

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep bangunan hijau

Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Sumedang Nomor 15 Tahun 2011 Tentang Bangunan Gedung, dimana terdapat persyaratan peruntukan bangunan gedung, harus diselenggarakan sesuai dengan peruntukan lokasi yang telah ditetapkan dalam rencana tata ruang wilayah (RTRW) dan persyaratan bangunan gedung hijau, yaitu diantaranya efisiensi penggunaan air bersih serta pengelolaan air limbah.

2.2 Konsep *Green Building Council Indonesia* (GBCI)

Konsep *Green Building* merupakan suatu konsep untuk bangunan ramah lingkungan dan hemat energi, serta menekankan pada peningkatan efisiensi penggunaan air dan energi yang dapat mengurangi dampak bangunan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (GBCI, 2013).

Suatu bangunan dikatakan sebagai bangunan hijau jika bangunan tersebut telah mendapatkan sertifikat dari lembaga yang ditunjuk (dalam hal ini GBCI). *Green Building* merupakan sistem penilaian yang digunakan sebagai alat bantu bagi para pelaku industri bangunan, pengusaha, arsitek, teknisi mekanikal elektrik, desainer interior, teknis bangunan, arsitek lanskap, maupun pelaku lainnya dalam menerapkan praktik terbaik dalam mencapai standar terukur yang dapat dipahami oleh khalayak umum.

Sistem penilaian green building bertujuan untuk terwujudnya suatu konsep bangunan hijau atau ramah lingkungan sejak tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga pengoperasian dan pemeliharaan.

Konsep *Green Building* mempunyai sistem rating atau *GreenShip* yang merupakan perangkat penilaian untuk menilai peringkat bangunan gedung terhadap pencapaian Konsep bangunan ramah lingkungan, baik itu berbentuk desain bangunan gedung baru, bangunan gedung terbangun dan bangunan gedung

terbangun yang ditata kembali. Sistem rating terdapat kategori, kriteria dan tolok ukur (GBCI, 2013).

Kategori merupakan sistem paling utama yang relevan dengan kondisi Indonesia dalam mewujudkan bangunan gedung ramah lingkungan. Terdapat 6 kategori, yaitu (GBCI, 2013):

1. Tepat Guna Lahan (*Aproprate for Land Use-ALU*).
2. Efisiensi dan Konservasi Energi (*Energi Efficiency and Conservation- EEC*).
3. Konservasi Air (*Water Conservation-WAC*)
4. Sumber dan Siklus Material (*Material Resources and Cycle-MRC*)
5. Kesehatan dan Kenyaman dalam Ruang (*Health and Comfort in Space- IHS*)
6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Building enviromental Management-BEM*)

2.2.1 Aspek Konservasi Air (*Water Conservation-WAC*)

Penggunaan air bersih pada gedung secara umum adalah untuk mengakomodasi aktivitas-aktivitas konsumsi meliputi untuk minum, memasak, aktivitas kebersihan, sampai dengan aktivitas pemeliharaan seperti penyiraman tanaman dalam ruang atau pun irigasi untuk lanskap. Sumber air bersih yang sering digunakan adalah berasal dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) yang mengambil dari sumber mata air terdekat, sumur tanah dalam dan dari sungai. Kebergantungan terhadap sumber air bersih ini seringkali tidak diiringi dengan perilaku yang mendukung penghematan air dan efisiensi air (GBCI, 2013).

Konservasi air ini ditujukan untuk membutuhkan kesadaran akan pentingnya penghematan air serta langkah penghematan air untuk penggunaan air di gedung. Penghematan air merupakan salah satu fokus dalam agenda pihak manajemen gedung. Upayakan yang dilakukan dengan cara desain dan perencanaan sistem air berupa pengadaan meteran dan pemasangan fitur air efisiensi tinggi sebagai upaya penghematan air. Pengadaan unit daur ulang air, pemanfaatan air hujan dan penggunaan air alternatif sebagai upaya mengurangi penggunaan air bersih dari tanah maupun PDAM. Selain itu memilih sistem irigasi lanskap yang efisien maupun mengurangi penggunaan air bersih untuk tanaman pada area gedung (GBCI, 2013). Berikut **Tabel 2.1** terdapat kategori *Water*

Conservation dan kriteria, dimana terdapat 2 kategori WAC P sebagai kriteria prasyarat dan 6 kategori WAC sebagai kriteria.

Tabel 2.1 Kategori *Water Conservation* dan Kriteria

kategori	kriteria
WAC P1	Meteran Air
WAC P2	Perhitungan Penggunaan Air
WAC 1	Pengurangan Penggunaan Air
WAC 2	Fitur Air
WAC 3	Daur Ulang Air
WAC 4	Sumber Air Alternatif
WAC 5	Penampungan Air Hujan
WAC 6	Efisiensi Penggunaan Air Lanskap

Sumber : (GBCI, 2013)

1. Meteran Air (WAC P1)

Tujuan dari WAC P1 adalah Memantau penggunaan air sehingga dapat menjadi dasar penerapan manajemen air yang lebih baik. Berikut **Tabel 2.2** terdapat tolak ukur Meteran Air (WAC P1).

Tabel 2.2 tolak ukur Meteran Air (WAC P1)

tolak ukur meteran air
Pemasangan alat meteran air (volume meter) yang ditempatkan di lokasi- lokasi tertentu pada sistem distribusi air, sebagai berikut:
o Satu volume meter di setiap sistem keluaran sumber air bersih seperti sumber PDAM atau air tanah.
o Satu volume meter untuk memonitor keluaran sistem air daur ulang.
o Satu volume meter dipasang untuk mengukur tambahan keluaran air bersih apabila dari sistem daur ulang tidak mencukupi.

Sumber : (GBCI, 2013)

2. Perhitungan Penggunaan Air (WAC P2)

Tujuan dari WAC P2 adalah Memahami perhitungan menggunakan worksheet perhitungan air untuk mengetahui simulasi penggunaan air pada saat tahap operasi gedung.

3. Pengurangan Penggunaan air (WAC 1)

Tujuan dari WAC 1 adalah meningkatkan penghematan penggunaan air bersih yang akan mengurangi beban konsumsi air bersih dan mengurangi air limbah. Berikut **Tabel 2.3** terdapat Tolak Ukur Pengurangan Penggunaan air (WAC 1).

Tabel 2.3 Tolak Ukur Pengurangan Penggunaan air (WAC 1)

No	Tolak Ukur Pengurangan Penggunaan air
1	konsumsi air bersih dengan jumlah tertinggi 80% dari sumber primer tanpa mengurangi kebutuhan per/orang sesuai dengan SNI 7065-2005 seperti pada tabel terlampir setiap penurunan konsumsi air bersih dari sumber primer 5% sesuai
2	dengan acuan pada tolak ukur 1 akan mendapat 1 nilai dengan nilai maksimum sebesar 7 nilai

Sumber: (GBCI, 2013)

4. Fitur Air/Alat Plambing (WAC 2)

Tujuan dari fitur air/alat plambing adalah untuk mendorong upaya penghematan air dengan pemasangan fitur air efisiensi tinggi. berikut **Tabel 2.4** terdapat tolak ukur fitur air/alat plambing (WAC 2).

Tabel 2.4 Tolak Ukur Fitur Air/Alat Plambing (WAC 2)

No	Fitur Air/Alat Plambing
1	maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 25% dari total pengadaan produk fitur air. Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar
2	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar
3	maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 50% dari total pengadaan produk fitur air Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar
4	maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 75% dari total pengadaan produk fitur air.

Sumber: (GBCI, 2013)

GBCI telah menetapkan standar penggunaan fitur air sesuai dengan jenis alat plambing yang digunakan. berikut **Tabel 2.5** menyajikan spesifikasi alat plambing hemat air.

Tabel 2.5 Spesifikasi Alat Plumbing Hemat Air Berdasarkan GBCI

Alat Keluaran Air	Kapasitas Keluaran Air
<i>WC Flush Valve</i>	< 6 liter/flush
<i>WC Flush Tank</i>	< 6 liter/flush
<i>Urinal Flush Valve/Peturasan</i>	< 4 liter/flush
Kran Wastafel/ <i>Lavatory</i>	< 8 liter/flush
Kran Tembok	< 8 liter/flush
<i>Shower</i>	< 9 liter/flush

Sumber : (GBCI, 2013)

5. Daur Ulang Air (WAC3)

Tujuan dari daur ulang air adalah menyediakan air dari sumber daur ulang yang bersumber dari air limbah (*black water* dan *grey water*) gedung untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama. Berikut **Tabel 2.6** menyajikan Daur ulang air (WAC 3).

Tabel 2.6 Tolak Ukur Daur Ulang Air (WAC3)

No	Tolak Ukur Daur Ulang
1	Penggunaan seluruh air bekas pakai (<i>grey water</i>) yang telah di daur ulang.
2	untuk kebutuhan sistem flushing atau <i>cooling tower</i> .

Sumber: (GBCI, 2013)

Sumber air yang dapat didaur ulang bersumber dari *grey water* dan bukan dari hasil *black water* **Tabel 2.7** menyajikan sumber air yang dapat didaur ulang untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama.

Tabel 2.7 Tolak Ukur Pengurangan Penggunaan air (WAC 3)

Sumber air yang dapat didaur ulang	Sumber air yang tidak dapat didaur ulang	Sumber air yang dapat menjadi sumber tambahan	Fungsi Air Daur Ulang
<i>Wastafel</i>	Khusus Rumah Sakit: Sink pada laboratorium, Ruang pemeriksa, ruang operasi, ruang UGD, ruang mayat, ruang isolasi	Air danau, air sungai, hujan dan laut yang sudah diolah	<i>Flushing, cooling tower</i> (jika ada) dan irigasi lanskap (WAC 6)
Wudhu			
shower			
Air Kolam dan air lainnya			

Sumber: (GBCI, 2013)

6. Sumber Air Alternatif (WAC 4)

Tujuan dari sumber Air alternatif adalah menggunakan sumber air alternatif yang diproses sehingga menghasilkan air bersih untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama. **Tabel 2.8** menyajikan tolak ukur sumber air alternatif.

Tabel 2.8 sumber air alternatif

tolak ukur sumber alternatif
Menggunakan salah satu dari tiga alternatif sebagai berikut: air kondensasi AC, air bekas wudhu, atau air hujan. Menggunakan lebih dari satu sumber air dari ketiga alternatif di atas. Menggunakan teknologi yang memanfaatkan air laut atau air danau atau air sungai untuk keperluan air bersih sebagai sanitasi, irigasi dan kebutuhan

Sumber: (GBCI, 2013)

Penilaian dari kriteria Sumber Air Alternatif adalah tersedianya sumber air alternatif sebagai pengganti atau penambahan air dalam sumber utama (PDAM dan air tanah) (GBCI, 2013).

7. Penampungan Air Hujan (WAC 5)

Tujuan dari penampungan air hujan adalah untuk mendorong penggunaan air hujan atau limpasan air hujan sebagai salah satu sumber air untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama. **Tabel 2.9** menyajikan tolak ukur penampungan air hujan

Tabel 2.9 Tolak Ukur Penampungan Air Hujan (WAC 5)

No	Tolak Ukur Penampungan Air Hujan
1	Menyediakan instalasi tangki penampungan air hujan kapasitas 20% dari jumlah air hujan yang jatuh di atas atap bangunan yang dihitung menggunakan nilai intensitas curah hujan sebesar 50 mm/hari. Menyediakan instalasi tangki penampungan air hujan berkapasitas 35% dari
2	perhitungan di atas.
3	Menyediakan instalasi tangki penampungan air hujan berkapasitas 50% dari perhitungan di atas

Sumber: (GBCI, 2013)

8. Efisiensi Penggunaan Air Lanskap (WAC 6)

Tujuan dari efisiensi penggunaan air lanskap adalah untuk meminimalisasi penggunaan sumber air bersih dari air tanah dan PDAM untuk kebutuhan irigasi lanskap dan menggantikan dengan sumber lain. **Tabel 2.10** menyajikan tolak ukur efisiensi penggunaan air lanskap.

Tabel 2.10 Tolak Ukur Efisiensi Penggunaan Air Lanskap (WAC 6)

No	Tolak Ukur Efisiensi Penggunaan Air Lanskap
1	Seluruh air yang digunakan untuk irigasi gedung tidak berasal dari sumber air tanah dan/atau PDAM.
2	Menerapkan teknologi yang inovatif untuk irigasi yang dapat mengontrol kebutuhan air untuk lanskap yang tepat, sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Sumber: (GBCI, 2013)

2.3 Kualitas Penyediaan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih suatu bangunan meliputi air yang dipergunakan oleh penghuni dari bangunan tersebut ataupun oleh keperluan-keperluan lain yang berhubungan dengan fungsi dan fasilitas pada bangunan tersebut.

Berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, bahwa air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundangundangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Besarnya kebutuhan air bersih suatu bangunan meliputi (SNI 8153-2015):

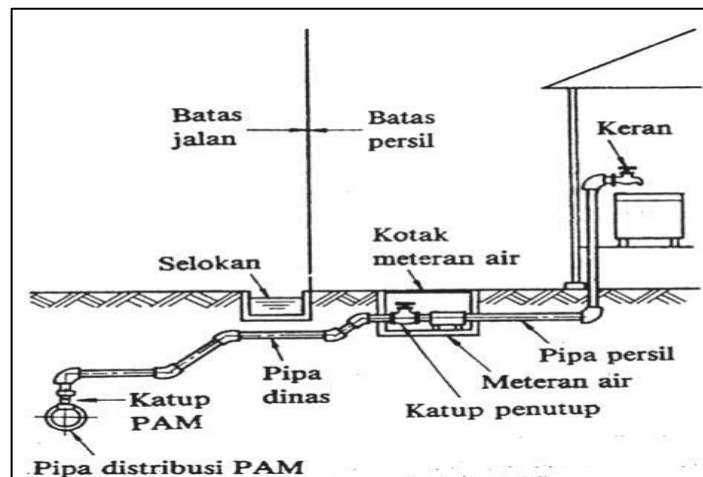
Kebutuhan air bersih sehari-hari yang ditentukan dengan memperkirakan penggunaan nilai kebutuhan air bersih per hari per orang dengan memperkirakan jumlah waktu pemakaian yang sesuai dengan fungsi dan fasilitas gedung yang direncanakan.

2.4 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Sistem Sambungan Langsung

Sistem pipa ini mendistribusikan air bersih dalam gedung secara langsung tersambung dengan pipa utama penyedia air bersih. Karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran dimensi pipa serta cabang dari pipa tersebut, maka sistem ini hanya dapat dipakai untuk perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah. Ukuran pipa cabang biasanya telah ditetapkan/diatur oleh Perusahaan Air Minum. **Gambar 2.1** menunjukkan dari sistem sambungan langsung yang biasa dipasang pada perumahan.



Gambar 2.1 Sistem Sambungan Langsung

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

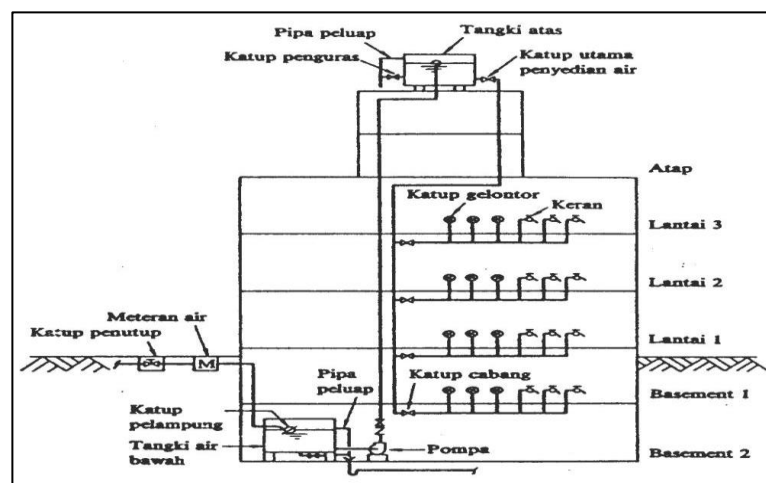
2. Sistem Tangki Atap

Sistem tangki atap, yaitu air ditampung terlebih dahulu di dalam reservoir bawah yang berada di lantai paling bawah dari bangunan maupun di bawah muka tanah yang tidak jauh dari bangunan. Kemudian air dipompakan ke atas menuju tangki atas yang telah terinstalasi di atap bangunan maupun pada lantai paling atas bangunan. Sistem tangki atap digunakan dengan alasan-alasan sebagai berikut:

3. Selama airnya digunakan, perubahan tekanan yang terjadi pada alat plambing hampir tidak berarti. Perubahan tekanan ini hanyalah akibat perubahan muka air dalam tangki atap.

4. Sistem pompa yang menaikkan air ketangki atap bekerja secara otomatis dengan cara yang sangat sederhana sehingga kecil sekali kemungkinan timbulnya kesulitan. Pompa biasanya di jalankan dan dimatikan oleh alat yang mendeteksi muka dalam tangki atap.
5. Perawatan tangki atap sangat sederhana dibandingkan dengan misalnya, tangki tekan.

Sistem tangki atap ditunjukkan seperti pada **Gambar 2.2** berikut ini.



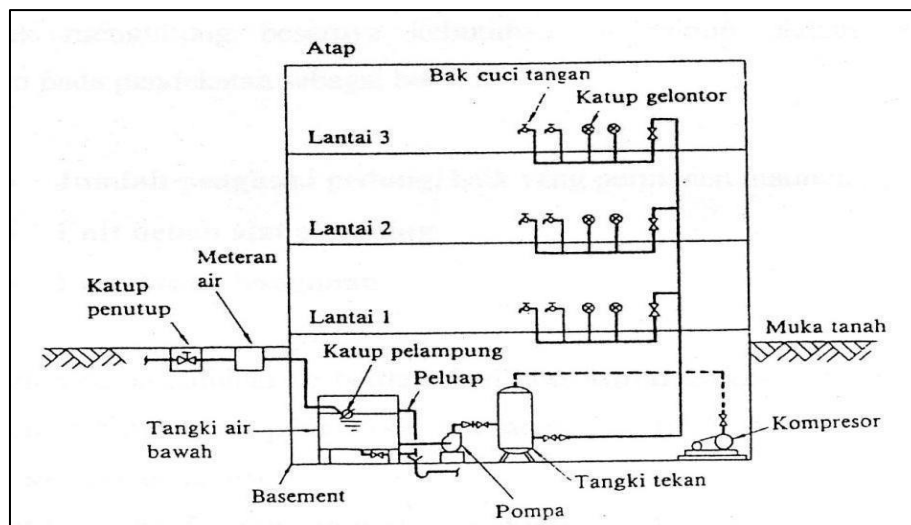
Gambar 2.2 Sistem Tangki Atap

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

6. Sistem Tangki Tekan

Sistem tangki tekan, yaitu air yang ditampung pada reservoir bawah dipompakan dalam suatu bejana tertutup, untuk kemudian dialirkan ke dalam sistem distribusi. Secara rinci prinsip kerja dari sistem ini adalah air yang ditampung pada reservoir bawah dipompakan ke dalam suatu bejana tertutup, sehingga udara yang berada di dalam tangki terkompresi. Air dalam bejana tersebut disambungkan ke dalam sistem distribusi air dalam bangunan yang bersangkutan. Pompa yang bekerja pada sistem ini diatur secara otomatis oleh alat detektor tekanan. Dimana pompa akan berhenti bekerja bila tekanan bejana telah sampai pada kondisi maksimum yang ditentukan.

Daerah fluktuasi tekanan ini biasanya berkisar antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm² untuk gedung 2 lantai sampai 3 lantai. Pada sistem tangki tekan ini, udara yang terkompresi akan menekan air ke dalam sistem distribusi. Tetapi setelah proses yang sama dilakukan berulang kali, udara pengompresi dapat berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut maka tekanan awal udara dalam tangki dibuat lebih besar dari tekanan atmosfer dengan menggunakan kompresor. Skematik dari sistem tangki tekan ditunjukkan pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Sistem Tangki Tekan

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

Kelebihan dari sistem tangki tekan antara lain:

1. Harga awal lebih rendah dibandingkan dengan tangki yang harus dipasang di atas menara.
2. Perawatan lebih mudah, karena dapat dipasang dalam ruang mesin bersama pompa-pompa lainnya.
3. Dilihat dari segi estetika lebih menguntungkan karena tidak terlalu menyolok dibanding dengan tangki atap.

Kekurangan dari sistem tangki tekan antara lain:

4. Fluktuasi tekanan sebesar 1 kg/cm² sangat besar dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada fluktuasi tekanannya.
5. Berkurangnya udara pada tangki tekan, maka setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara dengan kompresor atau dengan penguras air tangki tekan.

6. Sistem tangki tekan dapat dianggap sebagai suatu sistem pengaturan otomatis pompa penyediaan air saja dan bukan sebagai sistem penyimpanan air seperti tangki atap.
7. Jumlah air yang efektif tersimpan dalam tangki tekan relatif lebih sedikit, maka pompa akan sering bekerja dan hal ini menyebabkan keausan pada saklar yang lebih cepat.

2.5 Perhitungan Perkiraan Populasi

Jumlah populasi pada bangunan gedung berfungsi untuk menghitung kebutuhan air bersih yang harus disediakan. Jumlah populasi dapat diketahui dari data yang diperoleh dari denah yaitu jumlah fasilitas yang tersedia seperti jumlah bed, jumlah kursi dan kapasitas ruangan.

2.6 Kebutuhan Air Bersih

Menyediakan dan mendistribusikan air bersih untuk keperluan sanitas merupakan tujuan utama dari sistem plambing air bersih. maka dari itu untuk memenuhi kebutuhan sanitasi yang diperlukan oleh para pengguna/ penghuni dibutuhkan perhitungan untuk mengetahui kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih dapat diketahui dengan mengalikan jumlah pengguna/ penghuni dengan standar pemakaian air bersih. kebutuhan air dapat dipergunakan juga untuk menentukan dimensi tangki atas dan tangki bawah serta pompa.

Standar kebutuhan air bersih berdasarkan Noermbambang & Morimura tahun 2005 dan SNI-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing dapat dilihat pada **Tabel 2.11**

Tabel 2.11 Standar Kebutuhan Air Bersih

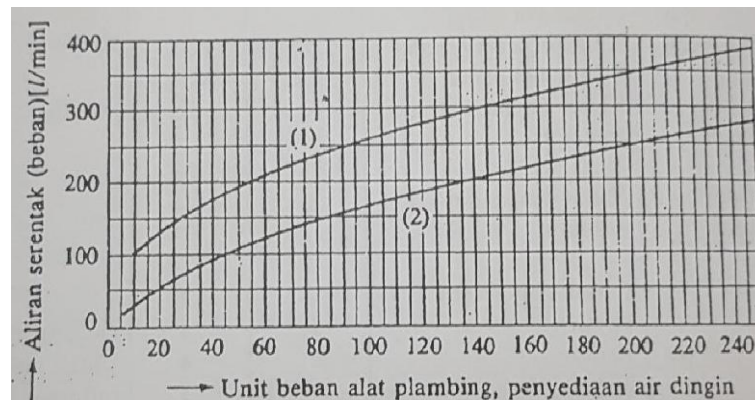
No	Jenis Gedung	Pemakaian Air Rata-rata (Noerbambang & Morimura, 2005)		Pemakaian Air Rata-rata (SNI 03 -7065-2005)	
1	Perumahan mewah	250	L/o/hari	-	L/o/hari
2	Rumah biasa	160~250	L/o/hari	120	L/o/hari
3	Apartemen / Rumah susun		L/o/hari	100	L/o/hari
	~Mewah	250	L/o/hari	-	L/o/hari

No	Jenis Gedung	Pemakaian Air Rata-rata (Noerbambang & Morimura, 2005)		Pemakaian Air Rata-rata (SNI 03 -7065-2005)	
	~Menengah	180	L/o/hari	-	L/o/hari
4	Asrama	120	L/o/hari	120	L/o/hari
5	Rumah Sakit		L/o/hari	500	L/o/hari
	~Mewah	>1000	L/o/hari	-	L/o/hari
	~Menengah	500~1000	L/o/hari	-	L/o/hari
	~Umum	350~500	L/o/hari	-	L/o/hari
6	Sekolah dasar	40	L/o/hari	40	L/o/hari
7	SLTP	50	L/o/hari	50	L/o/hari
8	SLTA	80	L/o/hari	-	L/o/hari
9	Pabrik	-	L/o/hari	50	L/o/hari
	~Pria	60	L/o/hari	-	L/o/hari
	~Wanita	100	L/o/hari	-	L/o/hari
10	Stasiun/Terminal	3	L/o/hari	3	L/o/hari
11	Restoran	30	L/o/hari	100	L/o/hari
12	Perpustakaan	25	L/o/hari	-	L/o/hari
13	Toko pengecer	5	L/o/hari	40	L/o/hari
14	Kumpulan sosial	30	L/o/hari	-	L/o/hari
15	Ruko	-	L/o/hari	100	L/o/hari
16	Gedung serba guna	-	L/o/hari	25	L/o/hari
17	Peribadatan	10	L/o/hari	5	L/o/hari
18	Laboratorium	100~200	L/o/hari	-	L/o/hari

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005 dan SNI 03-7065-2005 Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing

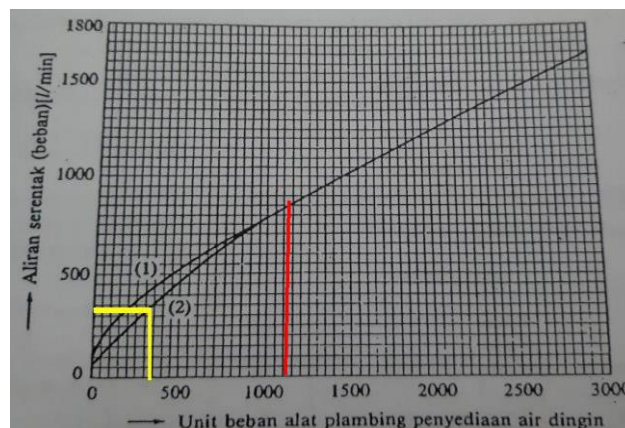
Selain dengan melihat **Tabel 2.11** kebutuhan air bersih dapat diperkirakan dengan cara memplotkan jumlah unit alat plambing terhadap kurva perkiraan beban kebutuhan air untuk unit beban alat plambing, yang dapat dilihat pada **Gambar 2.4** dan **Gambar 2.5** dibawah ini: (Noerbambang & morimura, 2005)

Berikut **Gambar 2.4** merupakan kurva perkiraan kebutuhan air berdasarkan jumlah unit alat plambing dengan nilai unit beban alat plambing (UBAP) sampai dengan 240



Gambar 2.4 Kurva Perkiraan Beban Kebutuhan Air untuk UBAP Sampai dengan 240 Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

Berikut **Gambar 2.5** merupakan kurva perkiraan kebutuhan air berdasarkan jumlah unit alat plambing dengan nilai unit beban alat plambing (UBAP) sampai dengan 300.



Gambar 2.5 Kurva Perkiraan Beban Kebutuhan Air untuk UBAP Sampai dengan 3000

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

2.7 Perhitungan Kapasitas Tangki

Tangki atau reservoir adalah media penyimpan air bersih dalam sistem plambing. Berdasarkan tata letaknya, reservoir dibedakan menjadi dua jenis, yaitu reservoir bawah (ground tank) dan tangki atas (roof tank):

1. Tangki bawah atau ground tank

Bak penampungan air yang dibangun atau diletakan dibawah permukaan tanah. Tangki bawah berfungsi untuk menampung air bersih yang berasal dari PDAM, lalu didistribusikan langsung ke alat plambing atau tangki atap. untuk menghitung kapasitas tangki bawah dapat menggunakan rumus dibawah ini: (Noerbambang & Morimura tahun 2005). Tangki air yang digunakan untuk menampung air minum:

$$V_R = Qd - QsT \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

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

Qs : Kapasitasm pipa utama (m³/jam)

T : Rata-rata pemakaian per hari (jam/hari)

VR : Volume tangki air minum (m³)

VF : Cadangan air untuk pemadam kebakaran (m³)

2. Tangki Atas (roof tank)

Bak penampungan air yang diletakan diatas bangunan. Tangki ini mendapat air dari pompa yang menyedot dari tangki bawah tanah dan berfungsi sebagai penyimpanan air untuk kebutuhan singkat dan untuk menstabilkan tekanan air sehubungan dengan fluktuasi pemakaian air sehari-hari (Galih Gumilar, 2011). Sedangkan perhitungan dimensi tangki atas (roof tank) berdasarkan selisih kumulatif antara besar debit dan lama waktu pemompaan air bersih dengan besarnya debit dan lama waktu penggunaan (M.Ikhsan, 2011). Kapasitas efektif tangki dinyatakan dengan rumus: (Noerbambang & Morimura, 2005)

$$V_E = [Qp - Q_{max}] \times Tp + Q_{pu} \times TPU \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Ve : Kapasitas efektif tangki atas (l)

Qp : Kebutuhan jam puncak (l/menit)

Qmax : Kebutuhan menit puncak (l/menit)

Qpu : Kapasitas pompa pengisi (l/menit)

TPU : Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit)

2.8 Dimensi Pipa Air Bersih

Dimensi pipa air bersih dapat ditentukan dengan tahap sebagai berikut:

1. Merencanakan jalur pipa air bersih yang efektif
2. Menentukan jenis alat plambing yang dilayani oleh pipa
3. Menentukan diameter pasaran untuk jenis alat plambing yang dilayani oleh pipa. Penentuan diameter pasaran untuk pipa pada setiap jenis alat plambing dapat dilihat berdasarkan unit beban alat plambing.
4. Menentukan nilai unit alat plambing.
5. Nilai unit beban alat plambing ditentukan berdasarkan standar atau persyaratan yang digunakan. Standar yang digunakan yaitu SNI- 8153-2015 yang dapat dilihat pada **Tabel 2.12**

Tabel 2.12 Nilai Unit Beban Alat Plambing Sistem Penyediaan Air

No	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat Plambing	
		Pribadi	Umum
1	Bak rendem atau kombinasi bak dan <i>shower</i>	4,0	4,0
2	Bak rendem dengan katup 3/4 inci	10,0	10,0
3	Bidet	1,0	-
4	Pencuci pakaian	4,0	4,0
6	Unit dental	-	1,0
7	Pencuci piring, rumah tangga	1,5	1,5
8	Pancuran air minum, air pendingin	0,5	0,5
9	<i>Hose Bibb</i>	2,5	2,5
10	<i>Hose bibb</i> , tiap pertambahan	1,0	1,0
11	<i>Lavatory</i>	1,0	1,0
12	<i>Sprinkler</i>	1,0	1,0
13	<i>Sink</i> /Bak	-	-
	Bar	1,0	2,0
	Kran klinik	-	3,0
	Katup gelontor klinik dengan atau tanpa kran	-	8,0
	Dapur, rumah tangga dengan atau tanpa pencuci piring	1,5	1,5
	Bak pel	1,5	3,0
	Cuci muka, tiap set kran	-	2,0
14	<i>Shower</i>	2,0	2,0
15	Urinal, katup gelontor 3,8 LPF (Liter per flush)	-	-
16	Urinal, tangki pembilas	2,0	0,1
17	Pancuran cuci, spray sirkular	-	4,0

No	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat	
		Plumbing	
		Pribadi	Umum
18	Kloset, tangki gravitasi 6LPF (Liter per flush)	2,5	2,5
19	Kloset, tangki meter air 6LPF (Liter per flush)	2,5	2,5
20	Kloset, katup meter air 6LPF (Liter per flush)	-	-
21	Kloset, tangki gravitasi > 6LPF (Liter per flush)	3,0	5,5
	<i>Laundry</i>	1,5	1,5

Sumber : SNI 8153-2015 Sistem Plumbing Pada Bangunan Gedung

- Menentukan jumlah alat plumbing yang dilayani pipa. Jumlah alat plumbing yang dilayani dibutuhkan untuk mengetahui nilai faktor keserempakan yang akan digunakan.
- Menentukan faktor keserempakan yang digunakan. Nilai faktor keserempakan ditentukan berdasarkan jumlah dari alat plumbing yang dilayani oleh pipa. Nilai faktor keserempakan dapat dilihat pada **Tabel 2.13**

Tabel 2.13 Faktor Keserempakan (%) dan Jumlah Alat Plumbing

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

Sumber: Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing (Noerbambang & Morimura, 2005)

- Menentukan nilai perkalian (multiply) nilai perkalian ditentukan dengan cara mengalikan faktor keserempakan (%) dengan jumlah unit beban alat plumbing yang telah diketahui. Nilai multiply dibutuhkan untuk menentukan dimensi pipa.
- Menentukan diameter pipa nilai dimensi pipa dapat ditentukan berdasarkan teoritis kemudian ditentukan diameter pipa pasaran berdasarkan jenis penggunaannya

Menentukan diameter secara teoritis dengan cara menentukan nilai multiply yang kemudian diplotkan pada **Tabel 2.14**

Tabel 2.14 Diameter dan Beban Unit Alat Plambing

Diameter (mm)	Beban Unit
13	1
16	1,7
20	3,1
25	5,6
30	9,8
40	19,2
50	36,4
65	74,6
75	108
100	214

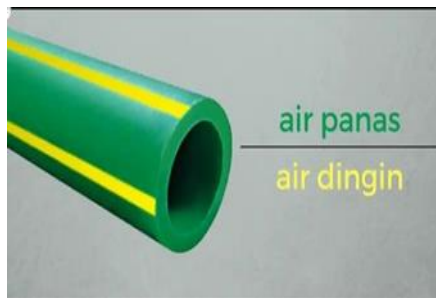
Sumber : *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing* (Noerbambang & Morimura, 2005)

Pipa PPR (poly propylene random) merupakan pipa plastik yang tahan terhadap suhu tinggi maupun rendah dan tahan terhadap tekanan tinggi. Penggunaan pipa PPR untuk mengalirkan air panas dan air dingin bertekanan (Wavin, 2007). Pipa PPR yang banyak digunakan untuk perencanaan sistem plambing air bersih yaitu Wavin Tigris *Green* dimana pipa berjenis ini diklasifikasikan menjadi 3 berdasarkan PN (*pressure nominal*) yang pertama PN 20 digunakan untuk mengaliri air panas bertekanan tinggi, PN 16 digunakan untuk mengaliri air dingin bertekanan tinggi dan air panas dan PN 10 digunakan untuk mengaliri air dingin (Wavin, 2016). Jenis-jenis pipa Wavin berdasarkan PN (*pressure nominal*) dapat dilihat pada Gambar berikut:



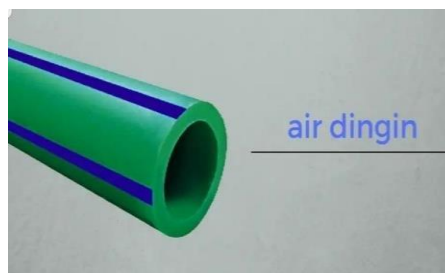
Gambar 2.6 Pipa Wavin PN 20

Sumber: Wavin, 2019



Gambar 2.7 Pipa Wavin PN 16

Sumber: Wavin, 2019



Gambar 2.8 Pipa Wavin PN 10

Sumber: Wavin, 2019

Menentukan diameter pipa dapat dilihat pada **Tabel 2.15** berdasarkan klasifikasi kelas PN (*pressure nominal*)

Tabel 2.15 Diameter Pipa Wavin Tigris Green

Klasifikasi PN (<i>pressure nominal</i>)		
10	16	20
Diameter (mm)		
20	20	20
25	25	25
32	32	32
40	40	40
50	50	50
63	63	63
75	75	75
90	90	90
110	110	110
125	125	125
160	160	160

Sumber : Wavin, 2019

2.9 Prinsip Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin untuk memindahkan suatu air dari suatu tempat ketempat yang lainnya melalui pipa dengan menambahkan energi pada suatu cairan sehingga air dapat berpindah.

2.9.1 Perhitungan Pompa

Perhitungan daya pompa dibutuhkan untuk mengalirkan air bersih dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi atau yang tertampung di tangki bawah (*ground tank*) ke tangki atas (*roof tank*) dan mengalirkan air bersih dari *roof tank* ke alat plambing. Berikut rumus untuk menghitung daya pompa (Sularso & Tahara, 2000):

$$\frac{Q \times p \times g \times H}{\eta_p} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

P : Daya pompa (KW)

ρ : Massa jenis air (1000 kg/m³)

g : Percepatan gravitasi (9,81 m/detik)

Q : Debit total air (m³/detik)

H : Head Total (m)

η_p : Efisiensi (%)

2.9.2 Klasifikasi Pompa

Sistem pompa bekerja membuat perbedaan tekanan antara tekan masuk (*suction*) dan bagian keluar (*discharger*). Sehingga pompa berfungsi untuk mengubah tenaga mekanik dari tenaga (penggerak) menjadi tenaga kinetik (kecepatan), sehingga air dapat mengalir dan tidak terjadi kekurangan tekan (Sularso 1987).

pompa secara umum yang digunakan untuk hotel dan apartemen ada dua jenis yaitu :

- Pompa *transfer*

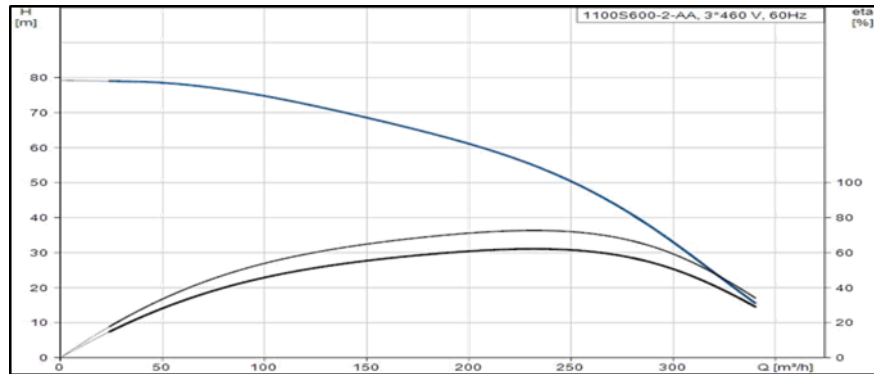
Pompa *transfer* adalah pompa yang umumnya dipasang pada *ground tank*, yang dimana *ground tank* ini adalah tempat sumber utama air sebelum dialirkan ke masing-masing ruangan. Pompa transfer bekerja untuk mengirimkan air dari *ground tank* menuju pada *roof tank*.

- Pompa *booster*

Pompa *booster* adalah pompa yang menyalurkan air dari tangki atas ke fixture unit alat plambing. Fungsi utamanya adalah untuk memenuhi distribusi air pada lokasi dengan jarak atau ketinggian tertentu

2.9.3 Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Berikut **gambar 2.9** efisiensi menggunakan pompa grundfos



Gambar 2.9 Grafik Kurva Efisiensi Pompa Grundfos

Sumber: Grundfos, 2019

Keterangan : (a) Efisiensi pompa

(b) Efisiensi pompa + motor

$$Head\ total = H_s + H_L + H_v \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan:

H = Head Total (m)

H_S = Head statis (perbedaan elevasi antara outlet pipa pada pompa dengan inlet pipa roof tank)

H_L = Head loss/ kerugian gesek pipa, rumus yang digunakan:

$$H_L = 6,05 \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \right) \times 10^5 \dots \dots \dots (2.5)$$

Keterangan :

H_L = kerugian gesek pipa (Bar)

Q = kapasitas pompa (m³/detik)

C = koefisien pipa gesek

D = diameter pipa (m)

H_v = *Head Velocity* , rumus yang digunakan

$$Hv = \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- Hv = Head Velocity (m)
V = Kecepatan aliran air / velocity (m/detik)
G = Percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)

2.10 Tekanan Air dan Kecepatan Aliran air

Tekanan air yang kurang mencukupi dapat menimbulkan kesulitan dalam pemakaian air, dan tekanan yang berlebihan akan menimbulkan rasa sakit terkena pancuran air serta dapat mempercepat kerusakan peralatan plambing.

Bersarnya tekanan air yang sesuai bergantung pada persyaratan pemakaian atau alat yang harus dilayani (Noerbambang & Morimura, 2005). Secara umum tekanan yang dapat dikatakan sudah sesuai “standar” adalah 1,0 kg/cm², sedangkan tekanan static sebaiknya antara 4,0–5,0 kg/cm² untuk perkantoran, tekanan 2,5 – 3,5 kg/cm² untuk hotel dan perumahan.

Kecepatan aliran air yang terlampaui tinggi dapat menambahkan timbulnya pukulan air dan menimbulkan suara bersisik. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar 0,9 – 1,2 m/detik, dan batas maksimumnya antara 1,5 m/detik sampai dengan 2,0 m/detik (Noerbambang & Morimura, 2005). Berikut **Tabel 2.16** Tekanan yang dibutuhkan alat plambing.

Tabel 2.16 Tekanan yang Dibutuhkan Alat Plambing

Nama Alat Plambing satuan	Tekanan yang dibutuhkan (kg/cm ²)	Tekanan Standar (kg/cm ²)
Katup gelontor kloset	0,7	
Katuo gelontor peturasan	0,4	
Keran yang menutup sendiri, otomatis	0,7	
Pancuran mandi, dengan pancaran halus/ tajam	0,7	1,0
Pancuran mandi (biasa)	0,35	
Keran biasa	0,3	
Pemanas air langsung dengan bahan bakar gas	0,25-0,7	

Sumber : *Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plambing* (Noerbambang & Morimura, 2005)

Head kerugian terdiri atas head kerugian gesek di dalam pipa-pipa dan head kerugian di dalam belokan-belokan. Menentukan kehilangan tekanan perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Sularso Tahara, 2000):

- Helevasi, yaitu kehilangan tekanan akibat adanya perbedaan elevasi pipa
(m) Helevasi (m) = Elevasi awal – elevasi akhir
- Hloos, yaitu kehilangan tekanan akibat adanya gesekan pada pipa (mm)

$$HL = 6,05 \left(\frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,87}} \right) \times 10^5 \times l_{eq} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

- HL = kerugian gesek pipa (Bar)
 Q = kapasitas pompa (m³/detik)
 C = koefisien pipa gesek
 D = diameter pipa (m)
 Leq = Panjang pipa ekivalen (m)

- Hvelocity, kehilangan tekanan akibat adanya laju aliran air (m)

$$Hv = \frac{v^2}{2 \times g} \dots \dots \dots (2.8)$$

- V = Kecepatan aliran (m/detik)
 G = Percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)

- *Head Total* = Helevasi + Hloos + Hvelocity + tekanan yang dibutuhkan

2.11 Perencanaan Sistem Air limbah

Air buangan adalah air bekas (grey water) dan air kotor (black water) yang berasal dari hasil buangan kegiatan aktivitas rumah tangga dan bangunan gedung (hotel, apartemen, perkantoran), atau sarana sejenisnya. Presentase pemisahan timbulan air limbah untuk *grey water* sebesar 80% dan *black water* sebesar 20% (Cahyadi, 2008).

Air limbah domestik juga diartikan sebagai air buangan yang tidak dapat di pergunakan lagi untuk tujuan semula baik itu yang mengandung feses (kotoran manusia) atau dari kamar mandi, aktivitas dapur dan mencuci, yang kuantitasnya

berkisar antara 60-80% dari total kebutuhan air bersih (Noerbambang & Morimura, 2005).

2.11.1 Jenis Air limbah

Air Buangan dapat dibagi menjadi empat golongan, yaitu (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Air kotor yaitu air buangan yang berasal dari kloset, peturasan, dan air buangan mengandung kotoran manusia.
2. Air bekas yaitu air buangan yang berasal dari alat-alat plambing lainnya, seperti: bak mandi (bath tub), bak cuci tangan, bak dapur, dan lain-lain.
3. Air hujan yaitu air hujan yang jatuh pada atap bangunan, halaman, dan sebagainya.
4. Air buangan khusus: yang mengandung gas, racun, atau bahan –bahan berbahaya seperti yang berasal dari pabrik, air buangan dari laboratorium, tempat pengobatan, tempat pemeriksaan dari rumah sakit, rumah pemotongan hewan, air buangan bersifat radioaktif yang berasal dibuang dari Pusat Listrik Tenaga Nuklir atau laboratorium penelitian atau pengobatan yang menggunakan bahan radioaktif.

2.11.2 Penentuan Beban Alat Plambing

Nilai unit beban alat plambing (UBAP) yang tercantum dalam **tabel 2.17** harus digunakan untuk menghitung jumlah beban pada pipa air limbah (SNI 8153-2015).

Tabel 2.17 Unit Beban Alat Plambing Air Limbah

No.	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat Plambing		
		Pribadi	Umum	Tempat Berkumpul
1	Bak mandi atau kombinasi mandi/ <i>shower</i>	2,0	2,0	2,0
2	pancaran air minum atau alat pendingin air	0,5	0,5	0,1
3	Lubang pengering lantai, keadaan darurat	-	0,0	0,0
4	Lubang pengering lantai (untuk ukuran tambahan)	2,0	2,0	2,0
5	<i>Shower</i> , Perangkap tunggal	2,0	2,0	2,0
6	Lavatori tunggal	1,0	1,0	1,0
7	Lavatori, dalam set dua atau tiga	2,0	2,0	2,0
8	Bar	1,0	-	-
9	Klinik	-	6,0	6,0
10	Bak cuci dapur untuk rumah tangga dengan atau	2,0	2,0	-

No.	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat Plambing		
		Pribadi	Umum	Tempat Berkumpul
11	tanpa unit penggerus sisa makanan			
12	Kran pencuci, setiap set kran		2,0	2,0
13	Urinal, perangkat terpadu 3,8 LPF	2,0	2,0	5,0
14	Urinal, perangkat terpadu > 3,8 LPF	2,0	2,0	6,0
15	Urinal Perangkat <i>exposed</i>	2,0	2,0	5,0
16	Kloset, tangki gelontor 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
17	Kloset, tangki pembilas 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
18	Kloset, katup pembilas 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
19	Kloset, tangki gelontor > 6LPF (Liter per flush)	4,0	6,0	8,0
20	Kloset, flushmeter > 6LPF	4,0	6,0	8,0

Sumber: SNI 8153- 2015 Sistem Plambing pada Bangunan Gedung

2.11.3 Penentuan Diameter Pipa Air limbah

Penentuan diameter pipa air buangan dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut:

1. Merencanakan jalur pipa air kotor (black water) dan pipa air bekas (grey water)
2. Menentukan jenis alat plambing yang dilayani oleh pipa yang akan di tentukan diameternya,
3. Menentukan nilai unit beban alat plambing (UBAP) yang dilayani oleh pipa yang akan ditentukan diameternya. Nilai unit beban alat plambing berdasarkan Tabel 2.16
4. Menentukan diameter pipa berdasarkan nilai unit beban alat plambing yang dilayani oleh pipa dapat ditentukan dengan menggunakan **Tabel 2.18**

Tabel 2.18 Diameter Unit Alat Plambing yang Diizinkan untuk Perpipaan Air limbah

Diameter Pipa (mm)	Beban maksimum UBAP (unit beban alat plambing)
	Cabang Mendatar
32	1
40	3
50	5
65	10
75	14
100	96
125	216
150	372
200	840
250	1500
300	2340
375	3500

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

2.11.4 Diameter Pipa PVC Standar JIS (*Japanese Industrial Standard*)

Diameter pipa pasaran untuk air buangan salah satunya dari pipa PVC standar JIS, pipa dengan merek ini umumnya memiliki usia pemakaian lebih lama dibanding jenis pvc konvensional. Yakni hingga 30 tahun. Jenis bahan pipa pvc berstandar JIS menggunakan bahan aditif khusus yang dapat mereduksi sinar UV (matahari), tahan terhadap bahan kimia baik bersifat asam dan basa. Produk pipa berstandar JIS memiliki dua tipe, yakni VP dan VU. Pipa PVC berstandar JIS dengan tipe VU memiliki diameter luar mulai dari 1½ inch hingga 12 inch dengan panjang standar sampai 4 meter. Dapat dilihat pada **Tabel 2.19**.

Tabel 2.19 Diameter Pipa PVC Standar JIS

Inch	Diameter mm
1,5	48
2	60
2,5	76
3	89
4	114
5	140
6	165
8	216
10	267
12	318

Sumber: PVC Standar JIS,

2.11.5 Perangkap dan Interseptor

Tujuan dari sistem pembuangan adalah mengalirkan air buangan dari gedung keluar, ke dalam instalasi pengolahan atau drainase kota, tanpa menimbulkan dampak pencemaran pada lingkungannya maupun dalam gedung itu sendiri.

Agar mencegah hal tersebut harus dipasang suatu perangkat, yang berfungsi sebagai penyekat atau penutup air agar menutup atau mencegah masuknya gas-gas tersebut. Pada dasarnya suatu perangkat harus memenuhi syarat-syarat sebagai mana diuraikan di bawah ini (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Kedalaman air penutup biasanya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm
2. Konstruksinya dibuat sedemikian rupa agar dapat selalu bersih dan tidak menyebabkan kotoran tertahan atau mengendap.
3. Konstruksi perangkat dibuat sedemikian rupa sehingga fungsi air sebagai "penutup tetap dapat dipenuhi artinya menutup kemungkinan masuk serangga dan gas-gas melalui pipa-pipa pembuangan. Kriteria yang harus dipenuhi.
 - a) Selalu menutup kemungkinan masuknya gas dan serangga
 - b) Mudah diketahui dan di perbaiki bila ada kerusakan
 - c) Dibuat dari bahan tidak berkarat
4. Kontruksi perangkat harus dipasang cukup sederhana agar membersihkannya karena endapan kotoran lama kelamaan tetap akan terjadi
5. Konstruksinya harus mampu secara efektif memisahkan lemak, minyak, pasir dari air buangan
6. Konstruksi harus sedemikian rupa agar mudah dibersihkan.

2.11.6 Karakteristik Air limbah

Karakteristik Air Limbah digolongkan menjadi tiga, yaitu (Tchobanoglous, 2004):

1. Karakteristik Fisik

Komponen yang paling besar dari limbah cair biasanya adalah padatan tersuspensi. Padatan tersuspensi merupakan senyawa organik utama di alam dan terdiri dari beberapa bahan yang tidak diinginkan dalam limbah.

2. Karakteristik Kimia

Limbah cair banyak mengandung senyawa organik biodegradable dalam bentuk terlarut yang biasanya terdiri dari pati, lemak, protein, alkohol, asam dan ester.

3. Karakteristik Biologis

Bakteri, virus atau mikroorganisme yang bersifat patogen seperti ecoli banyak terdapat didalam limbah cair domestik yang sistem pengumpul dan pengolahannya bergabung dengan kotoran manusia.

2.11.7 Parameter Air Buangan Kegiatan rusunami

Air buangan yang dihasilkan dari kegiatan pada gedung rusunami dan rusunawa sama dengan limbah domestik berupa grey water dan black water. Dari hasil air buangan ini dapat diolah kembali atau dibuang dengan melalui tahapan proses terlebih dahulu. Berikut **Tabel 2.20** Parameter dan hasil air buangan pada gedung rusunami dan rusunawa (Widyasri dan Tangahu, 2016)

Tabel 2.20 Parameter dan Hasil Air Buangan Gedung Rusunami dan rusunawa

Nomor	Parameter	Hasil air buangan
1	BOD	191 mg/l
2	COD	311 mg/l
3	Minyak dan lemak	50-100mg/l
4	TSS	127mg/l
5	pH	6,91

Sumber: Widyasri dan Tangaghu, 2014

2.11.8 Pengolahan Air Limbah

Menurut Tchobanoglous (2004) pengolahan air limbah digolongkan menjadi 3, yaitu:

1. Unit Operasi Fisika

Terdapat tahapan-tahapan dalam pengolahan secara fisika didalam unit operasi fisika, yaitu screening, mixing, flokulasi, sedimentasi, flotasi, filtrasi, dan transfer gas.

2. Unit Proses Kimia

Pada unit operasi pengolahan air limbah dilakukan dengan cara penambahan bahan kimia, diantaranya yang paling umum digunakan yaitu presipitasi, adsorpsi dan desinfeksi.

3. Unit Proses Biologi

Proses pengolahan pada unit proses biologi untuk menyisihkan zat organik yang dapat terurai didalam air buangan.

2.11.9 *Sewage Treatment Plant (STP)*

Pengolahan secara biologi merupakan salah satu metode pengolahan yang menggunakan aktivitas mikroorganisme. Pengolahan biologi terutama digunakan untuk menyisihkan materi organik naik yang berupa koloid maupun tersuspensi di dalam air buangan (Metcalf & Eddy, 2003). Pada dasarnya, substansi yang ada akan terurai menjadi gas dan keluar ke atmosfer. Sel-sel baru memiliki berat jenis lebih besar dari air dan dapat terpisah dari air dengan proses pengendapan. Proses biologi juga digunakan untuk menyisihkan nutrient (nitrogen dan fosfor) yang ada dalam air buangan.

Berdasarkan media pertumbuhannya, proses pengolahan biologi terbagi atas proses pertumbuhan tersuspensi (*suspended growth processes*) dan proses pertumbuhan melekat (*attached growth processes*). Proses pertumbuhan mikroorganisme tersuspensi adalah proses pengolahan air buangan secara biologi dimana mikroorganisme tersebut bertanggung jawab untuk mengubah materi organik terlarut atau materi lain yang terdapat dalam air buangan menjadi gas dan sel-sel baru yang berada dalam kondisi tersuspensi dalam cairan. (Metcalf & Eddy, 2003).

Sewage Treatment Plant (STP) adalah sebuah sistem pengolahan air limbah menjadi air bersih kelas 4, yang kemudian bisa dimanfaatkan untuk menyiram tanaman atau di buang kesungai tanpa mencemari air sungai. Air hasil olahan ini bukan untuk dikonsumsi oleh manusia, tetapi untuk dibuang. Sebelum limbah dapat di buang ke lingkungan, air hasil olahan harus memenuhi standar limbah yang aman bagi lingkungan. STP ini Tidak jauh berbeda dengan Septic Tank. STP biasanya digunakan di suatu bangunan yang besar, sementara tangki septik identik dengan perumahan.

Perbedaan STP dengan tangki septik, sebenarnya keduanya sama-sama mengolah limbah atau kotoran, tetapi perbedaannya pada STP mempunyai system penguraian, sementara septic tank sebagai penyimpanan saja, tepatnya penimbunan.

STP mempunyai *beberapa Chamber* yang setiap chamber memiliki fungsinya tersendiri yaitu sistem Aerasi atau sistem back wash. Pada intinya sistem ini merupakan pemberian gelembung udara yang dimaksudkan untuk menghidupkan bakteri yang terdapat didalamnya. Bakteri pengurai ini menghancurkan *sewage* hingga di akhir *output* STP berupa limbah yang berbentuk air bersih kelas 4.

Sewage Treatment Plant ini biasanya digunakan di gedung bertingkat dan sebagainya. Hasil-hasil buangan dari Sewage Treatment Plant seperti minyak dan lemak dari buangan dapur harus dipisahkan dahulu minyak dan lemaknya dari air sebelum masuk ke bak-bak pengolahan.

Pengolahan dengan *Sewage Treatment Plant* Biofilter/ STP Biotech mampu mengolah limbah cair rumah tangga yang masuk seperti BOD, COD, TSS , PH , Amonia , KMnO₄, sampai dengan 80% (Biogreen, 2014).

Sistem STP Biotech mampu mengolah semua limbah rumah tangga dari segala jenis tipe bangunan termasuk Perumahan, Hotel, Mall, Gedung perkantoran, Rumah sakit, Klinik, Apartemen, Pertokoan, Sekolah, Pabrik dan jenis/ tipe bangunan lainnya. Dengan Sistem ini mampu melakukan efisiensi pengolahan sampai 80% , sehingga air buangan hasil olahan STP Biotech sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan oleh PP 82 tahun 2001 kelas 4 sebagai berikut **Tabel 2.21** Baku Mutu Air Buangan dan STP

Tabel 2.21 Baku Mutu Air Buangan dan STP

Nomor	Parameter	*STP	**Baku Mutu
1	BOD	<50 mg/l	12 mg/l
2	COD	80 mg/l	100 mg/l
3	Minyak dan Lemak	5 mg/l	
4	TSS	50 mg/l	400 mg/l
5	pH	6-9	5-9

Sumber: (*) STP Biotech, 2019 (**) PP 82 tahun 2001 kelas 4

Efisiensi yang diperoleh dari sistem *Sewage Treatment Plant* mampu melakukan efisiensi pengolahan sampai 80% dan menghasilkan air yang lebih jernih, sehingga air buangan hasil olahan STP sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan oleh Permen LH no. 68 Tahun 2016, berikut **Tabel 2.22** Perbandingan Karakteristik Air Buangan dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

Tabel 2.22 Perbandingan Karakteristik Air Buangan

No.	Parameter	Hasil Air Buangan	Baku mutu (1)	Hasil olahan STP
1	BOD	191 mg/l	30	<50
2	COD	311 mg/l	100	80
3	Minyak dan lemak	50-100 mg/l	5	<10
4	TSS	127 mg/l	30	<50
5	pH	6,91	6 s/d 9	6 s/d 9

Sumber: 1) PermenLH No.68 Tahun 2016

2.11.10 Jenis-jenis *Sewage Treatment Plant* (STP) Biotech

Ada beberapa jenis dan spesifikasi STP biotech, yaitu:

- STP Biotech type BG-Series (Biogreen, 2019)

STP ini terbuat dari bahan *fiberglass*, berbentuk tabung yang berfungsi sebagai tabung WC, dimana kotoran yang masuk kedalam STP ini akan mengalami proses penyaringan dan penguraian oleh bakteri pengurai, karena didalam STP ini dilengkapi dengan media cell yang berfungsi sebagai tempat tumbuh dan berkembangnya bakteri pengurai.

STP dengan type BG-Series umumnya digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, atau perumahan dengan jumlah penghuni antara 2-25 orang. STP ini memiliki ukuran mulai dari 800 – 5000 liter. Berikut **Gambar 2.10** STP Biotech type BG-Series



Gambar 2.10 STP Biotech type BG-Series

Sumber: Biogreen, 2019

- STP type RC – Series (Biogreen, 2019)

STP ini berbentuk oval memanjang atau horizontal dengan kapasitas pemakaian yang lebih besar, umumnya digunakan untuk restoran, pasar, hotel, apartemen dan rumah-rumah mewah. STP type ini merupakan pengolahan limbah tinja ataupun industri yang menggunakan biotech aeration system, dengan pengolahan ini menjadikan air kotor ataupun air bekas dapat menjadi layak dibuang. Berikut **Gambar 2.11** STP type RC-Series.



Gambar 2.11 STP type RC-Series

Sumber: Biogreen, 2019

- STP type RCX – Series (Biogreen, 2019)

STP ini membantu mengatsi pencemaran air/tanah sehingga menjadikan lingkungan bersih dan sehat, serta dilengkapi dengan desinfektan tube yang berfungsi untuk mensterilkan limbah domestik dari bakteri patogen. STP *type* ini mampu melakukan pengolahan dengan efisiensi 80% sehingga air buangan hasil olaan sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

STP dengan jenis ini mampu mengolah semua limbah rumah tangga dari segala jenis *type* bangunan termasuk : apartemen, hotel, mall, perkantoran, rumah sakit, sekolahan. Berikut **Gambar 2.12** STP type RCX-Series.



Gambar 2.12 STP type RCX-Series

Sumber: Biogreen, 2019

- STP Biofive RCX Series (Anaerob *system*) (Biofive, 2019)

STP jenis ini sangat menjaga kelestarian lingkungan dengan menjaga air tanah dilingkungan kita dari pencemaran domestik. STP ini memiliki 2 media biofilter yaitu PVC Honeycom dan Media BIOBALL yang dapat megolah limbah tinja menjadi cair serta dilengkapi tabung desinfektan. Volume pada jenis STP ini 5 – 46 m³. Berikut **Gambar 2.13** STP Biofive RCX Series (Anaerob *system*)



Gambar 2.13 STP Biofive RCX Series (Anaerob system)

Sumber: Biofive, 2019

STP Biofive BFV Series (*Body Filament Wending System*) (Biofive, 2019) STP ini sama halnya dengan STP biofive RCX Series (Anaerob) yang memiliki 2 media biofilter yaitu PVC Honeycom dan Media BIOBALL, dimana sebagai rumah bakteri pengurai tinja akan berkembang biak dengan tersedianya oksigen yang banyak meskipun *inflow* air masuk fluktuasinya cepat akan tetap bertumbuh sehingga bakteri pengeruai tersebut dapat

memetabolisme limbah dengan baik sehingga buangnya sangat ramah lingkungan dan dapat memenuhi kualitas air daur ulang yang dipersyaratkan. Selain itu STP jenis ini menggunakan bahan *fiberglass* yang ringan, kokoh, kuat dan tahan lama. Berikut **Tabel 2.23** Daftar Spesifikasi STP *Biotech*

Tabel 2.23 Daftar Spesifikasi STP *Biotech*

No	Type	Volume	Ukuran		Model
			Diameter	Panjang	
1	BFV-200	20 M ³	2250	5000	Horizontal
2	BFV-250	25 M ³	2250	6250	Horizontal
3	BFV-300	30 M ³	2250	7500	Horizontal
4	BFV-350	35 M ³	2500	8000	Horizontal
5	BFV-400	40 M ³	2500	8000	Horizontal
6	BFV-450	45 M ³	2500	9000	Horizontal
7	BFV-500	50 M ³	2500	10000	Horizontal
8	BFV-600	60 M ³	2500	12000	Horizontal
9	BFV-800	80 M ³	2500	8000	Horizontal
10	BFV-1200	120 M ³	2500	12000	Horizontal
11	BFV-2000	200 M ³	2500	10000	Horizontal
12	BFV-3000	300 M ³	3000	10600	Horizontal

Sumber: Biofive, 2019

2.11.11 Tahapan-tahapan Pada STP *Biotech*

Tahapan yang terdapat pada STP *Biotech*, yaitu (Biofive, 2019):

1. Tahap Ekualisasi

Air limbah domestik yang berasal dari toilet akan masuk ke tangki ekualisasi terlebih dahulu. Tangki ekualisasi telah dilengkapi dengan grease trap dan screen yang berfungsi untuk memisahkan air limbah dari lemak, minyak dan sampah padat. Selain itu tangki ini berfungsi untuk meratakan kualitas air limbah dan siap untuk dialirkan ke tahap aerasi.

2. Tahap Anaerobik

Pada tangki ini penguraian partikel organik oleh mikroorganisme tanpa menggunakan oksigen dengan menggunakan media bioball.

3. Tahap Aerobik

Pada tangki ini akan terjadi penguraian partikel organik oleh mikroorganisme pengurai secara aerob dengan bantuan mesin blower. Pada tahap ini dilengkapi dengan media cell A dan media cell B (media yang di desain khusus untuk pertumbuhan mikroorganisme).

4. Tahap Sedimentasi

Lumpur atau biomassa yang lolos akan mengendap di dasar tangki sedimentasi. Pada tangki ini akan terjadi proses pemisahan lumpur dengan air limbah dengan media Honeycom hexagonal dengan tipe FRP. Lumpur yang mengendap akan dikembalikan ke tangki ekualisasi dengan pompa backwash.

5. Tahap Klorinasi

Pada bak klorinasi ini air limbah direaksikan dengan Senyawa khlor untuk membunuh senyawa mikroorganisme patogen

2.11.12 Tanki septik

Tangki septik merupakan suatu ruangan yang terdiri atas beberapa kompartemen yang berfungsi sebagai bangunan pengendap untuk menampung kotoran padat agar mengalami pengolahan biologis oleh bakteri anaerob dalam jangka waktu tertentu. Untuk mendapat proses yang baik, sebuah tangki septik haruslah hampir terisi penuh dengan cairan, oleh karena itu tangki septik haruslah kedap air (Sugiharto 1987).

Prinsip operasional tangki septik adalah pemisahan partikel dan cairan partikel yang mengendap (lumpur) dan juga partikel yang mengapung (scum) disisihkan dan diolah dengan proses dekomposisi anaerobik. Pada umumnya bangunan tangki septik dilengkapi dengan sarana pengolahan effluent berupa bidang resapan (sumur resapan). Tangki septik dengan peresapan merupakan jenis fasilitas pengolahan air limbah rumah tangga yang paling banyak digunakan di Indonesia. Pada umumnya diterapkan di daerah pemukiman yang berpenghasilan

menengah ke atas, perkotaan, serta pelayanan umum. Berikut **Tabel 2.24** Kriteria Perencanaan Tangki Septik

- Kecepatan daya serap tanah > 0.0146 cm/menit.
- Cocok diterapkan di daerah yang memiliki kepadatan penduduk < 500 jiwa/ha.
- Dapat dijangkau oleh truk penyedot tinja.
- Tersedia lahan untuk bidang resapan.

Tabel 2.24 Kriteria Perencanaan Tangki Septik

No	kriteria perencanaan Tangki septik	Nilai	Satuan
1	Waktu Detensi	2-3	.hari
2	Banyak Lumpur	30-40	liter/orang/tahun
3	Periode Pengurusan	2-5	Tahun
4	Perbandingan Panjang dan Laber	2:1	m

Sumber : SNI, 2017 Tentang Tata Cara Perencanaan Tangki Septik

2.12 Prinsip dasar sistem vent

Pipa vent adalah pipa yang digunakan untuk dalam suatu bangunan untuk mengatur aliran udara atau pipa yang digunakan dalam sistem vent. Sistem vent merupakan bagian penting dalam sistem suatu pembuangan. Sedangkan tujuan dari sistem vent ini antara lain (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Menjaga aliran yang lancar dalam pipa pembuangan
2. Mensirkulasikan udara dalam pipa pembuangan
3. Menjaga sekat perangkap dari efek sifon atau tekanan.

Karena tujuan utamanya adalah menjaga agar perangkap tetap mempunyai sekat air, maka pipa vent harus dipasang sedemikian rupa agar mencegah hilangnya sekat air tersebut ke dalaman air penutup biasanya berkisar antar 50 mm sampai 100 mm, dengan ke dalaman 50 mm.

2.12.1 Hilangnya Sekat Air dan Perlunya Vent

Hilangnya sekat air terjadi pada waktu muka air dalam perangkap turun sampai dibawah lekuk atas, dan ini terutama disebabkan oleh hal-hal berikut ini (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Efek Sifon-Sendiri (self-siphonage)

Timbul apabila seluruh perangkat dan pipa pengering alat plambing terisi penuh dengan air buangan pada akhir proses pembuangan, sehingga air perangkat juga akan ikut mengalir ke dalam pipa pengering. Dapat dilihat pada

Gambar 2.14

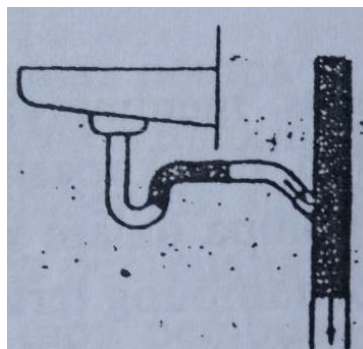


Gambar 2.14 Efek Sifon-Sendiri

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

2. Efek Hisapan

Efek Hisapan Terjadi pada air perangkat alat plambing yang dipasang dekat dengan pipa tegak, dan dalam pipa tegak tersebut tiba-tiba ada aliran air buangan yang cukup besar yang masuk dari cabang mendatar dibawahnya. Akibatnya, dalam perangkat alat plambing dapat timbul tekanan vakum yang akan menghisap air dalam perangkat. Dapat dilihat pada **Gambar 2.15**

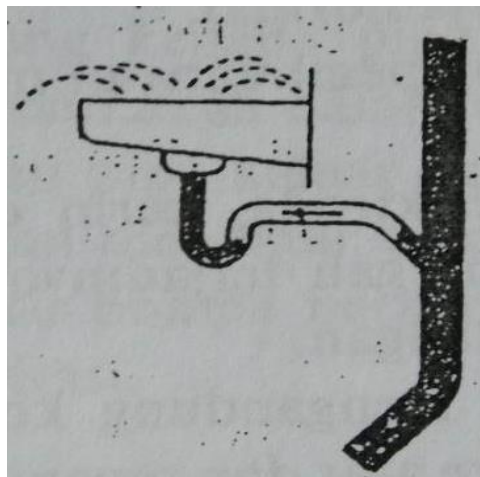


Gambar 2.15 Efek Isap

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

3. Efek Tiupan (Blow-Out)

Efek Tiupan (Blow-Out), terjadi pada air perangkap alat plambing yang dipasang dekat dengan pipa tegak, dan dalam pipa tegak tersebut tiba-tiba ada aliran air buangan yang cukup besar yang masuk dari cabang mendatar di atasnya. Akibatnya, dalam perangkap alat plambing dapat timbul tekanan positif yang akan mendorong air dalam perangkap bahkan keluar dari alat plambing. Dapat dilihat pada **Gambar 2.16**

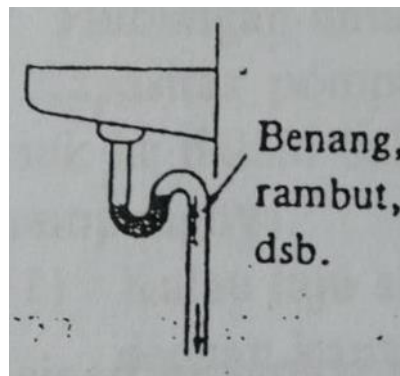


Gambar 2.16 Efek Tiupan

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

4. Efek Kapiler

Efek Kapiler, terjadi kalau ada rambut atau benang yang tersangkut dalam perangkap dan menjurai ke dalam pipa pengering alat plambing. Akibatnya air perangkap lama-kelamaan akan habis terbang. Dapat dilihat pada **Gambar 2.17**.

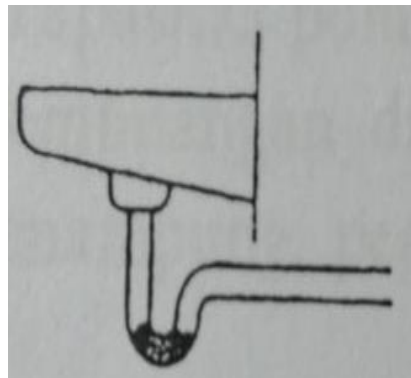


Gambar 2.17 Efek Kapiler

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

5. Penguapan

Penguapan, terjadi kalau alat plambing tidak dipergunakan untuk waktu yang cukup lama, apalagi kalau alat plambing tersebut berada dalam ruangan yang agak kering udaranya. Lubang pembuangan lantai yang sekarang ini banyak digunakan, mempunyai kedalamansekat air yang kurang dari 50 mm, dan sering terjadi dalam waktu yang tidak terlalu lama sudah banyak airnya yang menguap, sehingga air sebagai sekat tidak cukup lagi. Dapat dilihat pada **Gambar 2.18**



Gambar 2.18 Efek Penguapan

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

2.12.2 Persyaratan untuk Pipa *vent*

Pada perencanaan pipa tegak vent dalam bangunan gedung, ada beberapa persyaratan yang harus diperhatikan, yaitu (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Kemiringan untuk pipa *vent*

Pipa *vent* harus dibuat dengan kemiringan cukup agar titik air yang terbentuk atau air yang terbawa masuk ke dalamnya dapat mengalir secara gravitasi kembali ke pipa pembuangan.

2. Cabang pada pipa *vent*

Dalam membuat cabang, pipa *vent* harus diusahakan agar udara tidak akan terhalang oleh masuknya air kotor atau air bekas manapun. Pipa *vent* untuk cabang mendatar pipa air buangan harus disambungkan kepada pipa cabang mendatar tersebut pada bagian tertinggi dari penampang pipa cabang tersebut secara vertikal, hanya dalam keadaan terpaksa boleh disambungkan dengan sudut tidak lebih dari 45° terhadap vertikal.

3. Jarak maksimum *vent* terhadap perangkat alat plambing

Sambungan *vent* harus dipasang sedemikian rupa, sehingga panjang ukur saluran pembuangan alat plambing antara sambungan *vent* dan ambang perangkat alat plambing tidak melebihi jarak yang tercantum dalam tabel jarak maksimum *vent* dari perangkat alat plambing.

2.12.3 Penentuan Diameter *vent*

Ukuran pipa *vent* didasarkan pada unit alat plambing dari pada pembuangan yang dilayaninya, dan panjang ukuran pipa *vent* tersebut, dapat dilihat pada tabel 2.10 Bagian pipa *vent* mendatar tidak termasuk bagian “pipa *vent* dibawah lantai”, tidak boleh lebih dari 20% dari seluruh panjang ukurannya. Berikut **Tabel 2.25** ukuran pipa tegak *vent* dan cabang.

Tabel 2.25 Ukuran dan Panjang Tegak *Vent*

Ukuran pipa tegak air kotoran atau air buangan	Unit alat olambingnyang dihubungkan	Ukuran Pipa <i>Vent</i> yang diisyaratkan									
		32	40	50	65	80	100	125	150	200	
		Panjang Ukur Maksimum Pipa <i>Vent</i> (m)									
32	2	9									
40	8	15	45								
40	10	9	30								
50	12	9	20								
50	20	7	15								

Ukuran pipa tegak air kotor atau air buangan	Unit alat plumbing yang dihubungkan	Ukuran Pipa Vent yang diisyaratkan							
		32	40	50	65	80	100	125	150 200
		Panjang Ukur Maksimum Pipa Vent(m)							
65	42	9	30	90					
80	10	9	30	60	180				
80	30		18	60	150				
80	60		15	24	120				
100	100		10	30	75	300			
100	200		9	27	75	270			
100	500		6	20	54	210			
125				10	24	105			
125	500			9	20	90			
125	110			6	15	60			
150	350			7	15	60	120	390	
150	620			5	9	35	90	330	
150	960				7	30	75	300	
150	1900				6	20	60	210	
200	600					15	45	150	390
200	1400					12	30	120	360
200	2200					9	24	105	330
200	3600					7	18	75	240
250	100						22	35	300
250	2500						15	30	150
250	3800						9	24	105
250	5600						7	18	75

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

2.12.4 Jenis Sistem Vent dan Pipa Vent

Ada beberapa jenis *vent* yang dibagi berdasarkan tujuannya. Jenis pipa *vent* terutama *vent* tunggal, *vent* lup dan *vent* pipa tegak. Sistem *vent* yang menggunakan jenis-jenis pipa *vent* tersebut dinamakan sistem *vent* tunggal dan *vent* pipa tegak. Berikut ini adalah penjelasan jenis pipa *vent* dan sistem *vent* Jenis pipa *vent* dan sistem *vent* (Noerbambang & Morimura, 2005):

a. Vent Tunggal

Pipa *vent* ini dipasang untuk melayani satu alat plambing dan disambungkan kepada sistem *vent* lainnya atau langsung terbuka ke udara luar. Walaupun sistem ini yang terbaik, tetapi sistem ini paling banyak menggunakan bahan (pipa).

b. *Vent Lup*

Dalam sistem ini pipa *vent* melayani dua atau lebih alat plambing (sebanyak-banyaknya 8) dipasang pada cabang mendatar pipa air buangan dan disambungkan kepada *vent* pipa tegak. Pipa *vent* tersebut dipasang pada cabang mendatar pipa air buangan yang mempunyai ukuran tetap “di depan” alat plambing yang paling jauh dari pipa tegak air buangan.

c. *Vent Pipa Tegak*

Pipa ini merupakan perpanjangan dari pipa tegak air buangan, di atas cabang mendatar pipa air buangan tertinggi. Dalam gedung yang menggunakan sistem ini, hanya ada *vent* pipa tegak saja dan tidak dipasang pipa *vent* jenis lainnya. Semua pipa pengering alat plambing disambung langsung kepada pipa tegak air buangan. Sistem ini disebut

juga sistem pipa tegak tunggal atau sistem pipa pembuangan tunggal dan sistem ini juga dapat diterapkan pada gedung dimana pipa tegak air buangan dapat dipasang dekat alat-alat plambing, seperti pada gedung rumah susun (apartmen).

d. *Vent Bersama*

Pipa *vent* ini adalah satu pipa *vent* yang melayani perangkat dari 2 alat plambing yang dipasang bertolak belakang atau sejajar dan dipasang pada tempat dimana kedua pipa pengering alat plambing tersebut disambungkan bersama.

e. *Vent Basah*

Pipa *vent* basah adalah pipa *vent* yang juga menerima air buangan berasal dari alat plambing selain kloset. Sistem dimana pipa pembuangan juga berfungsi sebagai pipa *vent*, oleh karena itu beban air buangan sebaiknya hanya setengahnya dibandingkan dengan pipa pembuangan sejenis dari ukuran yang sama.

f. *Vent Pelepas*

Pipa *vent* ini adalah pipa *vent* untuk melepas tekanan udara dalam pipa pembuangan.

g. *Pipa Vent Balik*

Pipa vent balik adalah bagian pipa ven tunggal yang membelok ke bawah, setelah bagian tegak ke atas sampai lebih tinggi dari muka air banjir alat plambing, dan yang kemudian disambungkan kepadapipa tegak *vent* setelah dipasang mendatar dibawah lantai. Sistem vent balik diterapkan kalaupipa *vent* tunggal tidak dapat disambung ke pipa ven lainnya yang lebih tinggi ataupunlangsung dibuka keudara luar, sehingga harus dibelokkan kebawah lebih dahulu.

h. *Pipa Vent Yoke / Vent Penghubung*

Sistem ven yoke adalah Pipa tegak air kotor atau bekas yang melayani lebih dari 10 interval cabang harus dilengkapi dengan pipa *vent* ‘yoke’ untuk setiap 10 interval cabang dihitung dari cabang lantai paling atas.