

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Sistem Plumbing

Plumbing merupakan system pemipaan dan peralatan untuk menyediakan air bersih ke tempat yang dikehendaki, baik dalam kualitas, kuantitas maupun kontinuitas yang sesuai dengan syarat dan penyaluran air buangan dari tempat-tempat tertentu dengan tidak mencemari bagian terpenting lainnya, untuk mencapai kondisi yang higienis dan kenyamanan serta kepuasan yang diinginkan.

2.2. Prinsip Dasar Sistem Instalasi Air Bersih

System instalasi air bersih merupakan system pemipaan yang harus disiapkan pada bangunan baik didalam maupun diluar bangunan untuk mengalirkan air bersih dari sumber menuju *outlet*. System air bersih direncanakan guna untuk memenuhi kebutuhan air bersih yang sesuai dengan syarat sehingga layak untuk dikonsumsi. (Ririn Lutfia, 2018).

2.3. Sumber Air Bersih

Sumber air bersih merupakan salah satu komponen wajib dalam sistem plumbing, sumber air adalah komponen awal yang harus dimiliki oleh perencanaan sistem plumbing. Berikut macam-macam sumber air bersih yang biasa digunakan dalam perencanaan bangunan :

a. PDAM

PDAM merupakan salah satu sumber air yang paling banyak digunakan, dikelola oleh suatu badan oleh karena itu akan memiliki kontinuitas dan kualitas yang yang baik. Sumber air dari PDAM biasanya di tampung dalam bak penyimpanan awal (dalam kasus tertentu disebut *ground water tank*).

b. Sumber Air *Deep Wheel*

Sumber air *deep wheel* merupakan sumber air hasil pengeboran pada satu titik yang telah ditentukan sebelumnya. Karena sumber air hasil pengeboran, maka air pada sumber ini akan diuji terlebih dahulu kelayakannya. Apabila hasil pengujian memenuhi standar yang ditentukan dalam suatu system penyediaan air bersih, air akan langsung ditampung di dalam bak penampungan untuk langsung didistribusikan. Namun jika air yang keluar tidak memenuhi standar maka akan dibuatkan bak penampungan air sementara untuk selanjutnya dilakukan filtrasi air sebelum didistribusikan.

2.4. Syarat Air Bersih

a. Syarat Kualitas

Air yang akan didistribusikan dalam suatu system plumbing harus memiliki standar standar tertentu, karena dengan kualitas air yang baik alat alat plumbing yang ada juga tidak akan cepat rusak.

b. Syarat Kontinuitas

Persyaratan kontinuitas untuk penyediaan air bersih berhubungan dengan kuantitas yaitu air harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada musim kemarau maupun hujan, yang tersedia 24 jam per hari. (Ririn Lutfia, 2018)

c. Syarat Tekanan

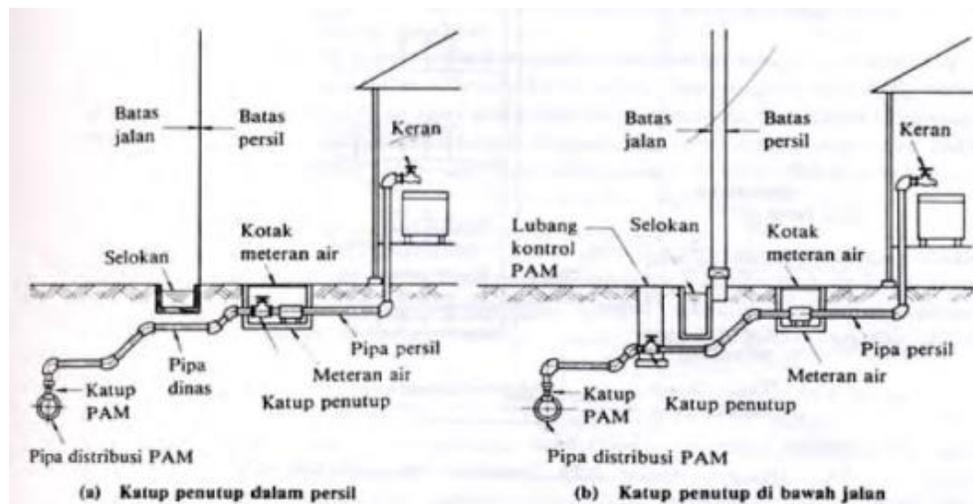
Tekanan air yang kurang maka akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air tetapi apabila tekanan air yang berlebihan juga akan menimbulkan rasa sakit akibat pancaran air dan juga dapat mempercepat kerusakan peralatan plumbing, serta menamahi kemungkinan timbulnya pukulan air. (Moh Soufyan dan Takeo, M, 2000).

2.5. Sistem Penyediaan Air Bersih

a. Sistem Sambungan Langsung

Pada system ini, pipa distribusi dalam Gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih. System ini dapat diterapkan untuk perumahan

dan Gedung Gedung kecil dan rendah, karena pada umumnya pada perumahan dan Gedung kecil tekanan dalam pipa utama terbatas dan dibatasi ukuran pipa cabang dari pipa utama. Tangki pemanas air biasanya tidak disambung langsung kepada pipa distribusi, dan di beberapa daerah tidak diizinkan memasang katup gelontor. (Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000).



Gambar 2. 1 Sistem Sambungan Langsung
 Sumber : Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000

b. System Tangki Atap

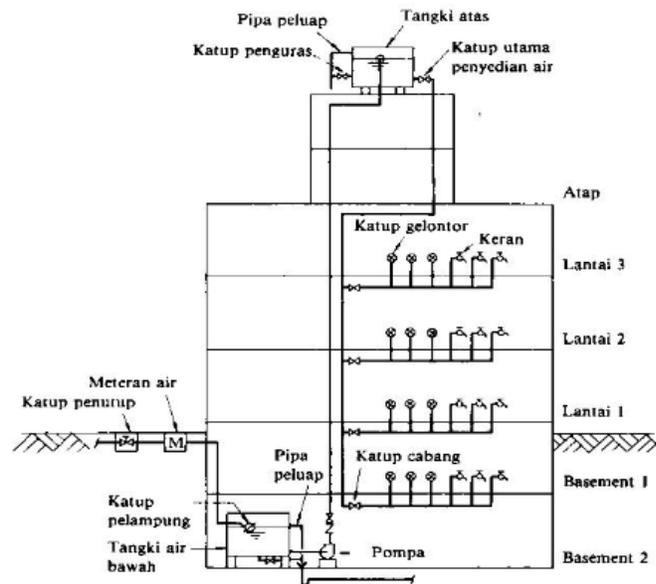
Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000 menyebutkan pada system ini air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau dibawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan. Dari tangki ini, air didistribusikan ke seluruh bangunan. System ini diterapkan karena alasan-alasan sebagai berikut:

1. Selama airnya digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat plumbing hampir tidak berarti. Perubahan tekanan ini hanyalah akibat perubahan muka air dalam tangki atap.
2. System pompa yang menaikkan air ke tangki atap bekerja secara otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali

kemungkinan timbulnya kesulitan kesulitan. Pompa biasanya dijalankan dan dimatikan oleh alat yang mendeteksi muka tangki atap.

3. Perawatan tangki atap sangat sederhana bila dibandingkan dengan misalnya tangki tekan.

Hal terpenting didalam system tangki atap ini adalah menentukan letak tangki atap tersebut, penentuan ini harus didasarkan atas jenis alat plambing yang dipasangkan pada lantai tertinggi bangunan dan yang menuntut tekanan kerja tinggi.

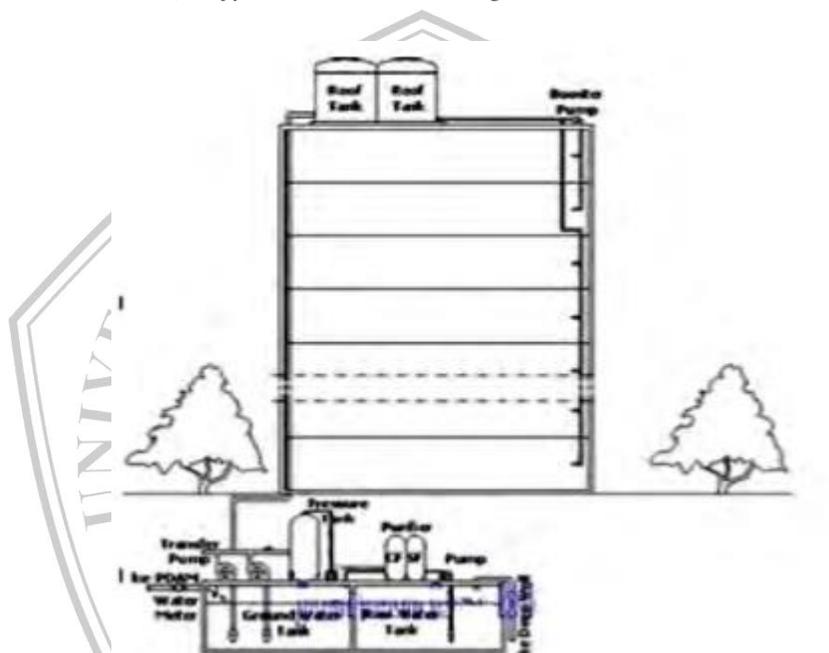


Gambar 2. 2 Sistem Tangki Atap
Sumber : Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000

c. Sistem Tangki Tekan

Prinsip system ini adalah sebagai berikut : air yang telah ditampung dalam tangki bawah, dipompakan ke dalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan ke dalam system distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detector tekanan. Daerah fluktuasi biasanya ditetapkan 1-1,5 Kg/cm². Sistem tanki tekan biasanya dirancang sedemikian rupa agar volume udara tidak

lebih dari 30% terhadap volume tangki dan 70% volume tangki berisi air. jika awalnya tangki berisi udara bertekanan atmosfer, kemudian diisi air, maka volume air yang akan mengalir hanya 10% volume tangki. Kelebihan system tangki tekan adalah: dari segi estetika tidak menyolok jika dibandingkan dengan tangki atap, mudah perawatan karena dapat dipasang dalam ruang dan harga awal lebih rendah dibandingkan dengan tangki yang harus dipasang diatas Menara. (Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000).



Gambar 2. 3 Sistem Tangki Tekan
 Sumber : Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000

d. Sistem Tanpa Tangki

Dalam sistem ini tidak digunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan maupun tangki atap. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pipa utama (missal : pipa utama PDAM). Ada dua macam pelaksanaan system ini, dikaitkan dengan kecepatan putaran pompa konstan dan variable. Namun system ini dilarang di Indonesia, baik oleh perusahaan air minum maupun pada pipa-pipa utama

pemukiman (tidak untuk umum) . (Soufyan M.Noerbambang dan Takeo M, 2000).

2.6. Sistem Pemipaan Air Bersih Pada Bangunan

Sistem pemipaan air bersih dalam bangunan terdiri atas dua system yaitu sistem *down feed* dan sistem *up feed*. Kedua sistem ini biasanya digunakan untuk distribusi air bersih pada bangunan *midle rise* dan *high rise*.

- *Down Feed*

Adalah sistem distribusi air bersih pada bangunan dengan menggunakan reservoir bawah sebagai media untuk menampung debit air yang disuplai oleh sumur resapan dan PDAM sebelum didistribusikan ke reservoir atas oleh pompa hidrolik. Biasanya pada bangunan multi lantai dan *high rise*, reservoir bawah diletakkan di *basement* bawah dengan volume menampung 2/3 dari kebutuhan air bersih dan reservoir atas diletakkan dilantai atap dengan volume 1/3 dari kebutuhan air bersih.

- *Up Feed*

Pada sistem *up feed*, distribusi air bersih tidak menggunakan reservoir bawah seerti pada *down feed* dengan asumsi sumber air bersih berasal dari PDAM dan sumur. Perbedaannya pada sistem ini air bersih dari sumber air langsung menuju ke reservoir atas. Dari reservoir atas didistribusikan ke dalam bangunan memakai pompa booster untuk menyatakan tekanan airnya. Volume reservoir atas menjadi lebih besar karena merupakan wadah satu satunya untuk menyimpan cadangan air bersih.

2.7. Laju Aliran Air

Dalam perencanaan sistem penyediaan air untuk uatu bangunan, kapasitas peralatan dan ukuran pipa-pipa didasarkan pada jumlah dan laju aliran air yang harus disediakan untuk bangunan tersebut. Jumlah dan laju aliran air tersebut seharusnya diperoleh dari keadaan sesungguhnya, dan kemudian dibuat angka-angka peramalan yang sedapat mungkin mendekati keadaan sesungguhnya setelah bangunan digunakan.

Terdapat tiga metode untuk memperoleh besarnya laju air yaitu, berdasarkan jumlah penghuni, berdasarkan jenis dan jumlah alat plumbing dan berdasarkan beban alat plumbing.

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 ⁽¹⁾	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Rumah Sakit	500 ⁽²⁾	Liter/penghuni/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 ²
11	Restoran	15	Liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
13	Hotel melati/penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan, Bioskop	10	Liter/Kursi
15	Gedung 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 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		
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
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	11,17
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	37,14	5000	37,14

Sumber : Pedoman Plumbing Indonesia

Suofyan M. Noerbambang dan Takeo M, 2000 dalam bukunya perncanan sistem plumbing menyebutkan untuk mendapatkan taksiran besarnya laju aliran air terdapat tiga metode sebagai berikut:

1. Berdasarkan Jumlah Pemakai

Metode ini berdasarkan pemakaian rata rata sehari dalam setiap penghuni dan perkiraan jumlah penghuni. Dengan demikian jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan, meskipun jenis maupun alat plumbing belum ditentukan. Tetapi apabila jumlah penghuni sudah diketahui atau ditetapkan dalam Gedung tersebut, maka angka tersebut dapat dipakai untuk menghitung pemakaian air rata-rata sehari berdasarkan “standar” mengenai pemakaian air per orang per hari untuk sifat penggunaan Gedung tersebut. Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan untuk menetapkan volume tangki bawah, tangki atap, pompa dan sebagainya.

- Perhitungan Jumlah Penghuni

Jumlah penghuni :

$$\text{Luas bangunan/ ruangan} : \text{Beban Penhuni} \dots\dots\dots (2.1)$$

- Pemakaian Air Rata-rata Perhari

$$Qh = \frac{Qd}{T} \dots\dots\dots(2.2)$$

Qh = Pemakaian air rata-rata (m^3 /hari)

Qd = Jumlah penghuni x pemakaian air perorang/hari

T= Jangka waktu pemakaian (h)

- Pemakaian air jam puncak

$$Q_{h-max} = (C_1)X (Q_h) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana konstanta untuk C₁ antara 1,5 sampai 2,0 bergantung kepada lokasi, sifat penggunaan Gedung dan sebagainya, untuk konstanta C₂ berkisar antara 3,0 sampai 4,0. Sedangkan pemakaian air pada menit puncak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

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

2. Berdasarkan Jenis dan jumlah alat Plumbing

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plumbing dapat diketahui, misalnya untuk perumahan atau Gedung kecil juga harus diketahui jumlah dari setiap jenis alat plumbing dalam Gedung tersebut.

Tabel 2. 3 Faktor Pemakaian dan Jumlah Alat Plumbing

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

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

Untuk menghitung factor pemakaian dapat dilihat pada rumus berikut ini:

$$Y_n = Y_1 - \left[(Y_1 - Y_2)X \left(\frac{X_n - X_1}{x_2 - x_1} \right) \right] \dots\dots\dots (2,5)$$

Dimana :

Y_n = Faktor pemakaian (%)

Y₁ = Jenis alat plumbing pada jumlah 1

Y₂ = Jenis alat plumbing pada jumlah 2

X1= Jumlah alat plumbing 1

X2= Jumlah alat plumbing 2

Xn= Jumlah alat plumbing yang akan dicari

Tabel 2. 4 Pemakaian Air Tiap Alat Plumbing

No	Nama alat plumbing	Pemakaian untuk penggunaan satu kali (Liter)	Penggunaan per jam	Laju aliran air (liter/mnt)	Waktu untuk pengisian (detik)
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5 – 16,5 ¹⁾	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
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangka 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 (<i>sink</i>) dengan keran 13mm	15	6-12	15	60
9	Bak cuci dapur (<i>sink</i>) dengan keran 22mm	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 ukurannya	3	30	

Sumber: Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

3. Berdasarkan Unit Beban Alat Plumbing

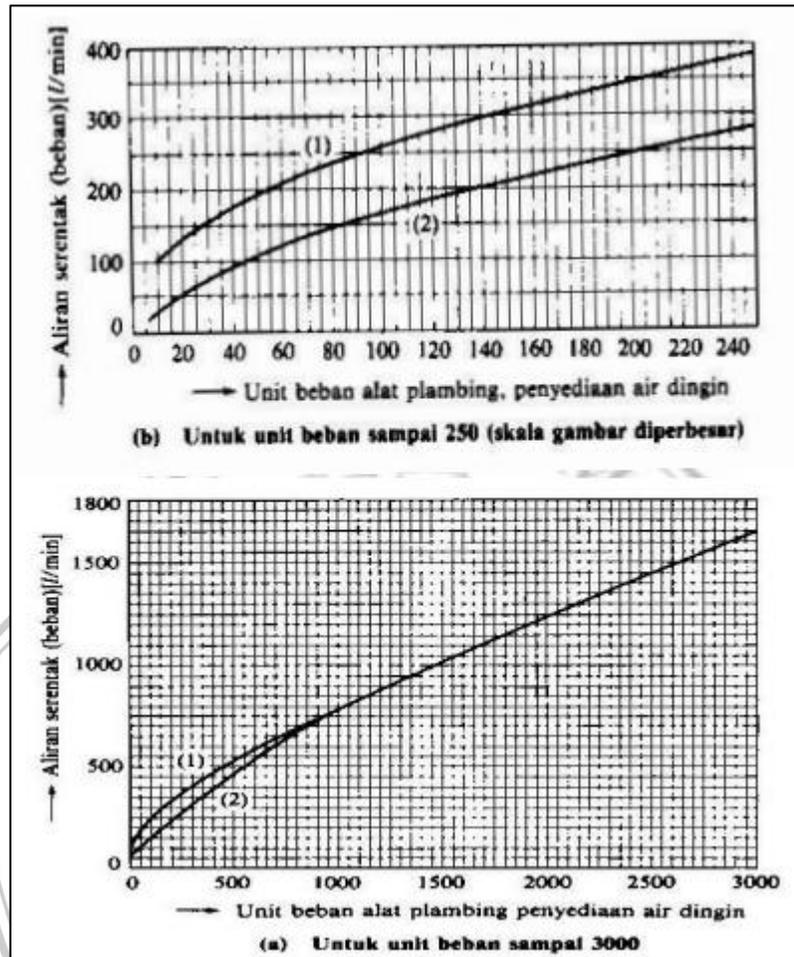
Dalam metode ini, untuk setiap alat plumbing ditetapkan suatu unit beban (*Fixture Unit*). Pada setiap bagian pipa dijumlahkan unit beban dari semua alat plumbing yang dilayaninya, dan kemudian dicari besarnya laju aliran air dengan kurva. Kurva ini memberikan hubungan antara jumlah unit beban alat plumbing dengan laju aliran air, dengan memasukkan faktor kemungkinan penggunaan serempak dari alat-alat plumbing.

Tabel 2. 5 Unit Beban Alat Plumbing Untuk Penyediaan Air Dingin

Jenis alat plumbing	Jenis penyediaan air	Unit alat plumbing		Keterangan
		Pribadi	Umum	
Kloset	Katup gelontor	6	10	
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>)	Tangka gelontor		3	
Bak cuci (Kecil)	Keran	0,5	1	
Bak cuci tangan	Keran	1	2	
Bak mandi rendam (<i>bathup</i>)	Keran pemancar air dingin dan panas	2	4	

Pancuran mandi (<i>shower</i>)	Keran pemancar air dingin dan panas	2	4	
Pancuran mandi tunggal	Keran pencampur air dingin dan panas	2		
Bak cuci bersama	(untuk tiap keran)		2	
Bak cuci pel	Keran	3	4	Gedung kantor, dsb
Bak cuci dapur	Keran	2	4	Untuk umum: hotel tau restoran, dll
Bak cuci piring	Keran	2	4	Untuk umum: hotel atau restoran, dll
Bak cuci piring	Keran		5	
Bak cuci pakaian (satu sampai tiga)	Keran		2	
Pancuran minum	Keran air minum		2	
Pemanas air	Katup bola		2	

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)



Gambar 2. 4 Grafik Hubungan Antara Unit Beban Alat Plambing dengan Laju Aliran
 Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

2.8. Tekanan Air dan Kecepatan Aliran

Menurut Ririn Lutfia (2018) apabila tekanan air yang kurang mencukupi maka dapat menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air namun tekanan yang berlebihan juga dapat menimbulkan rasa sakit akibat terkena pancaran air serta akan mempercepat kerusakan peralatan plambing dan juga menambang kemungkinan untuk timbulnya pukulan air. besarnya tekanan air yang baik berkisar dalam suatu daerah yang agak lebar dan bergantung pada persyaratan pemakai atau alat yang harus dilayani.

Tekanan minimum pada setiap saat pada titik aliran keluar harus 50 Kpa (0,5 Kg/cm²). Secara umum dapat dikatakan besarnya tekanan “standar” adalah 1.0 Kg/cm² sedang tekanan static 2.5 sampai 3.5 Kg/cm² untuk hotel dan perumahan. Disamping itu, beberapa macam peralatan plambing tidak dapat berfungsi dengan baik apabila tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum. (Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo 2000).

Tabel 2. 6 Tekanan Minimum Yang Diperlukan Alat Plambing

Nama Alat	Tekanan yang dibutuhkan (Kg/cm ²)
Katup gelontor	0,7 ¹⁾
Katup gelontor peturasan	0,4 ²⁾
Keran yang menutup sendiri	0,7 ³⁾
Pancuran mandi dengan pancaran halus/tajam	0,7
Pancuran mandi biasa	0,35
Keran biasa	0,3

Sumber : SNI 03-7056-2005

Catatan:

- 1) Tekanan minimum yang dibutuhkan katup gelontor untuk kloset dan urinoir yang dimuat dalam tabel ini minimal adalah tekanan static pada waktu air mengalir dan tekanan maksimal adalah 4 Kg/cm².
- 2) Untuk keran dengan katup yang menutup secara otomatis, kalau tekanan airnya kurang dari minimal yang dibutuhkan maka tidak akan dapat menutup dengan rapat, sehingga air masih akan menetes dari keran.

Untuk mencari tekanan setiap lantai digunakan rumus:

$$P = \rho \times g \times h \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : p = Tekanan (N/m²)

h = Tinggi potensial (m)

ρ = Kerapatan air (998,2 Kg/m²)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Kecepatan aliran air yang teralalu tinggi dapat menimbulkan bertambahnya kemungkinan timbulnya pukulan air dan akan menimbulkan suara berisik juga kadang kadang dapat menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Pada umumnya digunakan standar kecepatan sebedar 0,9 sampai 1,2 m/detik, dan batas maksimum berkisar antara 1,5 sampai 2,0 m/detik. Batas kecepatan 2.0 m/detik. Batas kecepatan 2.0m/detik sebaliknya diterapkan dalam penentuan pendahuluan ukuran pipa. (Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, 2000). Pemeriksaan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana : V = kecepatan aliran (m/det)

Q = Laju aliran (m³/det)

D = Diameter pipa (m)

2.9. Peralatan Penyedia Air Bersih

Suatu peralatan dalam penyedia air bersih tidak terlepas untuk terbentuknya suatu sistem plambing. Peralatan penyediaan air bersih merupakan semua peralatan yang dipasang di dalam maupun di luar Gedung yang berfungsi untuk menyediakan air bersih. Beberapa alat penyediaan air bersih yaitu sebagai berikut:

1. Pipa

Merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Terdapat beberapa jenis pipa yang pada umumnya digunakan pada instalasi di dalam Gedung:

a) Pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*)

Pipa PVC, terbuat dari gabungan material vinly plastic yang menghasilkan pipa yang kuat, ringan, tidak berkarat serta mempunyai viskosita bagian dalamnya tinggi. Jenis pipa ini biasa digunakan untuk instalasi air bersih dingin dan air kotor.

b) Pipa HDPE (*High Density Poly Ethylene*)

Terbuat dari bahan *poly-ethylene* yang mempunyai kepadatan tinggi sehingga dapat menahan daya tekan yang lebih tinggi. Sehingga jenis pipa HDPE biasanya digunakan untuk instalasi air panas.

c) Pipa PPR PN (*Poly Propylene Random*)

Pipa steril dari bahan plastic polypropylene yang cocok untuk instalasi air bertekanan, kuat terhadap panas dan anti bocor penyambungan dan fitting yang sangat kuat, yang memiliki permukaan yang licin dan sudah memenuhi standart untuk instalasi siap minum.

Dalam menentukan jenis pipa yang akan digunakan harus mempertimbangkan jenis fluida yang akan dialirkan, debit air secara kecepatan aliran. Factor-faktor tersebut pula yang menentukan diameter pipa yang akan digunakan. Untuk menentukan diameter pipa, dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q = V.A$$

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

$$Q = \pi D^2 V$$

$$D^2 = \frac{4Q}{\pi V}$$

$$D^2 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana

Q = Laju aliran air yang dibutuhkan (m³/s)

V = Kecepatan aliran air yang melalui pipa (m/s)

A = Luas penampang pipa (m²)

Ketika air mengalir dalam pipa akan timbulnya kerugian- kerugian yang terjadi, kerugian ini terjadi atas kerugian gesek di dalam pipa, kerugian di dalam belokan, reducer, katup dan sebagainya, yaitu sebagai berikut:

a) Mayor losses

Kerugian mayor diakibatkan oleh gesekan anatar fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (kerugian kecil). Jenis aliran yang terjadi harus diketahui terlebih dahulu sebelum menghitung kerugian gesek dalam pipa, jenis aliran yang terjadi apakah masuk kedalam jenis aliran laminar, turbulen, atau transisis. Untuk dapat mengetahui jenis aliran digunakan persamaan bilangan Renolds sebagai berikut:

$$Re = \frac{VxD}{\nu} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana

Re = Bilangan Renolds (tidak berdimensi)

V = Kecepatan rata rata aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter pipa (m)

ν = Viskositas kinematic zat cair (m²/s)

Aliran laminar apabila Re < 2000

Aliran turbulen apabila Re > 4000

Aliran transisi apabila Re = 2000 – 4000

Sedangkan kerugian desek dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weishbach :

$$hf = f \frac{Lxv^2}{Dx2g} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

Hf = Kerugian head karena gesekan (m)

f = Faktor gesekan (didapat dari diagram moody)

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang Pipa (m)

V = Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

G = Percepatan Gravitasi (9,81 m²/s)

Tabel 2. 7 Nilai Kekerasan Untuk Berbagai Jenis Pipa

Bahan	Kekasaran (e)	
	mm	Ft
Brass	0,0015	0,000005
Concrete		
- Steel Forms, smooth	0,18	0,0006
- Good jointsm average	0,36	0,0012
- Rough, visible form mark	0,6	0,002
Copper	0,0015	0,000005
Corrugated metal (CMP)	45	0,15
Iron		
- Asphalted lined	0,12	0,004
- Cast	0,26	0,0085
- Ductile ; DIP-Cement mortar lined	0,12	0,0004
- Galvanized	0,15	0,0005
- Wrought	0,045	0,00015
Polyvinyl Chloride (PVC)	0,0015	0,000005
Polyethylene High Density (HDPE)	0,0015	0,000005
Stell		
- Enamel coated	0,0048	0,000016
- Riveted	0,9-9,0	0,003 – 0,03
- Seamless	0,004	0,000013
- Commercial	0,045	0,00015

Sumber : Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo, (2000)

Menurut hagen – Poiseuille untuk aliran laminar ($Re < 2000$), factor gesekan hanya fungsi bilangan Renolds saja. Sehingga factor gesekan dirumuskan dengan:

$$f = \frac{64}{Re} \dots \dots \dots (2.11)$$

Namun apabila aliran berifat turbulen persamaan yang digunakan adalah :

$$hf = \lambda \frac{LxV^2}{Dx2g} \dots\dots\dots (2.12)$$

untuk mencari λ kita menggunakan formula Darcy- Weisbach untuk aliran turbulen, dengan persamaan berikut :

$$\lambda = 0,020 + \frac{0,0005}{D} \dots\dots\dots (2.13)$$

b) Minor Looses

Kerugian head minor losses diakibatkan oleh perubahan-perubahan mendadak dari geometri aliran seperti karena perubahan ukuran pipa belokasn-belokan, katup, reducer serta berbagai jenis sambungan. Besarnya kerugian minor dapat dihitung dengan rumus :

$$hf = \sum n. k. \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.14)$$

keterangan :

hf = Kerugian head (m)

$\sum n$ = jumlah kelengkapan pipa

K = Koefisien kerugian

V^2 = Kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Perlengkapan dan Aksesoris Pipa

- **Flens**

Dipasang pada ujung pipa yang digunakan untuk menyambung pipa satu dengan pipa yang lainnya dengan memakai baut dan mur. Flens biasanya banyak dipergunakan pada sambungan yang tidak permanen agar mudah diperbaiki atau diganti.

- **Belokan**

Perlengkapan pipa ini digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan sesuai standar yang merupakan sudut dari belokasn tersebut.

- **Katup (Valve)**

Terdapat beberapa macam katup yang dapat digunakan dalam sistem pemipaan. Untuk sistem plambing biasanya menggunakan katup sebagai berikut:

- 1) Katup sorong (*Gate Valve*)

Katup ini mempunyai fungsi untuk menutup dan membuka instalasi pipa apabila diperlukan dan apabila ada kerusakan ata perbaikan. Biasanya dipasang pada pipa cabang dan sedekat mungkin dengan pipa utamanya.

- 2) Katup searah (*Check Valve*)

Katup ini digunakan untuk aliran searah sehingga dapat mencegah arus balik dari air yang telah dipompakan pada saat aliran listrik mati.

- 3) Global Valve

Katup ini mempunyai fungsi sama dengan katup sorong (*gate valve*), katup ini mempunyai fungsi mengatur atau membatasi laju aliran pada pipa cabang.

2. Tangki Air

Pada sistem plambing gedung bertingkat diperlukannya peralatan penampungan air untuk dapat memenuhi kebutuhan air bersih secara terus menerus. Tangki yang digunakan untuk menyediakan air bersih harus mampu menjaga kualitas air. Macam – macam tangka yaitu sebagai berikut:

- a) Tangki air bawah (*ground reservoir tank*)

Tangki air bawah merupakan tempat penampungan air yang biasanya terdapat pada bagian yang paling bawah pada bangunan Gedung. Seluruh air yang berasal dari sumber PDAM atau Deep Wheel ditampung terlebih dahulu pada tangka air bawah. Berikut adalah rumu untuk menentukan kapasitas tangki:

- Kapasitas untuk tangka air yang hanya digunakan menampung air minum, dapat dihitung dengan rumus berikut dimana pipa sebesar dua pertiga dari pemaaian air rat-rata:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) \dots\dots\dots (2.15)$$

- Kapasitas untuk tangka air yang juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, dapat dihitung dengan:

$$V_R = Q_d - (Q_s \times T) + V_F \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

V_R = Volume tangka air (m^3)

Q_d = Jumlah Kebutuhan air per hari (m^3 /hari)

Q_s = Kapasitas pipa dinas (m^3 /jam)

T = Rata – rata pemakaian air per hari (jam/hari)

V_F = Cadangan air untuk pemadam kebakaran (m^3)

b) Tanki Air Atas (*Roof Tank*)

Tanki atas digunakan untuk menampung air pada jam puncak dan biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan jam puncak selama 30 menit. Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangka atas, sehingga perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10-15 menit oleh pompa angkat. Kapasitas tangka air atas dihitung dengan rumus:

$$V_E = (Q_P - Q_{max}) T_P + Q_{PU} \times T_{PU} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dimana:

V_E = Kapasitas efektif tangka atas (m^3)

Q_P = Kebutuhan puncak (m^3/s)

Q_{max} = Kebutuhan jam puncak (m^3/s)

Q_{PU} = Kapasitas pompa pengisi (m^3/s)

3. Pompa

Digunakan untuk mengalirkan air ke tangka atas, sehingga pompa harus mampu memberikan debit aliran air dan tekanan yang memadai. Ada dua macam pompa yang bisa digunakan pada sistem penyediaan air bersih.

a) Pompa Angkat (*Supply Pump*)

Digunakan untuk menghisap air dari tangka bawah ke tangka air atas. Jenis pompa angkat yang biasanya digunakan adalah pompa sentrifugal. Dalam suatu sistem dengan tangki atap biasanya kapasitas pompa angkat diambil sama dengan kebutuhan air pada jam puncak ($Q_{h_{max}}$). Untuk mencari besar head pompa yang dibutuhkan dapat digunakan persamaan Bernoulli:

$$H = H_a + \Delta H_p + H_i + \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (2.18)$$

Keterangan:

H_a = Tinggi Potensial

Adalah jarak antara permukaan air tangka atas dengan permukaan air tangka bawah dalam Gedung.

ΔH_p = Perbedaan tekanan pada kedua permukaan air, karena P1 dan P2

Merupakan tangka terbuka, maka P_1 dan $P_2 = 0$ sehingga :

$$\Delta H_p = H_{P_2} - H_{P_1} = 0m \dots \dots \dots (2.19)$$

H_i = Kerugian head pipa

$\frac{v^2}{2g}$ = Tekanan Kecepatan pada lubang keluar pipa

Setelah mendapat besar head pompa angkat, kemudian dihitung besar daya pompa dengan menggunakan rumus:

$$N_h = 0.163 \times Q \times H \times \gamma \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan : H = Tinggi angka total (m)

Q = Kapasitas Pompa (m³/menit)

γ = Berat Spesifik (Kg/Liter)

b) Pompa Air Dorong (Booster Pump)

Pompa air dorong ini mendistribusikan air pada lantai 5 sampai roof floor. Untuk pompa ini tidak diperlukan perhitungan head total, karena yang terpenting untuk pompa ini adalah tekanan yang dapat dihasilkan. Untuk memenuhi tekanan minimum alat-alat plambing maka tekanan pompa booster yang digunakan sebesar 2 Kg/cm² atau N/m². Kapasitas pompa booster dapat ditentukan dengan jumlah penghuni. Jumlah kebutuhan debit dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = n \times \text{Kebutuhan air rata-rata} \dots\dots\dots (2.21)$$

2.10. Prinsip Dasar Sistem Instalasi Air Buangan

Sistem instalasi air buangan berfungsi untuk mengalirkan air yang telah terpakai dari dalam Gedung menuju ke bangunan pengolahan limbah sebelum masuk ke saluran pembuangan umum terdekat agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan sekitar Gedung ataupun pada gedung itu sendiri. Sistem pembuangan air yang tidak baik akan dapat menimbulkan pencemaran dan bahaya bagi para pengguna gedung ataupun terhadap lingkungan sekitar. Sehingga sistem pembuangan air merupakan salah satu bagian terpenting dalam suatu gedung, sehingga harus direncanakan dengan sebaik mungkin dan sesuai dengan standart yang ditetapkan. Dalam buku Soufyan Moh. Noerbambang, & Takeo Morimura 2005). Beberapa jenis air buangan yang dibedakan menurut sumber airnya dalam bangunan dikalsifikasikan sebagai berikut:

- a) Air Bekas, adalah air buangan yang berasal dari bak mandi, bak cuci tangan, bak dapur dan sebagainya.

- b) 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.
- c) Air Hujan, adalah air yang berasal dari air hujan yang biasanya dari atap yang dapat langsung disalurkan menuju buangan akhir.
- d) Air Buangan Khusus, yang dimaksudkan air buangan khusus adalah air buangan yang mengandung gas, racun atau bahan-bahan berbahaya atau air buangan yang bersifat radioaktif.

Soufyan Moh. Noerbambang, & Takeo Morimura, 2005 membai sistem pembuangan menjadi beberapa klasifikasi :

1. Klasifikasi menurut jenis air buangan
 - Sistem pembuangan air kotor adalah sistem pembuangan yang berasal dari kloset dan lain-lain yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
 - Sistem pembuangan air bekas adalah pembuangan yang berasal dari air bekas yang dikumpulkan dan dialirkan keluar
 - Sistem pembuangan air hujan adalah sistem pembuangan air hujan dari atap Gedung dan pekarangan yang dikumpulkan dan dialirkan keluar.
 - Sistem pembuangan air dari dapur, khusus ntuk air buangan yang berasal dari bak cuci dapur sebaiknya dilengkapi dengan perangkap lemak.
2. Klasifikasi menurut cara pembuangan air
 - Sistem campuran, dimana segala macam air buangan dikumpulka dan dialirkan kedalam satu saluran.
 - Sistem terpisah, yaitu pembuangan dimana setiap jenis air buangan dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah.
3. Klasifikasi menurut letaknya

- Sistem pembuangan dalam Gedung, yaitu sistem pembuangan yang terletak dalam Gedung, sampai jarak satu meter dari dinding paling luar Gedung tersebut.
- Sistem pembuangan diluar Gedung, yaitu sistem pembuangan diluar Gedung/dinding paling luar Gedung tersebut sampai ke roil umum.

4. Klasifikasi menurut cara pengaliran

- Sistem gravitasi, dimana air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.
- Sistem bertekanan, dimana saluran umum letaknya lebih tinggi dari letak alat-alat plumbing sehingga air buangan dikumpulkan lebih dahulu dalam suatu bak penampungan kemudian dipompakan keluar dalam roil umum.

2.11. Elemen Sistem Pembuangan

Menurut Soufyan Moh. Noerbambang, & Takeo Morimura, 2005, dalam bukunya perencanaan sistem plumbing, macam macam pipa dalam sistem pembuangan mendatar adalah sebagai berikut:

- Pipa cabang mendatar merupakan semua pipa pembuangan mendatar yang menghubungkan antara pipa pembuangan alat plumbing dengan pipa tegak air buangan.
- Pipa tegak air kotor yaitu pipa tegak yang mengalirkan air buangan dari pipa cabang mendatar.
- Pipa tegak air kotor yaitu pipa tegak yang mengalirkan air kotor dari pipa cabang mendatar.
- 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.
- Roil Gedung yaitu pipa di halaman gedung yang menghubungkan antara pembuangan gedung dengan instalasi pengolahan atau dengan roil umum.

Pipa pembuangan harus memiliki 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).

Tabel 2. 8 Kemiringan Pipa Pembuangan Horizontal

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

Sumber : Noer Bambang, Soufyan & Morimura Takeo (2005)

Kecepatan yang baik dalam pipa berkisar antara 0,6 - 2,3 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan roil gedung dapat dibuat lebih landai daripada yang dinyatakan dalam tabel 2.8. Jika kecepatan kurang dari 0,6 m/detik maka kotoran dalam air buangan akan mengendap sehingga pipa dapat tersumbat. Disamping itu kemiringan yang lebih curam dari 1/50 cenderung akan menimbulkan efek sifon yang akan menyedot air penutup dalam perangkat alat plumbing. Dengan demikian diameter pipa pembuangan sangat berpengaruh dalam menentukan kemiringan serta aliran dalam pipa.

Tabel 2. 9 Diameter Minimum, Perangkat dan Pipa Buangan Alat Plumbing

No	Alat Plumbing	Diameter Perangkat Minimum (mm)	Diameter pipa buangan alat lambing minimum (mm)
1	Kloset	75	75
2	Peturasan		
	- Tipe menempel dinding	40	40
	- Tipe gantung di dinding	40-50	40-50
	- Tipe dengan kaki, shipon jet/blow out	75	75
	- Untuk umum : untuk 2 orang	50	50
	Untuk 3-4 orang	65	65

	Untuk 5-6 orang	75	75
3	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	32-40
4	Bak cuci tangan (wash bashin)		
	- Ukuran biasa	32	32
	- Ukuran kecil	35	25
5	Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dan tempat cukur	32	32-40
6	Pancuran minum	32	32
7	Bak mandi		
	- Berendam (bath tub)	40-50	40-50
	- Model jepang (untuk dirumah)	40	40-50
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	Bak cuci, macam-macam		
	- Dapur untuk rumah	40-50	40-50
	- Hotel, komersial	50	50
	- Bar	32	32
	- Dapur kecil, cuci piring	40-50	40-50
	- Dapur untuk cuci sayuran	50	50
	- Penghancur kotoran (disposer) untuk rumah	40	40
	- Penghancur kotoran (disposer) besar (untuk restoran)	50	50
17	Buangan lantai (<i>floor drain</i>)	40-75	40-75

Sumber Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo (2005)

Ukuran pipa pembuangan dapat dapat ditentukan berdasarkan jumlah nilai unit alat plambing yang dilayani pipa yang bersangkutan.

Tabel 2. 10 Unit Alat Plambing Sebagai Beban, Setiap alat atau Kelompok

No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plambing Sebagai Beban
1	Kloset : tangka gelontor	75	4
	Katup gelontor		8
2	Peturasan		
	- Tipe menempel dinding	40	4
	- Tipe gantung di dinding	40-50	4
	- Tipe dengan kaki, sipjon jet atau blow out	75	8
	- Untuk umum, model palung setiap 0,6m		2
3	Bak cuci tangan (lavatory)	32	2
4	Bak cuci tangan (wash bashin)		
	- Ukuran biasa	32	2
	- Ukuran kecil	25	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 minum	32	0,5
8	Bak mandi		
	- Berendam (bath tub)	40-50	3
	- Model jepang (untuk dirumah)	40	2
	- Untuk umum	50-75	4-6
9	Pancuran mandi:		
	- Untuk rumah	50	2
	Untuk umum, tiap pancuran	50	3
10	Bidet	32	3
11	Bak cuci, untuk pel	75-100	8
12	Bak cuci pakaian	40	2
13	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	3

14	Kombinasi bak cuci dapur dengan penghancur kotoran	40 (terpisah)	4
15	Bak cuci tangan, kamar bedah		
	- Ukuran besar		2
	- Ukutan kecil		1,5
16	Bak cuci laboratorium kimia	40-50	1,5
17	Bak cuci macam macam		
	- Dapur, untuk rumah	40-50	2-4
	- Dapur dengan penghancur makanan 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
	- Pararel, dihitung setiap orang	-	0,5
19	Buangan lantai (<i>floor drain</i>)	40	0,5

Sumber Noerbambang, Soufyan & Morimura, Takeo (2005)

Tabel 2. 11 beban maksimum unit alat plambing yang diizinkan, untuk cabang horizontal dan pipa tegak buangan

	Beban Maksimum Unit Alat Plambing Yang Diizinkan, Untuk Cabang Horizontal Dan Pipa Tegak Buangan											
	Cabang Mendatar			Satu pipa tegak setinggi 3 tingkat, atau untuk 3 interval			Pipa tegak dengan tinggi lebih dari 3 tingkat					
							Jumlah untuk satu pipa tegak			Jumlah untuk cabang satu tingkat		
(mm)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing (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)

2.12. Pipa Ven

Adalah pipa instalasi yang berfungsi untuk mengeluarkan udara terjebak di dalam instalasi pipa air buangan. Menurut Soufyan Moh. Noerbambang & Takeo Morimura, 2005 tujuan pemasangan pipa ven adalah untuk menjaga sekat perangkat dari efek tekanan atau efek siphon, menjaga kelancara air dalam pipa pembuangan, dan mensirkulasika udara di dalam semua jaringan pipa pembuangan. Adapun jenis jenis pipa ven sebagai berikut:

- Ven Tunggal, dipasang untuk melayani satu alat plambing dan disambungkan pada sistem ven yang lainnya atau langsung ke udara luar.
- Ven lup, melayani dua atau lebih alat plumbing (max 8) dan sisambungkan ke pipa ven tegak
- Ven pipa tegak, merupakan perpanjangan dar pipa tegak buangan, siatas cabang mendatar pipa air buangan yang paling tinggi.
- Ven basah, dimana pipa ven ini berfungsi untuk melepas tekanan udara dalam pipa pembuangan.
- Ven Pelepas, berfungsi untuk melepas tekana udara dalam pipa pembuangan.
- Ven balik, pipa bagan venn tinggal yang membelok kebawah setelah bagian tegak keatas sampai lebih tinggi dari muka air banjir alat plambing.
- Ven yoke, ven yang menghubungkan pipa tegak ai buangan pada pipa tegak ven.