

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 29 Tahun 2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, yaitu:

- Sistem air minum harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan sumber air minum, kualitas air bersih, sistem distribusi, dan penampungannya.
- Sumber air minum dapat diperoleh dari sumber air berlangganan dan/atau sumber air lainnya yang memenuhi persyaratan kesehatan sesuai pedoman dan standar teknis yang berlaku.
- Perencanaan sistem distribusi air minum dalam bangunan gedung harus memenuhi debit air dan tekanan minimal yang disyaratkan.
- Penampungan air minum dalam bangunan gedung diupayakan sedemikian rupa agar menjamin kualitas air.
- Penampungan air minum harus memenuhi persyaratan kelaikan fungsi bangunan gedung.
- Sistem pembuangan air limbah dan/atau air kotor harus direncanakan dan dipasang dengan mempertimbangkan jenis dan tingkat bahayanya.
- Pertimbangan jenis air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk pemilihan sistem pengaliran/pembuangan dan penggunaan peralatan yang dibutuhkan.
- Pertimbangan tingkat bahaya air limbah dan/atau air kotor diwujudkan dalam bentuk sistem pengolahan dan pembuangannya.
- Air limbah yang mengandung bahan beracun dan berbahaya tidak boleh digabung dengan air limbah domestik.

- Air limbah yang berisi bahan beracun dan berbahaya (B3) harus diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
- Air limbah domestik sebelum dibuang ke saluran terbuka harus diproses sesuai dengan pedoman dan standar teknis yang berlaku.

2.2 Perencanaan dan Perancangan Sistem Penyediaan Air Bersih

2.2.1 Prinsip Dasar Sistem Penyediaan Air Bersih

Dalam perencanaan maupun perancangan sistem penyediaan air bersih terdapat beberapa prinsip dasar yang harus diperhatikan, diantaranya yaitu :

1. Kualitas Air

Sesuai dengan tujuannya, sistem penyediaan air bersih dalam gedung bertingkat merupakan suatu sistem yang bertujuan untuk menyediakan air bersih ke seluruh gedung dengan kualitas maupun kuantitas yang cukup. Dari segi kuantitas, tercapai tidaknya tujuan tersebut dapat dilihat dari merata tidaknya penyediaan air bersih ke seluruh bagian gedung dengan jumlah maupun tekanan yang cukup. Sedangkan dari segi kualitas, dapat dilihat dari kualitas air yang sampai pada konsumen di seluruh gedung. Tujuan dari sistem penyediaan air bersih dapat dikatakan tercapai salah satunya apabila kualitas air tersebut memenuhi standar persyaratan air minum seperti yang dikeluarkan Menteri Kesehatan ataupun peraturan lainnya yang terkait. Selain itu, air tersebut juga haruslah terbebas dari bahan pencemar seperti masuknya air kotor dari pipa buangan, gas berbau atau beracun, masuknya serangga ataupun kotoran tikus ke dalam tangki penyimpanan air, dan sebagainya.

Apabila air bersih yang dialirkan dalam gedung diperoleh dari PDAM atau perusahaan penyedia air minum lainnya dimana kualitas airnya telah memenuhi persyaratan yang ada, maka pengelolaan tinggal difokuskan pada bagaimana cara mengalirkan air tersebut agar sampai pada konsumen dalam gedung dengan kualitas yang sama. Sedangkan apabila lokasi gedung tidak terjangkau oleh layanan penyediaan air bersih dimana air yang dialirkan dalam gedung diperoleh dari sungai ataupun air

tanah, maka sebelum dialirkan ke seluruh gedung air tersebut harus diolah terlebih dulu hingga dicapai standar kualitas air yang telah ditetapkan.

2. Pencegahan Pencemaran Air

Pencegahan terhadap pencemaran air terutama lebih ditekankan pada sistem penyediaan air bersih, mengingat mudahnya kualitas air bersih tersebut menurun dengan adanya pencemaran. Oleh karena itu langkah pencegahan terhadap kemungkinan timbulnya pencemaran tersebut haruslah benar-benar diperhatikan. Berikut ini adalah beberapa kemungkinan penyebab pencemaran beserta langkah pencegahan yang dapat dilakukan yaitu :

a. Hubungan Pintas (*cross connection*)

Yang dimaksud dengan hubungan pintas yaitu suatu hubungan secara fisik antar dua sistem perpipaan yang berbeda, misalnya antara sistem pipa untuk air bersih dengan sistem pipa lain yang berbeda kualitas airnya. Dengan adanya hubungan semacam itu, dimungkinkan terjadinya aliran air dari satu sistem ke sistem lainnya sehingga dapat menimbulkan pencemaran yang jelas sangat dihindari dalam sistem penyediaan air bersih karena dapat mempengaruhi kualitas airnya. Hubungan pintas ini dapat dihindari salah satunya dengan tidak memasang pipa air bersih ataupun peralatannya dalam posisi terendam air buangan atau bahan pencemar lainnya

b. Aliran Balik (*back flow*)

Aliran balik atau back flow merupakan aliran air atau fluida lain yang berasal dari sistem perpipaan atau peralatan lain dalam sistem ke dalam sistem perpipaan air bersih sehingga sering kali menyebabkan pencemaran. Aliran balik ini terjadi karena timbulnya tekanan negatif dalam pipa sehingga air bersih mengalir ke arah sebaliknya diikuti dengan masuknya air dari sistem perpipaan lain. Pencegahan aliran balik dapat dilakukan dengan menggunakan celah atau rongga udara dan pemecah vakum.

c. Pukulan Air (*Water Hammer*)

Pukulan air atau water hammer dapat terjadi apabila aliran air dalam pipa dihentikan secara mendadak misalnya dengan menggunakan katup atau keran. Penghentian secara tiba-tiba ini menyebabkan kenaikan tekanan yang tajam dalam pipa

sehingga seringkali menimbulkan getaran pada pipa. Selain itu, apabila pukulan air ini mengenai peralatan plambing dapat menyebabkan kerusakan. Langkah pencegahan pukulan air dapat dilakukan dengan cara :

- Menghindari tekanan kerja yang terlalu tinggi pada sistem perpipaan
- Menghindari kecepatan pengaliran air yang terlalu tinggi
- Memasang celah atau rongga udara, ataupun alat pencegah pukulan air lainnya (Noerbambang & Morimura,2005).

2.2.2 Sistem Penyediaan Air Bersih

Menurut (Noerbambang & Morimura,2005) terdapat beberapa variasi sistem penyediaan air bersih yang saat ini biasa digunakan, diantaranya adalah :

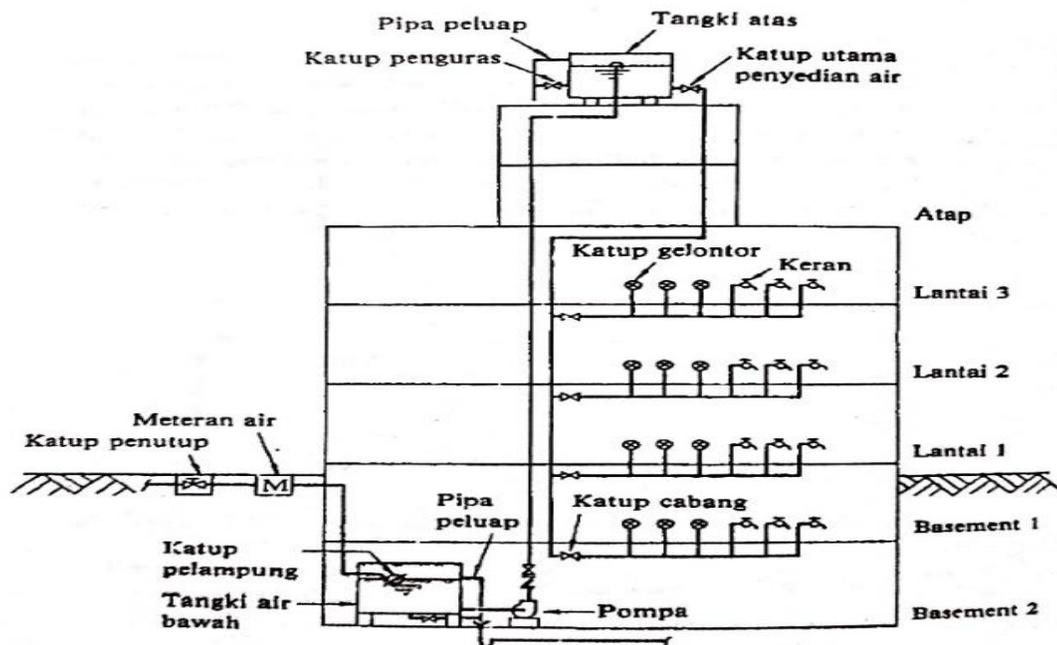
1. Sistem sambungan langsung
2. Sistem tangki atap
3. Sistem tangki tekan
4. Sistem tanpa tangki (*booster system*)

Sistem sambungan langsung mengalirkan air dari pipa utama milik perusahaan penyedia air minum langsung menuju pipa distribusi dalam gedung. Sistem ini kurang cocok diimplementasikan pada gedung-gedung tinggi karena terbatasnya tekanan pada pipa utama sehingga dikhawatirkan tidak dapat mengalirkan air hingga lantai teratas karena tekanan yang tidak mencukupi. Begitupun sama halnya dengan sistem tanpa tangki atau *booster system*.

Untuk sistem tangki tekan, harga awal pemasangan memang lebih rendah daripada menggunakan sistem tangki atap. Namun, kekurangan dari sistem ini adalah akan terjadi fluktuasi tekanan dalam pipa sehingga aliran air tidak akan stabil. Padahal, untuk sistem penyediaan air bersih pada gedung asrama, air harus selalu tersedia setiap saat dibutuhkan oleh konsumen dalam gedung. Selain itu, setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara ke dalam tangki atau dengan menguras seluruh air dari dalam tangki. Hal ini bertujuan untuk mengganti kembali udara yang hilang atau terlarut ke dalam air yang tersimpan dalam tangki sehingga tekanan dapat kembali normal. Jumlah air efektif yang tersimpan dalam tangki juga relatif sedikit sehingga pompa akan lebih sering bekerja untuk mengisi kembali air ke dalam tangki.

Untuk sistem tangki atap, air dari pipa utama milik perusahaan penyedia air minum ditampung terlebih dahulu dalam tangki bawah (*ground reservoir*) untuk selanjutnya dipompakan ke atas menuju tangki atap (*roof tank*) seperti pada **Gambar 2.1** Tidak seperti sistem tangki tekan, perubahan tekanan air dalam pipa tidaklah begitu besar sehingga ketersediaan air di tiap waktunya cukup stabil. Pompa juga dapat diatur sedemikian rupa sehingga tidak harus bekerja terlalu sering yang dapat menyebabkan pompa cepat aus. Perawatannya juga lebih mudah dibandingkan dengan tangki tekan yang harus dikuras setiap beberapa hari sekali. Dengan menggunakan sistem ini, tekanan air yang rendah dari pipa utama juga tidak begitu menjadi masalah karena adanya sistem pompa dan tangki atap.

Hal penting yang harus diperhatikan dalam penggunaan sistem tangki atap ini yaitu dalam menentukan letak tangki atap yang harus disesuaikan dengan tekanan minimal yang dibutuhkan oleh peralatan plambing dalam sistem tersebut, misalnya kloset. Untuk kloset dengan katup gelontor setidaknya dibutuhkan tekanan minimal sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$, sehingga apabila tangki atap diletakkan di atas atap maka sedikitnya harus berada 10 meter di atas alat plambing pada lantai teratas gedung tersebut. Hal ini tentu akan berpengaruh pada konstruksi gedung dan juga kurang baik dilihat dari segi estetika, sehingga sebagai penyelesaiannya penggunaan katup gelontor dapat diganti dengan tangki gelontor. Penggunaan tangki gelontor walaupun memerlukan waktu lebih lama dibandingkan katup gelontor untuk mengisikan kembali air ke dalam tangki, namun hal ini tidak menjadi masalah apabila digunakan untuk keperluan pribadi seperti pada apartemen. (Noerbambang & Morimura,2005)



Gambar 2.1 Sistem Tangki Atap.

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

2.2.3 Tekanan Air dan Kecepatan Aliran

Tekanan dan kecepatan aliran air cukup vital dalam kaitannya dengan pergerakan air dalam pipa. Tekanan air yang terlalu tinggi dapat mempercepat kerusakan peralatan plambing karena seringnya terjadi pukulan air. Selain itu pancaran air yang keluar dari pipa juga akan terlalu keras sehingga apabila terkena pemakai akan menimbulkan rasa sakit dan mengurangi kenyamanan. Sedangkan apabila tekanan airnya terlalu rendah akan menyebabkan beberapa kesulitan seperti penyediaan air yang kurang merata ke seluruh lantai gedung atau tidak dapat beroperasinya alat plambing yang membutuhkan tekanan tinggi, seperti contohnya kloset yang menggunakan katup gelontor.

Untuk kecepatan aliran air, apabila terlalu tinggi akan menyebabkan seringnya terjadi pukulan air yang dapat merusak peralatan plambing, menimbulkan suara bersisik dari pipa dan menyebabkan cepat ausnya permukaan pipa. Ausnya permukaan pipa tersebut tentu saja dapat mengurangi kekuatan pipa dan menimbulkan kemungkinan terjadinya kebocoran yang tidak diinginkan. Sedangkan apabila kecepatan terlalu rendah, akan memicu terjadinya pengendapan kotoran pada dinding pipa dan juga korosi.

Secara umum tekanan standar ditetapkan sebesar $1,0 \text{ kg/cm}^2$ sedangkan untuk tekanan statisnya bagi hotel dan perumahan (termasuk juga apartemen) diusahakan sebesar $2,5\text{-}3,5 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan untuk kecepatan air, umumnya digunakan standar kecepatan sebesar $0,3\text{-}2,5 \text{ m/detik}$. (Noerbambang dan Morimura, 2005)

2.2.4 Penentuan Kebutuhan Air Bersih

Dalam perancangan sistem penyediaan air untuk bangunan bertingkat, kapasitas peralatan dan dimensi pipa maupun tangki dibuat berdasarkan pada jumlah dan laju aliran air yang harus disediakan pada bangunan tersebut. Menurut (Noerbambang & Morimura,2005) terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menaksir besarnya kebutuhan air tersebut, diantaranya adalah :

1. Metode berdasarkan jumlah pemakai.
2. Metode berdasarkan jenis dan jumlah alat plambing.
3. Metode berdasarkan unit beban alat plambing.
4. Metode berdasarkan luas lantai.

Dari keempat metode tersebut, pemakaian air rata-rata per orang setiap hari dapat dilihat pada **Tabel 2.1** di bawah ini menunjukkan pemakaian air rata-rata per orang per hari berdasarkan jenis gedungnya dalam hal ini adalah gedung asrama.

Tabel 2.1 Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari

No	Jenis Gedung	Pemakaian rata – rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata – rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
1	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2	Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3	Apartemen	200-250	8-10	45-50	Mewah: 250 liter Menengah: 180 liter Bujangan 120 liter
4	Asrama	120	8		Bujangan
5	Rumah sakit	Mewah > 1000 Menengah 500-1000 Umum 350-500	8-10	45-48	(Setiap tempat tidur pasien) Pasien luar: 8 liter Staf/pegawai: 120 liter Keluarga pasien: 160 liter
6	Sekolah dasar	40	5	58-60	Guru: 100 liter
7	SLTP	50	6	58-60	Guru: 100 liter
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6		Guru/dosen: 100 liter
9	Rumah – toko	100-200	8		Penghuninya: 160 liter
10	Geudng kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai
11	Toserba (Toko serba ada, departement store)	3	7	55-60	Pemakaian air hanya untuk kakus, belum termasuk untuk bagian restorannya
12	Pabrik/Industri	Buruh pria: 60 Wanita: 100	8		Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam sehari)
13	Stasiun/terminal	3	15		Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
14	Restoran	30	5		Untuk penghuni: 160 liter
15	Restoran umum	15	7		Untuk penghuni: 160 liter; pelayan: 100 liter, 70% dari jumlah tamu perlu 15

No	Jenis Gedung	Pemakaian rata – rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata – rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
					liter/orang untuk kakus, cuci tangan dsb
16	Gedung pertunjukan	30	5	53-55	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton. Jam pemakaian dalam tabel adalah satu kali pertunjukan
17	Gedung bioskop	10	3		-idem-
18	Toko pengecer	40	6		Pedangan besar: 30 liter/tamu, 150 liter/staf atau 5 liter per hari tiap m ² luas lantai
19	Hotel/penginapan	250-300	10		Untuk setiap tamu, untuk staf: 120-150 liter; penginapan: 200 liter
20	Gedung peribadatan	10	2		Didasarkan jumlah jamaah per hari
21	Perpustakaan	25	6		Untuk setiap pembaca yang tinggal
22	Bar	30	6		Setiap tamu
23	Perkumpulan sosial	30			Setiap tamu
24	Kelab malam	120-350			Setiap tempat duduk
25	Gedung perkumpulan	150-200			Setiap tamu
26	Laboratorium	100-200	8		Setiap staf

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

Dari tabel tersebut di atas, maka dapat dilihat bahwa untuk keperluan gedung asrama besarnya pemakaian air per orang setiap harinya yaitu sebesar 120 liter/orang.hari dengan rata-rata pemakaian air dalam sehari sebesar 8 jam.

Berikut langkah-langkah perhitungan kebutuhan air bersih dalam gedung adalah sebagai berikut :

1. Dihitung jumlah penghuni total dalam seluruh gedung

$$Jumlah\ penghuni = \sum_{penghuni\ tiap\ kamar} \times \sum_{kamar\ dalam\ 1\ lantai} \times \sum_{lantai} \quad (2.1)$$

2. Dihitung pemakaian air untuk satu gedung dalam sehari (Q_d)

$$Q_d\ (l/hari) = \sum_{penghuni} \times Pemakaian\ air\ per\ orang\ per\ hari \quad (2.2)$$

3. Dihitung nilai Q_d apabila terdapat tambahan pemakaian air (misalnya untuk menyiram tanaman, mengatasi kebocoran, mengisi air kolam renang, dsb)

$$Q_{total} = (100\% + \%tambahan\ pemakaian\ air) \times Q_h \quad (2.3)$$

4. Dihitung besarnya kebutuhan air rata-rata ($Q_{rata-rata\ puncak} = Q_h$) yang nilainya tergantung pada rata-rata lama pemakaian per harinya (t)

$$Q_h\ (l/dt) = \frac{Q_d}{t \times 60 \times 60} \quad (2.4)$$

Dimana: Q_h = Pemakaian air rata-rata selama rata-rata jam operasi ($l/detik$)

Q_d = Pemakaian air rata-rata sehari ($l/hari$)

t = Jangka waktu rata-rata pemakaian air dalam 1 hari (jam)

5. Dihitung pemakaian air pada jam puncak (Q_{h-maks})

$$Q_{h-maks} = C_1 \cdot Q_h \quad (2.5)$$

Dimana : Q_{h-maks} = Pemakaian air pada jam puncak ($l/detik$)

C_1 = Konstanta \rightarrow berkisar antara 1,5 – 2,0

6. Dihitung pemakaian air pada menit puncak (Q_{m-max})

$$Q_{m-max} = C_2 \times Q_h \quad (2.6)$$

Dimana : Q_{m-max} = Pemakaian air pada menit puncak ($l/detik$)

C_2 = Konstanta \rightarrow berkisar antara 3,0 – 4,0

Angka pemakaian air yang diperoleh dengan metode ini biasanya digunakan untuk menetapkan volume tangki bawah, tangki atap, pompa dan sebagainya. Sedangkan ukuran yang diperoleh dengan metode ini hanyalah pipa penyediaan air, dan bukan untuk menentukan ukuran pipa-pipa dalam jaringan.

2.2.5 Kapasitas *Ground Reservoir* (Tangki Air Bawah)

Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih dengan sistem tangki atap, dibutuhkan penaksiran volume *ground reservoir* yang selanjutnya dapat digunakan untuk menentukan dimensinya. Perhitungan volume *ground reservoir* dapat dilakukan dengan metode berikut ini :

1. Perhitungan dimensi ground reservoir berdasarkan suplai air dari PDAM.
2. Perhitungan dimensi ground reservoir berdasarkan rumus.

Perhitungan dimensi ground reservoir berdasarkan suplai air dari PDAM terutama didasarkan pada fluktuasi suplai air dari PDAM dan pemompaan yang disesuaikan dengan kebutuhan air. Oleh karena itu, cara ini dirasa kurang dapat mewakili besarnya volume ground reservoir yang sebenarnya karena hanya terbatas pada waktu puncak saja dimana pemakaian air dalam kondisi maksimal. Padahal dalam suatu sistem penyediaan air bersih, pemenuhan akan kebutuhan air harus selalu terpenuhi setiap kali dibutuhkan, yaitu tidak hanya terbatas pada jam-jam puncak saja.

Perhitungan dimensi *ground reservoir* berdasarkan rumus, hasilnya dirasa lebih dapat mewakili karena perhitungannya tidak hanya terbatas untuk waktu-waktu tertentu saja.

Formula yang digunakan dalam perhitungan volume dan penentuan dimensi *ground reservoir* berdasarkan rumus menurut Noerbambang & Morimura yaitu :

1. Dihitung besarnya kapasitas pipa dinas (Q_s)

$$Q_s = \frac{2}{3} Q_h \quad (2.7)$$

Dimana : Q_h = Jumlah kebutuhan air rata-rata per jam (m^3/jam)

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

2. Dihitung besarnya volume *ground reservoir*

$$Volume\ Ground\ Reservoir = [Q_d - (Q_s \times T)] \quad (2.8)$$

Dimana : Q_d = Jumlah kebutuhan air per hari ($m^3/hari$)

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

T = Rata-rata jangka waktu pemakaian (jam/hari)

3. Ditentukan dimensi *ground reservoir*

Setelah dihitung volume dari *ground reservoir* tersebut, selanjutnya dapat ditentukan dimensi untuk masing-masing *ground reservoir* yang mencakup :

- Panjang (m)
- Lebar (m)
- Tinggi Efektif (m)

- Tinggi *free Board* (m)
- Tinggi Total (m)

2.2.6 Kapasitas *Roof Tank* (Tangki Air Atas)

Dalam perencanaan sistem penyediaan air bersih dengan sistem tangki atap, selain ground reservoir tentunya diperlukan juga perencanaan akan dimensi dari *roof tank* atau tangki atap itu sendiri. Penentuan dimensi keduanya biasanya didahului dengan perhitungan volume air yang harus ditampung pada kedua tangki tersebut.

Berikut ini merupakan metode-metode yang sering digunakan untuk menghitung tangki atap atau *roof tank*, yaitu :

1. Perhitungan dimensi *roof tank* berdasarkan suplai air dari PDAM.
2. Perhitungan dimensi *roof tank* berdasarkan rumus.

Perhitungan dimensi *roof tank* berdasarkan suplai air dari PDAM terutama didasarkan pada fluktuasi kebutuhan air dan pemompaan yang disesuaikan dengan waktunya. Dalam perhitungan dengan metode ini, persentase pemompaan hanya diperhitungkan pada jam-jam puncak saja. Padahal dalam suatu sistem penyediaan air bersih, pemenuhan akan kebutuhan air harus selalu terpenuhi tidak hanya terbatas pada jam-jam puncak saja, akan tetapi setiap kali dibutuhkan maka air tersebut harus ada. Oleh karena itu, cara ini dirasa kurang dapat mewakili kondisi yang sebenarnya karena hanya terbatas pada waktu puncak saja dimana pemakaian air dalam kondisi maksimal.

Sedangkan untuk perhitungan dimensi *roof tank* berdasarkan rumus, hasilnya dirasa lebih dapat mewakili karena perhitungannya tidak hanya terbatas untuk waktu-waktu tertentu saja.

Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan volume dan penentuan dimensi *roof tank* berdasarkan rumus menurut Noerbambang & Morimura, 2005 yaitu:

1. Dihitung besarnya volume *roof tank*

$$V_E = \{ (Q_p - Q_{h-max}) T_p - (Q_{pu} T_{pu}) \} \quad (2.9)$$

Dimana : V_E = Volume efektif *roof tank* (m³)

Q_p = Kebutuhan puncak (m³/menit) = Q_{m-max}

Q_{h-max} = Kebutuhan jam puncak (m³/menit)

Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi (m³/menit)

T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)

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

2. Ditentukan dimensi *roof tank*

Setelah dihitung volume dari *roof tank* tersebut, selanjutnya dapat ditentukan dimensi untuk masing-masing *roof tank* yang mencakup :

- Panjang (m)
- Lebar (m)
- Tinggi Efektif (m)
- Tinggi *free Board* (m)
- Tinggi Total (m)

2.2.7 Penentuan Head dan Jenis Pompa serta Perhitungan Daya Pompa

Untuk menentukan jenis pompa yang tepat bagi suatu sistem, maka harus ditentukan terlebih dahulu karakteristik-karakteristik yang menjadi syarat pemilihan pompa tersebut. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam menentukan jenis pompa yang nantinya akan digunakan untuk mengalirkan air dari *ground reservoir* menuju *roof tank* :

1. Ditentukan asumsi kecepatan pengaliran (v) Pada umumnya kecepatan pengaliran ini berkisar antara 0,3 m/detik hingga 2,5 m/detik
2. Dihitung debit pengaliran (Q)

$$\text{Debit Pengaliran } (Q) = \frac{\text{Volume roof tank}}{\text{Waktu pemompaan}} \quad (2.10)$$

3. Dihitung diameter (D) pipa air bersih dari *ground reservoir* menuju *roof tank*
Karena :

$$\text{Debit Pengaliran } (Q) = v \times A$$

Maka :

$$\text{Diameter pipa } (D) = \sqrt[2]{\left(\frac{4 \times Q}{v \times \pi}\right)} \quad (2.11)$$

Diameter pipa hasil perhitungan di atas kemudian disesuaikan dengan diameter pipa yang umumnya ada di pasaran. Apabila diameter hasil hitungan tidak ada di pasaran, maka dapat dipilih diameter pipa di pasaran yang paling mendekati diameter hasil hitungan.

4. Dihitung kecepatan pengaliran yang sebenarnya (v_{cek})

Dengan menggunakan diameter pipa yang telah ditentukan di atas, selanjutnya dihitung kecepatan pengaliran sesuai dengan diameter tersebut. Berikut adalah rumus yang dapat digunakan :

Karena :

$$Debit\ Pengaliran\ (Q) = v \times A$$

Maka :

$$Kecepatan\ Pengaliran\ (v_{cek}) = \frac{Q}{\frac{1}{4}\pi D^2} \quad (2.12)$$

5. Dihitung Head statis (H_{statis})

Head statis dapat ditentukan dari :

- a. Jarak antar muka air pada ground reservoir dan *roof tank*.
- b. Jarak dari muka air pada ground reservoir hingga titik tertinggi yang pernah dicapai oleh air.

Sehingga, penentuan nilai head statis ini sangat bergantung pada jenis sistem perpipaan yang digunakan dalam mengalirkan air dari ground reservoir menuju *roof tank*.

6. Dihitung Head sistem (H_{sistem})

$$H_{sistem} = H_{f\ mayor} + H_{f\ minor} + \frac{v^2}{2g} \quad (2.13)$$

Nilai H_f mayor dan H_f minor dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

1. $H_{f\ mayor}$, yaitu tekanan yang hilang akibat gesekan dengan dinding pipa.

$$H_{f\ mayor} = H_{f\ suction} + H_{f\ discharge} \quad (2.14)$$

Dimana:

$$H_{f\ suction} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \quad (2.15)$$

$$H_f \text{ discharge} = \left[\frac{Q}{0,00155 \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,85} \times L \quad (2.16)$$

Dimana: : C = 150 (untuk pipa PVC)

= 120 (untuk pipa GIP)

L = panjang pipa dalam meter

D = diameter dalam cm

Q = debit dalam l/detik

2. $H_f \text{ minor}$, yaitu tekanan yang hilang akibat adanya aksesoris pipa.

a. Head akibat belokan 90°

$$H_f \text{ minor} = n \left(\frac{K \times v^2}{2g} \right) \quad (2.17)$$

Dengan: n = jumlah belokan

K = 0,3 (untuk belokan 90°)

b. Head akibat *check valve/gate valve*

$$H_f \text{ minor} = n \left(\frac{K \times v^2}{2g} \right) \quad (2.18)$$

Dengan: n = jumlah belokan

K = 0,22 (untuk belokan 90°)

K = 0,11 (untuk gate valve)

K = 0,7 (untuk check valve)

7. Dihitung Head pompa (H_{pompa})

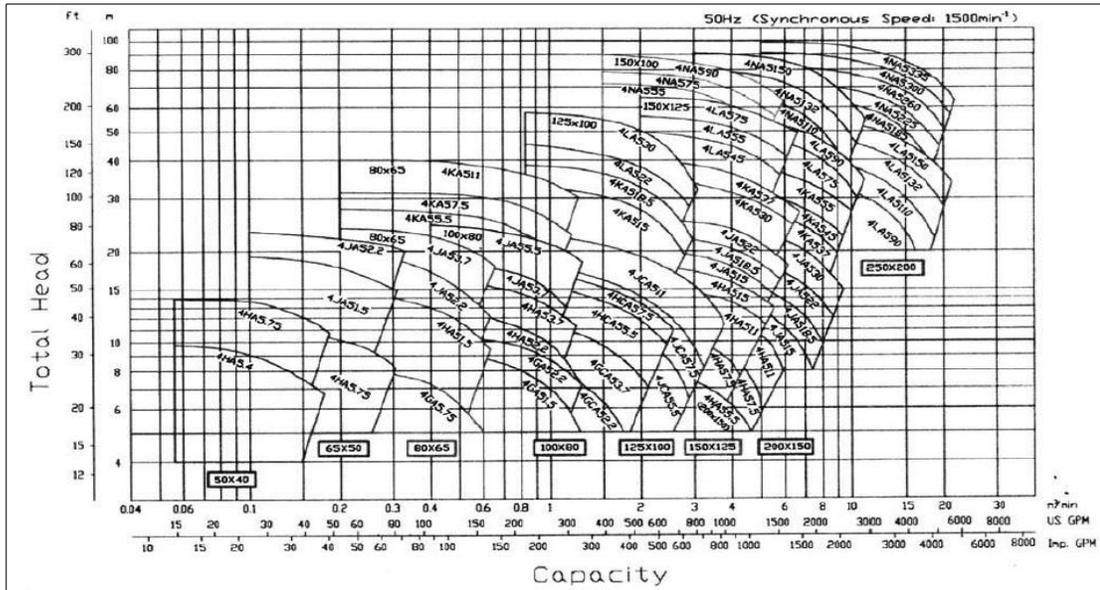
$$H_{pompa} = H_{sistem} + H_{statis} + H_{sisa \text{ tekan}} \quad (2.19)$$

8. Ditentukan jenis pompa melalui grafik tipe pompa

Dengan debit pengaliran (Q) dan head pompa (H_{pompa}) yang telah dihitung, selanjutnya ditentukan pompa yang sesuai dengan karakteristik sistem yang ada. Penentuan jenis pompa dapat ditentukan melalui grafik tipe pompa yang biasanya dikeluarkan oleh produsen pompa seperti **Gambar 2.2** di bawah ini. Nilai Q dan H_{pompa} kemudian diplotkan dalam grafik di atas hingga titik pertemuannya memotong salah satu grafik pompa di atas. Dari titik pertemuan tersebut, selain dapat ditentukan jenis pompanya, dapat juga diketahui :

- Diameter pipa suction
- Diameter pipa discharge

- Kecepatan putaran per menit (RPM)



Gambar 2.2 Tipe Pompa EBARA 1500 RPM

Sumber: Pompa EBARA, 2020

9. Dihitung daya hidraulik pompa (N_h)

N_h atau daya hidraulik pompa adalah daya yang dimasukkan ke dalam air oleh rotor pompa sehingga air tersebut dapat mengalir.:

$$N_h = 0,163 \times Q \times H \times \gamma \quad (2.20)$$

Dimana: N_h = daya pompa (kilowatt)

Q = Kapasitas pompa (m^3/menit)

H = Tinggi angkat total (m)

γ = Berat jenis air 0,997 (kg/liter)

10. Dihitung daya poros pompa (N_p)

Daya poros pompa adalah daya hidraulik dibagi dengan efisiensi pompa:

$$N_p = \frac{N_h}{\eta_p} \quad (2.21)$$

Dimana: N_p = daya poros (kilowatt)

N_h = daya pompa (kilowatt)

η_p = efisiensi pompa %

2.2.8 Penentuan Dimensi Pipa Air Bersih

Dalam menentukan dimensi pipa pada sistem penyediaan air bersih ini menggunakan metode kerugian gesek yang diizinkan. Dalam metode ini, pipa yang digunakan adalah jenis pipa PVC dengan $C = 130$. Berikut rumus kerugian gesek di bawah ini :

$$R = 1000 \times \left(\frac{H-H_1}{K(L+l)} \right) \quad (2.22)$$

- Dimana:
- R = Kerugian gesek yang diizinkan (mm/m)
 - H = Head statis pada alat plambing (m)
 - H_1 = Head standar pada alat plambing (m)
 - K = Koefisien pipa (2-3)
 - L = Panjang pipa lurus, pipa utama (m)
 - l = Panjang pipa lurus, pipa cabang (m)

2.3 Perencanaan Sistem Pembuangan Air Buangan

2.3.1 Jenis Air Buangan

Di dalam sistem pembuangan suatu gedung, umumnya jenis-jenis air buangan yang di salurkan dapat digolongkan dalam tiga jenis yaitu :

1. Air Kotor (*Black Water*)

Air kotor mencakup seluruh air buangan yang mengandung kotoran atau sisa metabolisme manusia. Umumnya air buangan ini berasal dari kloset ataupun peturasan.

2. Air Bekas (*Grey Water*)

Air bekas merupakan air buangan yang umumnya berasal dari bekas kegiatan manusia seperti mandi, cuci tangan, cuci piring, dan lain sebagainya. Untuk gedung asrama, air bekas ini umumnya berasal dari *lavatory* atau pun air bekas cuci dan mandi yang keluar lewat *floor drain*.

3. Air Hujan

Air hujan yang dimaksud didalam sistem pembuangan ini yaitu air hujan yang jatuh ke atap ataupun ke halaman.

2.3.2 Klasifikasi Sistem Pembuangan Air Buangan

Berikut ini merupakan beberapa klasifikasi sistem pembuangan air yang umumnya dilakukan untuk sistem pembuangan air dalam suatu gedung, yaitu :

- Klasifikasi menurut cara pembuangan air :

1. Sistem pembuangan air campuran

Sistem pembuangan dimana segala macam air buangan dikumpulkan ke dalam satu saluran dan dialirkan ke luar gedung tanpa memperhatikan jenis air buangan.

2. Sistem pembuangan air terpisah

Sistem pembuangan dimana setiap jenis air buangan dikumpulkan dalam suatu saluran terpisah yang kemudian dialirkan ke luar gedung secara terpisah juga.

3. Sistem pembuangan tak langsung

Sistem pembuangan dimana air buangan dari beberapa lantai gedung bertingkat digabungkan dalam satu kelompok.

Untuk sistem pembuangan air secara terpisah, umumnya jenis-jenis air buangan tersebut disalurkan sesuai dengan klasifikasi di bawah ini :

- Klasifikasi menurut jenis air buangan:

1. Sistem pembuangan air kotor

Sistem pembuangan air yang berasal dari kloset, peturasan dan lain-lain dalam gedung yang selanjutnya dialirkan keluar gedung atau menuju riol umum.

2. Sistem pembuangan air bekas

Sistem pembuangan dimana air bekas pakai yang umumnya berasal dari peralatan *lavatory* ataupun *sink* di dalam gedung akan dikumpulkan dan dialirkan ke luar melalui suatu saluran.

3. Sistem pembuangan air hujan

Sistem pembuangan khusus untuk air hujan yang jatuh pada atap gedung ataupun tempat lainnya, yang kemudian dikumpulkan dan dialirkan ke luar melalui suatu saluran.

4. Sistem pembuangan air dari dapur

Khusus untuk air buangan yang berasal dari bak cuci dapur harus diperlakukan secara khusus guna mencegah timbulnya pencemaran akibat aliran balik dari saluran air kotor atau air bekas. Sedangkan apabila air buangannya banyak mengandung lemak, maka perlu dilengkapi dengan perangkap lemak.

2.3.3 Jenis-Jenis Pipa Pembuangan

Berikut ini merupakan jenis-jenis pipa yang umumnya menjadi bagian dari sistem pembuangan, yaitu antara lain :

1. Pipa Pembuangan Alat Plumbing

Pipa pembuangan yang menghubungkan perangkap pada alat plumbing dengan pipa pembuangan lainnya. Pipa ini biasanya dipasang tegak dan ukurannya harus sama atau lebih besar dari lubang keluar perangkap pada alat plumbing.

2. Pipa Cabang Mendatar

Pipa pembuangan yang dipasang mendatar dan menghubungkan pipa pembuangan dari alat plumbing dengan pipa tegak air buangan.

3. Pipa Tegak Air Buangan

Pipa pembuangan yang dipasang tegak untuk mengalirkan air buangan dari pipa-pipa cabang mendatar.

4. Pipa Tegak Air Kotor

Pipa pembuangan yang dipasang tegak untuk mengalirkan air kotor dari pipa-pipa cabang mendatar.

5. Pipa atau Saluran Pembuangan Gedung

Pipa pembuangan yang mengumpulkan air kotor maupun air bekas dari pipa-pipa tegak. Di dalam sistem pembuangan air dalam gedung, pipa pembuangan gedung ini umumnya dibatasi hingga jarak satu meter ke arah luar dari dinding terluar gedung.

6. Riol Gedung

Pipa di halaman gedung yang menghubungkan pipa pembuangan gedung dengan riol umum ataupun instalasi pengolahan. (SNI 8153-2015)

2.3.4 Ukuran Pipa Pembuangan

Langkah-langkah penentuan dimensi pipa air buangan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan daerah atau jalur tiap sistem pada ruang saniter. Jalur setiap sistem tersebut ditentukan karena penentuan dimensi pipa air buangan dilakukan berdasarkan unit alat plambing kumulatif.
2. Menentukan besarnya beban unit alat plambing dari alat plambing pada setiap jalur yang telah ditetapkan. Nilai beban UAP ini dapat dilihat pada **Tabel 2.2** di bawah ini :

Tabel 2.2 Nilai Unit Alat Plambing untuk Tiap Alat

No	Alat Plambing	Diameter perangkat minimum (mm)	Unit alat plambing sebagai beban	Catatan
1	Tangki gelontor Katup gelontor	75	4 8	
2	Peturasan: -Tipe menempel di dinding -Tipe gantung di dinding -Tipe dengan kaki, siphon jet atau <i>blow-out</i> -Untuk umum,model palung setiap 0,60 m	40 40-50 75	4 4 8 2	2)
3	Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	1	3)
4	Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>) -Ukuran biasa -Ukuran kecil	32 25	1 0,5	4)
5	Bak cuci, praktek dokter gigi -Alat perawatan gigi	32 32	1 0,5	
6	Bal cuci, salon dan tempat cukur	32	2	
7	Pancuran minum	32	0,5	
8	Bak mandi:			5)

No	Alat Plumbing	Diameter perangkap minimum (mm)	Unit alat plumbing sebagai beban	Catatan
	-Berendam (<i>bath tub</i>)	40-50	3	
	-Model jepang (untuk di rumah)	40	2	
	-Untuk umum	50-75	4-6	
9	Pancuran mandi: -Untuk rumah -Untuk umum,tiap pancuran	50	2 3	
10	Bidet	32	3	
11	Bak cuci, untuk pel	75-100	8	6)
12	Bak cuci pakaian	40	2	6)
13	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	3	6)
14	Kombinasi bak cuci dapur dengan penghancur kotoran	40(terpisah)	4	
15	Bak cuci tangan, kamar bedah -Ukuran besar -Ukuran kecil		2 1,5	
16	Bak cuci, laboratorium kimia	40-50	1,5	
17	Bak cuci, macam – macam: -Dapur, untuk rumah -Dapur, dengan penghancur makanan, untuk rumah -Hotel, komersial -Bar -Dapur kecil, cuci piring	40-50 40-50 50 32 40-50	2-4 3 4 1,5 2-4	6)
18	Mesin cuci: -Untuk rumah -Paralel, dihitung setiap orang	40	2 0,5	
19	Buangan lantai (floor drain)	40 50 70	0,5 1 2	7)
20	Kelompok alat plumbing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, satu bak mandi rendam atau satu pancuran mandi: -Dengan kloset tangki gelontor -Dengan kloset katup gelontor		6 8	
21	Pompa penguras (<i>sump pump</i>), untuk setiap 3,8 liter/min		2	8)

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

3. Menentukan diameter perangkap minimum untuk masing-masing alat plumbing sesuai **Tabel 2.3** di bawah ini:

Tabel 2.3 Diameter Minimum untuk Perangkap dan Pipa Buangan Alat Plambing

No	Alat Plambing	Diameter perangkap minimum (mm)	Diameter pipa buangan alat plambing minimum (mm)	Catatan
1	Kloset	75	75	
2	Peturasan:			
	-Tipe menempel di dinding	40	40	
	-Tipe gantung di dinding	40-50	40-50	
	-Tipe dengan kaki, siphon jet atau <i>blow-out</i>	75	75	1)
	-Untuk umum: untuk 2 orang	50	50	2)
	untuk 3-4 orang	65	65	
	untuk 5-6 orang	75	75	
3	Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	32-40	3)
4	Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>)			
	-Ukuran biasa	32	32	
	-Ukuran kecil	25	25	4)
5	Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dan tempat cukur	32	32-40	3)
6	Pancuran minum	32	32	
7	Bak mandi:			
	-Berendam (<i>bath tub</i>)	40-50	40-50	5)
	-Model jepang (untuk dirumah)	40	40	5)
	-Untuk umum	50-75	50-75	6)
8	Pancuran mandi (dalam ruang)	50	50	
9	Bidet	32	32	7)
10	Bak cuci, untuk pel	65	65	
	-Ukuran besar	75-100	75-100	8)
11	Bak cuci pakaian	40	40	
12	Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	50	
13	Kombinasi bak cuci tangan, 2-4 orang	40-50	40-50	
14	Bak cuci tangan, rumah sakit	40	40-50	3)
15	Bak cuci, laboratorium kimia	40-50	40-50	9)
16	Bak cuci, macam – macam:			
	-Dapur, untuk rumah	40-50	40-50	
	-Hotel, komersial	50	50	
	-Bar	32	32	10)
	-Dapur kecil, cuci piring	40-50	40-50	
	-Dapur, untuk cuci sayuran	50	50	
	-Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) untuk rumah	40	40	11)
	- Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) besar (untuk restoran)	50	50	
17	Buangan lantai (<i>floor drain</i>)	40-75	40-75	11)

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

4. Menentukan nilai beban UAP kumulatif dari setiap alat plambing sampai pada alat plambing yang paling dekat dengan pipa tegak dari setiap jalur.

5. Menentukan diameter pipa alat plambing berdasarkan UAP maksimum dari **Tabel 2.4** Apabila diameter pipa air buangan lebih kecil dari diameter perangkat minimumnya maka diambil nilai dari diameter perangkat minimum sesuai standar untuk setiap alat plambing. Selain itu, harus diingat bahwa tidak pernah terdapat perkecilan pipa pada sistem air buangan dan hanya kloset yang terletak pada ujung sistem yang boleh memakai diameter pipa 75 mm (kloset kedua dan seterusnya dari ujung diameter pipanya 100 mm).

Tabel 2.4 Beban Maksimum UAP yang Diizinkan, untuk Cabang Horizontal dan Pipa Tegak Buangan

Diameter pipa (mm)	Beban maksimum unit alat plambing yang boleh disambung kepada:											
	Cabang mendatar ¹⁾			Satu pipa tegak setinggi 3 tingkat, atau untuk 3 interval			Pipa tegak dengan tinggi lebih dari 3 tingkat					
	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Jumlah untuk satu pipa tegak			Jumlah untuk cabang satu tingkat		
							Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (NPC)	Unit alat plambing (praktis)	Reduksi (%)	Unit alat plambing ²⁾ (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 ³⁾	27	90	30 ⁴⁾	54	90	60 ⁴⁾	14	90	16 ⁴⁾
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	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Catatan:
1) Tidak termasuk cabang buangan gedung.
2) NATIONAL PLUMBING CODE, American Standard, ASA 40.8-1955.
3) Tidak lebih dari dua kloset.
4) Tidak lebih dari tiga kloset.
*1 Unit alat plambing praktis diterapkan kalau setiap alat plambing melayani 20 sampai 30 penghuni gedung, dan digunakan sistem ven dengan lup.
*2 Unit alat plambing dari NPC diterapkan kalau setiap alat plambing melayani 10 sampai 15 penghuni gedung, dan digunakan sistem ven individu.

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

6. Menyesuaikan diameter pipa yang terpasang dengan diameter pipa yang ada di pasaran.

7. Menentukan slope yang akan digunakan pada pipa air buangan masing-masing alat plambing yang akan menuju pipa tegak.

8. Menentukan diameter pipa pembuangan gedung berdasarkan **Tabel 2.4** di atas.

2.4 Perencanaan Sistem Ven

2.4.1 Sistem Ven

Pipa ven merupakan bagian penting dari sistem pembuangan air dalam gedung.

Tujuan pemasangan pipa ven antara lain :

1. Menjaga sekat perangkat dari efek siphon atau tekanan.
2. Mempertahankan stabilitas aliran sistem pengaliran.
3. Sirkulasi udara dalam pipa.

2.4.2 Jenis Pipa Ven

Terdapat beberapa jenis pipa ven yang biasa digunakan dalam perencanaan sistem plambing pada suatu gedung. Jenis alat-alat plambing adalah sebagai berikut

1. Ven Tunggal

Pipa ven dipasang untuk melayani suatu alat plambing dan disambung pada sistem ven lainnya atau langsung terbuka ke udara luar.

2. Ven Lup

Pipa ven melayani dua atau lebih perangkat dan disambungkan pada pipa ven tegak.

3. Ven Tegak

Pipa ini merupakan perpanjangan dari pipa tegak air buangan di atas mendatar air buangan tertinggi.

4. Ven Besar

Suatu ven yang melayani perangkat dari dua alat plambing yang dipasang bertolak belakang atau sejajar. Pipa ini dipasang pada pipa pengering bersama kedua alat plambing.

5. Ven Basah

Merupakan ven yang sekaligus menerima air buangan selain dari buangan kloset.

6. Ven Balik

Merupakan pipa ven tunggal yang membelok ke atas sampai lebih tinggi dari muka air banjir alat plambing kemudian membelok ke bawah dan mendatar pada lantai gedung.

7. Ven Pelepas

Pipa ven ini adalah pipa ven untuk melepas tekanan udara dalam pipa pembuangan.

8. Pipa Ven Yoke

Pipa ven ini suatu ven pelepas, yang menghubungkan pipa tegak air buangan kepada pipa ven tegak, untuk mencegah perubahan tekanan dalam pipa tegak air buangan yang bersangkutan.

9. Ven Penghubung

Pipa ven yang menghubungkan pipa tegak air limbah dengan pipa tegak ven untuk mencegah perubahan tekanan dalam pipa tegak air limbah.

2.4.3 Persyaratan Untuk Pipa Ven

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan maupun pemasangan pipa ven pada suatu perencanaan sistem plambing dalam gedung. beberapa persyaratan yang perlu diperhatikan, yakni diantaranya;

1. Kemiringan pipa ven

Pipa ven dipasang dengan kemiringan secukupnya untuk membalikkan aliran air yang masuk ke dalam pipa ven.

2. Cabang pipa ven

Dalam membuat cabang pipa ven harus diusahakan agar udara tidak akan terhalang akibat masuknya air buangan. Pipa ven untuk cabang mendatar pipa air buangan harus disambungkan pada pipa cabang tersebut secara vertikal, hanya dalam keadaan terpaksa boleh disambung dengan sudut tidak lebih dari 45° terhadap vertikal. Syarat ini untuk mencegah masuknya air buangan kedalam pipa ven.

3. Letak bagian mendatar pipa ven

Dari sambungan pipa ven dengan pipa air buangan cabang mendatar, pipa ven harus dibuat tegak sampai sekurang-kurangnya 150 mm di atas muka air banjir alat plambing tertinggi yang dilayani ven tersebut, sebelum dibelokkan mendatar atau sambungan pada pipa ven lainnya.

4. Ujung pipa ven

Ujung pipa ven harus terbuka ke udara luar tetapi harus dengan cara yang tidak menimbulkan gangguan kesehatan.

2.4.4 Penentuan Ukuran Pipa Ven

Dalam penggunaan pipa ven, ukuran diameter pipa harus disesuaikan dengan kebutuhan, sehingga penggunaannya lebih efektif. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pemilihan pipa ven, yakni diantaranya:

- Ukuran pipa ven lup, pipa ven pelepasan dan pipa ven tunggal ukuran minimum yang dipakai adalah 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah cabang pipa air buangan yang dilayani atau pipa tegak ven yang disambung.
- Ukuran pipa ven tegak dan pelepas offset
Minimal sama dengan pipa tegak air buangan yang dilayaninya dan tidak boleh diperkecil sampai ujung pipa tertinggi.
- Ukuran pipa ven untuk bak penampung
Minimal ukuran yang digunakan adalah 50 mm dalam keadaan apapun.
Ukuran pipa ven didasarkan pada nilai unit beban alat plambing dari pipa air buangan yang dilayani dan panjang pipa ven tersebut. Bagian pipa ven mendatar, tidak termasuk pipa ven di bagian bawah lantai, tidak boleh dari 20% dari total panjangnya.

Berdasarkan ketentuan tersebut, dapat ditentukan ukuran diameter pipa ven yang sesuai. Ukuran dan panjang pipa ven dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.5 Ukuran dan Panjang Pipa Ven

Ukuran pipa tegak air buangan (mm)	Beban unit alat plambing yang disambungkan	Diameter pipa ven yang diperlukan (mm)								
		32	40	50	65	75	100	125	150	200
		Panjang maksimum pipa ven (m)								
32	2	9								
40	8	15	45							
40	10	9	30							
50	12	9	22,5	60						
50	20	7,8	15	45						
65	42	-	9	30	90					
75	10	-	9	30	60	180				
75	30	-	-	18	60	150				
75	60	-	-	15	24	120				
100	100	-	-	10,5	30	78	300			
100	200	-	-	9	27	75	270			
100	500	-	-	6	21	54	210			
125	200	-	-	-	10,5	24	105	300		
125	500	-	-	-	9	21	90	270		
125	1100	-	-	-	6	15	60	210		
150	350	-	-	-	7,5	15	60	120	390	
150	620	-	-	-	4,5	9	37,5	90	330	
150	960	-	-	-	-	7,2	30	75	300	
150	1900	-	-	-	-	6	21	60	210	
200	600	-	-	-	-	-	15	45	150	390
200	1400	-	-	-	-	-	12	30	120	360
200	2200	-	-	-	-	-	9	24	105	330
200	3600	-	-	-	-	-	7,5	18	75	240
250	1000	-	-	-	-	-	-	22,5	37,5	300
250	2500	-	-	-	-	-	-	15	30	150
250	3800	-	-	-	-	-	-	9	24	105
250	5600	-	-	-	-	-	-	7,5	18	75

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

Tabel 2.6 Ukuran Pipa Cabang Horizontal Ven dengan Lup

Nomor jalur	Ukuran pipa air kotor atau air buangan (mm)	Unit alat plambing (angka maksimum)	Diameter ven lup (mm)							
			40	50	65	75	100	125		
			Panjang maksimum horisontal (m)							
1	40	10	6							
2	50	12	4,5	12						
3	50	20	3	9						
4	75	10	-	6	12	30				
5	75	30	-	-	12	30				
6	75	60	-	-	48	24				
7	100	100	-	2,1	6	15,6	60			
8	100	100	-	1,8	5,4	15	54			
9	100	500	-	-	4,2	10,8	42			
10	125	200	-	-	-	4,8	21	60		
11	125	1100	-	-	-	3	12	42		

Sumber: Noerbambang dan Morimura, 2005

2.5 Perencanaan Sistem *Fire Hydrant*

2.5.1 Penentuan Sistem *Fire Hydrant*

Berikut ini merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam menentukan sistem pemadam kebakaran (*fire hydrant*) untuk gedung bertingkat :

1. Lokasi penempatan peralatan pendukung sistem *fire hydrant*.

Lokasi penempatan peralatan dalam sistem *fire hydrant* ini haruslah :

- Mudah dijangkau dan dapat terlihat dari segala arah.
- Mampu menjangkau setiap sudut gedung.
- Mudah memperoleh suplai air.

2. Kebutuhan dan Suplai Air

Untuk pemenuhan kebutuhan air bagi sistem *fire hydrant* ini, maka sebaiknya disediakan bak atau tangki tersendiri untuk menampung air yang akan digunakan untuk sistem ini. Karena kemungkinan terjadinya kebakaran dalam gedung ini dapat terjadi kapan saja, maka di dalam gedung tersebut haruslah selalu tersedia cukup air apabila sewaktu-waktu dibutuhkan. Sangat tidak dianjurkan dalam gedung tersebut apabila penyediaan air bagi sistem *fire hydrant* nya hanya mengandalkan dari suplai air pipa PDAM. Selain itu, agar tidak mengganggu dan terganggu dengan penyediaan air untuk kebutuhan lain dalam gedung (mandi, cuci, peralatan plambing, dsb), maka sebaiknya tangki air (*ground reservoir*) untuk sistem *fire hydrant* ini dibuat terpisah dari *ground reservoir* untuk sistem penyediaan air bersih.

3. Tekanan Air

Tekanan air yang dibutuhkan untuk peralatan yang digunakan dalam sistem *fire hydrant* ini cukuplah besar. Hal ini disebabkan karena *fire hydrant* harus mampu menyuplai air dengan debit yang besar dan pancaran air yang kuat agar dapat menjangkau daerah yang lebih jauh. Besarnya sisa tekanan air yang biasanya digunakan dalam perencanaan sistem pipa *fire hydrant* adalah sebesar 1 kg/m^3 atau setara dengan 10 m kolom air.

Secara umum jenis *fire hydrant* dibagi menjadi 2 macam, yaitu :

1. *Fire hydrant* di luar gedung, dengan type antara lain :

- *Flush hydrant*

Yaitu tipe *fire hydrant* yang diletakkan dalam kotak besi dan ditanam di tanah dengan ketinggian permukaan kotak rata dengan permukaan tanah.

- *Pillar hydrant*

Yaitu tipe *fire hydrant* yang mempunyai ketinggian sekitar 1 m dari muka tanah.

2. *Fire hydrant* di dalam gedung, dengan tipe antara lain :

- *Sprinkler* (penyemprot otomatis)

Yaitu tipe *fire hydrant* yang terletak di atap di setiap lantai dalam bentuk jaring-jaring. Tiap-tiap outletnya ditutup dengan material tertentu yang tidak tahan panas atau api jika terjadi percikan api atau kebakaran. Tutup tersebut akan pecah dan air akan keluar secara otomatis.

- *Fire hose reel*

Yaitu tipe *fire hydrant* yang terdiri dari suatu nozzle dan pipa elastis, (misalnya: *rubber line cotton pipe*) yang ditempatkan dalam suatu bak pada tembok. Biasanya tiap kotak dilengkapi dengan martil untuk memecahkan kaca penutup kotak bila terjadi kebakaran.

Spesifikasi untuk masing-masing tipe *fire hydrant* baik yang dipasang di dalam maupun di luar gedung adalah :

1. *Pillar hydrant* :

- Tipe *pillar hydrant* dengan diameter nozzle 2,5 inci (6,35 cm)
- Jangkauan alat yang digunakan adalah 100 ft (30,5 m)

- Penentuan jumlah *pillar hydrant* sekaligus jumlah pasokan air yang dibutuhkan dalam sistem dapat ditetapkan dengan menggunakan ketentuan pada **Tabel 2.7** di bawah ini :

Tabel 2.7 Pasokan Air untuk *Pillar Hydrant*

No	Jenis bangunan	Jumlah hidran yang akan dipakai untuk pemadaman kebakaran	Pasokan air untuk hidran yang akan dipakai	Waktu pasokan air simpanan
1	Perumahan	1	Tidak kurang dari 38 liter/detik pada 3,5 bar	45 menit
2	Bukan perumahan (didasarkan pada luas lantai dari lantai yang terbesar)			
a	< 1.000 m ²	2	Tidak kurang dari 38 liter/detik pada 3,5 bar untuk hidran pertama dan 19 liter/detik pada 3,5 bar untuk hidran kedua.	45 menit
b	Setiap penambahan berikutnya dari 1.000 m ² luas lantai	Penambahan 1 hidran	Untuk setiap hidran berikutnya, 1200 liter/ menit ditambahkan pasokan air umum untuk hidran	45 menit

Sumber: SNI 03-1753-2000

2. Fire hose reel :

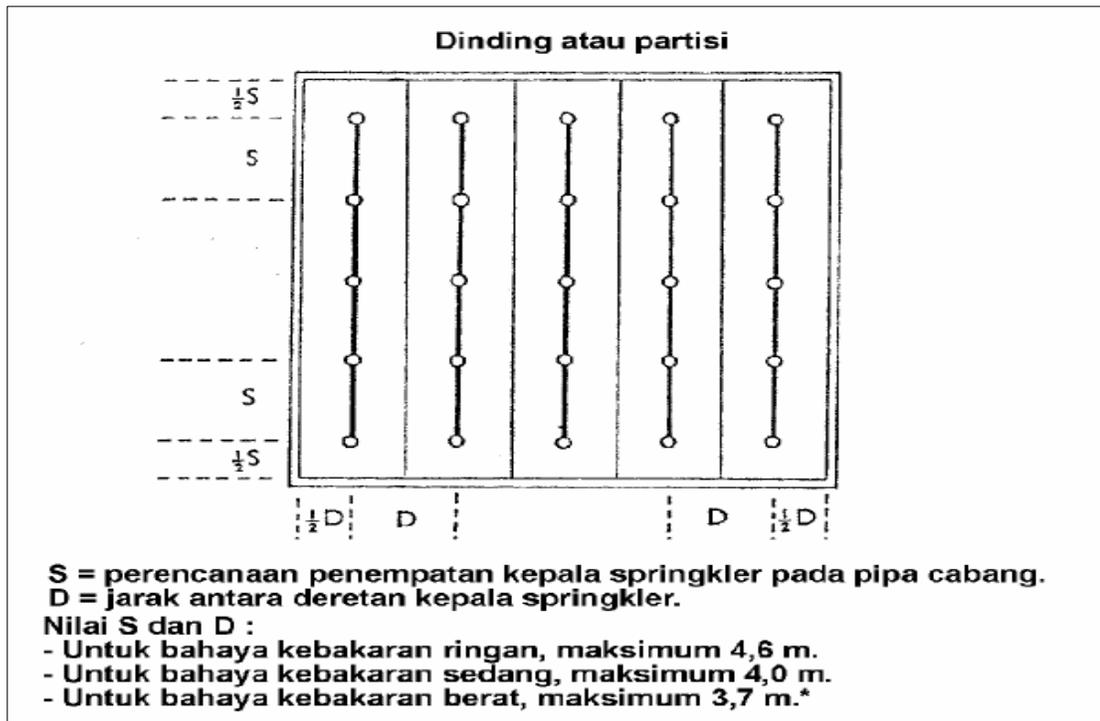
- Tipe *fire hose reel* dengan diameter internal *nozzle* 2,inci inci dan panjang selang 30 m.
- Pasokan air untuk bahaya kebakaran ringan sebesar 0,4 l/detik.
- Penentuan jumlah *fire hose reel* biasanya didasarkan pada lokasi perletakkannya yang umumnya dipasang pada sisi-sisi di dalam gedung yang mudah terlihat. Untuk gedung bertingkat seperti gedung asrama yang umumnya terdiri dari lorong-lorong yang sejenis untuk tiap lantainya, *fire hose reel* biasa dipasang pada masing-masing ujung lorong di tiap lantainya.

3. Sprinkler :

- Untuk bahaya kebakaran ringan, kapasitas aliran airnya harus sebesar 225 l/menit, dengan tekanan air minimal sebesar 2,15 bar. Adapun luas lingkup maksimal untuk kepala yaitu sebesar 21 m².

- Jarak antar kepala *sprinkler* yaitu minimal 4,6 m dan jarak dinding dengan kepala *sprinkler* maksimal 2,3 m.
- Waktu pengaliran diasumsikan selama 45 menit.

Untuk penempatan *sprinkler* dapat dilihat pada **Gambar 2.3** di bawah ini :



Gambar 2.3 Penempatan Kepala *Sprinkler*.

Sumber: SNI 03-3989-2000

- Penentuan jumlah *sprinkler* pada masing-masing kamar disesuaikan dengan dimensi ruangan yang akan dipasang *sprinkler*, ada atau tidaknya dinding pemisah dan lain sebagainya. Pemasangan dilakukan sedemikian rupa hingga tidak ada area dalam ruangan yang tidak tercakup dalam jangkauan pancaran *sprinkler*.

2.5.2 Perkiraan Kebutuhan Air Fire Hydrant

Berikut ini merupakan langkah-langkah penentuan kebutuhan air untuk *fire hydrant* tipe *pillar hydrant* :

1. Ditentukan jumlah *pillar hydrant* sesuai dengan luas bangunannya menggunakan **Tabel 2.7** di atas.
2. Dihitung kebutuhan total ($Q_{pillar hydrant}$) untuk seluruh alat (l/detik).
3. Dihitung volume air ($V_{pillar hydrant}$) yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan seluruh *pillar hydrant* (m³/menit).

$$V_{post hydrant} = Q_{post hydrant} \times T \quad (2.23)$$

Dimana : T = lama rata-rata waktu pemadaman (menit)

Lamanya waktu pemadaman ini juga dapat ditentukan sesuai dengan **Tabel 2.7** di atas.

Selanjutnya, penentuan kebutuhan air untuk alat *fire hose reel* dapat dilakukan sesuai prosedur di bawah ini :

1. Ditentukan jumlah *fire hose reel* yang akan digunakan
2. Ditentukan debit yang dialirkan tiap alat ($Q_{fire hose reel}$) yaitu umumnya 0,4 l/detik untuk bahaya kebakaran ringan
3. Dihitung volume air yang dibutuhkan untuk seluruh alat ($V_{fire hose reel}$)

$$V_{fire hose reel} = Q_{fire hose reel} \times T \quad (2.24)$$

Dimana : n = jumlah alat dalam seluruh gedung

T = lama rata-rata waktu pemadaman (menit)

Sedangkan langkah-langkah perhitungan kebutuhan air untuk *sprinkler* adalah sebagai berikut :

1. Dihitung jumlah *sprinkler* sesuai dengan luasan ruangan serta jangkauan kerja maksimum *sprinkler*.
2. Dihitung total *sprinkler* dalam satu gedung.

$$Jumlah\ sprinkler = \sum_{sprinkler\ tiap\ kamar} \times \sum_{kamar} \quad (2.25)$$

3. Ditentukan kapasitas pengaliran untuk tiap kepala *sprinkler* pada bahaya kebakaran ringan.
4. Dihitung debit total seluruh *sprinkler* dalam gedung.

$$Q_{total\ sprinkler} = Q_{sprinkler} \times \sum_{sprinkler} \quad (2.26)$$

5. Dihitung volume air yang dibutuhkan untuk kebutuhan *sprinkler* ($V_{sprinkler}$).

$$V_{sprinkler} = Q_{total\ springler} \times T \quad (2.27)$$

Setelah volume yang dibutuhkan oleh seluruh alat pada sistem *fire hydrant* diketahui, selanjutnya dapat dihitung volume total yang akan digunakan untuk menentukan dimensi *ground reservoir* sistem *fire hydrant*. Volume total tersebut dapat dihitung dengan rumus di bawah ini :

$$V_{total} = V_{pillar\ hydrant} + V_{springler} + V_{fire\ hose\ reel} \quad (2.28)$$

2.5.3 Perhitungan Dimensi Pipa *Fire Hydrant*

Dimensi pipa *fire hydrant* dapat dihitung dengan menggunakan rumus (2.11). Sedangkan untuk diameter pipa pembagi dan pipa tegaknya dapat ditentukan sesuai dengan SNI 03-3989- 2000.

2.5.4 Penentuan Pompa *Fire Hydrant*

Penentuan jenis pompa untuk sistem *fire hydrant* pada prinsipnya sama seperti penentuan jenis pompa untuk sistem air bersih. Hanya saja memang ada beberapa rumus tambahan yang digunakan, terutama berkaitan dengan adanya tambahan aksesoris pipa. Berikut ini adalah beberapa hal yang harus diperhatikan :

1. Untuk perencanaan gedung asrama, agar air yang dipompa menuju *sprinkler* tidak kurang dari kebutuhan air yang seharusnya. Sehingga kapasitas pompa air menuju *sprinkler* dapat dihitung menggunakan rumus :

$$H_{pompa} = H_{statis} + H_{f\ mayor\ losses} + H_{f\ minor\ losses} + H_{kecepatan} + H_{sisatekan} \quad (2.29)$$

2. Headloss akibat aksesoris.

$$H_{minor} = \left[\frac{K \times v^2}{2g} \right] \quad (2.30)$$

2.6 Sistem Pemanfaatan Air Hujan

Pemanfaatan air hujan sebagai sumber air bersih berguna untuk menurunkan beban suplai air bersih dari PDAM maupun air sumur. Sistem SPAH (Sistem Pemanfaatan Air Hujan) terdiri atas sistem Penampungan Air Hujan (PAH) dan sistem pengolahan air hujan. PAH dilengkapi dengan talang air, saringan pasir, bak penampung dan sumur resapan. Sumur resapan dapat digunakan untuk melestarikan air tanah dan mengurangi risiko genangan air hujan atau banjir yang dilakukan dengan membuat sumur yang menampung dan meresapkan curahan air hujan.

Prinsip dasar PAH adalah mengalirkan air hujan yang jatuh di permukaan atap melalui talang air untuk ditampung ke dalam tangki penampung. Kemudian limpasan air yang keluar dari tangki penampung yang telah penuh disalurkan ke dalam sumur resapan. Perencanaan SPAH dilakukan untuk menentukan volume penampungan air hujan. Data yang dibutuhkan untuk menggunakan analisis volume penampungan air hujan yaitu data curah hujan bulanan (disarankan minimal 10 tahun), luas atap, dan koefisien *run-off* (Hamonangan, 2011). Volume penampungan air hujan dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$Q = C \times i \times A \quad (2.31)$$

Dimana : $Q =$ Suplly air hujan (m^3)

$C =$ Koefisien *run off*

$i =$ Curah hujan (m)

$A =$ Luas area atap (m^2)