BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Prinsip Dasar Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih pemipaan yang disiapkan di dalam bangunan maupun di luar bangunan guna merupakan sistem mengalirkan air bersih dari sumbernya hingga menuju keluaran. Sistem distribusi air bersih dibuat guna memenuhi kebutuhan akan air bersih yang layak konsumsi. Dalam sistem penyediaan air bersih terdapat hal penting yang harus diperhatikan yaitu kualitas air yang akan didistribusikan, sistem penyediaan air yang akan digunakan, pencegahan pencemaran air dalam sistem, laju aliran dalam pipa, kecepatan aliran dan tekanan air. Komponen utama dari sistem distribusi air bersih adalah sistem jaringan pipa. Adapaun kemungkinan terjadinya permasalahan pada jaringan pipa seperti kebocoran, terjadinya kerusakan pipa atau komponen lainnya, besarnya energi yang hilang dan penurunan tingkat pelayanan penyediaan air bersih untuk konsumen.

2.1.1. Sumber Air Bersih

Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, diatas, ataupun dibawah permukaan tanah. Sumber air bersih pada bangunan dapat diperoleh dari beberapa sumber, yaitu:

1. Sumber air PDAM

Sumber air yang didapat dari PDAM sudah melewati tahapan secara klinis untuk memenuhi standart kebutuhan air bersih. Sumber air PDAM juga bersifat kontinu atau dapat menyuplai kebutuhan air bersih selama 24 jam. Sumber air ini dapat langsung ditampung pada tangki air bawah (Ground Water Tank) yang lalu dipompakan ke tangki air atas (roof tank).

2. Sumber air (Sumur Bor) Deep Wheel

Sumber air bersih yang didapat dari *deep well* tidak kontinu seperti sumber air bersih dari PDAM. Sumber air yang didapat dari pengeboran harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu untuk memastikan telah memenuhi syarat air bersih. Jika belum memenuhi persyaratan, maka air harus diolah terlebih dahulu sebelum

ditampung pada tangki air bawah (Ground Water Tank). Jika air dari deep wheel telah memenuhi persyaratan dapat langsung dialirkan untuk dapat ditampung pada tangki air bawah.

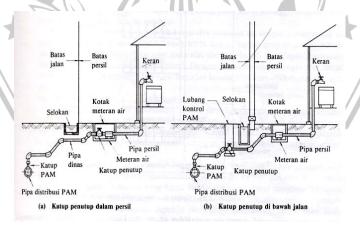
2.1.2. Sistem Penyediaan Air Bersih

Pada waktu ini system penyedia air bersih yang banyak diunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- 1. Sistem sambungan langsung
- Sistem tangka atap
- 3. Sistem tangka tekan4. Sistem tanpa tangka (booster system)

a. Sistem Sambungan Langsung

Dalam sistem ini pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih (misalnya: pipa utama di bawah jalan dari Perusahaan Air Minum). Sebagai contoh dapat dilihat pada garnbar 2.3 (sistem sambungan langsung). Karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama tersebut, maka sistem ini terutama dapat diterapkan pada perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah. Ukuran pipa cabang biasanya diatur atau diterapkan dalam perusahaan air minum. (Noerbambang dan Morimura, 1991)



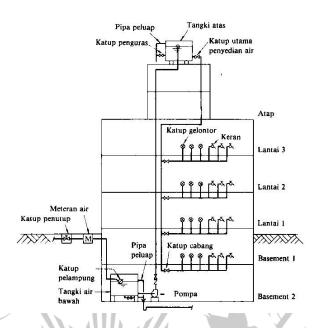
Gambar 2.1. Sistem Sambungan Langsung (Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999)

b. Sistem Tangki Atap

Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah dalam suatu bangunan atau di bawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan. Dalam tangki atap air ditampung dalam tangki bawah atau reservoir, dan dipompakan ketangki atas, kemudian dari tangki atas ini di distribusikan ke seluruh bangunan. Sistem atap sering dipergunakan kanena alasan-alasan sebagai berikut:

- a) Selama airnya dipergunakan perubahan tekanan yang terjadi pada alat plambing tidak berarti.
- b) Sistem pompa yang menaikkan air ketangki atap bekerja secara otomatis dengan cara sederhana sehingga kecil sekali timbulnya kesulitan, pompa biasanya dijalankan dan dimatikan oleh alat yang medeteksi muka air dalam tangki atap.
- c) Perawatan tangki atap sangat sederhana dibandingkan dengan misalnya tangki tekan.

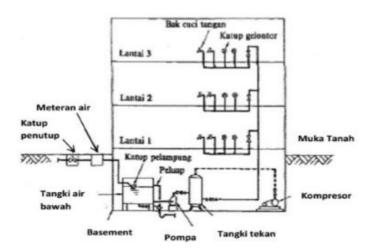
Pada setiap tangki bawah dan tangki atas harus dipasang alarm yang memberikan tanda suara untuk tangki rendah dan muka air penuh yang dihubungkan dengan pompa. Tanda suara ini biasanya terpasang pada ruang pengawas instalasi bangunan (Noerbambang dan Morimura, 1991).



Gambar 2.2. Sistem Dengan Tangki Atap
(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999).

c. Sistem Tangki Tekan

Prinsip dari tangka tekan ini adalah air yang telah ditampung ditangki bawah dipompakan kesuatu tangka atau bejana tertutup sehingga udara di dalam terkompresi. Air dialirakan kedalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detector tekanan, yang menutup/membuka saklar motor listrik penggerak pompa: pompa berhenti bekerja kaluar tekanan tangka telah mencapai suatu batas maksimum yang ditetapkan dan bekerja kembali setelah tekanan mencapai suatu batas minimum yang ditetapkan pula. Daerah fluktuasi tekanan ini biasanya ditetapkan antara 1,0 sampai ,5 kg/cm². Daerah yang makin besar biasanya baik bagi pompa Karena memberikan waktu lebih lama untuk berhenti, tetapi seringkali menimbulkan efek yang negative pada peralatan plumbing.



Gambar 2.3 Sistem Dengan Tangki Tekan (Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999).

d. Sistem Tanpa Tangki

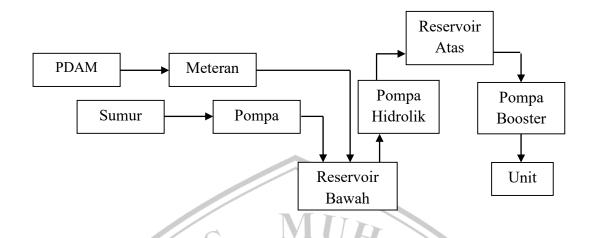
Pada system ini tidak dipergunakan tangka apapun, baik tangka bawah, tangka ekan dan tangka atap. Air dipompakan langsung ke system distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pompa utama (misalnya, pipa utama perusahaan air minum)

2.1.3. Perencanaan Sistem Pipa Air Bersih

Sistem pemipaan air bersih dalam bangunan terdiri atas dua sistem yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Kedua sistem ini biasanya digunakan untuk distribusi air bersih pada bangunan midle rise dan high rise.

• Sistem Pengaliran ke Bawah (Down Feed)

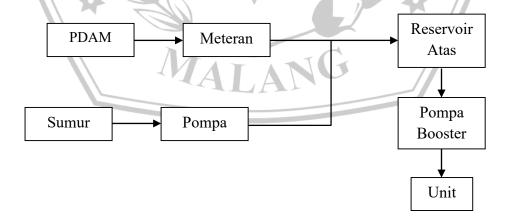
Sistem ini distribusi air bersih pada bangunan dengan menggunakan reservoir bawah sebagai media untuk menampung debit air yang disuplai oleh sumur resapan dan PDAM sebelum didistribusikan ke reservoir atas oleh pompa hidrolik. Biasanya pada bangunan multi lantai dan high rise, reservoir bawah diletakkan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



Gambar 2.4. Diagram Sistem Distribusi Air Bersih Down Feed

• Sistem Up Feed

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



Gambar 2.5. Diagram Sistem Distribusi Air Bersih Up Feed

2.1.4. Laju Aliran Air

Dalam perancangan sistem penyediaan air untuk suatu 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 angkaangka peramalan yang sedapat mungkin mendekati keadaan sesungguhnya setelah bangunan digunakan. Besarnya laju aliran air dapat ditentukan dengan dua cara yaitu, berdasarkan jumlah penghuni dan berdasarkan unit beban alat plambing.

Tabel 2.1. Pemakaian Air Dingin Minimum Sesuai Penggunaan Gedung

		117014	
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/siswa/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
	Ruko/Rukan		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 Pertujukan, Bioskop	10	Liter/kursi
15	Gedung Serba Guna	25	Liter/kursi
16	Stasiun/Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan
16	Stasiun/Terminar	3	pergi
17	Peribadatan	5	Liter/orang belum dengan
17	remoadatan	3	air wudhu

Sumber: SNI 03-7065-2005

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk menaksir besarnya laju aliran air, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan Jumlah Pemakai

Metode ini didasarkan atas pemakaian air rata-rata sehari dari setiap penghuni, dan perkiraan jumlah penghuni. Dengan demikian jumlah pemakaian air sehari dapat diperkirakan, walaupun jenis maupun jumlah alat plambing belum ditentukan. Apabila jumlah penghuni diketahui, maka angka tersebut 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, dsb.

Perhitungan Jumlah Penghuni

Jumlah penghuni:

Luas Bangunan / ruangan
Beban penghunian (2.1)

□ Pemakaian Air Rata-Rata Perhari

$$Qh = \frac{Qd}{T} \tag{2.2}$$

Keterangan: Q_d = Jumlah penghuni x pemakaian air per orang/hari.

Q_h = Pemakaian air rata-rata (m³/hari)

Q_d = Pemakaian air rata-rata sehari (m³/hari)

T = Jangka waktu pemakaian (h)

□ Pemakaian Air Pada Jam Puncak

$$Q_{h-\text{max}} = (C_1)x(Q_h)$$
 (2.3)

Dimana konstanta untuk "C₁" antara 1.5 sampai 2.0 tergantung kepada kepada lokasi, sifat penggunaan gedung dan sebagainya, konstanta untuk "C₂" antara 3,0 sampai 4,0. Sedangkan pemakaian air pada menit puncak dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{m-\max} = \frac{(C_2)x(Q_h)}{60}$$
 (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 lainnya. Juga harus diketahui jumlah dari setiap jenis alat plumbing dalam gedung tersebut.

Tabel 2.2. Faktor Pemakaian (%) Dan Jumlah Alat Plambing

Jumlah Alat Plambing												
	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Jenis Alat Plambing		S)	I	VI.	U_{I}	H	1				
Kloset dengan	1	50	50	40	30	27	23	19	17	15	12	10
katup gelontor		Satu	2	3	4	5	6	7	7	8	9	10
Alat plambing		100	75	55	48	45	42	40	39	38	35	33
biasa		Dua	3	5	6	7	10	13	16	19	25	33

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999).

Untuk menghitung faktor pemakaian dapat dilihat pada rumus berikut ini :

$$Y_n = Y_1 - \left[(Y_1 - Y_2) \times \frac{(X_n - X_1)}{(X_2 - X_1)} \right]$$
 (2.5)

Dimana: Yn = Faktor pemakaian (%)

 Y_1 = Jenis alat plambing pada jumlah 1

 Y_2 = Jenis alat plambing pada jumlah 2

 X_1 = Jumlah alat plambing 1

 X_2 = Jumlah alat plambing 2

Xn = Jumlah alat plambing yang akan dicari

Tabel 2.3. Pemakaian Air Tiap Alat Plambing,

No	Nama alat	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali	Penggunaan Laju aliran air		Waktu untuk pengisian	Pipa sambungan alat	Pipa cabang air bersih ke alat plambing (mm)	
	plambing	(liter)	per jam	per jam (liter/menit)		Plambing (mm)	Pipa baja	tembaga
1	Kloset (dengan katup gelontor)	13,5-16.51)	6-12	110-180	8,2-10	24	32	25
2	Kloset (dengan tangki gelontor)	13-15	6 - 12	1/15	60	13	20	13
3	Peturasan (dengan katup gelontor)	5	12 - 20	30	10	13	20	13
4	Peturasan, 2-4 orang (dengan tangki gelontor)	9-18 (@4,5)	12	1,8-3,6	300	13	20	13
5	Peturasan, 5-7 orang (dengan tangki gelontor)	22,5-31,5 (@4,5)	12	4,5-6,3	300	13	20	13
6	Bak cuci tangan kecil	3	12 - 20	10	18	13	20	13

Tabel 2.3 (Lanjutan)

No	Nama alat	Pemakaian air untuk penggunaan satu kali	Penggunaan	Laju aliran air	Waktu untuk pengisian	Pipa sambungan alat Plambing	bersi	abang air h ke alat ing (mm)
	plambing	(liter)	per jam	(liter/menit)	(detik)	(mm)	Pipa baja	tembaga
7	Bak cuci tangan biasa (lavatory)	10	6 - 12	15	40	13	20	13
8	Bak cuci dapur (sink) dengan kerar 13 mm	15	6 - 12	11 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 15 1	60	13	20	13
9	Bak cuci dapur (sink) dengan kerar 22 mm	25	6-12	25	60	20	20	20
10	Bak mandi rendam (bathtub)	125	3'//	30	250	20	20	20
11	Pancuran mandi (shower)	24-60		12	120-300	13-20	20	13-20
12	Bak mandi gaya Jepang	Tergantung ukurannya	3	30		20	20	20

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999).

2.1.5. Tekanan Air dan Kecepatan Aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan dapat menimbulkan rasa sakit terkena pancaran air serta mempercepat kerusakan peralatan plambing, dan menambah kemungkinan 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 statik 2,5 sampai 3,5 kg/cm² untuk hotel dan perumahan. Disamping itu, beberapa macam peralatan plambing tidak dapat berfungsi dengan baik kalau tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum. Tekanan minimum yang dibutuhkan oleh alat plambing dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 2.5. Tekanan Minimum Yang Diperlukan Alat Plambing

Nama Alat	Tekanan yang dibutuhkan
Nama Arat	(kg/cm²)
Katup gelontor kloset	$0,7^{1)}$
Katup gelontor peturasan	$0,4^{2}$
Keran yang menutup sendiri	$0,7^{3)}$
Pancuran mandi dengan pancaran	0.7
halus/tajam	0,7/
Pancuram mandi biasa	0,35
Keran biasa	0,3

Sumber: SNI 03-7065-2005

Catatan:

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

Untuk mencari tekanan setiap lantai digunakan rumus :

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

Keterangan: $P = Tekanan (N/m^2)$

 ρ = Kerapatan air (998.2 kg/m³)

 $g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)$

h = Tinggi potensial (m)

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan kadangkadang menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar 0,9 sampai 1,2 m/dtk, dan batas maksimumnya berkisar antara 1,5 sampai 2,0 m/dtk. Batas kecepatan 2,0 m/dtk sebaiknya diterapkan dalam penentuan pendahuluan ukuran pipa. Pemeriksaan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan:

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

Keterangan : V = Kecepatan aliran (m/det)

 $Q = \text{Laju aliran } (m^3/\text{det})$

D = Diameter pipa (m)

2.1.6. Kebutuhan Air

Kebutuhan air dalam bangunan artinya air yang dipergunakan baik oleh penghuninya ataupun oelh keperluan-keperluan lain yang ada kaitannya dengan fasilitas bangunan.

Kebutuhan air didasarkan atas sebagai berikut:

- a. Keperluan-keperluan untuk minimum, memasak, untuk keperluan mandi, buang air besar dan kecil, untuk mencuci perlengkapan, serta untuk proses seperti industry.
- b. Kebutuhan yang sifatnya sirkulasi : air panas, water cooling/AC dan kolam reang, air mancur/taman.
- c. Kebutuhan yang sifatnya tetap, air untuk hydrant dan air untuk springler.

d. Kebutuhan air cadangan yang sifatnya berkurang karena penguapan. Besar Kebutuhan air, khususnya untuk kebutuhan manusia dihitung rata-rata per hari tergantung dari jenas bangunan yang digunakan untuk kegiatan manusia tersebut.

2.1.7. Peralatan Penyediaan Air Bersih

Terbentuknya sistem plumbing tidak terlepas karena adanya peralatan penyediaan air bersih. Peralatan penyediaan air bersih merupakan semua peralatan yang dipasang di dalam ataupun di luar gedung yang berfungsi untuk menyediakan air bersih, baik itu air bersih dingin maupun air panas serta untuk mengeluarkan air buangan. Beberapa alat penyediaan air bersih adalah sebagai berikut:

2.1.7.1 . Pipa

Pipa merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengalirkan fluida. Berbagai jenis pipa yang umumnya digunakan pada instalasi didalam gedung adalah sebagai berikut:

1. Pipa PVC (Poly Vinyl Chloride)

Pipa PVC adalah pipa yang terbuat dari gabungan material vinyl plastik yang menghasilkan pipa yang kuat, ringan, tidak berkarat serta viskositas bagian dalamnya tinggi. Jenis pipa ini biasa digunakan untuk instalasi air bersih dingin dan air kotor.

2. Pipa GIP (Galvanized Iron Pipe)

Pipa GIP biasanya digunakan untuk intalasi air bersih yang dingin saja, karena mempunyai tekanan untuk menahan air yang lebih tinggi.

3. Pipa HDPE (High Density Poly Ethylene)

Pipa HDPE terbuat dari bahan poly-ethylene yang mempunyai kepadatan tinggi sehingga jenis pipa HDPE ini dapat menahan daya tekan yang lebih tinggi. Pipa jenis ini biasa digunakan untuk instalasi air panas.

Dalam menentukan jenis pipa yang akan digunakan harus diperhatikan jenis fluida yang akan dialirkan, debit air serta kecepatan

aliran. Faktor - faktor tersebut pula yang akan menentukan diameter pipa yang akan digunakan. Untuk menentukan diameter pipa, dapat digunakan persamaan :

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

$$4Q = \pi D^2 V$$

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

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

$$Q = V.A \qquad (2.8)$$

Keterangan : 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 timbul kerugian-kerugian yang terjadi, kerugian terdiri atas kerugian gesek di dalam pipa dan kerugian di dalam belokan, reducer, katup dan sebagainya.

a. Kerugian Head Mayor (Mayor Looses)

Kerugian head mayor disebabkan oleh gesekan yang terrjadi antara fluida dengan dinding pipa atau perubahan kecepatan yang dialami oleh fluida (kerugian kecil). Sebelum menghitung kerugian gesek dalam pipa, terlebih dahulu harus dikenali jenis aliran yang terjadi yaitu aliran laminar dan aliran turbulen. Untuk mengetahui jenis aliran, digunakan persamaan bilangan Reynolds:

$$Re = \frac{vxD}{v}$$
 (2.9)

Keterangan: Re = Bilangan Reynolds (tak berdimensi)

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

D = Diameter pipa (m)

v = Viskositas kinematik zat cair (m²/s)

Re < 2000, aliran bersifat laminar

Re > 4000, aliran bersifat turbulen

Re = 2000 - 4000, aliran bersifat transisi

Kerugian gesek dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

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

Keterangan : hf = Kerugian head karena gesekan (m)

f = Faktor gesekan (didapat dari diagram moody)

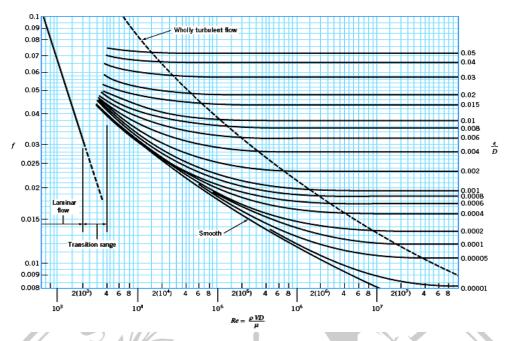
D = Diameter pipa (m)
L = Panjang pipa (m)

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

g = Percepatan gravitasi (9.81 m/s^2)

Tabel 2.6. Nilai Kekasaran Untuk Berbagai Jenis Pipa

	Kekasa	aran (e)
Bahan	mm	ft
Brass	0.0015	0.000005
Concrete	分景	
- Steel forms, smooth	0.18	0.0006
- Good joints, 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	0.0004
- Cast	0.26	0.00085
- Ductile ; DIP-Cement mortar lined	0.12	0.0004
- Galvanized	0.15	0.0005
- Wrought	0.045	0.00015
Polyvinyl Chloride (PVC) Polyethlene High Density	0.0015	0.000005
(HDPE)	0.0015	0.000005
Steel		
- 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



Gambar 2.7. Diagram Moody

Menurut Hagen-Poiseuille untuk aliran laminar (Re<2000), faktor gesekan adalah hanya fungsi bilangan Reynolds saja. Sehingga faktor gesekan dirumuskan dengan :

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

Namun apabila aliran bersifat turbulen persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$h_f = \lambda \frac{Lxv^2}{Dx2g} \tag{2.12}$$

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

$$\lambda = 0.020 + \frac{0.0005}{D} \dots (2.13)$$

b. Kerugian Head Minor (Minor Looses)

Selain kerugian head mayor atau kerugian yang disebabkan oleh gesekan, pada suatu jalur pipa juga terdapat kerugian head minor yang

diakibatkan oleh perubahan-perubahan mendadak dari geometri aliran karena perubahan ukuran pipa, belokan-belokan, katup, reducer serta berbagai jenis sambungan. Besarnya kerugian minor akibat adanya kelengkapan pipa dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

Keterangan : hf = Kerugian head (m)

 $\Sigma n = Jumlah kelengkapan pipa$

k = Koefisien kerugian

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

 $g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)$

Perlengkapan dan Aksesoris Pipa

a) Flens

Dipasang pada ujung pipa berguna sebagai penyambung pipa yang satu dengan yang lain dengan memakai baut dan mur, banyak dipergunakan pada sambungan yang tidak permanen agar mudah diperbaiki atau diganti.

b) Belokan

Digunakan untuk mengubah arah dari arah lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut.

c) Katup (Valve)

Ada berbagai 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 bila diperlukan, seperti bila ada kerusakan atau

perbaikan. Katup ini 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 gate valve, fungsinya untuk mengatur atau membatasi laju aliran pada pipa cabang.

2.1.7.2 . Tangki Air

Pada sistem plambing gedung – gedung bertingkat memerlukan peralatan penampung air yang dapat memenuhi kebutuhan air bersih secara terus menerus. Tangki yang digunakan untuk menyediakan air bersih harus mampu menjaga kualitas air.

1. Tangki Air Bawah (Ground Reservoir Tank)

Tangki air bawah merupakan tempat penampungan air yang biasanya terdapat pada lantai bawah bangunan atau basement. Seluruh air yang berasal dari sumber PDAM dan Deep Wheel ditampung terlebih dahulu pada tangki air bawah.

☐ Untuk tangki air yang hanya digunakan menampung air, kapasitas tangki dapat dihitung dengan rumus berikut :

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

□ Untuk tangki air yang juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, dapat dihitung dengan :

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

Keterangan, V_R = Volume tangki air (m³)

Qd = Jumlah kebutuhan air per hari (m³/hari)

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

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

 V_F = Cadangan air untuk pemadam kebakaran (m³)

2. Tangki Air Atas (Roof Tank)

Tangki atas dimaksudkan untuk menampung kebutuhan puncak, dan biasanya disediakan dengan kapasitas cukup untuk jangka waktu kebutuhan puncak tersebut yaitu sekitar 30 menit. Dalam keadaan tertentu dapat terjadi bahwa kebutuhan puncak dimulai pada saat muka air terendah dalam tangki atas, sehingga perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa angkat. Kapasitas tangki atas dinyatakan dengan rumus :

$$V_{E} = (Q_{p} - Q_{max})T_{p} + Q_{pu}xT_{pu}....(2.17)$$

Keterangan, V_E = Kapasitas efektif tangki atas (m³)

 $Q_P = Kebutuhan puncak (m^3/s)$

 Q_{max} = Kebutuhan jam puncak (m³/s)

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

T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

T_{PU} = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

2.1.7.3 Pompa

Untuk keperluan mengalirkan dan menaikan air ke tangki atas maka diperlukan pompa. Perencanaan pompa harus mampu memberikan debit

aliran air dan tekanan yang memadai. Terdapat dua macam pompa yang biasa digunakan pada sistem penyediaan air bersih, yaitu pompa angkat dan pompa booster.

1. Pompa Angkat (Pompa Supply)

Pompa angkat atau pompa transfer merupakan sebuah pompa yang digunakan untuk menghisap air dari tangki air bawah ke tangki air atas. Jenis pompa angkat yang biasa digunakan adalah pompa sentrifugal. Dalam suatu sistem dengan tangki atap biasanya kapasitas pompa angkat diambil sama dengan kebutuhan air pada jam puncak

(Qh_{max}). Untuk mencari besar head pompa yang dibutuhkan dapat digunakan persamaan bernouli sebagai berikut :

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

Keterangan:

Tinggi Potensial (Ha):

Tinggi potensial adalah jarak antara permukaan air tangki atas dengan permukaan air tangki bawah dalam gedung.

Perbedaan Head Tekanan pada Kedua Permukaan Air (ΔH_p)
 Karena P1 dan P2 merupakan tangki terbuka, maka P1 dan
 P2 = 0, sehingga :

$$\Delta H_p = HP_2 - HP_1 = 0 \text{ m} \dots (2.19)$$

- Kerugian head pada pipa (H_i)
- Tekanan kecepatan pada lubang keluar pipa ($\frac{v^2}{2g}$

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

$$Nh = (0.163) (Q) (H) (\gamma) \dots (2.20)$$

Keterangan, H = Tinggi angkat total (m)

 $Q = Kapasitas pompa (m^3/menit)$

 γ = Berat spesifik (kg/liter)

2. Pompa Booster

Pompa *booster* digunakan untuk mendistribusikan air pada lantai 5 sampai roof floor. Untuk pompa ini tidak perlu dihitung head total, karena yang penting untuk pompa ini adalah tekanan yang mampu dihasilkan. Untuk memenuhi tekanan minimum alat-alat plambing maka tekanan pompa booster yang digunakan sebesar 2 kg/cm² atau 196000 N/m². Kapasitas pompa booster dapat ditentukan dengan jumlah penghuni yang menempati lantai 5.

$$Q = n \times kebutuhan air rata-rata (2.21)$$

Keterangan : $Q = Kapasitas pompa angkat (m^3/menit)$

n = Jumlah pemakai (orang)

2.2 Prinsip Dasar Sistem Pembuangan Air Limbah

Sistem pembuangan air limbah bertujuan untuk mengalirkan air yang telah digunakan dari dalam gedung menuju ke bangunan pengolah limbah sebelum masuk ke saluran pembuangan umum tanpa menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan sekitar gedung ataupun gedung itu sendiri. Pencemaran akibat sistem pembuangan air yang tidak bekerja dengan baik akan sangat menimbulkan bahaya penyakit bagi para pengguna gedung maupun lingkungan sekitar. Sehingga sistem pembuangan air dari suatu gedung merupakan salah satu bagian terpenting dari suatu pembangunan gedung sehingga harus direncanakan dengan sebaik mungkin.

2.2.1. Jenis Air Limbah

Ada beberapa jenis air buangan yang dibedakan menurut sumber airnya dalam bangunan, yaitu sebagai berikut :

1. Grey Water (Air Bekas)

Grey water adalah buangan limbah cair yang berasal dari floor drain, wastafel dan tempat cuci piring (sink).

2. Black Water (Air Kotor Padat)

Black water adalah buangan limbah cair yang berasal dari kloset dan urinoir. Buangan kloset termasuk dalam golongan limbah padat organik, artinya limbah padat tersebut dapat membusuk sehingga harus diolah dengan benar.

3. Storm Water (Air Hujan)

Storm water adalah limbah yang berasal dari air hujan. Air hujan dapat langsung disalurkan menuju buangan akhir, namun air hujan tidak boleh menimbulkan genangan yang banyak karena akan menyebabkan banjir. Sistem pembuangan air hujan pun harus diperhatikan agar buangannya langsung tersalurkan dan tidak menggenang.

4. Air Buangan Khusus

Air buangan khusus adalah air buangan yang mengandung gas, racun bahan berbahaya atau air buangan yang mengandung bahan radioaktif.

2.2.2. Klasifikasi Sistem Pembuangan Air

Sistem pembuangan air dibagi menjadi beberapa klasifikasi bagian, diantaranya:

a. 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.

b. Klasifikasi menurut cara pembuangan air

a. Sistem campuran

Yaitu sistem pembuangan di mana air kotor dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu saluran.

b. Sistem terpisah

Yaitu sistem pembuangan, di mana air kotor dan air bekas masingmasing dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah. Untuk daerah dimana tidak tersedia riol umum yang dapat menampung air bekas maupun air kotor, maka sistem pembuangan air kotor akan disambungkan ke instalasi pengolahan air kotor terlebih dahulu.

c. 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.

d. 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.

2.2.3. Elemen Sistem Pembuangan

2.2.3.1 Pipa Pembuangan

Pipa pembuangan alat plambing adalah pipa yang menghubungkan pipa pembuangan dengan pipa pembuangan lainnya. Pipa ini biasanya dipasang tegak dan ukurannya sama atau lebih besar dengan ukuran lubang keluar perangkap alat plambing. Berikut macam - macam pipa dalam sistem pembuangan :

- a. Pipa cabang mendatar adalah semua pipa yang menghubungkan antara pipa pembuangan alat plambing dengan pipa tegak air buangan.
- b. Pipa tegak air buangan adalah pipa tegak untuk mengalirkan air buangan dari cabang-cabang mendatar.
- c. Pipa tegak air kotor adalah pipa tegak untuk mengalirkan air kotor dari cabang-cabang mendatar.
- d. Pipa atau saluran pembuangan gedung adalah pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air kotor, air bekas, dan air hujan dari pipapipa tegak air buangan.
- e. Riol gedung adalah 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. Kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm).

Tabel 2.7 Kemiringan Pipa Pembuangan Horisontal

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

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura,1999)

Kecepatan terbaik 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. asal kecepatannya tidak kurang dari 0.6 m/detik. Jika kecepatan kurang dari 0.6 m/detik maka kotoran dalam air buangan dapat mengendap sehingga pipa akan tersumbat. Kemiringan yang lebih curam dari 1/50 cenderung akan menimbulkan efek sifon yang akan menyedot air penutup dalam perangkap alat plambing. Diameter pipa pembuang sangat berpengaruh dalam menentukan kemiringan serta kecepatan aliran dalam pipa.

Tabel 2.8 Diameter Minimum, Perangkap dan Pipa Buangan Alat Plumbing

No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Diameter Pipa Buangan Alat Plambing Minimum (mm)
1	Kloset	75	75
2	Peturasan		~ * //
	- Tipe menempel dinding	40	40
	- Tipe gantung di dinding	40 - 50	40 - 50
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau 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	25	25
5	Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dan tempat cukur	32	32 - 40
6	Pancuran minum	32	32

Tabel 2.8 (Lanjutan)

	1 abel 2.0 (E		
No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Diameter Pipa Buangan Alat Plambing Minimum (mm)
7	Bak mandi		
	- Berendam (bath tub)	40 - 50	40 - 50
	- 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	Bak cuci, macam-macam	3/21/	
\ \	- Dapur, untuk rumah	40 - 50	40 - 50
11	- Hotel, Komersial	50	50
11	- 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 (floor drain)	40 - 75	40 - 75
/C 1			

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999)

Untuk menentukan diameter pipa pembuang diperlukan nilai unit alat plambing untuk berbagai jenis alat plambing. Apabila jenis alat plambing yang direncanakan sesuai, maka ukuran pipa pembuang dapat ditentukan berdasarkan jumlah nilai unit alat plambing yang dilayani pipa yang bersangkutan.

Tabel 2.9 Unit Alat Plambing Sebagai Beban, Setiap Alat atau Kelompok

No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plambing Sebagai Beban
1	Kloset : tangki gelontor	75	4
	katup gelontor		8
2	Peturasan		
	- Tipe menempel dinding	40	4
	- Tipe gantung di dinding	40 - 50	4
	- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	8
	- Untuk umum, model palung setiap 0.60 m		2
3	Bak cuci tangan (Lavatory)	32	1
4	Bak cuci tangan (wash bashin)		
	- Ukuran biasa	32	1
	- Ukuran kecil	25	0.5
5	Bak cuci, praktek dokter gigi,	32	
	- alat perawatan gigi	32	0.5
6	Bak cuci, salon dan tempat cukur	32	2
7 ⊦	Pancuran minum	32	0.5
8	Bak mandi	VI SINE	
11:	- Berendam (bath tub)	40 - 50	3
-	- Model jepang (untuk dirumah)	40	2
- \\	- Untuk umum	50 - 75	4 - 6
9	Pancuran mandi:		7
	- untuk rumah		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
	- Ukuran kecil		1.5
16	Bak cuci, laboratorium kimia	40 - 50	1.5
17	Bak cuci, macam-macam		

Tabel 2.9 (Lanjutan)

No	Alat Plambing	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit Alat Plambing Sebagai Beban
	- Dapur, untuk rumah	40 - 50	2 - 4
	- Dapur, dengan pengahancur 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
	- Paralel, dihitung setiap orang		0.5
19	Buangan Lantai (floor drain)	40	0.5
		50	1
		75	2
20	Kelompok alat plambing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, satu bak mandi rendam atau satu pancuran mandi:	183j - 1	
	- Dengan kloset tangki gelontor		6
11 /	- Dengan kloset katup gelontor	ON THE	8
21	Pompa penguras (sump pump), untuk setiap 3.8 liter/min		2

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura, 1999)

MALAN

Tabel 2.10. Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, Untuk Cabang Horisontal dan Pipa Tegak Buangan.

	Beban Maksimum Unit Alat Plambing yang Diizinkan, untuk Cabang Horisontal dan Pipa Tegak Buangan											
Diameter Pipa	Cal	M 1	-4	Satu pi	pa tegak se	tinggi 3	-	Pipa teg	ak dengan tin	ggi lebih dar	i 3 tingkat	
Търа	Can	ang Mend	atar		itau untuk 3		Jumlah u	ıntuk satu j	pipa tegak	Jumlah unt	ri 3 tingkat	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)		Unit alat plambing (NPC)
32	1	100	//	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 0	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	-	- /	/ <u>' '</u>	./7	- 17	- //	-	-	-

(Sumber Soufyan Moh.Noerbambang & Takeo Morimura,1999)

2.2.3.2 Lubang pembersih dan bak kontrol

Lubang pembersih digunakan untuk membersihkan pipa pembuangan gedung dan diluar gedung dipasang bak kontrol pada riol gedung. Lubang pembersih harus dipasang pada tempat yang mudah dicapai dan disekililingnya cukup luas untuk dilakukan pembersihan pipa. Sedangkan bak kontrol dipasang dimana pipa bawah tanah membelok tajam, berubah diameternya, dan bercabang.

2.2.3.3 Perangkap dan Interseptor

Suatu perangkap yang dipasang biasanya berbentuk "U" yang akan menahan bagian terakhir dari air penggelontor sehingga merupakan suatu penyekat atau penutup air yang mencegah masuknya gas yang berbau ataupun beracun. Perangkat alat plambing dapat dikelompokan sebagai berikut:

- 1. Yang dipasang pada alat plambing
- 2. Yang dipasang pada pipa pembuangan
- 3. Yang menjadi satu dengan alat plambing

Interceptor (penangkap) digunakan untuk mencegah masuknya bahan-bahan yang berbahaya yang dapat menyumbat pipa, karena terkadang air buangan dari proses masih mengandung bahan yang cukup berharga sehingga perlu dipasang penangkap untuk mengambil kembali bahan tersebut. Jenis penangkap adalah:

- 1. Penangkap lemak
- 2. Penangkap minyak
- 3. Penangkap pasir
- 4. Penangkap rambut
- 5. Penangkap gips
- 6. Penangkap pada tempat cuci pakaian

2.2.3.4 Bak Ekualisasi (Sum Pit)

Untuk proses pengolahan air limbah rumah sakit, jumlah air limbah maupun konsentrasi polutan organik sangat berfluktuasi. hal ini dapat menyebabkan proses pengolahan air limbah tidak dapat berjalan dengan sempurna. Untuk mengatasi

hal tersebut adalah melengkapi dengan unit bak ekualisasi (Sum Pit). Bak ekualisasi ini berfungsi untuk mengatur debit air limbah yang akan diolah serta untuk menyeragamkan konsentrasi zat pencemaranya agar homogen dan proses pengolahan air limbah dapat berjalan dengan stabil.

Bak ekualisasi ini hanya sebagai tampungan sementara dari air kotor dan air buangan sebelum masuk ke dalam bangunan pengolah limbah atau *Sewage Treatment Plant* (STP) untuk diolah sehingga air limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan sekitarnya. Bak ekualisasi akan dilengkapi dengan pompa air limbah yang akan memompa air limbah menuju STP.

Untuk menghitung volume tampungan bak ekualisasi, diperlukan perkiraan volume air buangan yang dihasilkan oleh gedung tersebut. Karena pada perhitungan volume air limbah tidak terpaut dengan koefisien apapun, maka dapat dihitung dengan menjumlahnya setiap lantai.

$$Q_{ab} = Q_d \text{ total } . 80\% \dots (2.22)$$

$$Keterangan, \qquad Q_{ab} = Volume \text{ air buangan } (m^3/\text{hari})$$

$$Q_d = Jumlah \text{ debit total } (m^3/\text{hari})$$

Waktu tinggal didalam bak ekualisasi atau Hydraulic Retention Time (HRT) umumnya berkisar antara 6 - 10 jam, sehingga untuk menghitung volume bak ekualisasi yang diperlukan adalah sebagai berikut:

2.2.3.5 Bak Pengendapan Awal

Bak pengendapan pertama berfungsi untuk mengendapkan atau menghilangkan kotoran yang ada dalam air limbah. Kotoran yang terdapat dalam air limbah berupa padatan tersuspensi misalnya lumpur organik akan mengendap di dasar bak. Pada bak ini aliran dibuat untuk sangat tenang untuk memberi kesempatan padatan/ suspensi mengendap

2.2.3.6 Bak Biofilter Anaerob

Pengolahan bahan organik selanjutnya diproses pada bak anaerob. Pada unit ini penyisihan bahan organik memiliki nilai yang cukup tinggi yaitu mencapai 80%. Penyisihan pada bak ini tidak menggunakan oksigen (kedap udara), sehingga bakteri yang berperan ialah bakteri anaerobik. Bak biofilter anaerob akan mengolah air limpasan yang berasal dari bak pengendapan pertama secara anaerobik. Pada bak ini direncanakan menjadi dua ruang guna memaksimalkan degradasi bahan organik. Bak ini juga dilengkapi dengan media filter sarang tawon yang memiliki luas permukaan yang cukup besar dan sangat baik untuk proses pengolahan

2.2.3.7 Bak Biofilter Aerob

Air limpasan dari bak biofilter anaerob kemudian diolah pada bak biofilter aerob. Pada bak ini diisi dengan media sarang tawon untuk mendegradasi bahan organik yang masih terdapat dalam air limbah. Penambahan udara (aerasi) dilakukan guna mendukung pertumbuhan mikroorganisme dalam media filter. Air limbah akan berkontak dengan mikroorganisme yang tersuspensi maupun yang menempel pada permukaan media menyebabkan peningkatan efisiensi pengolahan zat organik, deterjen serta mempercepat proses nitrifikasi sehingga penghilangan amonia lebih besar. Proses ini biasa disebut aerasi kontak (contact aeration) (Arina, 2012).

2.2.3.8 Bak Pengendap Akhir

Bak Pengendap akhir atau sering disebut final clarifier merupakan unit pengolahan bahan organik secara fisika. Pengolahan ini prinsipnya mirip dengan prinsip pengendapan pertama dimana perbedaan hanya terdapat pada letak pengolahan dan kualitas influent yang diolah. Pada bak pengendap pertama kualitas effluent tiap parameter cenderung tinggi bahkan sangat tinggi, karena masih belum dilakukan pengolahan secara biologis. Sedangkan pada bak pengendapan terakhir kualitas influent cenderung sudah turun karena telah terjadi pengolahan pada bak sebelumnya.

2.2.3.9 Pompa Air Limbah

Terdapat dua tipe pompa air limbah yang sering digunakan dalam sistem pengolahan air limbah yaitu tipe pompa celup/benam (*submersible pump*) dan pompa sentrifugal. Pompa submersible dengan grinder merupakan jenis pompa yang sering digunakan, karena grinder merupakan sebuah perangkat mekanis yang berfungsi menghancurkan padatan atau mencabik - cabik limbah. Setelah mengahancurkan padatan, pompa akan mentransfer air limbah ke dalam bak pengolah air limbah atau *sewage treatment plant* (STP).

