

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Plumbing**

Sistem plumbing menggabungkan teknologi dan keahlian dalam pemasangan pipa dan peralatan terkait untuk memastikan penyediaan air minum ke lokasi yang dituju. Sistem perpipaan harus menyediakan air bersih dalam hal kuantitas, kualitas, dan kontinuitas, sesuai dengan persyaratan yang berlaku. Sistem ini juga bertugas mengelola pembuangan limbah cair dari beberapa lokasi tanpa merusak lingkungan, sehingga memastikan keamanan dan kenyamanan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Pipa air adalah sistem yang menyediakan air minum dan mengelola pembuangan limbah cair. Sistem ini dibangun sesuai dengan undang-undang, peraturan, pedoman teknis, dan standar yang ditetapkan untuk peralatan dan instalasi (Morimura dan Noerbambang 2000).

Sejak 1979, Indonesia telah menetapkan aturan dan kriteria untuk membangun dan memelihara sistem air bersih agar tetap dalam kondisi baik. Inisiatif ini dilakukan untuk mencegah kerusakan atau malfungsi sistem plumbing. Penyebab kegagalan sistem meliputi desain yang ceroboh, pemasangan yang tidak akurat, dan gangguan akibat kebisingan dan getaran pada mesin dan sistem pipa. Selain itu, kurangnya keahlian teknis dan kelalaian dari pihak yang bertugas merancang dan merencanakan sistem plumbing juga berkontribusi pada kegagalan tersebut. (Morimura dan Noerbambang 2000).

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

Tugas utama sistem distribusi air adalah menyediakan air bersih kepada masyarakat. Tujuan dari pembangunan sistem pipa yang baik adalah untuk mencegah air bersih terkontaminasi sehingga tetap bersih saat digunakan. Air dapat terkontaminasi karena berbagai alasan, seperti ketika tanah merembes ke dalam tangki penyimpanan, pipa mengalami korosi, atau air dengan kualitas berbeda mengalir kembali ke dalam pipa. Gangguan atau kerusakan pada sistem perpipaan dapat diminimalkan dengan memastikan bahwa setiap tahap pemasangan dan

konfigurasi peralatan dilakukan dengan akurat dan sesuai dengan protokol teknis yang disetujui.

### 2.2.1 Syarat Air Bersih

Noerbambang, Sofyan M., dan Morimura, Takeo (1985) Menyebutkan bahwa penyediaan air bersih dapat dilakukan melalui beberapa sistem, yang masing-masing memiliki karakteristik dan metode kerja tersendiri yaitu :

a. Syarat Kualitas

Air bersih untuk sistem plumbing harus memenuhi standar kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologi. Hal ini penting untuk memastikan bahwa air tidak menimbulkan efek merugikan terhadap kesehatan dan keamanan pengguna. Kualitas yang tidak sesuai dapat menyebabkan gangguan kesehatan maupun kerusakan pada sistem distribusi air itu sendiri.

b. Syarat Kuantitas

Kuantitas atau jumlah pasokan air bersih harus cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan pengguna di dalam gedung. Ketersediaan air yang memadai sangat diperlukan agar seluruh aktivitas yang bergantung pada air dapat berjalan dengan lancar, tanpa terjadi kekurangan pada waktu tertentu.

c. Syarat Kontinuitas

Ketersediaan air bersih harus terjamin secara terus-menerus selama 24 jam, baik di musim hujan maupun kemarau. Stabilitas aliran air, terutama dalam hal debit, sangat penting untuk menjaga kenyamanan dan efisiensi penggunaan. Fluktuasi yang terlalu besar dapat menyebabkan gangguan pada pemanfaatan air sehari-hari, khususnya pada bangunan bertingkat atau yang memiliki sistem distribusi yang kompleks.

d. Syarat Tekanan

Tekanan air adalah parameter penting dalam sistem plumbing. Tekanan terlalu rendah dapat menghambat aliran air, sementara terlalu tinggi bisa merusak peralatan dan menyebabkan water hammer. Tekanan optimal disesuaikan dengan jenis bangunan dan kebutuhan, biasanya antara 2,5

hingga 3,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk perumahan dan hotel, sesuai dengan standar teknis yang berlaku (Noerbambang, Sofyan M. & Morimura, Takeo, 1985; SNI 03-6481-2000).

### 2.2.2 Jenis Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem pasokan air dapat disesuaikan dengan persyaratan dan kondisi bangunan. Menurut buku "Perencanaan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing" oleh Noerbambang dan Morimura (2005), sistem pasokan air diklasifikasikan berdasarkan teknik distribusi dan atribut instalasi.

a. Sistem Sambungan Langsung

Sistem ini menghubungkan langsung pipa distribusi bangunan ke pipa pasokan air utama tanpa penyimpanan perantara. Umumnya digunakan pada bangunan bertingkat rendah, seperti rumah tinggal, karena tekanan air terbatas dan ukuran pipa cabang yang terbatas.

b. Sistem Tangki Tekan

Sistem ini bekerja dengan memompa air dari tangki bawah ke tangki tertutup, di mana udara terkompresi mendorong air mengalir melalui jaringan distribusi bangunan.

c. Sistem Tanpa Tangki (Booster Sistem)

Sistem ini mengalirkan air langsung ke jaringan distribusi bangunan melalui pompa yang mengambil air dari pipa utama, tanpa menggunakan tangki penyimpanan. Pompa berfungsi menjaga aliran air yang konsisten sesuai kebutuhan.

### 2.2.3 Laju Aliran Air

Terdapat berbagai metode untuk menghitung laju aliran air bersih, yang mencakup faktor-faktor seperti jumlah penghuni, jenis dan jumlah perlengkapan sanitasi, serta nilai beban yang terkait dengan setiap perlengkapan. Pendekatan ini dijelaskan oleh Noerbambang dan Morimura (1985) sebagai dasar dalam perencanaan sistem distribusi air. Tabel 2.1 berikut menyajikan data mengenai kebutuhan minimum air dingin berdasarkan fungsi atau jenis penggunaan gedung.

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 airwudhu)

Sumber : Standart Nasional Indonesia 03-7065-2005

**Tabel 2. 1 Laju Aliran Air Berdasarkan Nilai Unit Alat Plumbing Kumulatif**

Sistem Penyediaan	Tangki Gelontor	Sistem Penyediaan	Katup Gelontor
Load Water Supply Fixture Units (WSFU)	Demand Liter/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	1,1
7	0,74	7	1,25
8	0,81	8	1,4
9	0,86	9	1,55
10	0,92	10	1,7
12	1,01	12	1,8
16	1,14	16	2,01
18	1,19	18	2,11
20	1,24	20	2,21
25	1,36	25	2,4
30	1,47	30	2,65
35	1,57	35	2,78
40	1,66	40	2,9
45	1,76	45	3,03
50	1,84	50	3,15
60	2,02	60	3,41
70	2,21	70	3,66
80	2,41	80	3,86
90	2,59	90	4,06
100	2,47	100	4,26
120	3,03	120	4,61
140	3,31	140	4,86

Sistem Penyediaan	Tangki Gelontor	Sistem Penyediaan	Katup Gelontor
160	3,6	160	5,11
180	3,85	180	5,39
200	4,1	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	20,5	2000	20,5
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

**a. Berdasarkan Jumlah Pemakai**

Metode ini memperkirakan kebutuhan air harian per orang dan jumlah penghuni, digunakan untuk menentukan kapasitas tangki, pompa, dan elemen lain dalam sistem pasokan air bangunan.

- Rumus perhitungan pemakaian air rata-rata perhari

$$Q_h = \frac{Q_d}{T} \dots\dots\dots(2.1)$$

$Q_d$  = Jumlah penghuni  $\times$  Pemakaian air/org/hari

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

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

$T$  = Jangka waktu pemakaian (Jam)

- Rumus perhitungan pemakaian air pada jam puncak

$$Q_{h-max} = (C_1)(Q_h) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana konstanta  $C_1$  biasanya berkisar antara 1,5 sampai 2,0

- Rumus perhitungan pemakaian air menit puncak

$$Q_{m-max} = (C_1) \left(\frac{Q_h}{60}\right) \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana konstanta  $C_2$  biasanya berkisar antara 3,0 sampai 4,0

**b. Berdasarkan Jenis dan Jumlah Alat Plumbing**

Metode ini digunakan saat pemakaian alat plumbing sudah diketahui, seperti pada perumahan atau gedung kecil.

**Tabel 2. 3 Faktor Pemakaian (%) dan Jumlah Alat Plumbing**

Jenis alat plumbing	Jumlah alat plumbing											
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Kloset sengan katup gelontor	$\frac{1}{2}$	$\frac{50}{2}$	$\frac{50}{4}$	$\frac{40}{4}$	$\frac{30}{4}$	$\frac{27}{6}$	$\frac{23}{6}$	$\frac{19}{7}$	$\frac{17}{7}$	$\frac{15}{8}$	$\frac{12}{9}$	$\frac{10}{10}$
Alat plumbing biasa	$\frac{1}{2}$	$\frac{100}{2}$	$\frac{75}{3}$	$\frac{55}{3}$	$\frac{48}{4}$	$\frac{45}{5}$	$\frac{42}{6}$	$\frac{40}{7}$	$\frac{39}{8}$	$\frac{38}{9}$	$\frac{35}{10}$	$\frac{33}{10}$

Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura, (1985)

Rumus untuk menghitung faktor pemakaian :

$$Y_n = Y_1 - [(Y_1 - Y_2) \times \frac{(X_n - X_1)}{(X_2 - X_1)}] \dots\dots\dots(2.4)$$

- Dimana :
- $Y_n$  = Faktor pemakaian (%)
  - $Y_1$  = Jenis alat plumbing pada jumlah 1
  - $Y_2$  = Jeni salat 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. 4 Pemakaian Air Tiap Alat *Plumbing*

No.	Nama alat <i>plumbing</i>	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali	Penggunaan perjam <sup>8</sup>	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 (dengantangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300
5	Peturasan, 5-7 orang (dengantangki 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	10	6-12	15	40
8	Bak cuci dapur ( <i>sink</i> ) dengankeran 13 mm	15	6-12	15	60
9	Bak cuci dapur ( <i>sink</i> ) dengankeran 22 mm	25	6-12	25	60
10	Bak mandi rendam ( <i>bathub</i> )	125	3	30	250
11	Pancuran mandi	24-60		12	120-300
12	Bak mandi gaya jepang	Tergantung ukurannya	3	30	

Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura, (1985)

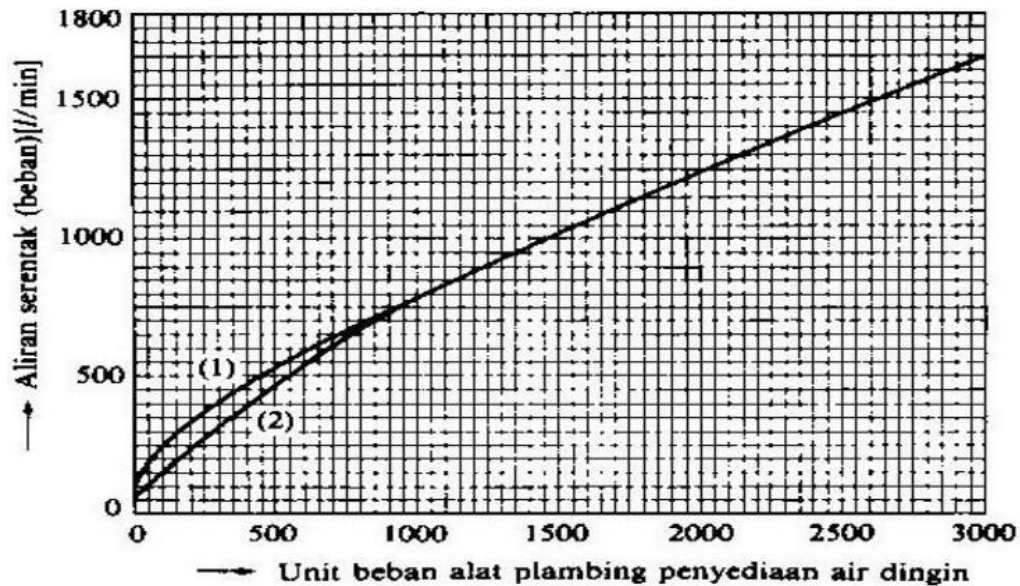
### c. Berdasarkan Unit Beban Alat *Plumbing*

Dalam metode ini, setiap perangkat *plumbing* diberi nilai unit beban, yang dijumlahkan untuk tiap saluran pipa. Laju aliran air ditentukan berdasarkan total unit beban dan faktor simultanitas penggunaan alat secara bersamaan.

Tabel 2. 5 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	
Kloset	Tangki gelontor	3	5	
Peturasan dengan tiang	Katup gelontor		10	
Peturasan terbuka (Urinal stall)	Katup gelontor		5	
Bak cuci (kecil)	Tangki gelontor		3	
Bak cuci tangan	Keran	0,5	1	
Bak mandi rendam ( <i>bathtub</i> )	Keran	1	2	
Pancuran mandi (Shower)	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Pancuran mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2	4	
Bak cuci bersama	(Untuk tiap keran)	2	2	
Bak cuci pel	Keran	3	4	Gedung kantor, dsb.
Bak cuci dapur	Keran	2	4	Untuk umum : Hotel atau restoran, dll.
Bak cuci piring	Keran		5	
Bak cuci pakaian (Satusampai tiga)	Keran	3		
Pancuran minuman	Katup air minum		2	
Pemanas air	Katup bola		2	

Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Marimura, (1985)



Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Marimura, (1985)

Gambar 2. 1 Grafik Hubungan Antara Unit Beban Alat Plumbing dengan Laju Aliran

#### 2.2.4 Tekanan Air dan Kecepatan

Tekanan air yang tidak memadai dapat menyebabkan masalah operasional, sementara tekanan berlebih dapat mengakibatkan ketidaknyamanan, kerusakan instalasi, dan water hammer. Tekanan standar adalah  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ , dengan tekanan statis  $4,0\text{--}5,0 \text{ kg/cm}^2$  untuk gedung perkantoran dan  $2,5\text{--}3,5 \text{ kg/cm}^2$  untuk hotel dan bangunan residensial.

Tabel 2. 6 Tekanan yang dibutuhkan Alat Plumbing

Nama alat plumbing	Tekana yang dibutuhkan ( $\text{kg/cm}^2$ )	Tekanan standar ( $\text{kg/cm}^2$ )
Katup gelontor kloset	0,7	1
Katup gelontor petarusan	0,4	
Keran yang menutup sendiri, otomatis	0,7	
Pancuran mandi (Biasa)	0,35	
Keran biasa	0,3	
Pemanas air langsung dengan bahan bakar gas	0,25 - 0,7	

Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura (1985)

Rumus mencari tekanan tiap lantai :

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots(2.5)$$

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)

Standar kecepatan digunakan 0,9-1,2 m/dtk, dengan batas maksimum 1,5-2,0 m/dt

Rumus untuk pemeriksaan kecepatan aliran :

$$v = \frac{4Q}{\pi D^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

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

### 2.2.5 Peralatan Penyediaan Air Bersih

Tekanan air yang rendah dapat menyebabkan masalah penggunaan, sementara tekanan terlalu tinggi dapat mengakibatkan ketidaknyamanan, kerusakan pipa, dan water hammer. Tekanan standar adalah 1,0 kg/cm<sup>2</sup>, dengan tekanan statis 4,0–5,0 kg/cm<sup>2</sup> untuk gedung perkantoran dan 2,5–3,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk hotel dan bangunan residensial.

### 2.2.5.1 Tangki Air

#### a. Tangki Air Atas

Tangki atas memenuhi kebutuhan air saat puncak penggunaan selama sekitar 30 menit dengan kapasitas yang cukup besar, dihitung menggunakan rumus berikut:

$$V_E = (Q_P - Q_{max})T_P - (Q_{pu} \times T_{pu}) \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

- $V_E$  = Kapasitas efektif tangki atas (liter)
- $Q_P$  = Kebutuhan puncak (liter/menit)
- $Q_{max}$  = 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 Reservoir Tank*)

Tangki bawah berfungsi sebagai tempat tampungan air dari sumber, khusus untuk air minum, dengan ukuran sebagai berikut:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana :

- $V_R$  = Volume tangki air minum (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)

### 2.2.5.2 Pipa

Pipa berfungsi sebagai saluran fluida, dengan beberapa jenis umum digunakan dalam instalasi bangunan, antara lain:

#### a. Pipa PVC

Pipa PVC terbuat dari plastik vinyl yang ringan, kuat, tahan korosi, dan halus, ideal untuk instalasi air bersih dingin sesuai SNI 06-0084-2002.

#### b. Pipa HDPE

Pipa HDPE terbuat dari polyethylene berdensitas tinggi, tahan tekanan tinggi, biasanya untuk instalasi air panas sesuai SNI 4829.1:2015.

c. Pipa GIP

Pipa air galvanis terbuat dari besi berlapis seng dan baja, memerlukan keterampilan teknis tinggi saat pemasangan. Perlindungan tambahan diperlukan saat pemasangan di tanah untuk mencegah korosi, sesuai SNI 0039-2013.

Kerugian aliran air dalam pipa disebabkan oleh gesekan, belokan, penyempitan, katup, dan komponen lain (Noerbambang & Morimura, 1985), yang terbagi menjadi dua kategori utama:

a. Kerugian *Head Mayor* (*Mayor losses*)

Kerugian disebabkan oleh gesekan fluida dengan dinding pipa dan perubahan kecepatan, yang ditentukan oleh bilangan Reynolds (Re).

$$Re = \frac{\rho \times u \times D}{\mu} \dots\dots\dots(2.9)$$

- Dimana :
- v = Kecepatan fluida (m/s)
  - $\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
  - $\mu$  = Viskositas fluida (kg/m.s atau N.s/m<sup>2</sup>)

Kecepatan fluida (v) pada Reynold number dapat diketahui dengan rumus :

$$m = \rho \times v \times A \dots\dots\dots(2.10)$$

- Dimana :
- m = Laju aliran massa fluida (kg/s)
  - $\rho$  = Massa jenis fluida (kg/m<sup>3</sup>)
  - v = Kecepatan fluida (m/s)

A = Luas penampang (m<sup>2</sup>)

*Head Mayor* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Darcy-Wisbach* sebagai berikut :

$$hf = F \frac{L \times v^2}{D \times 2g} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :  $h_f$  = Kerugian head karena gesekan (m)

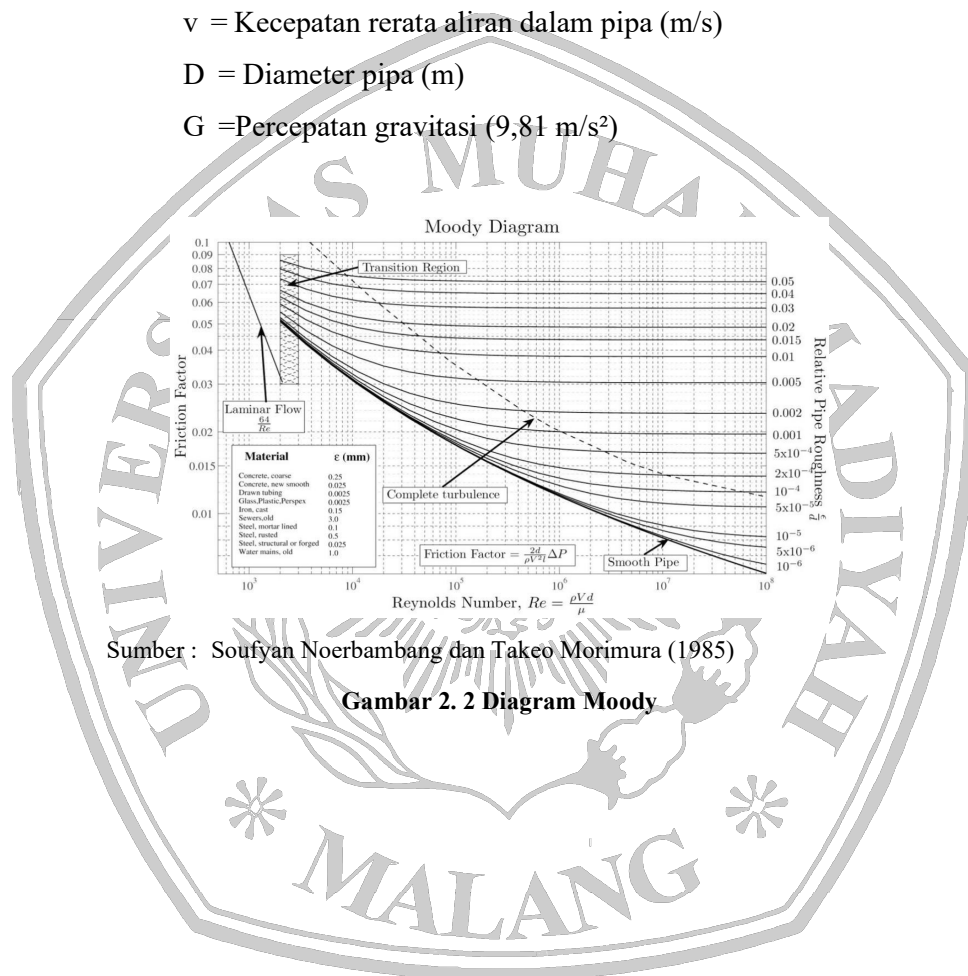
$F$  = Faktor gesekan (dari diagram *moody* gambar 2.2)

$L$  = Panjang pipa (m)

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

$D$  = Diameter pipa (m)

$G$  = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)



Sumber : Soufyan Noerbambang dan Takeo Morimura (1985)

Gambar 2. 2 Diagram Moody

b. Kerugian *Head Minor (Minor Losses)*

Kerugian juga terjadi akibat perubahan mendadak pada geometri aliran, seperti diameter pipa, belokan, katup, dan sambungan, dengan kerugian minor dihitung menggunakan rumus berikut:

$$h_f = \sum n \times k \times \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana :  $h_f$  = Kerugian head (m)

$\sum n$  = Jumlah kelengkapan pipa

K = Koefisien kerugian

v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

### 2.2.5.3 Pompa

Pompa penting untuk mengalirkan air dari tangki bawah ke atas, dengan jenis umum seperti pompa booster, submersible, dan sentrifugal (Sularso & Tahara, 1991).