

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sistem Plumbing di Apartemen**

Suatu sistem untuk membantu distribusi air bersih merupakan definisi dari sistem plambing yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari. Pada bangunan apartemen, dibutuhkan suatu sistem dimana bisa mendistribusi air bersih agar kebutuhan air bersih di apartemen itu di penuhi untuk kegiatan seperti mandi, mencuci piring, buang air, dan kegiatan-kegiatan yang memerlukan air bersih. Untuk distribusi air bersih dan pembuangan air kotor, sistem plumbing adalah bagian penting dari infrastruktur bangunan (Andi Saidah, Fain Faleri Bohang, 2024). Dengan terpenuhinya kebutuhan air bersih yang efisien dan terkontrol nya sistem pembuangan maka terciptanya lingkungan yang lebih sehat dan bersih.



**Gambar 2.1** Pipa dan pompa air bersih

Sistem plumbing juga berfungsi sebagai penyedia cadangan air untuk proteksi kebakaran (Hydrant). Bukan hanya sistem air bersih dan air kotor, sistem proteksi kebakaran ini juga tidak kalah penting. Dalam NFPA (*National Fire Protection Association*) mengatur volume cadangan air

berdasarkan waktu yang dibutuhkan pompa (sekitar 30-60 menit). Sistem plumbing harus bisa menghitung jumlah cadangan air yang cukup dan efisien sehingga air bersih dan proteksi kebakaran ini dapat tercukupi dengan baik.

Air hujan juga dapat dimanfaatkan sebagai cadangan air bersih. Tentunya melewati proses beberapa kali penyaringan. Pemanfaatan air hujan sebagai cadangan air bersih juga juga berfungsi untuk menghindari genangan yang muncul akibat air hujan.

## 2.2 Sistem Air Bersih

Menurut Herdiyana, dkk. (2019) Perencanaan instalasi penyediaan air murni dilakukan dengan menggunakan metode berdasarkan SNI 03-7065 Tahun 2005 tentang tata cara perencanaan sistem sanitasi untuk menghitung kebutuhan air murni. Sistem penyimpanan air murni yang direncanakan akan berupa sistem tangki atap yang akan mendistribusikan air yang disimpan di tangki bawah ke tangki atas.



**Gambar 2.2** *Roof Water Tank*

Air yang ditampung dalam GWT (*ground water tank*) atau tanki yang berada dibawah tanah bersumber dari PAM yang sesuai dengan Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 93 Tahun 2021 yang melarang penggunaan air tanah untuk bangunan komersialisasi. Setelah air ditampung di dalam GTW, air bersih dipompa menuju *rooftank*. Setelah air ditampung dalam *rooftank* baru air bersih bisa didistribusikan untuk kehidupan sehari-hari. Dalam menghitung kapasitas GWT dan RWT

diperlukan perhitungan yang tepat agar kebutuhan air bersih terpenuhi. Berikut erupakan persamaan untuk menghitung volume dari *ground water tank*.

$$GWT = VAB + VH \dots \dots \dots (2.1)$$

Dari persamaan diatas dimana untuk mencari volume dari *ground water tank* perlu diketahui dulu VAB (volume air bersih) dan VH ( Volume Hydrant) setelah diketahui, penjumlahan dari VAB dan VH merupakan kapasitas GWT yang diperlukan apartement ini. Berikut persamaan untuk mencari volume air bersih.

$$VAB = (\text{Total air bersih} + \text{Safety factor}) + \text{Total air bersih} \dots \dots \dots (2.2)$$

Total air bersih yang diperlukan bisa dihitung melalui perkalian dari kapasitas apartement dan kebutuhan air bersih sesuai *population equivalen* pada tabel 2.1. Total air bersih lalu dikalikan dengan *safety factor* sebesar 20% (Noerbambang, 2005) yang berfungsi sebagai kebutuhan air bersih tambahan apabila terjadi kebocoran.

**Tabel 2.1** *Population Equivalen*

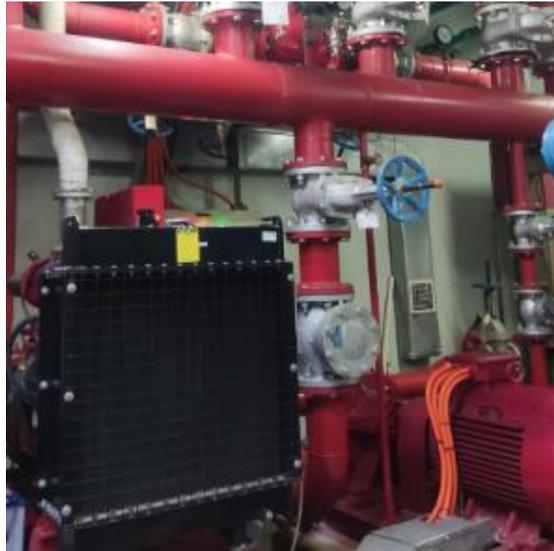
(Sumber : Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005)

No	Peruntukan Bangunan	Pemakaian air bersih	Debit Air limbah	Satuan	PE
1	Rumah Mewah	250	200	L/Penghuni/Hari	1,67
2	Rumah Biasa	150	120	L/Penghuni/Hari	1,00
3	Apartemen	250	200	L/Penghuni/Hari	1,67
4	Asrama	120	96	L/Penghuni/Hari	0,80
5	SD	40	32	L/Siswa/Hari	0,27
6	SMP	50	40	L/Siswa/Hari	0,33
7	SMA	80	64	L/Siswa/Hari	0,53
8	Perguruan Tinggi	80	64	L/mahasiswa/Hari	0,53

Menghitung volume hydrant juga sangat penting bagi keamanan dan keselamatan penghuni apartemen melalui persamaan berikut.

$$VH = \text{Kapasitas Pompa} \times \text{waktu estimasi} \dots\dots\dots(2.3)$$

VH merupakan Volume Hydrant dengan 30-45 menit sebagai waktu pompa untuk memadamkan api. GPM Pompa yang dipakai 1000 GPM yang sesuai dengan SNI 03-1745-2000 (tidak lebih dari 1250 USGPM).



**Gambar 2.3** Sistem Hydrant

Menghitung volume RWT ( *Roof Water Tank*) juga perlu dikarenakan RWT merupakan pusat utama sebagai reservoir yang berperan besar dalam pendistribusian air bersih. Alasan utama adanya *roof water tank* dikarenakan sebagai sumber air bersih yang tidak perlu adanya pompa untuk mendistribusikan air bersih ketika listrik sedang padam. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung volume *roof water tank*,

$$RWT = \frac{V_{AB}}{2} + \text{safety factor} \dots\dots\dots(2.4)$$

Debit air bersih (VAB) merupakan hasil dari persamaan 2.2 diatas yang dibagi 2 karena dilakukanya 2 kali pompa melakukan pengisian rooftank pada pagi dan sore ditambah safety factor sebagai pembulat.

### **2.3 Sistem Air Kotor**

Drainase berasal dari kata drainasi yang artinya mengalirkan, mengeringkan, atau membuang air. Drainase adalah suatu sistem yang

dirancang untuk mengatasi masalah kelebihan air yang tidak diinginkan yang mengalir di atas atau di bawah permukaan bumi. Di wilayah pemukiman, saluran drainase berfungsi sebagai sarana sanitasi untuk mencegah air menggenang yang mengganggu kenyamanan dan kesehatan lingkungan, dan juga untuk mencegah banjir. Kegagalan saluran drainase ini sering kali menjadi penyebab banjir di wilayah pemukiman.

Dalam Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 122 tahun 2005 yang mengatur tentang air limbah, debit limbah untuk bangunan apartement itu sebesar 200 liter/penghuni/hari. Sebelum dibuang ke tempat pembuangan akhir, air kotor dan limbah harus diproses terlebih dahulu. Perencanaan pengelolaan yang baik diperlukan untuk pengolahan yang efektif agar tidak mencemari air permukaan, merusak hewan dan tumbuhan yang hidup di dalam air, mengkontaminasi sumber air minum, dan menimbulkan bau yang tidak sedap.

### **2.3.1 Air Hujan**

Dalam upaya untuk menambah cadangan air bersih, penggunaan air hujan juga bisa sebagai solusinya. Air hujan yang ditampung harus melalui proses filterisasi atau penyaringan agar air hujan menjadi air bersih yang bisa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Selain pemanfaatan sebagai cadangan air bersih, penggunaan air hujan memiliki banyak manfaat yaitu sebagai perlindungan saluran limbah, mengurangi air menggenang, mencegah banjir, dan menjaga cadangan air tanah.



**Gambar 2.4** Filter untuk air hujan

### 1.3.2 Sumur Resapan

Sumur resapan merupakan suatu ruang atau penampungan yang berfungsi meresapkan air hujan ke dalam tanah. Pada Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 Tahun 2013 tentang Sumur Resapan tepatnya pada Bab 2 pasal 2 dijelaskan tujuan membuatnya sumur resapan dengan maksud menampung, menyimpan, dan menambah cadangan air tanah serta mengurangi limpasan air ke saluran pembuangan.

**Tabel 2.2** Volume Sumur Resapan

(Sumber; Lampiran Peraturan Gubernur DKI Jakarta no.20 th 2013)

No	Luas Penampang Bangunan	Volume (m <sup>3</sup> )
1	50	2
2	51-99	4
3	100-149	6
4	150-199	8
5	200-299	12
6	300-399	16
7	400-499	20
8	500-599	24

## 2.4 Pipa

Aliran fluida adalah cabang ilmu mekanika fluida yang sangat penting untuk desain sistem perpipaan. Alat transportasi fluida yang banyak digunakan di industri adalah pipa. Dalam sistem perpipaan, gesekan fluida melalui pipa, penyempitan (kontraksi), dan pembesaran (ekspansi) dapat menyebabkan kehilangan energi pada fluida yang mengalir melalui pipa.

### 2.4.1 Jenis-jenis Pipa

Ada banyak sekali jenis-jenis pipa berdasarkan materialnya. Jenis pipa didasari dengan fungsi sebagai alat distribusi fluida dalam lingkungan industri maupun perumahan. Berikut merupakan jenis-jenis pipa yang digunakan secara umum berdasarkan materialnya.

1. Pipa Galvanis

Pipa galvanis terkenal karena mampu menahan tekanan dari luar. Terbuat dari besi yang dicelupkan ke cairan galvanis tertentu untuk membuatnya tahan korosi.

2. Pipa PVC

Pipa Polyvinyl Chloride (PVC) ini biasanya digunakan pada sistem perpipaan di bangunan rumah untuk mengalirkan air dari saluran udara hingga saluran pembuangan limbah. Oleh karena itu, pipa PVC disebut sebagai pipa multifungsi.

3. Pipa Logam

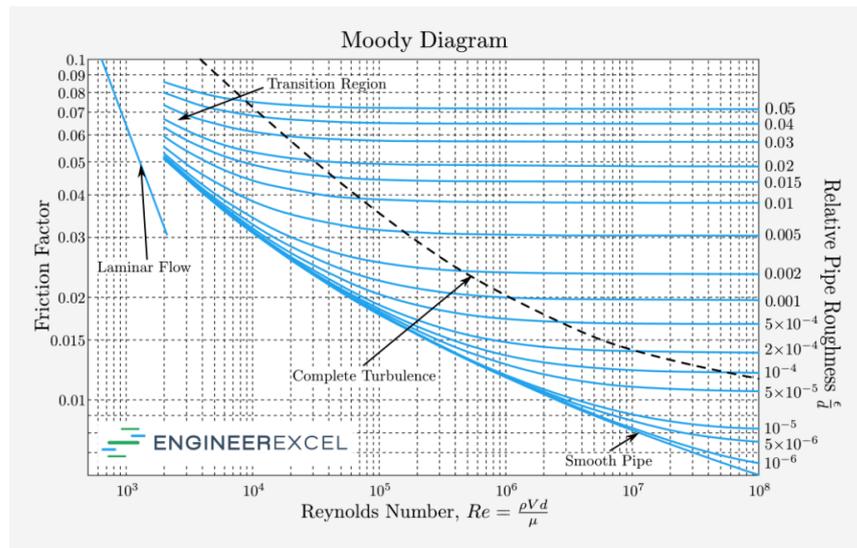
Pipa logam atau besi adalah jenis pipa yang sering digunakan saat membangun rumah atau bangunan lainnya. Pipa jenis ini biasanya digunakan untuk mengalirkan aliran yang panas, sehingga tidak mudah meleleh. Pipa besi juga lebih baik karena lebih tahan lama daripada pipa plastik.

4. Pipa Tembaga

Pipa tembaga memiliki sifat tidak reaktif yang membuatnya lebih tahan terhadap korosi. Dengan demikian, jika dibandingkan dengan jenis pipa lainnya, pipa tembaga memiliki kualitas yang lebih baik. Salah satu sifat pipa tembaga adalah tahan panas dan api, dan ketika terbakar, pipa tidak akan mengeluarkan gas beracun.

#### **2.4.2 Diagram Moody**

Untuk menghitung faktor gesekan untuk aliran fluida melalui pipa bisa dihitung menggunakan Diagram Moody. Diagram ini menunjukkan faktor gesekan sebagai fungsi dari bilangan Reynold dan rasio antara kekasaran pipa internal dan diameternya, atau kekasaran relatif.



**Gambar 2.5** Moody Diagram

(Sumber : engineerexcel.com)

Untuk membaca Moody Chart, pertama-tama hitung kekasaran relatif pipa dengan rumus  $\epsilon/D$ .  $\epsilon$  adalah tinggi kekasaran dinding internal pipa yang ditampilkan dalam tabel berikut.

**Tabel 2.3** Kekasaran dinding pipa berdasarkan jenis material

(Sumber ; engineerexcel.com)

No	Material	$\epsilon$ (mm)
1	Concrete, coarse	0.25
2	Concrete, new smooth	0.025
3	Drawn tubing	0.0025
4	Glass	0.002
5	Iron, cast	0.15
6	Plastic (PVC, ABS)	0.002
7	Steel, mortar lined	0.1
8	Steel, rusted	0.5

Setelah mengetahui kekasaran relatif pipa, langkah selanjutnya yaitu dengan menghitung Reynold number yang dapat dihitung melalui dengan persamaan berikut.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- $\rho$  = Densitas air (Kg/m<sup>3</sup>)
- $v$  = Kecepatan Aliran (m/s)
- $D$  = Diameter pipa (m)
- $\mu$  = Viskositas dinamik air

Viskositas dinamik air sangat tergantung pada suhu dan jenis fluida yang dapat terdapat tabel berikut.

**Tabel 2.4** Viskositas Dinamik air  
(Sumber : Yunus Cengel, Fluid Dynamic)

<b>Fluid</b>	<b>Jenis</b>	<b>Viskositas Dinamik <math>\mu</math>, kg/m.s</b>
Water	0°C	0.0018
	20°C	0.0010
	100°C (liquid)	0.00028
	100°C (vapor)	0.000012
Engine Oil	SAE 10W	0.10
	SAE 10W30	0.17
	SAE 30	0.29
	SAE 50	0.86
Glycerin	-20°C	134.0
	0°C	10.5
	20°C	1.52
	40°C	0.31

### 2.4.3 Head Losses

Setiap instalasi pipa air bertekanan pasti mengalami *head losses*. Penurunan tekanan pada fluida yang mengalir di dalam pipa dikenal sebagai *head loss*. *Head losses* terdiri dari *major losses* dan *minor head losses*. *Major head losses* terjadi karena gesekan fluida dengan dinding pipa yang memanjang, sedangkan *minor head losses* terjadi karena sambungan pipa. (Asih Priyati, 2019)

#### 1. Major head loss

$$\Delta P_{\text{major}} = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

- f = Friction factor (m)
- L = Panjang pipa (m)
- D = Diameter pipa (m)
- g = Gravitasi 9,81 m/s<sup>2</sup>
- v = Kecepatan Aliran (m/s)

#### 2. Minor head losses

$$\Delta P_{\text{minor}} = k \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- K = koefisien fitting
- v = Kecepatan Aliran (m/s)
- g = Gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

**Tabel 2.5** *Minor loss coefficients (Elbow)*

(Sumber ; engineerexcel.com)

Pipe Size (In.)	90 Elbow	45 Elbow
1	1.5	0.34
1 – 1/4	1.3	0.33
1 – 1/2	1.2	0.32

2	1	0.31
2 – 1/2	0.85	0.30
3	0.80	0.29

**Tabel 2.6** *Minor loss coefficients (Gate valve)*

(Sumber ; engineerexcel.com)

<i>Pipe Size (In.)</i>	<i>Gate valve (open)</i>	<i>Globe valve (open)</i>
1	0.24	9
1 – 1/4	0.22	8.5
1 – 1/2	0.19	8
2	0.17	7
2 – 1/2	0.16	6.5
3	0.14	6

## 2.5 Pompa

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan dari suatu tempat ke tempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan ini digunakan untuk mengatasi masalah pengaliran. Hambatan pengaliran dapat berupa hambatan gesek, perbedaan tekanan, atau perbedaan ketinggian.



**Gambar 2.6** *Delivery Pump*

Pada dasarnya, energi mekanik dari motor diubah menjadi energi aliran cairan oleh pompa. Fluida akan menghasilkan tekanan yang lebih tinggi untuk mengatasi tahanan saluran. (Mohammad Afrizal Rofiq, 2021).

Banyak sekali jenis-jenis pompa salah satunya adalah pompa sentrifugal. Pompa sentrifugal adalah mesin kinetis yang menggunakan gaya sentrifugal untuk mengubah energi mekanik menjadi energi fluida. Pompa sentrifugal terdiri dari impeller yang berputar di dalam *casing*. Dalam gerak melingkar, sebuah objek cenderung terlempar keluar dari pusat lingkaran. Memutar cairan dalam arah melingkar dapat menambah energi. Gaya sentrifugal adalah gaya yang membawa sebuah objek keluar dalam gerak melingkar. Pompa sentrifugal ini memiliki banyak komponen yang berbeda, masing-masing dengan fungsi dan fungsinya sendiri. Namun, beberapa komponen disebut sebagai komponen utama pompa sentrifugal. Berdasarkan fungsinya, pompa yang digunakan sistem plumbing sangat banyak. Berikut merupakan jenis pompa berdasarkan fungsi dalam sistem plumbing.

1. *Delivery Pump*

Pompa ini biasanya terletak di dekat GWT (*Ground Water Tank*) yang berfungsi sebagai pengantar air yang ada di GWT menuju RWT (*Roof Water Tank*). Sesuai dengan fungsinya, pompa ini dibutuhkan untuk distribusi air bersih setiap harinya.

2. *Booster Pump*

*Booster Pump* biasanya dipasang di atas tanah dan bekerja dengan mendorong air untuk meningkatkan tekanan air dalam sistem perpipaan. Pompa ini berfungsi sebagai pengatur tekanan, agar tekanan air bersih yang dibutuhkan kehidupan sehari-hari tidak merusak komponen seperti kran air, shower, mesin cuci, dan lainnya.

3. Pompa Sumpit

Pompa sumpit, juga dikenal sebagai pompa air celup, adalah pompa sentrifugal yang berfungsi untuk menguras air dari sumber seperti sumur, kolam, banjir, atau sistem pengairan.

Daya dorong pompa merupakan tenaga pompa yang dilakukan per satuan waktu. Mengetahui nilai daya dorong pompa bertujuan untuk

mengetahui efisiensi dari pompa tersebut. Untuk mencari daya dorong pompa, dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut.

1. Daya dorong pompa

$$P_{pompa} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

$\rho$  = Massa Jenis Air ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = Percepatan Gravitasi ( $\text{m/s}^2$ )

$Q$  = Debit aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$  = Head Pompa (m)

2. Daya Listrik

$$P_{listrik} = V \cdot I \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

$V$  = Tegangan listrik (v)

$I$  = Arus listrik (A)

Faktor yang dipergunkan dalam menghitung energi kinetik yang hilang dalam bentuk kerugian atau kehilangan adalah efisiensi pompa. (Iman Syahrizal,2019)

3. Efisiensi Pompa

$$\eta = \frac{P_{pompa}}{P_{listrik}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

$P_{pompa}$  = Daya dorong pompa (Watt)

$P_{listrik}$  = Daya listrik (Watt)