ((Q_P - Q_{max})T_p) + (Q_{pu} \times T_{pu}) \dots \dots \dots (2-8)$$

Dimana: V<sub>E</sub> = Kapasitas efektif tangki atas (liter)  
 Q<sub>P</sub> = Kebutuhan puncak (liter/menit)  
 Q<sub>max</sub> = Kebutuhan jam puncak (liter/menit)

- $Q_{pu}$  = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit)  
 $T_p$  = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)  
 $T_{pu}$  = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

b. Tangki Air Bawah (*Ground Water Tank*)

Tangki bawah digunakan sebagai tampungan air bersih dan pemadam kebakaran (Prahara, 2014a). Volume tangki bawah dihitung dengan rumus (Prahara, 2014a):

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) \dots\dots\dots(2-9)$$

- Dimana:
- $V_R$  = Volume tangki air (m<sup>3</sup>)
  - $Q_d$  = Jumlah kebutuhan air per hari (m<sup>3</sup>/hari)
  - $Q_s$  = Kapasitas pipa dinas (m<sup>3</sup>/jam)
  - $T$  = Rata – rata pemakaian per hari (jam/hari)

### 2.2.6.2 Pipa

Pipa merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida (Wicaksono & Santoso, n.d.). Jenis pipa yang ada pada umumnya digunakan pada instalasi dalam gedung adalah (Wicaksono & Santoso, n.d.):

- a. Pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*)
- b. Pipa GIP (*Galvanized iron pipe*)
- c. Pipa HDPE (*High density poly ethylene*)

Fluida merupakan suatu zat yang tidak mampu menahan tekanan geser tanpa berubah bentuk (Wicaksono & Santoso, n.d.). Perubahan bentuk pada fluida akan terjadi secara terus menerus apabila tegangan geser terus terjadi (Wicaksono & Santoso, n.d.). Aliran fluida dibedakan menjadi 3 jenis yaitu laminar, transisi dan turbulen (Wicaksono & Santoso, n.d.). Dikatakan laminar jika bilangan *Reynolds* < 2300, transisi jika bilangan *Reynolds* 2300 < *Re* < 4000 dan turbulen jika bilangan *Reynolds* > 4000 (Wicaksono & Santoso, n.d.). Untuk menghitung bilangan Reynold sebagai berikut (Wicaksono & Santoso, n.d.):

$$R_e = \frac{\rho \times v \times D}{\mu} \dots\dots\dots(2-10)$$

- Dimana:
- $v$  = Kecepatan fluida (m/s)
  - $D$  = Diameter pipa (m)

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $\text{Kg/m}^3$ )

$\mu$  = Viskositas fluida ( $\text{Kg/m.s}$  atau  $\text{N.s/m}^2$ )

Adapun kerugian-kerugian yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan dan *head losses* atau rugi aliran yang terjadi pada saat proses pengaliran fluida (Wicaksono & Santoso, n.d.). *Head losses* merupakan kerugian-kerugian dalam aliran pipa yang terdiri atas *mayor losses* dan *minor losses* sebagai berikut (Zainudin et al., 2012):

$$\mathbf{H} = H_f + H_m \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana:  $H$  = *Head Losses* (m)

$H_f$  = *Mayor Losses* (m)

$H_m$  = *Minor Losses* (m)

a. *Mayor Losses*

Kerugian *mayor* merupakan kehilangan tekanan akibat gesekan aliran fluida pada sistem aliran dengan luas penampang tetap atau konstan. yang disebabkan oleh gesekan yang terjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami fluida.

*Mayor Losses* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Darcy Weisbach* sebagai yaitu:

$$\mathbf{H_f} = f \frac{L \times v^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots (2-12)$$

Dimana:  $H_f$  = *Mayor Losses* (m)

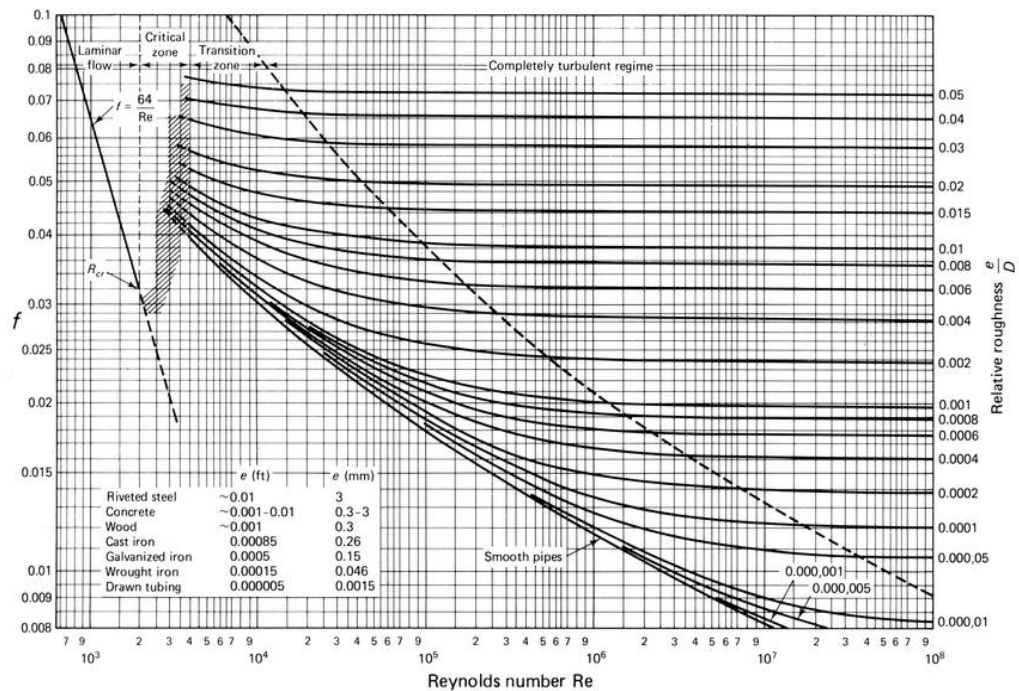
$f$  = Faktor gesekan (Dari diagram moody)

$L$  = Panjang pipa (m)

$v$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

$D$  = Diameter pipa (m)

$g$  = Percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )



Gambar 2.2 Diagram Moody

### b. Kerugian *Head Minor* (*Minor Losses*)

Kerugian yang disebabkan oleh perubahan-perubahan mendadak dari geometri aliran karena perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katup, reducer serta berbagai jenis sambungan. Rumus besarnya kerugian minor:

$$h_c = k \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2-13)$$

- Dimana:
- $h_f$  = Kerugian head (m)
  - $k$  = Koefisien kerugian
  - $v$  = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s<sup>2</sup>)
  - $g$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

### 2.2.6.3 Pompa

Dalam perancangan ini sistem plambing air bersih menggunakan sistem tangki atap. Dalam sistem ini air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang diatas atap atau diatas lantai tertinggi suatu bangunan (Prahara, 2014b). Beberapa jenis pompa diantaranya yaitu pompa *booster*, pompa submersibel, pompa sentrifugal dan lain-lain (Prahara, 2014b).

#### 2.2.6.4 Perlengkapan dan Aksesoris Pipa

a. *Flens*

Flens merupakan komponen yang digunakan untuk menggabungkan dua elemen pipa dengan equipmen lainnya (Setiawan et al., 2022).

b. Katup (*Valve*)

Katup memiliki fungsi sebagai pengatur atau pengontrol aliran dari suatu cairan. Adapun beberapa jenis katup yang sering digunakan dalam sistem *plumbing* yakni katup sorong, katup bola, katup bersudut dan katup satu arah (Setiawan et al., 2022).

c. Belokan

Belokan adalah komponen pada pipa yang berfungsi sebagai penyambung antar pipa agar arah pipa dapat sesuai dengan kebutuhan (Setiawan et al., 2022).

### 2.3 Prinsip Dasar Sistem Instalasi Air Pembuangan

Sistem pembuangan memiliki tujuan untuk menyalurkan air kotor atau air bekas menuju ke tempat pengolahan sebelum diteruskan ke tempat pembuangan umum supaya tidak mencemari lingkungan sekitar dan penggunaannya (Putrianti et al., n.d.). Sistem pembuangan sama pentingnya dengan sistem penyediaan air bersih, jadi perlu untuk direncanakan dengan matang menurut ketentuan dan syarat syarat yang berlaku agar sistem pembuangannya bekerja dengan baik tanpa memberikan dampak buruk kepada lingkungan luar gedung ataupun dalam gedung (Putrianti et al., n.d.).

#### 2.3.1 Jenis Air Buangan

Air limbah atau yang biasa disebut air buangan, adalah seluruh carian yang dibuang, entah itu mengandung kotoran hewan, tumbuhan, manusia, ataupun yang mengandung sisa bahan-bahan dari pabrik (Putrianti et al., n.d.). Berikut adalah golongan-golongan air buangan (Prilliyani, 2019):

1. Air bekas adalah air buangan yang berasal dari bak mandi, bak cuci tangan, bak dapur dan sebagainya.



2. Air kotor adalah air buangan yang berasal dari kloset dan urinoir. Buangan kloset termasuk golongan limbah padat organik yang dapat membusuk sehingga harus diolah dengan benar.
3. Air hujan adalah air yang berasal dari air hujan yang biasanya dari atap yang dapat langsung disalurkan menuju buangan akhir.
4. Air Buangan Khusus Yang dimaksud air buangan khusus adalah air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya atau air buangan yang bersifat radioaktif.

### 2.3.2 Klasifikasi Sistem Pembuangan Air

Sistem pembuangan air dibagi menjadi beberapa klasifikasi, antara lain (Prilliyani, 2019):

1. Klasifikasi menurut jenis air buangan
  - a) Sistem pembuangan air kotor adalah sistem pembuangan yang berasal dari kloset dan lain-lain yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
  - b) Sistem pembuangan air bekas adalah pembuangan yang berasal dari air bekas yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
  - c) Sistem pembuangan air hujan adalah sistem pembuangan air hujan dari atap gedung dan pekarangan yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
  - d) Sistem pembuangan air dari dapur Khusus untuk air buangan yang berasal dari bak cuci dapur sebaiknya dilengkapi dengan perangkap lemak.
2. Klasifikasi menurut cara pembuangan air
  - a) Sistem campuran  
Yaitu sistem pembuangan dimana segala macam air buangan dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu saluran.
  - b) Sistem terpisah  
Yaitu sistem pembuangan dimana setiap jenis air buangan dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah.
3. Klasifikasi menurut letaknya
  - a) Sistem pembuangan dalam gedung

Yaitu sistem pembuangan yang terletak dalam gedung, sampai jarak satu meter dari dinding paling luar gedung tersebut.

b) Sistem pembuangan di luar gedung

Yaitu sistem pembuangan di luar gedung, dinding paling luar gedung tersebut sampai ke riol umum.

4. Klasifikasi menurut cara pengaliran

a) Sistem gravitasi

Dimana air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.

b) Sistem bertekanan

Dimana saluran umum letaknya lebih tinggi dari letak alat-alat plambing sehingga air buangan dikumpulkan lebih dahulu dalam suatu bak penampung kemudian dipompakan keluar ke dalam riol umum.

### 2.3.3 Elemen Sistem Pembuangan

#### 2.3.3.1 Pipa Pembuangan Alat Plambing

Pipa pembuangan alat plambing merupakan pipa yang menghubungkan perangkat alat plambing dengan pipa pembuangan lainnya (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.). Pipa ini biasanya dipasang tegak dimana ukurannya harus sama atau lebih besar dengan ukuran lubang keluar perangkat alat plambing (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.). Macam - macam pipa dalam sistem pembuangan yaitu sebagai berikut (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.):

- a) Pipa cabang mendatar merupakan semua pipa pembuangan mendatar yang menghubungkan antara pipa pembuangan alat plambing dengan pipa tegak air buangan.
- b) Pipa tegak air buangan adalah pipa tegak yang mengalirkan air buangan dari pipa cabang-cabang mendatar.
- c) Pipa tegak air kotor yaitu pipa tegak yang mengalirkan air kotor dari pipa cabang-cabang mendatar.
- d) Pipa atau saluran pembuangan gedung yaitu pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air kotor, air bekas, dan air hujan dari pipa-pipa tegak air buangan.

- e) Riol gedung yaitu pipa di halaman gedung yang menghubungkan antara pembuangan gedung dengan instalasi pengolahan atau dengan riol umum.

Pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup, sesuai dengan banyaknya dan jenis air buangan yang harus dialirkan agar mampu mengalirkan dengan cepat air buangan yang biasanya mengandung bagian-bagian padat. Kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm) (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*).

**Tabel 2. 11** Kemiringan Pipa Pembuangan Horizontal

Diameter pipaer pipa (mm)	Kemiringan Minimum
75 atau kurang	1/50
100 atau kurang	1/100

Sumber: *Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo (2005)*

Kecepatan yang baik dalam pipa berkisar antara 0.6 sampai 1.2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol gedung dapat dibuat lebih landai daripada yang dinyatakan dalam tabel 2.8 (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Jika kecepatan kurang dari 0.6 m/detik maka kotoran dalam air buangan akan mengendap sehingga pipa dapat tersumbat (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Disamping itu kemiringan yang lebih curam dari 1/50 cenderung akan menimbulkan efek sifon yang akan menyedot air penutup dalam perangkat alat plambing (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Dengan demikian diameter pipa pembuang sangat berpengaruh dalam menentukan kemiringan serta kecepatan aliran dalam pipa (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*).

**Tabel 2. 12** Diameter Minimum, Perangkat dan Pipa Buangan Alat Plambing

No	Alat plambing	Diameter Perangkat Minimum (mm)	Diameter pipa alat plambing minimum (mm)
1	Kloset	75	75
2	Peturasan		
	Tipe menempel dinding	40	40
	Tipe gantung dinding	40-50	40-50
	Tipe dengan kaki, siphon jet Atau blow-out	75	75
	Untuk 3-4 orang	65	65
	Untuk 5-6 orang	75	75

**Tabel 2. 13** Lanjutan Diameter Minimum, Perangkat dan Pipa Buangan Alat Plambing

No	Alat Plambing	Diameter Perangkat Minimum (mm)	Diameter pipa alat plambing minimum (mm)
3	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	32-40
4	Bak cuci tangan (wash Bashin)		
	Ukuran biasa	32	32
	Ukuran kecil	25	25
5	Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dantempat cukur	32	32-40
6	Pancuran bersih	32	32
7	Bak mandi		
	Berendam (bath tub)	32	32
	Model jepang (untuk dirumah)	40	40-50
	Untuk umum	50-75	50-75
8	Pancuran mandi (dalam ruangan)	50	50
9	Bidet	32	32
10	Bak cuci, untuk pel	65	65
	Ukuran besar	75-100	75-100
11	Bak cuci pakaian	40	40
12	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	50
13	Kombinasi bak cuci tangan, untuk 2-4 orang	40-50	40-50
14	Bak cuci tangan, rumah sakit	40	40-50
15	Bak cuci, laboratorium kimia	40-50	40-50
16	Baak cuci, macam-macam		
	Dapur, untu rumah	40-50	40-50
	Hotel, komersial	50	50
	Bar	32	32
	Dapur kecil cuci piring	40-50	40-50
	Dapur kecil cuci sayuran	50	50
	Penghancur kotoran (disposer) untuk rumah	40	40
	Penghancur kotoran (disposer) besar (untuk restoran)	50	50
17	Buangan lantai (floor drain)	40-75	40-75

Sumber: Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2005)

Ukuran pipa pembuangan dapat ditentukan berdasarkan jumlah nilai unit alat plambing yang dilayani pipa yang bersangkutan (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.).

**Tabel 2. 14** Unit Alat Plumbing Sebagai Beban, Setiap Alat atau Kelompok

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plumbing Sebagai Beban	
1	Kloset : Tangki gelontor	75	4	
	Katup gelontor		8	
2	Peterusan	40	4	
	Tipe menempel dinding		4	
	Tipe gantung di dinding		40-50	4
	Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow out		75	8
	Untuk umum,model payung setiap 0,60 m			2
3	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	1	
4	Bak cuci tangan (wash Bashin)	32	1	
	Ukuran biasa		0,5	
	Ukuran kecil		0,5	
5	Bak cuci, praktek dokter gigi	32	1	
	Alat perawatan gigi	32	0,5	
6	Bak cuci, salon dan tempat cukur	32	2	
7	Pancuran bersih	32	0,5	
8	Bak mandi	40-50	3	
	Berenda (bath tub)		2	
	Model jepang(untuk dirumah)		4-6	
	Untuk umum		4-6	
9	Pancuran mandi	50	2	
	Untuk rumah		3	
	Untuk umum tiappancuran		3	
10	Bidet	32	3	
11	Bak cuci, untuk pel	75-100	8	
12	Bak cuci pakaian	40	2	
13	Kombinasi bakcuci biasa dan bak cuci pakaian	50	3	
14	Kombinasi bak cuci dapur dengan penghancur kotoran	40	4	
15	Bak cuci tangan, kamar bedah	40	2	
	Ukuran besar		1,5	
	Ukuran kecil		1,5	

**Tabel 2. 15** Lanjutan Unit Alat Plumbing Sebagai Beban, Setiap Alat atau Kelompok

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plumbing Sebagai Beban
16	Bak cuci, laboratorium kimia	40-50	1,5
	Bak cuci, macam-macam		
	Dapur, untuk rumah	40-50	2-4
	Dapur, dengan penghancur makanan,		
17	untuk rumah	40-50	3
	Hotel, komersial	50	4
	Bar	32	1,5
	Dapur kecil, cuci piring	40-50	2-4
18	Mesin cuci		
	Untuk rumah	40	2
	Paralel, dihitung setiap orang	-	0,5
19	Buangan lantai (floor drain)	40	0,5
		50	1
		75	2
20	Kelompok alat plumbing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, satu bak mandi rendam atau pancuran mandi ;		
	Dengan kloset tangki gelontor		6
	Dengan kloset katup gelontor		8
21	Pompa penguras (sump pump), untuk setiap 3.8 liter/min		2

Sumber: Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2005)

**Tabel 2. 16** Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, untuk Pipa Horizontal dan Pipa Tegak Buangan

Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, untuk Pipa Horizontal dan Pipa Tegak buangan												
Diameter pipa	Cabang Mendatar			Satu Pipa Tegak Setinggi 3 Tingkat atau Untuk 3 Interval			Pipa Tegak Dengan Tinggi Lebih Dari 3 Tingkat					
	unit alat plambing	reduksi	unit alat plambing	unit alat plambing	reduksi	unit alat plambing	Jumlah Untuk Satu Pipa Tegak			Jumlah Untuk Cabang Satu Tingkat		
(mm)	(praktis)	(%)	(NPC)	(praktis)	(%)	(NPC)	(praktis)	(%)	(NPC)	(praktis)	(%)	(NPC)
32	1	100	1	2	100	2	2	100	2	1	100	1
40	3	100	3	4	100	4	8	100	8	2	100	2
50	5	90	6	9	90	10	24	100	24	6	100	6
65	10	80	12	18	90	20	48	90	42	9	100	9
75	14	70	20	27	90	30	54	90	60	14	90	16
100	96	60	160	192	80	240	400	80	500	72	80	90
125	216	60	360	432	80	540	880	80	1100	160	80	200
150	372	60	620	768	80	960	1520	80	1900	280	80	350
200	840	60	1400	1760	80	2200	2880	80	3600	480	80	600
250	1500	60	2500	2660	70	3800	3920	70	5600	700	70	1000
300	2340	60	3900	4200	70	6000	5880	70	8400	1050	70	1500
375	3500	50	7000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Sumber: Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2005).

### 2.3.3.2 Lubang Pembersih dan Bak Kontrol

Sering kali kotoran dan kerak akan mengendap pada dasar dan dinding pipa pembuangan setelah digunakan untuk jangka waktu lama (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Di samping itu kadang-kadang ada juga benda-benda kecil yang sengaja ataupun tidak jatuh dan masuk kedalam pipa (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Semuanya itu akan menyebabkan tersumbatnya pipa, sehingga perlu dilakukan tindakan pengamanan (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Lubang pembersih berfungsi untuk membersihkan dan mencegah pipa tersumbat karena pengendapan ataupun yang lainnya dan penempatannya harus di tempat yang mudah di jangkau agar mudah dalam melaksanakan pembersih pipa (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Bagian luar gedung juga perlu dipasang bak kontrol yang akan mengontrol air kotor dari dalam gedung menuju ke riol umum (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*).

### 2.3.3.3 Perangkap

Sistem plambing pasti ada dalam setiap gedung, akan tetapi alat plambing tersebut tidak selalu terus terusan dipakai (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Sebab itulah pipa pembuangan yang kosong bisa terdapat gas berbau atau bahkan serangga (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*).

Karena itu perlu diaplikasikan sebuah perangkap yang umumnya berbentuk huruf “U” yang berfungsi untuk meredam komponen terakhir dari air gelontor, jadi perangkap akan menutup pipa pembuangan agar mencegah gas atau serangga masuk (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*). Perangkap alat plambing dapat dikelompokkan seperti berikut (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*):

1. Perangkap pada alat plambing
2. Perangkap pada pipa pembuangan
3. Perangkap yang bergabung dengan alat plambing
4. Perangkap yang dipasang diluar gedung

### 2.3.3.4 Penangkap

Air buangan yang keluar dari alat plambing mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya, yang dapat menyumbat atau mempersempit penampang pipa, yang dapat mempengaruhi kemampuan instalasi pengolahan air buangan.



Untuk mencegah masuknya bahan-bahan tersebut kedalam pipa, perlu dipasang suatu penangkap (*interceptor*) (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.). Beberapa jenis penangkap sebagai berikut (Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.):

- a. Penangkap lemak
- b. Penangkap minyak
- c. Penangkap pasir
- d. Penangkap rambut
- e. Penangkap gips
- f. Penangkap pada tempat cuci pakaian
- g. Penangkap lainnya

#### 2.3.3.5 Bak Ekualisasi

Bak ekualisasi perlu digunakan untuk proses pengolahan air buangan, karena konsentrasi polutan organik dan jumlah air buangan sangat berfluktuasi sehingga dengan adanya bak ekualisasi pengolahan dapat berjalan dengan baik (Novarizal et al., 2022). Pengolahan air buangan yang stabil adalah ketika debit air buangan yang diolah untuk meratakan konsentrasi zat pencemarannya dapat diatur oleh bak ekualisasi (Novarizal et al., 2022). Sebenarnya bak ekualisasi hanya berfungsi sebagai tampungan sementara, karena air buangan pada nantinya akan dialirkan menuju bangunan pengolah limbah atau *Sewage Treatment Plant* (STP) setelah air buangan sudah tidak mengandung bahan-bahan berbahaya (Novarizal et al., 2022).

Perkiraan volume air buangan perlu ditentukan terlebih dahulu untuk menghitung volume tampungan bak ekualisasi (Novarizal et al., 2022). Dengan tidak terpautnya koefisien apapun pada perhitungan volume air buangan maka volume air buangan dapat ditentukan dengan menggunakan rumus berikut (Sari et al., 2022):

$$Q_{al} = Q_d \times (60\% - 80\%) \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana:  $Q_{al}$  = Debit air buangan ( $m^3/hari$ )  
           = Debit air bersih ( $m^3/hari$ )

*Hydraulic Retention Time* (HRT) atau waktu tinggal dalam bak ekualisasi biasanya berkisar antara 6 - 10 jam, jadi untuk menentukan volume bak ekualisasi dapat menggunakan rumus (Fathoni & Pudjowati, 2023):

$$V_{\text{bak ekualisasi}} = \frac{\text{HRT}}{24 \text{ jam}} \times Q_{\text{al}} \dots \dots \dots (2.15)$$

Dimana: HRT = *Hydrulic retention time* (jam)

$Q_{\text{al}}$  = Debit air limbah (m<sup>3</sup>/hari)

### 2.3.3.6 Pompa Pembuangan

Pompa pembuangan dibedakan menjadi berbagai macam (*Noerbambang SF, Takeo M. 2005, n.d.*):

a. Jenis pompa menurut penggunaannya

1. Pompa air kotor
2. Pompa drainase
3. Pompa penguras

b. Jenis pompa menurut konstruksinya

1. Pompa horisontal
2. Pompa vertikal
3. Pompa yang terbenam

c. Jenis pompa menurut pemasangannya

1. Pompa bak basah
2. Pompa bak kering

## 2.4 Prinsip Dasar Sistem *Hydrant*

Sistem pemadam kebakaran atau *fire hydrant system* adalah suatu sistem pemadam api yang dioperasikan secara manual oleh operator (manusia) dengan menggunakan media pemadamnya air dan disepanjang instalasi pemipaan mengandung air bertekanan sampai pada titik *hydrant valve, hose reel, hydrant pillar* atau perangkat lainnya (Anwar et al., 2020).

### 2.4.1 Klasifikasi Bahaya Kebakaran

Penanggulangan kebakaran ialah semua bentuk usaha pengendalian pada saat terjadi kebakaran, sehingga dapat menyelamatkan pengguna bangunan saat

terjadi kebakaran pada tingkatan dini hingga tingkatan terparah secara maksimal (Damayanti & Ningrum, 2021).

#### **2.4.1.1 Bahaya Kebakaran Ringan**

Hunian dengan bahaya kebakaran ringan termasuk hunian yang mempunyai kondisi serupa dengan rumah ibadah, gedung pertemuan, bangunan pendidikan, rumah sakit, perpustakaan, perumahan, museum dan lain sebagainya (Damayanti & Ningrum, 2021).

#### **2.4.1.2 Bahaya Kebakaran Sedang**

Hunian dengan bahaya kebakaran sedang kelompok 1 termasuk hunian yang mempunyai kondisi serupa dengan pabrik elektronik, pabrik gelas, pabrik pengalengan, restoran, parkir untuk mobil, dan lain-lain (Damayanti & Ningrum, 2021). Sedangkan untuk kelompok 2 meliputi pabrik kimia, kandang kuda, pabrik permesinan, pabrik *textile*, dan lain-lain (Damayanti & Ningrum, 2021).

#### **2.4.1.3 Bahaya Kebakaran Berat**

Hunian dengan bahaya kebakaran berat kelompok 1 termasuk hunian yang mempunyai kondisi serupa dengan hanggar pesawat terbang, pengecoran, penggergajian kayu, pabrik *plywood*, percetakan, dan lain sebagainya (Damayanti & Ningrum, 2021). Sedangkan untuk kelompok 2 meliputi pabrik *asphalt saturating*, *solvent cleaning*, pabrik/bengkel dimana dilakukan pekerjaan *varnish* dan pengecatan dengan cara pencelupan dan pabrik atau tempat tertentu dimana dilakukan pekerjaan dengan resiko kebakaran yang tinggi, dan lain-lain (Damayanti & Ningrum, 2021).

### **2.4.2 Sistem Pemadam Kebakaran Dalam Gedung**

Ada beberapa sistem pemadam kebakaran yang dapat digunakan, diantaranya yaitu sistem *sprinklers* dan sistem *fire hose reel* yang ada di dalam kotak *hydrant* (Ivana Patricia Lilipaly et al., 2021).

#### **2.4.2.1 Sistem *Sprinklers***

Sistem *sprinkler* memiliki fungsi memancarkan air secara otomatis ketika ada api yang akan menyebabkan kebakaran (Ivana Patricia Lilipaly et al., 2021). *Sprinkler* akan bekerja secara otomatis jika temperatur operasi pada kepala *sprinkler* berkisar antara 57°C atau 68°C (Ivana Patricia Lilipaly et al., 2021).

#### 2.4.2.2 Sistem *Fire Hose Reel*

Sistem *fire hose reel* mempunyai fungsi mengalirkan air secara manual dengan menggunakan selang yang telah disediakan (Ivana Patricia Lilipaly et al., 2021). Mempunyai diameter pipa 6,35 cm, jangkauan maksimal pipa 30,5 m, dilengkapi dengan katup pengeluaran, diletakkan sekitar 50 cm diatas lantai agar mudah dijangkau (Ivana Patricia Lilipaly et al., 2021).

#### 2.4.3 Sistem Pemadam Kebakaran Luar Gedung

*Hydrant pillar* mempunyai fungsi untuk menyuplai air ke gedung yang akan disalurkan pada bagian yang terbakar (Yuniarto & Bhirawa, n.d.). Diameter selang minimal 2,5 in, diameter pipa minimal 4 in, dengan panjang selang 30 m, diletakkan 50 cm diatas permukaan tanah dan tidak kurang dari 6 m dari tepi bangunan (Yuniarto & Bhirawa, n.d.). Dibutuhkan adanya *siamese connection* yang berfungsi sebagai penyuplai air dari mobil pemadam kebakaran untuk disalurkan ke dalam instalasi pipa yang ada di dalam gedung yang kemudian akan dipancarkan oleh *hydrant box* (Yuniarto & Bhirawa, n.d.).

