

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pendahuluan

Sistem plambing adalah sistem penyediaan air bersih dan pembuangan air kotor yang saling berkaitan satu sama lain serta merupakan perpaduan yang telah memenuhi syarat berupa peraturan perundang-undangan yang berlaku, pedoman pelaksanaan, serta standar tentang peralatan dan instalasinya (Noerbambang & Morimura, 2005).

Berdasarkan SNI 8153-2015, plambing merupakan segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan pipa dengan peralatannya didalam gedung yang berdekatan yang bersangkutan dengan air minum. Air buangan dan air hujan yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain yang dibenarkan.

2.2 Peraturan Daerah Nomor 8 Tahun 2015 Kabupaten Karawang

Bangunan gedung penting sebagai tempat melakukan kegiatan dalam menunjang pembangunan daerah, sehingga bangunan gedung harus diselenggarakan sesuai dengan peruntukan lokasi yang telah ditetapkan dalam rencana tata ruang wilayah (RTRW).

Bangunan Gedung Hijau adalah bangunan yang memenuhi persyaratan bangunan gedung dan memiliki kinerja terukur secara signifikan dalam penghematan energi, air dan sumber daya lainnya melalui penerapan prinsip bangunan gedung hijau sesuai dengan fungsi dan klasifikasi dalam setiap tahapan penyelenggaraannya. Persyaratan bangunan gedung hijau terdiri atas:

- a. Pengelolaan tapak
- b. Efisiensi penggunaan energi
- c. Efisiensi penggunaan air
- d. Kualitas udara dalam ruangan
- e. Penggunaan material ramah lingkungan
- f. Pengelolaan sampah

- g. Pengolahan air limbah

2.3 Konsep *Green Building Council Indonesia* (GBCI)

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

Green Building merupakan sistem penilaian yang digunakan sebagai alat bantu bagi para pelaku industri bangunan, bagi pengusaha, arsitek, teknisi mekanikal elektrik, desainer interior, teknis bangunan, arsitek lansekep, maupun pelaku lainnya dalam menerapkan *best practices* dan mencapai standar terukur yang dapat dipahami oleh khalayak umum. Selain itu, sistem penilaian ini merupakan bentuk dari salah satu upaya untuk menjembatani konsep ramah lingkungan dan prinsip keberlanjutan dengan praktik-praktik yang terjadi secara yang ingin dicapai dalam penerapan *green building* adalah terwujudnya suatu konsep bangunan hijau atau ramah lingkungan sejak tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga pengoperasian dan pemeliharaan.

GreenShip atau sistem rating adalah 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 paling utama yang relevan dengan kondisi Indonesia dalam mewujudkan bangunan gedung ramah lingkungan. Terdapat 6 kategori, yaitu (GBCI. 2013):
 1. Tepat Guna Lahan (*Appropriate Site Development-ASD*).
 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 (*Indoor Health and Comfort-IHC*)
 6. Manajemen Lingkungan Bangunan (*Bangt and Management-BEM*)
- Kriteria merupakan sasaran yang dianggap signifikan dalam implementasi praktik ramah lingkungan. Perangkat penilaian *GreenShip* terdapat dua macam kriteria, yaitu (GBCI, 2013):
 - a. Kriteria prasyarat

Kriteria prasyarat adalah kriteria yang ada di setiap kategori dan harus dipenuhi sebelum dilakukannya penilaian lebih lanjut berdasarkan kriteria kredit. Kriteria prasyarat merepresentasikan standar minimum gedung berkelanjutan. Apabila salah satu prasyarat tidak dipenuhi, maka kriteria kredit dalam semua kategori tidak dapat dinilai. Kriteria prasyarat ini tidak memiliki nilai seperti kriteria kredit.
 - b. Kriteria kredit

Kriteria kredit adalah kriteria yang ada di setiap kategori dan tidak harus dipenuhi. Pemenuhan kriteria ini tentunya disesuaikan dengan kemampuan rumah tersebut. Jika kriteria ini dipenuhi, rumah yang bersangkutan mendapat nilai dan apabila tidak dipenuhi, rumah yang bersangkutan tidak akan mendapat nilai.
 - Tolok ukur merupakan parameter yang menjadi penentu keberhasilan implementasi praktik ramah lingkungan. Setiap kriteria terdiri atas beberapa tolok ukur dan setiap tolok ukur memiliki nilai.

Adanya perangkat penilaian ini akan terjadi transformasi di industri bangunan agar praktik-praktik ramah lingkungan dapat diterapkan di Indonesia. Kriteria penilaian bukan merupakan penemuan baru melainkan kumpulan dan pengelompokan dari praktik-praktik terbaik di industri bangunan yang kemudian diidentifikasi GBCI (GBCI, 2013).

2.3.1 Dasar Penyusunan GBCI (GBCI. 2013)

Dasar Penyusunan GBC dalam penyusunan perangkat penilaian GBCI, terdapat dasar-dasar yang menjadi acuan, yaitu sebagai berikut:

1. Sederhana (*simple*).
2. Dapat dan mudah diimplementasi (*applicable*).
3. Teknologi tersedia (*available*).
4. Menggunakan kriteria penilaian sedapat mungkin berdasarkan lokal baku seperti Undang-undang Dasar 1945, Peraturan Pemerintah, Keputusan Presiden, Peraturan Daerah, Peraturan Menteri. Keputusan Menteri, dan Standar Nasional Indonesia.
5. Biaya investasi relatif rendah (*low investment*).

Perangkat penilaian ini juga berfungsi sebagai media pembelajaran bagi industri bangunan di Indonesia. Setiap masa ke masa para pelaku industri bangunan gedung diharapkan akan memiliki kemampuan yang semakin meningkat dalam mewujudkan atau mendukung perwujudan gedung ramah lingkungan dalam standar GBCI.

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

Air merupakan sumber daya alam yang tersedia dalam jumlah yang melimpah dan memiliki aspek keberlanjutan melalui siklus air. Penggunaan air yang berlebihan dan pencemaran merupakan bagian dari penyebab degradasi kualitas dan kuantitas air.

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 lansekap. 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. Ketergantungan terhadap sumber air bersih ini seringkali tidak diiringi dengan perilaku yang mendukung penghematan air (GBC1, 2013)

Kategori konservasi air ini di tunjukan untuk membutuhkan kesadaran akan pentingnya penghematan air serta langkah penghematan air untuk penggunaan air di gedung. Upaya penghematan air ini merupakan salah satu fokus dalam agenda pihak manajemen gedung. Hal yang harus diupayakan antara lain dengan adanya 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 lanskep yang efisien maupun mengurangi penggunaan air bersih untuk tanaman pada area gedung (GBCI. 2013). Berikut **Tabel 2.1** kategori *Water Conservation* dan kriteria, dimana terdapat 2 kategori WAC P sebagai kriteria prasyarat dan 6 kategori WAC sebagai kriteria kredit.

Tabel 2.1 Katagori *Water Conservation* dan Kriteria

Katagori	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 Lanskep

Sumber: (GBCI, 2013)

2.3.2.A WAC 1 Pengurangan Penggunaan Air

Tujuan dari WAC 1 adalah meningkatkan penghematan penggunaan air bersih yang akan mengurangi beban konsumsi air bersih dan mengurangi air limbah. Berikut **Tabel 2.2** terdapat 2 tolok ukur atau parameter yang menjadi penentu keberhasilan implementasi praktik ramah lingkungan pada WAC 1.

Tabel 2.2 Tolok Ukur *Water Conservation* 1 Pengurangan Penggunaan Air

Tolok Ukur	
1	Konsumsi air bersih dengan jumlah tertinggi 80% dari sumber primer tanpa mengurangi

	jumlah kebutuhan per orang sesuai dengan SNI 03-7065-2005.
2	Setiap penurunan konsumsi air bersih dari sumber primer sebesar 5% sesuai dengan acuan pada tolok ukur 1 akan mendapatkan 1 nilai dengan nilai maksimum sebesar 7 nilai.

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

2.3.2.B WAC 2 Fitur Air / alat plambing

Tujuan dari WAC 2 adalah mendorong upaya penghematan air dengan pemasangan fitur air / alat plambing efisiensi tinggi. Berikut **Tabel 2.3** terdapat 3 tolok ukur atau parameter yang menjadi penentu keberhasilan implementasi praktik ramah lingkungan pada WAC 2.

Tabel 2.3 Tolok Ukur *Water Conservation 2* Fitur Air

Tolok Ukur	
1	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 25% dari total pengadaan produk fitur air .
2	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 50% dari total pengadaan produk fitur air .
3	Penggunaan fitur air yang sesuai dengan kapasitas buangan di bawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air sesuai dengan lampiran, sejumlah minimal 75% dari total pengadaan produk fitur air .

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

GBCI (*Green Building Council* Indonesia) telah menetapkan jenis dan penggunaan fitur air alat plambing yang sesuai dengan kapasitas buangan dibawah standar maksimum kemampuan alat keluaran air dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Spesifikasi Alat Plambing 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
Keran Wastafel/Lavatory	< 8 liter/flush
Keran Tembok	< 8 liter/flush
<i>Shower</i>	< 9 liter/flush

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

2.3.2.C WAC 3 Daur Ulang

Tujuan dari WAC 3 adalah menyediakan air dari sumber daur ulang air limbah gedung untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama. Berikut **Tabel 2.5** terdapat 2 tolok ukur pada WAC 3 dan penggunaan air bekas (*grey water*) hanya dapat dipakai untuk kebutuhan untuk *flushing* dan kebutuhan penyiraman tanaman.

Tabel 2.5 Tolok Ukur *Water Conservation 3* Daur Ulang

Tolok Ukur	
1	Penggunaan seluruh air bekas pakai (<i>grey water</i>) yang telah di daur ulang untuk kebutuhan sistem flushing atau cooling tower.
2	Penggunaan seluruh air bekas pakai (<i>grey water</i>) yang telah didaur ulang untuk kebutuhan sistem flushing dan cooling tower
<i>Apabila menggunakan sistem pendingin non water cooled, maka kriteria ini menjadi tidak berlaku sehingga total nilai menjadi 100</i>	

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

Berikut **Tabel 2.6** Informasi mengenai sumber air yang dapat di daur ulang, sumber air yang tidak dapat daur ulang, sumber air yang hanya dapat menjadi sumber air tambahan dan fungsi air daur ulang.

Tabel 2.6 Informasi Sumber Air dan Fungsi Air Daur Ulang

Sumber Air Yang Dapat Didaur Ulang	Sumber Air Yang Tidak Dapat Didaur Ulang	Sumber Air Yang Hanya Dapat Menjadi Sumber Air Tambahan	Fungsi Air Daur Ulang
a. <i>Wastafel</i> b. Wudhu c. <i>Shower</i> d. Air Kolam dan air lainnya	Khusus Runag Sakit: a. <i>Sink</i> pada laboratorium b. Ruang pemeriksa c. Ruang operasi d. Ruang unit gawat darurat e. Ruang mayat f. Ruang sterilisasi g. Ruang peralatan khusus h. Ruang <i>intensive care unit</i> Ruang isolasi.	a. Air hujan b. Air danau, sungai, laut yang sudah diolah.	a. <i>Flushing</i> b. <i>Make up colling tower</i> (ika ada) c. Irigasi lanskep (dinilai WAC 6)

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

2.3.2.D WAC 4 Sumber Air Alternatif

Pemakaian air yang efisien merupakan hal paling utama dalam menghemat air. Penggunaan air alternatif merupakan air yang berkelanjutan yang dapat mengurangi pemakaian dari sumber air jaringan dan air tanah. Pendistribusian air jaringan dapat disalurkan memenuhi kebutuhan masyarakat lain, dan ketersediaannya air tanah dapat dikonservasikan.

Tujuan menggunakan sumber air alternatif yang diproses sehingga menghasilkan air bersih untuk mengurangi kebutuhan air bersih dari sumber utama. Berikut **Tabel 2.7** terdapat 3 tolok ukur pada WAC 4, air kondensasi (AC), air bekas wudhu atau dan air hujan merupakan jenis sumber air yang ditentukan oleh GBCI untuk sumber air alternatif.

Tabel 2.7 Tolok Ukur *Water Conservation* 4 Sumber Air Alternatif

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

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

Hal penting dalam penilaian dari kriteria WAC 4 adalah tersedianya sumber air alternatif sebagai pengganti atau penambahan air dalam sumber utama (PDAM dan air tanah) (GBCI, 2013).

2.3.2.E WAC 5 Penampungan Air Hujan

Tujuan dari penampungan air hujan ini untuk mendorong penggunaan air hujan/limpasan air hujan sebagai salah satu sumber untuk mengurangi kebutuhan air dari sumber utama (GBCI, 2013). Berikut **Tabel 2.8** terdapat 3 tolok ukur pada WAC 5.

Tabel 2.8 Tolok Ukur *Water Conservation* 5 Penampungan Air Hujan

Tolok Ukur	
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.
2	Menyediakan instalasi tangki penampungan air hujan berkapasitas 35% dari perhitungan di atas.
3	Menyediakan instalasi tangki penampungan air hujan berkapasitas 50% dari perhitungan di atas.

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

2.3.2.F WAC 6 Efisiensi Penggunaan Air Lanskep

Tujuan dari WAC 6 ini meminimalisasi penggunaan sumber air bersih dari air tanah dan PDAM untuk kebutuhan irigasi lanskep dan menggantinya dengan sumber lainnya. Berikut **Tabel 2.9** terdapat 2 tolok ukur pada WAC 6, penggunaan air untuk irigasi tidak bersumber dari air tanah atau PDAM.

Tabel 2.9 Tolok Ukur *Water Conservation* 6 Efisiensi Penggunaan Air Lanskep

Tolok Ukur	
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 2 kebutuhan air untuk lanskep yang tepat, sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Sumber : *Green Building Council* Indonesia, 2013

2.4 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/PERIV/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 perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Besarnya kebutuhan air bersih suatu bangunan meliputi (SNI 8153-2015):

1. 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. Kebutuhan air untuk peralatan dan mesin yang memerlukan penambahan air secara teratur dan harus diperhitungkan sendiri.
3. Kebutuhan air untuk menjaga kedalaman atau ketinggian muka air kolam, baik untuk air mancur maupun kolam renang yang harus dihitung dengan memperkirakan besarnya kehilangan air yang terjadi karena penguapan dan pelimpahan.

Standar kebutuhan air bersih dibedakan menjadi dua macam, yaitu (Ditjen Cipta Karya, 2000):

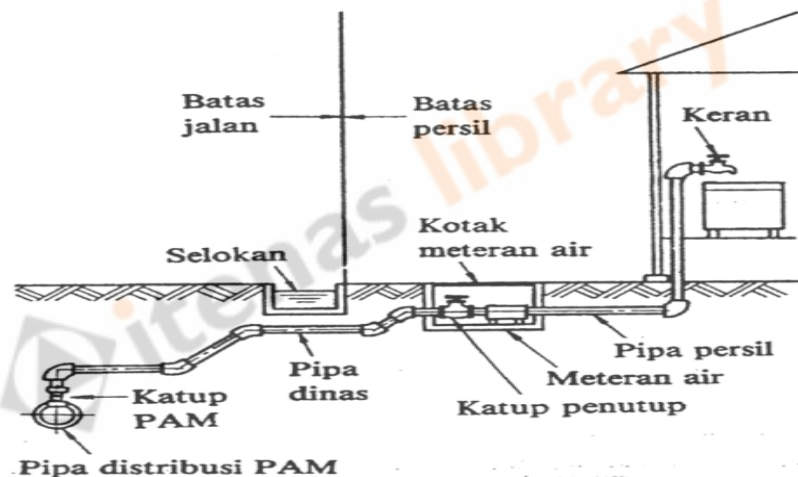
1. Standar kebutuhan air domestik yang terdiri dari kebutuhan air yang digunakan pada tempat – tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari–hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya.
2. Standar kebutuhan air non domestik yang terdiri dari kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain:
 - a. Penggunaan komersil dan industri, yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan industri.
 - b. Penggunaan umum, yaitu penggunaan air untuk bangunan–bangunan pemerintah, rumah sakit, sarana pendidikan dan tempat – tempat ibadah.

2.5 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

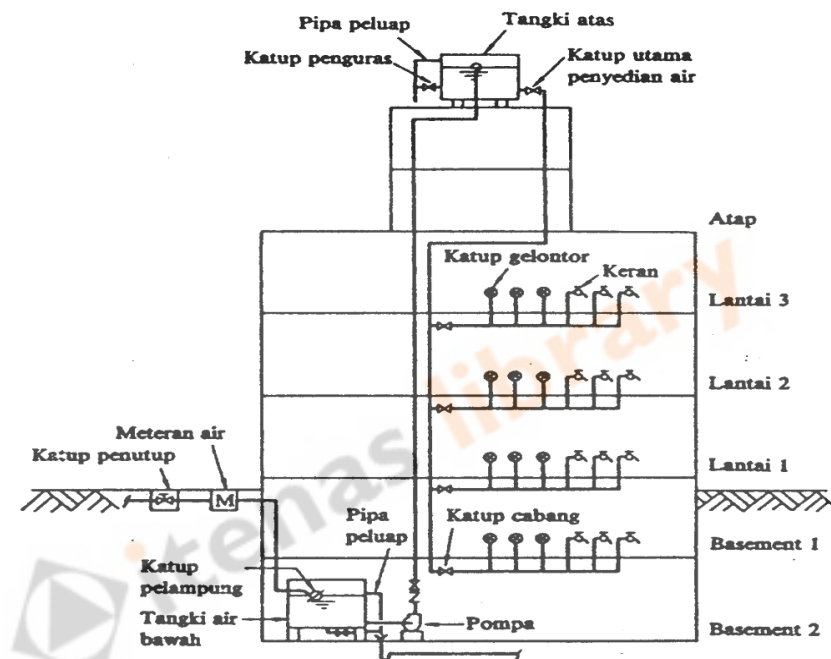
2. Sistem Tangki Atap

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:

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

- Sistem pompa yang menaikkan air ke tangki 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.
- Perawatan tangki atap sangat sederhana dibandingkan dengan misalnya, tangki tekan.

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

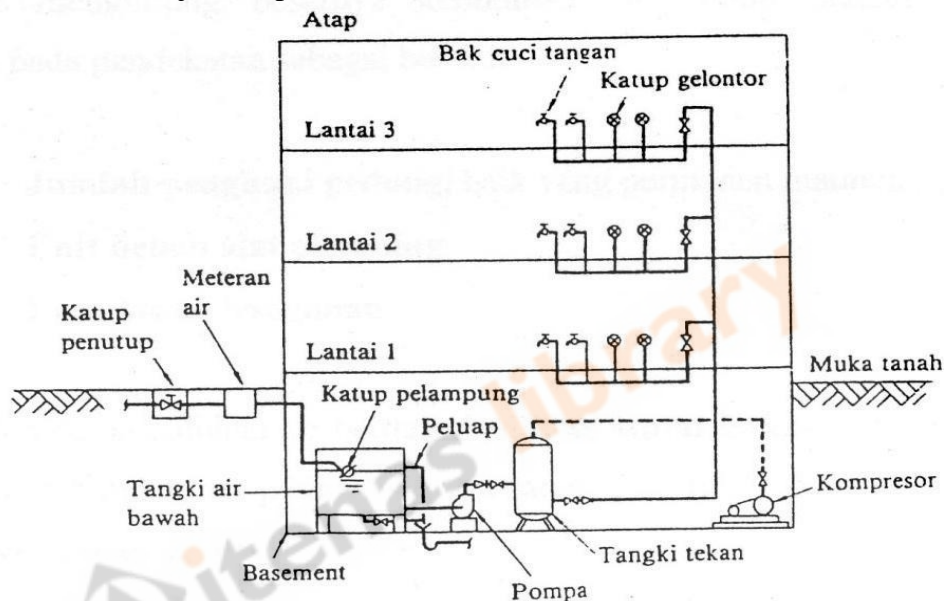


Gambar 2.2 Sistem Tangki Atap
Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

3. 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:

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

Kekurangan dari sistem tangki tekan antar lain:

- Fluktuasi tekanan sebesar 1 kg/cm² sangat besar dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada fluktuasi tekanannya.

- Berkurangnya udara pada tangki tekan, maka setiap beberapa hari sekali harus ditambahkan udara dengan kompresor atau dengan penguras air tangki tekan.
- Sistem tangki tekan dapat dianggap sebagai suatu sistem pengaturan otomatis pompa penyediaan air saja dan bukan sebagai sistem penyimpanan air seperti tangki atap.
- 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.

2.6 Dasar Perhitungan

2.6.1 Jumlah Populasi

Jumlah populasi pada bangunan gedung berfungsi untuk menghitung kebutuhan air bersih yang harus disediakan. Jumlah populasi dapat diketahui dengan menggunakan rumus berdasarkan (Noerbambang & Morimura) :

$$\text{Jumlah Populasi} = \frac{\text{luas efektif (\%)} \times \text{luas ruang (m}^2\text{)}}{\text{beban hunian}} = \text{Orang/jiwa}$$

Selain dengan menggunakan rumus jumlah populasi dapat diketahui dari data yang diperoleh dari denah yaitu jumlah fasilitas yang tersedia dan kapasitasnya.

2.6.2 Kebutuhan Air Bersih

Menyediakan dan mendistribusikan air bersih untuk keperluan sanitasi 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 Noerbambang & Morimura tahun 2005 dan SNI-7065-2005 tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing dapat dilihat pada **Tabel 2.10**.

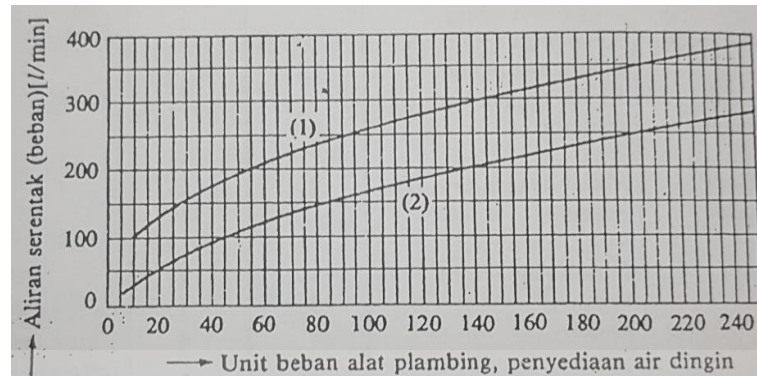
Tabel 2.10 Standar Kebutuhan Air Bersih

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
	~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)

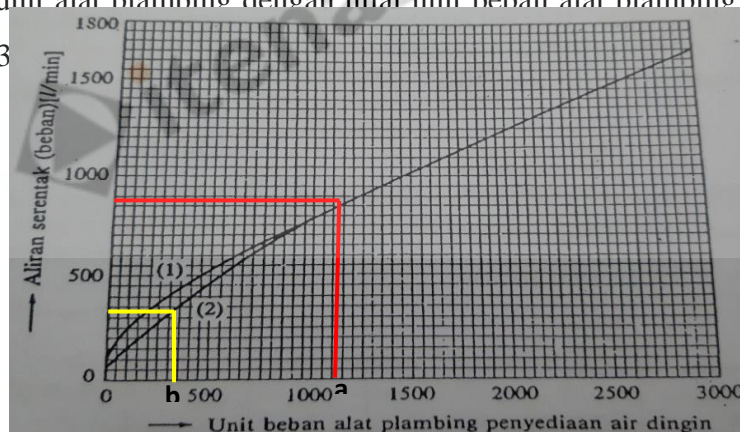
Berikut **Gambar 2.4** merupakan kurva perkiraan kebutuhan air berdasarkan jumlah unit alat plambing dengan nilai unit beban alat plambing (UBAP) sampai dengan 240



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 3000



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

Sumber: Noerbambang & Morimura, 2005

2.6.3 Perhitungan Kapasitas Tangki

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

a. 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:

$$V_R = Q_d - Q_s T$$

Keterangan:

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

Q_s : Kapasitasm pipa utama (m^3 /jam)

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

V_R : Volume tangki air minum (m^3)

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

b. 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)

$$V_E = [Q_p - Q_{max}] \times T_p + Q_{pu} \times T_{PU}$$

Keterangan:

- V_e = Kapasitas efektif tanki atas (L)
- Q_p = Kebutuhan jam puncak (L/menit)
- Q_{max} = Kebutuhan menit puncak (L/menit)
- T_p = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit)
- Q_{pu} = Kapasitas pompa pengisi (L/menit)

- TPU = Jangka waktu kerja pompa pengisi (menit).

2.6.5 Dimensi Pipa Air Bersih

Dimensi pipa air bersih dapat ditentukan dengan tahap sebagai berikut:

- Merencanakan jalur pipa air bersih yang efektif
- Menentukan jenis alat plambing yang dilayani oleh pipa
- 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.
- Menentukan nilai unit alat plambing.

Nilai unit beban alat plambing ditentukan berdasarkan standar atau persyaratan yang digunakan. Standar yang digunakan yaitu SNI- 8153-2015 yang dapat dilihat pada **Tabel 2.11**.

Tabel 2.11 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/ Bak</i>	-	-
	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
	<i>Laundry</i>	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

No	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat Plambing	
		Pribadi	Umum
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
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

Sumber : SNI 8153-2015 Sistem Plambing Pada Bangunan Gedung

- e. Menentukan jumlah alat plambing yang dilayani pipa. Jumlah alat plambing yang dilayani dibutuhkan untuk mengetahui nilai faktor keserempakan yang akan digunakan.
- f. Menentukan faktor keserempakan yang digunakan. Nilai faktor keserempakan ditentukan berdasarkan jumlah dari alat plambing yang dilayani oleh pipa. Nilai faktor keserempakan dapat dilihat pada **Tabel 2.12**.

Tabel 2.12 Faktor Keserempakan (%) dan Jumlah Alat Plambing

Jumlah Alat Plambing	1	2	4	8	12	16	24	32	40	50	70	100
Jenis Alat Plambing												
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 plambing 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 Plambing* (Noerbambang & Morimura, 2005)

- g. Menentukan nilai perkalian (*multiply*)
 Nilai perkalian ditentukan dengan cara mengalikan faktor keserempakan (%) dengan jumlah unit beban alat plambing yang telah diketahui. Nilai *multiply* dibutuhkan untuk menentukan dimensi pipa.
- h. Menentukan diameter pipa

Nilai dimensi pipa dapat ditentukan berdasarkan teoritis kemudian ditentukan diameter pipa pasaran berdasarkan jenis penggunaannya.

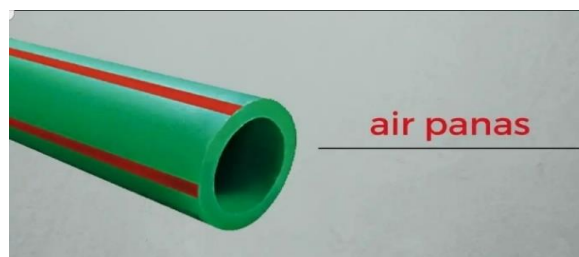
- Menentukan diameter secara teoritis dengan cara menentukan nilai multiply yang kemudian diplotkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2.13 Diameter dan Beban Unit Alat Plumbing

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

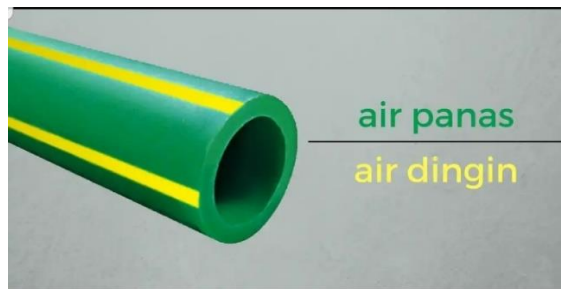
Sumber : Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing (Noerbambang & Morimura, 2005)

- 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 plumbing 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:



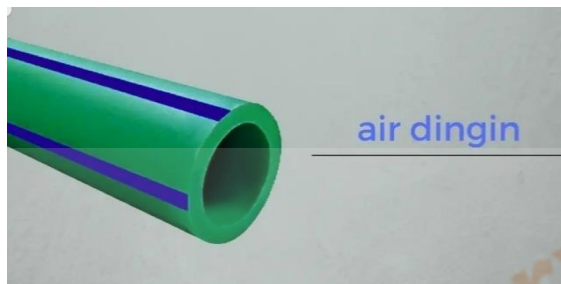
Gambar 2.6 Pipa Wavin PN 20

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 2.14** berdasarkan klasifikasi kelas PN (*pressure nominal*)

Tabel 2.14 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

2.6.6 Pompa

Pompa adalah suatu peralatan mekanik yang digerakkan oleh tenaga mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan (fluida) dari suatu tempat ketempat lain, di mana cairan tersebut hanya mengalir apabila terdapat perbedaan tekanan. Pompa juga dapat diartikan sebagai alat untuk memindahkan energi dari pemutar atau penggerak ke cairan ke bejana yang bertekanan yang lebih tinggi. Selain dapat memindahkan cairan pompa juga berfungsi untuk meningkatkan kecepatan, tekanan dan ketinggian cairan.

Adapun bentuk pompa bermacam- macam, dengan demikian maka pompa dalam pelayanannya dapat diklasifikasikan menurut (Catur Budi Artayana & Indra Atmaja, 2010):

1. Pemakaian.
2. Prinsip kerjanya.
3. Cairan yang dialirkan
4. Material atau bahan konstruksinya.

2.6.6.1 Klasifikasi Pompa

Pompa bekerja karena adanya perbedaan tekanan antara sisi masuk dan sisi keluar oleh elemen bergerak pada pompa seperti piston, plunyer, lobe, impeler. Berdasarkan kepada mekanisme konversi energinya, pompa secara umum diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu (Mahmudi, 2015):

1. pompa tekanan statik atau pompa perpindahan positif (*positive displacement pump*)
 - a. Pompa bolak-balik (resiprok)
 - Pompa torak
 - Pompa plunyer
 - Pompa diagframa
 - b. Pompa Berputar (rotari)
 - Pompa roda gigi
 - Pompa ulir/sekrop

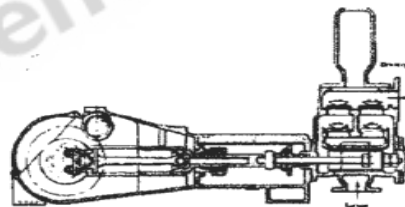
- Pompa *vane*
2. Pompa tekanan dinamik atau pompa dinamik (*dynamic pump*)
 - a. Pompa berputar (sentrifugal)
 - b. Pompa tak berputar

2.6.6.1.1. Pompa Perpindahan Positif (*positive displacement pump*)

Pompa Perpindahan Positif (*positive displacement pump*) sering disebut juga dengan pompa tekanan statik adalah pompa yang mengalirkan zat cair dengan kapasitas atau debit tetap terhadap perubahan/variasi tekanan atau head, dan fluida berpindah karena menerima dorongan/desakan (Mahmudi, 2015).

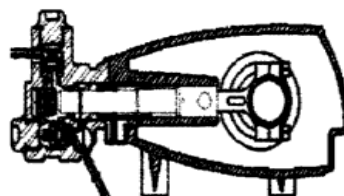
2.6.6.1.1.a. Pompa Bolak-balik atau Resiprok

Pompa bolak-balik atau resiprok adalah pompa yang mengubah energi mekanis poros dari penggerak pompa menjadi energi aliran dari zat cair yang dipindahkan dengan menggunakan elemen yang bergerak bolak-balik dalam silinder. Pompa bolak-balik umumnya digunakan untuk pemompaan cairan kental dan sumur minyak (Mahmudi, 2015).



Gambar 2.9.a Pompa Piston/torak

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

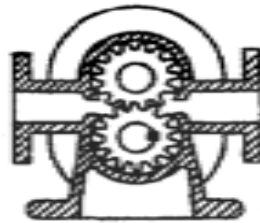


Gambar 2.9.b Pompa Plunyer

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

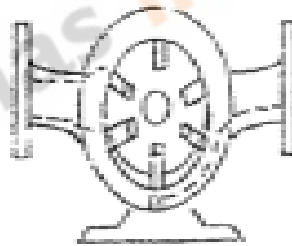
2.6.6.1.1.b. Pompa Rotari

Pompa rotari merupakan pompa dimana energi dari mesin penggerak ditransmisikan dengan menggunakan elemen yang berputar di dalam rumah pompa (*casing*). Pompa-pompa tersebut digunakan untuk layanan khusus dengan kondisi khusus yang ada di lokasi industri. Seluruh pompa jenis perpindahan positif termasuk pompa rotari, jika pipa pengantarnya tersumbat, tekanan akan naik ke nilai yang sangat tinggi dimana hal ini dapat merusak pompa. Berikut **Gambar 2.10** jenis-jenis pompa rotari (Mahmudi, 2015).



Gambar 2.10.a Pompa Roda Gigi

Sumber : Sularso & Tahara, 2000



Gambar 2.10.b Pompa Vane

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

2.6.1.1. Pompa Tekanan Dinamik atau Pompa Dinamik (*Dyanamic Pump*)

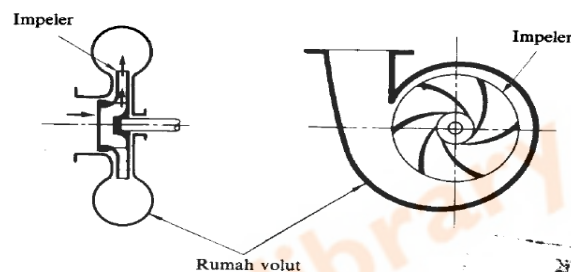
Pompa tekanan dinamik adalah pompa yang mengalirkan zat cair dengan kapasitas atau debit bervariasi bergantung pada tekanan atau *head*, dan fluida berpindah karena kecepatan/perubahan aliran. Pompa jenis ini menambahkan energi fluida dengan menaikkan kecepatannya, yang selanjutnya mengubahnya menjadi energi tekan dengan melewatkannya pada sebuah saluran yang meluas.

2.6.6.1.2.a. Pompa sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran zat cair yang keluar dari mullper akan melalui sebuah bidang tegak lurus pompa impeller dipasang kopling untuk meneruskan daya dari pengerak. Pompa sentrifugal digolongkan menjadi pompa volut dan difuser (Sularso & Tahara, 2000).

a. Pompa *Volut*

Aliran yang keluar dari impeler pompa ditampung didalam (rumah spiral), yang selanjutnya akan menyalurkan ke nosel keluar. Berikut Gambar 2.11 Pompa Volut

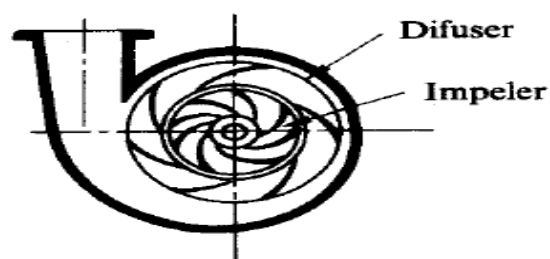


Gambar 2.10 Pompa Volut

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

b. Pompa Difuser

Pompa difuser mempunyai difuser yang dipasang mengelilingi impeler, kegunaan dari difuser ini adalah untuk menurunkan kecepatan aliran yang keluar dari impeler, sehingga energi kinetik aliran dapat diubah menjadi energi tekanan secara efisien. Pompa difuser dipakai untuk memperoleh *head* total yang tinggi. Berikut Gambar 2.11 Pompa Difuser

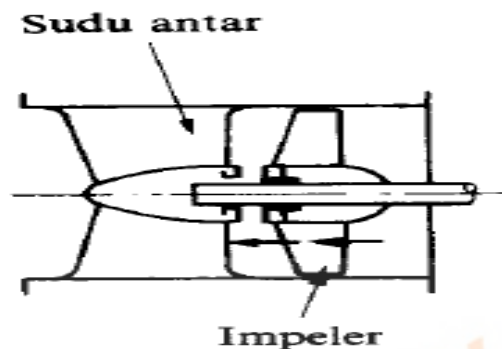


Gambar 2.11 Pompa Difuser

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

1. Pompa Aksial

Jenis pompa ini dipakai untuk *head* yang lebih rendah, aliran didalam pompa ini mempunyai arah aksial (sejajar poros) seperti pada gambar 2.12 Untuk mengubah *head* kecepatan menjadi *head* tekanan dipakai sudu antar yang sebagai difuser.



Gambar 2.12 Pompa Aliran Aksial

Sumber : Sularso & Tahara, 2000

2. Pompa *Booster* atau Pompa Tekan

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 yang secara teknis sulit dijangkau dengan maksimal jika hanya menggunakan pompa air sumur dengan spek total *head* yang rendah. Seperti pada bangunan rumah tingkat lebih dari 3 lantai atau gedung tinggi lainnya, karena pada umumnya memiliki tangki atas (*roof tank*) yang berada pada posisi tertinggi. Maka penggunaan pompa ini sudah lazim digunakan sebagai penyuplai air agar memperoleh debit yang maksimal. Kondisi tertentu, pompa booster juga berfungsi sebagai penambah tekanan air dari tangki atas (*roof tank*) menuju pipa distribusi jika area yang ingin dilayani cukup banyak dan kemungkinan akan bekerja secara bersamaan ketika membuka kran air.

2.6.6.2 Gangguan Kerja Pompa

Gangguan kerja mempengaruhi kondisi peralatan sehingga peralatan tidak beroperasi sesuai dengan baik. Gangguan sering terjadi pada pompa, sebagai berikut (Sularso & Tahara, 2000):

1. Pompa sukar dipancing.
2. Pompa tidak berputar setelah power dinyalakan.
3. Pompa berputar tetapi air tidak mau keluar atau aliran kurang besar.
4. Motor mengalami pembebanan lebih
5. Bunyi dan getaran terlalu besar.

Gangguan kerja tersebut dapat terjadi sewaktu-waktu, untuk itu perlu terhadap setiap gangguan direncanakan bagaimana penanggulangan yang dilakukan tersebut.

2.6.6.3 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):

$$P = \frac{Q \times \rho \times g \times H}{\eta_p} = \text{KW}$$

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 (%)

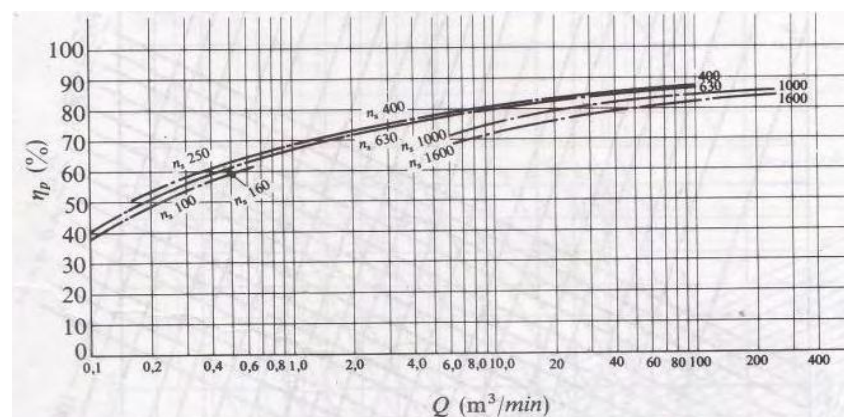
2.6.6.3.a Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa merupakan perbandingan daya yang diberikan pompa kepada fluida dengan daya yang diberikan motor listrik kepada pompa. Efisiensi total pompa dipengaruhi oleh efisiensi hidrolis, efisiensi mekanis dan efisiensi *volumetric* (Noerbambang & Morimura, 2005).

- Efisiensi Hidrolis
Efisiensi hidrolis merupakan perbandingan antara *head* pompa sebenarnya dengan *head* pompa teoritis.
- Efisiensi Volumetris
Kerugian volumetris disebabkan adanya kebocoran aliran setelah melalui impeler, yaitu adanya aliran balik menuju sisi isap.
- Efisiensi Mekanis
Besarnya efisiensi mekanis sangat dipengaruhi oleh kerugian mekanis yang terjadi disebabkan oleh gesekan pada bantalan, gesekan cakra dan gesekan pada paking.

Menentukan nilai efisiensi pompa dengan cara sebagai berikut:

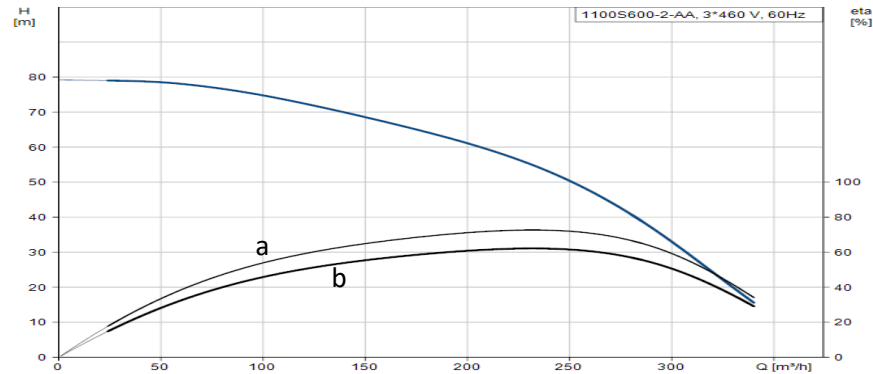
- Menggunakan nilai debit air yang diperoleh kemudian diplotkan pada grafik kurva efisiensi standar. Dapat dilihat pada **Gambar 2.13** (Sularso & Tahara, 2000).



Gambar 2.13 Grafik Kurva Efisiensi Standar Pompa

Sumber: Sularso & Tahara, 2000

- b. Nilai efisiensi dengan meng-input nilai debit air dan *head* total yang di peroleh. Dapat dilihat pada **Gambar 2.14** (Grundfos, 2019).



Gambar 2.14 Grafik Kurva Efisiensi Pompa Grundfos

Sumber: Grundfos, 2019

- Keterangan : (a) Efisiensi pompa
(b) Efisiensi pompa + motor

Menghitung daya pompa, perlu mencari head total dengan menggunakan rumus:

$$\text{Head Total} = H_s + H_L + H_V = m$$

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:

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

Keterangan:

H_L = Kerugian gesek pipa (bar)

Q = Kapasitas pompa (m³/detik)

C = Koefisien gesek pipa

D = Diamter pipa (m)

H_V = Head Velocity, rumus yang digunakan:

$$H_V = \frac{v^2}{2 \times g} = m$$

Keterangan:

$H_V = \text{Head Velocity (m)}$

$V = \text{Kecepatan aliran air/ velocity (m/detik)}$

$g = \text{Percepatan gravitasi (9,8 m/ detik}^2\text{)}$.

2.6.7 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 $1,0 \text{ kg/cm}^2$, sedangkan tekanan *static* sebaiknya antara $4,0\text{--}5,0 \text{ kg/cm}^2$ untuk perkantoran, tekanan $2,5\text{--}3,5 \text{ kg/cm}^2$ untuk hotel dan perumahan.

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi dapat menambahkan timbulnya pukulan air dan menimbulkan suara bersisik. Biasanya digunakan standar kecepatan sebesar $0,9\text{--}1,2 \text{ m/detik}$, dan batas maksimumnya antara $1,5 \text{ m/detik}$ sampai dengan $2,0 \text{ m/detik}$ (Noerbambang & Morimura, 2005). Berikut **Tabel 2.15** Tekanan yang dibutuhkan alat plambing.

Tabel 2.15 Tekanan yang Dibutuhkan Alat Plambing

Nama Alat Plambing	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	0,25-0,7	

bahan bakar gas

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):

- H_{elevasi} , yaitu kehilangan tekanan akibat adanya perbedaan elevasi pipa (m)

$$H_{\text{elevasi}} \text{ (m)} = \text{Elevasi awal} - \text{elevasi akhir}$$

- H_{loos} , yaitu kehilangan tekanan akibat adanya gesekan pada pipa (mm)

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

Keterangan:

H_L = Kerugian gesek pipa (m)

Q = Laju aliran (Liter/detik)

C = Koefisien kekasaran pipa

D = Diameter pipa (m)

Leq = Panjang pipa ekivalen (m)

- H_{velocity} , kehilangan tekanan akibat adanya laju aliran air (m)

$$H_v = \frac{v^2}{2 \times g}$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/detik²)

- $Head \text{ Total} = H_{\text{elevasi}} + H_{\text{loos}} + H_{\text{velocity}} + \text{tekanan yang dibutuhkan}$

2.7 Perencanaan Sistem Air Limbah

Air limbah adalah air bekas (*grey water*) dan air kotor (*black water*) yang berasal dari hasil limbah 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).

2.7.1 Jenis Air Limbah

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

1. Air kotor yaitu air limbah yang berasal dari kloset, peturasan, dan air buangan mengandung kotoran manusia.
2. Air bekas yaitu air limbah 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 limbah 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. Air buangan yang mengandung lemak berasal dari restoran. Selain jenis – jenis tersebut, air kotor dan air bekas sering disebut air buangan sehari – hari karena keduanya berasal dari kehidupan sehari – hari.

2.7.2 Klasifikasi Sistem Pembuangan

Sistem pembuangan air umumnya dibagi dalam beberapa klasifikasi menurut jenis air buangan, cara membuang air, dan sifat-sifat dari lokasi dimana saluran itu akan dipasang (Noerbambang & Morimura, 2005).

2.7.2.1 Klasifikasi Menurut Jenis air Limbah

Air limbah atau air buangan (*waste water*) yaitu semua cairan yang dibuang baik yang mengandung kotoran manusia, hewan, bekas tumbuh-tumbuhan maupun yang mengandung sisa-sisa proses air buangan dapat dibagi menjadi 5 golongan yaitu (Noerbambang & Morimura, 2005):

1. Sistem pembuangan air kotor adalah sistem pembuangan, yang dilalui air kotor dari kloset, peturasan, dan lain-lain dalam gedung dikumpulkan dan dialirkan keluar
2. Sistem pembuangan air bekas adalah sistem pembuangan di mana air bekas
3. Sistem pembuangan air hujan adalah sistem pembuangan di mana hanya air dialirkan keluar dalam gedung dikumpulkan dan dialirkan ke luar hujan dari atap gedung dan tempat lainnya dikumpulkan dan dialirkan ke luar
4. Sistem air buangan khusus yaitu hanya untuk air buangan khusus, perlu disediakan peralatan pengolahan yang tepat pada sumbernya dan baru kemudian dimasukkan ke dalam riol umum
5. Sistem pembuangan air dari dapur yaitu khusus untuk air buangan yang berasal dari bak cuci di dapur.

2.8.2.2 Klasifikasi Menurut Cara Pembuangan Air

Klasifikasi menurut cara pembuangan air adalah sebagai berikut:

- Sistem pembuangan air campuran yaitu sistem pembuangan, dimana segala macam air buangan dikumpulkan ke dalam satu saluran dan dialirkan keluar gedung, tanpa memperhatikan jenis air buangannya.
- Sistem pembuangan terpisah yaitu sistem pembuangan, dimana setiap jenis air buangan dikumpulkan dan dialirkan ke luar gedung secara terpisah.
- Sistem pembuangan tak langsung yaitu sistem pembuangan, dimana air buangan dari beberapa lantai gedung bertingkat digabungkan dalam satu kelompok. Pada setiap akhir gabungan perlu dipasang pemecah aliran.

2.8.2.3 Klasifikasi Menurut Cara Pengaliran

Klasifikasi menurut cara pengaliran adalah:

- Sistem gravitasi, dimana air buangan mengalir dari tempat yang lebih tinggi secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.
- Sistem bertekanan, dimana saluran umum letaknya lebih tinggi dari letak alat- alat plambing, sehingga air buangan dikumpulkan lebih dahulu dalam suatu bak penampung kemudian dipompakan ke luar ke dalam riol umum.

2.8.3 Kemiringan Pipa

Sistem pembuangan harus mampu mengalirkan cepat air buangan dengan cepat. Oleh karena itu, pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup, sesuai dengan banyaknya dan jenis air buangan yang harus dialirkan.

2.8.4 Laju Aliran Air

Kecepatan terbaik dalam pipa berkisar antara 0,6 sampai 1,2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol gedung dapat dibuat lebih landai asal kecepatan tidak kurang dari 0,6 m/detik. Kalau kurang, kotoran dalam air buangan dapat mengendap yang pada akhirnya akan dapat menyumbat, sebaliknya kalau terlalu cepat akan menimbulkan turbulensi pada aliran

Pipa ukuran kecil akan mudah tersumbat karena endapan kotoran dan kerak, walaupun dipasang dengan kemiringan yang cukup. Oleh karena untuk jalur yang panjang, ukuran pipa sebaiknya tidak kurang dari 50 mm.

2.7.5 Dasar perhitungan

2.7.5.1 Penentuan Beban Alat Plambing

Nilai unit beban alat plambing (UBAP) yang tercantum dalam tabel 2.16 harus digunakan untuk menghitung jumlah beban pada pipa air limbah (SNI 8153-2015).

Tabel 2.16 Unit Beban Alat Plumbing Air Limbah

No	Peralatan atau Perlengkapan	Unit Beban Alat Plumbing		
		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	<i>Sink/ bak</i>			
	Bar	1,0	-	-
	Klinik	-	6,0	6,0
	Bak cuci dapur untuk rumah tangga dengan atau tanpa unit penggerus sisa makanan	2,0	2,0	-
	Kran pencuci, setiap set kran		2,0	2,0
9	Urinal, perangkat terpadu 3,8 LPF	2,0	2,0	5,0
10	Urinal, perangkat terpadu > 3,8 LPF	2,0	2,0	6,0
11	Urinal Perangkat <i>exposed</i>	2,0	2,0	5,0
12	Kloset, tangki gelontor 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
13	Kloset, tangki pembilas 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
14	Kloset, katup pembilas 6LPF (Liter per flush)	3,0	4,0	6,0
15	Kloset, tangki gelontor > 6LPF (Liter per flush)	4,0	6,0	8,0
16	Kloset, flushmeter > 6LPF	4,0	6,0	8,0

Sumber: SNI 8153- 2015 Sistem Plumbing pada Bangunan Gedung

2.7.5.2 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):

- Kedalaman air penutup biasanya berkisar antara 50 mm sampai 100 mm

- Konstruksinya dibuat sedemikian rupa agar dapat selalu bersih dan tidak menyebabkan kotoran tertahan atau mengendap.
- 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
- Kontruksi perangkat harus dipasang cukup sederhana agar membersihkannya karena endapan kotoran lama kelamaan tetap akan terjadi
- Konstruksinya harus mampu secara efektif memisahkan lemak, minyak, pasir dari air buangan
- Konstruksi harus sedemikian rupa agar mudah dibersihkan.

2.7.5.3 Penentuan Diameter Pipa Air Buangan

Penentuan diameter pipa air buangan dapat tentukan 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 2.17.**

Tabel 2.17 Diameter Unit Alat Plumbing yang Diizinkan untuk Perpipaan Air Limbah

Diameter Pipa (mm)	Beban maksimum UBAP (unit beban alat plumbing) 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

2.7.5.4. Diameter Pipa PVC Standar JIS (*Japanes Industrial Standar*)

Diameter pipa pasaran untuk air limbah 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, 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 1^{1/2} inch hingga 12 inch dengan panjang standar sampai 4 meter. Dapat dilihat pada **Tabel 2.18**.

Tabel 2.18 Diameter Pipa PVC Standar JIS

Diameter	
Inch	Mm
1 ^{1/2}	48
2	60
2 ^{1/2}	76
3	89
4	114
5	140
6	165
8	216
10	267
12	318

Sumber: PVC Standar JIS, 2019

2.8 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 perangkat dari efek sifon atau tekanan.

Karena tujuan utamanya adalah menjaga agar perangkat 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.

2.8.1 Hilangnya Sekat Air dan Perlunya Vent

Hilangnya sekat air terjadi pada waktu muka air dalam perangkat 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 2.15**

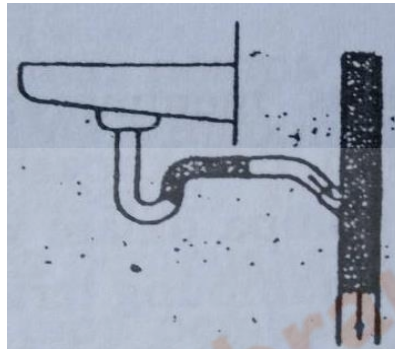


Gambar 2.15 Efek Sifon-Sendiri

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

2. Efek Hisapan

Efek Hisapan 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 dibawahnya. Akibatnya, dalam perangkap alat plambing dapat timbul tekanan vakum yang akan menghisap air dalam perangkap. Dapat dilihat pada **Gambar 2.16**.

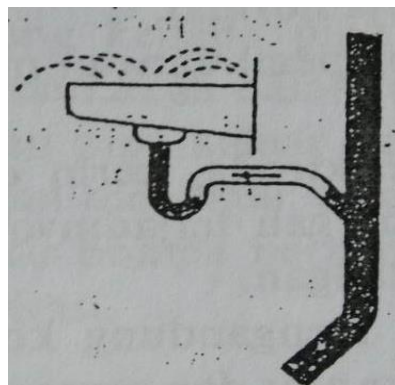


Gambar 2.16 Efek Isap

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 2.17**.

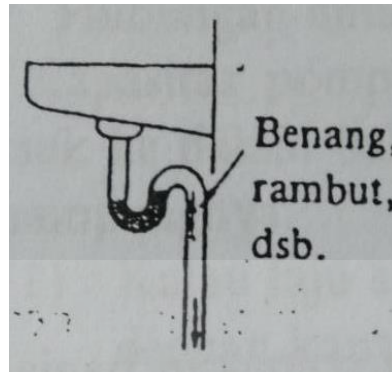


Gambar 2.17 Efek Tiupan

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 terbuang. Dapat dilihat pada **Gambar 2.18**.

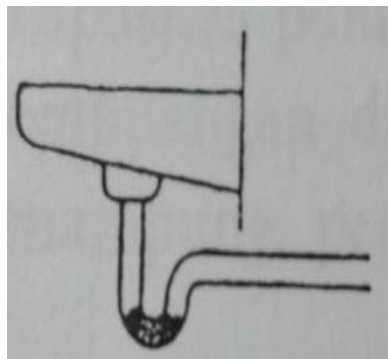


Gambar 2.18 Efek Kapiler

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 kedalaman sekat 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 2.19**.



Gambar 2.19 Efek Penguapan

Sumber : Noerbambang & Morimura, 2005

6. Efek Momentum

Efek Momentum, biasanya jarang terjadi. Efek ini bisa timbul kalau ada pembuangan air mendadak atau terjadi perubahan tekanan yang cepat dalam pipa pembuangan.

2.8.2 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

Pada 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. Pada 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 (apartemen).

d. *Vent* Bersama

Pipa *vent* ini adalah satu pipa ven yang melayani perangkap 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 ven yang juga menerima air buangan berasal dari alat plambing selain kloset. Sistem dimana pipa pembuangan juga berfungsi sebagai pipa ven. 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 kepada pipa tegak *vent* setelah dipasang mendatar dibawah lantai. Sistem *vent* balik diterapkan kalau pipa *vent* tunggal tidak dapat disambung ke pipa *vent* lainnya yang lebih tinggi ataupun langsung dibuka ke udara luar, sehingga harus dibelokkan kebawah lebih dahulu.

h. Pipa *Vent Yoke* / *Vent* Penghubung

Sistem *vent 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.

2.8.3 Persyaratan untuk Pipa Vent

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

A. Kemiringan untuk pipa *vent*

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

B. Cabang pada pipa *vent*

Pada 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.

C. 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.

2.8.4 Penentuan Diameter Pipa Vent

2.8.4.1 Ketentuan umum

1. Ukuran pipa *vent* lup dan pipa *vent* sirkit
 - a. Ukuran pipa *vent* lup dan pipa *vent* sirkit minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter cabang mendatar pipa buangan atau pipa tegak *vent* yang disambungkannya;
 - b. Ukuran pipa *vent* lepas minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter cabang mendatar pipa pembuangan yang dilayaninya;

2. Ukuran *vent* pipa tegak

Ukuran *vent* pipa tegak tidak boleh kurang dari ukuran pipa tegak air buangan yang dilayaninya dan selanjutnya tidak boleh diperkecil ukurannya sampai ke ujung terbuka;

3. Ukuran *vent* tunggal

Ukuran *vent* pipa tunggal minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter pipa pengering alat plambing yang dilayani;

4. Ukuran pipa *vent* pelepas offset

Ukuran pipa *vent* pelepas untuk offset pipa pembuangan harus sama dengan atau lebih besar dari pada diameter pipa tegak *vent* atau pipa tegak air buangan (yang terkecil di antara keduanya)

5. Ukuran pipa *vent* yoke

Ukuran pipa *vent* yoke harus sama dengan atau lebih besar dari pada diameter pipa tegak *vent* atau pipa tegak buangan (yang terkecil di antara keduanya);

6. Pipa *vent* untuk bak penampung

Ukuran pipa *vent* untuk bak penampung air buangan minimum harus 50 mm.

2.8.4.2 Penentuan diameter

Ukuran pipa ven 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 2.19** ukuran pipa tegak *vent* dan cabang.

Tabel 2.19 Ukuran dan Panjang Tegak *Vent*

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

Ukuran pipa tegak air kotor atau air buangan	Unit alat plambing yang dihubungkan	Ukuran Pipa Vent yang disyaratkan							
		32	40	50	65	80	100	125	150
		Panjang Ukur Maksimum Pipa Vent (m)							
50	20	7	15						
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	200			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

Diameter ukuran pipa vent lup dan vent sirkit harus berukuran sekurang-kurangnya 32 mm dan tidak kurang dari setengah diameter cabang mendatar pipa buangan. Sedangkan ukuran pipa vent minimum 32 mm dan tidak boleh kurang dari setengah kali diameter cabang mendatar pipa pembuangan yang dilayani, kecuali vent individu 40 mm boleh dipasang pada kloset atau alat plambing sejenis yang dilengkapi dengan saluran pembuangan berdiameter 100 mm.

Diameter pipa vent tegak tidak boleh kurang dari ukuran pipa tegak air buangan yang dilayani dan tidak boleh diperkecil sampai ke ujung terbuka.

2.9 Pendingin Ruangan / *Air Conditioner* (AC)

Air Conditioner (AC) adalah suatu mesin yang digunakan untuk mendinginkan udara dengan cara mensirkulasikan gas *refrigerant* berada di pipa yang ditekan dan dihisap oleh kompresor (Daryanto, 2017).

2.10.1 Bagian-bagian AC

- *Compressor*
Berfungsi untuk memompa gas *refrigerant*
- *Recervoir*
Berfungsi untuk menyimpan gas dari *condensor* sebelum dialirkan ke *compressor*.
- *Condensor*
Berfungsi untuk tempat pembuangan temperatur panas
- *Evaporator*
- Berfungsi untuk tempat pembuangan temperatur dingin
- *Filter Dryer*
Berfungsi sebagai penyaring sisa-sisa kotoran gas dan oli.

2.9.2 Jenis-jenis *air conditioner*

Berikut jenis-jenis *air conditioner* (AC) (Daryanto, 2017).

1. *Window and through the wall air conditioner*

Merupakan AC yang biasa digunakan sebagai penyejuk ruangan di sebuah rumah. Berbentuk persegi panjang dan diletakkan di dinding atau dekat jendela.

2. *Portable air conditioner*

Merupakan AC yang berbentuk box berukuran besar dan memiliki beberapa roda sehingga dapat dengan mudah dipindahkan dari satu ruangan ke ruangan yang lainnya.

3. *Central air conditioner*

Merupakan suatu sistem penyejuk ruangan yang menggunakan pipa untuk mendistribusikan udara dingin ke setiap ruangan dalam sebuah bangunan. AC ini banyak digunakan pada gedung pusat bisnis. Kelebihan dari AC

jenis ini adalah di dalam pemrosesan udara dingin terjadi penyaringan udara dari berbagai polutan mikroskopis dan menghasilkan tingkat kebisingan yang rendah. Namun penggunaan pipa sebagai pendistribusikan udara dingin dapat menyebabkan perkembangbiakan mikroorganisme yang berbahaya.

4. *Ductless, duct-free, atau mini split air conditioner*

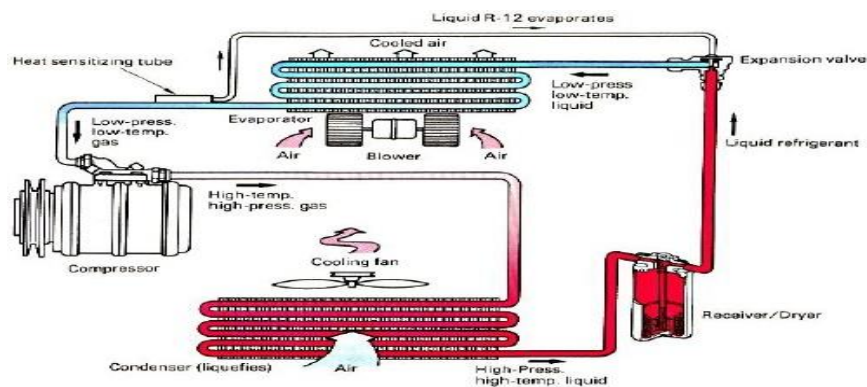
Merupakan AC yang mengkombinasikan beberapa karakteristik dari central air conditioner dengan beberapa karakteristik dari window atau through-the-wall-units. Sama seperti window air conditioner, ductless mini split air conditioner tidak menggunakan pipa saluran dan setiap ruangan pada suatu gedung dapat memiliki pengatur suhunya. Tetapi, sama seperti central air conditioner, AC ini tidak dipasang di dinding ataupun di jendela dan meletakkan kompresor sebagai sumber kebisingan di luar ruangan.

5. *Split Air Conditioner*

AC *split* adalah AC yang evaporator dan kondensator berada di 2 mesin yang berbeda. Evaporatornya terletak di dalam ruangan. Sedangkan kondensornya terletak di luar ruangan. AC split memisahkan sisi panas dan sisi dingin sistem.

2.9.3 Prinsip Kerja Air Kondensasi (AC)

Prinsip kerja dari air kondensasi (AC) dapat dilihat pada Gambar dibawah:



Gambar 2.20 Prinsip Kerja AC

Sumber: *Daryanto, 2017*

Kompresor AC yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memanfaatkan fluida kerja (*refrigerant*), jadi *refrigerant* yang masuk ke dalam

kompresor AC dialirkan ke kondensor yang kemudian dimanfaatkan di kondensor. Dibagian kondensor ini *refirgerant* akan berubah fase *refrigerant* fase uap menjadi *refrigerant* fase cair, maka *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung di dalam *refigerant*.

Prinsip AC melibatkan siklus refrigerasi, yakni udara didinginkan oleh *refrigerant* / pendingin (*freon*), lalu *freon* ditekan menggunakan kompresor sampai tekanan tertentu dan suhunya naik, kemudian didinginkan oleh udara lingkungan sehingga mencair. Proses tersebut berjalan berulang-ulang menjadi suatu siklus yang disebut siklus pendingin pada udara yang berfungsi mengambil kalor dari udara dan membebaskan kalor keluar ruangan. Berikut **Tabel 2.20**. kualitas air kondensasi (AC).

Tabel 2.20 Kualitas Air Kondensasi (AC)

Parameter	Nilai Minimum	Nilai Maksimum
Alkalinitas (mg/L), HCO ₃	0	62,9
Alkalinitas Total	8,53	62,9
TDS (mg/L)	28,8	88,4
Kekeruhan (NTU)	5	0,77
Suhu C	21	22,1
Almunium	0,97	8,3
pH	4,36	6

Sumber: Handayani, 2014

2.10 Air Limbah

Air limbah merupakan kombinasi dari cairan dan buangan cair yang dihasilkan dari kegiatan pemukiman, perkantoran, apartemen dan industri (Metcalf & Eddy, 2003)

2.10.1 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 di dalam limbah cair domestik yang sistem pengumpul dan pengolahannya bergabung dengan kotoran manusia.

2.10.2 Pengolahan Air Limbah

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

- a. Unit Operasi Fisika

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

- b. 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.

- c. Unit Proses Biologi

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

2.10.3 Sumber Limbah Apartemen

Sumber limbah cair apartemen adalah *grey water* dan *black water* yang di hasilkan dari (Thaniagustine, 2014):

1. Limbah kamar mandi dan toilet.

2. Limbah dari kegiatan di dapur/ *restaurant*
3. Limbah dari pencucian/ *laundry*

Karakteristik limbah cair perhotelan relatif sama seperti limbah cair domestik dari pemukiman, karena aktivitas-aktivitas yang ada apartemen relatif sama seperti aktivitas yang ada di lingkungan pemukiman. Sementara jumlah limbah yang dihasilkan dari apartemen tergantung dari jumlah kamar yang ada dan tingkat huniannya. Disamping itu juga di pengaruhi oleh fasilitas tambahan yang ada apartemen tersebut. Limbah apartemen pada umumnya mempunyai sifat-sifat sebagai berikut (Thaniagustine, 2014):

1. Senyawa fisik:
 - Berwarna
 - Mengandung padatan
2. Senyawa Kimia
 - A. Kimia organik:
 - Mengandung karbonhidrat.
 - Mengandung minyak dan lemak.
 - Mengandung protein.
 - Mengandung deterjen dan sabun
 - B. Kimia inorganik:
 - Mengandung alkalinity.
 - Mengandung klorida.
 - Mengandung nitrogen.
 - Mengandung fospor.
3. Senyawa biologi:
 - Mengandung protista dan virus.

2.10.4 Parameter Air Buangan Kegiatan Apartemen

Air buangan yang dihasilkan dari kegiatan pada gedung apartemen berupa *grey water* dan *black water*. Hasil air buangan ini dapat diolah kembali atau dibuang

dengan melalui tahapan proses terlebih dahulu. Berikut Tabel 2.21 Parameter dan hasil air limbah pada gedung apartemen (Thaniyagustine,2014)

Tabel 2.21 Parameter dan Hasil Air Limbah Gedung Apartemen

Nomor	Parameter	Hasil Air Buangan (mg/L)
1	BOD	100-300
2	COD	200-400
3	Minyak dan lemak	50-100
4	TSS	100-200

Sumber:Thaniyagustine, 2014

2.10.5 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 (Tchobanoglous, 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 limbah.

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. (Tchobanoglous, 2003).

Sewage Treatment Plant (STP) adalah sebuah sistem pengolahan air limbah menjadi air bersih kelas 3, 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 *septic tank*, 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*. Inti dari 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 3.

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* Biofit/ 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. 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 diperuntukan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel 2.22 Baku Mutu Air limbah dan STP

Nomor	Parameter	*STP (mg/L)	**Baku Mutu (mg/L)
1	BOD	50	12
2	COD	80	100
3	Minyak dan Lemak	10	-
4	TSS	50	400
5	pH	6-9	5-9

Sumber: (*) STP Biotech, 2019

(**) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air 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 PP Nomor 82 tahun 2001, berikut **Tabel 2.23** Perbandingan Karakteristik Air Buangan dengan baku mutu yang dipersyaratkan.

Tabel 2.23 Perbandingan Karakteristik Air Buangan

No	Parameter	Hasil Air Buangan (mg/L)	Kualitas Air Buangan (mg/L) (* 1)	Baku Mutu (mg/L) (* 2)	Kualitas Hasil Olahan STP (mg/L)
1	BOD	100-300	100	12	50
2	COD	200-400	-	100	80
3	Minyak dan lemak	50-100	10	-	10
4	TSS	100-200	100	400	50
5	pH	-	6-9	5-9	6-9

Sumber: 1) Permen LH Nomor 5 Tentang Baku Mutu Air Limbah, 2014

2) Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air kelas 4

2.10.6 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 2.21** STP *Biotech* type BG-Series



Gambar 2.21 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 2.22** STP type RC-Series.



Gambar 2.22 STP type RC-Series

Sumber: *Biogreen*, 2019

- STP type RCX – Series (*Biogreen*, 2019)

STP ini membantu mengatasi 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 olahan sudah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

STP dengan jenis ini mampu mengolah semua limbah rumah tangga dari segala jenis tipe bangunan termasuk: apartemen, hotel, mall, perkantoran, rumah sakit, sekolah. Berikut **Gambar 2.23** STP type RCX-Series.



Gambar 2.23 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 dilindungi dari pencemaran domestik. STP ini memiliki 2 media biofilter yaitu PVC Honeycom dan Media BIOBALL yang dapat mengolah limbah tinja menjadi cair serta dilengkapi tabung desinfektan. Volume pada jenis STP ini 5 – 46 m³. Berikut **Gambar 2.24** STP *Biofive* RCX Series (Anaerob system)



Gambar 2.24 STP *Biofive* RCX Series (Anaerob system)

Sumber: *Biofive*, 2019

- STP *Biofive* BFV Series (Body Filament Winding 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 pengurai 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 2.24** Daftar Spesifikasi STP *Biotech*.

Tabel 2.24 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

2.10.7 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

Tangki ini penguraian partikel organik oleh mikroorganisme tanpa menggunakan oksigen dengan menggunakan media *bioball*.

3. Tahap Aerobik

Tangki ini akan terjadi penguraian partikel organik oleh mikroorganisme pengurai secara aerob dengan bantuan mesin blower. Pada tahap ini dilengkapi dengan media sel A dan media sel 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

Bak klorinasi ini air limbah direaksikan dengan Senyawa klor untuk membunuh senyawa mikroorganisme patogen.

3. Alat Plambing Hemat Air

Penggunaan alat plambing yang dapat mengurangi pemakaian air bersih, akan berdampak pada ketersediaan air bersih tanpa menghilangkan atau mengurangi fungsi dari alat plambing tersebut. *Green Building Council* Indonesia membuat aturan untuk penghematan air, salah satunya dengan pemakaian alat plambing hemat air.

3.1. Jenis-jenis Alat Plambing Hemat Air

3.1.a. Water Closet (WC)

Penggunaan air pada alat plambing WC harus mampu mengalirkan air buangan jenis *black water*. Pemakaian air pada alat plambing WC dengan satu kali

pemakaian sebesar 13-16,5 liter (Noerbambang & Morimura, 2005), dengan adanya *green building* pemakaian air alat plambing WC dapat berkurang dengan 1 kali pemakaian <6L/flush (GBCI, 2013). Produsen alat plambing dari TOTO menyediakan alat plambing jenis WC dengan pemakaian air 4,5 / 3 L, dengan pemakaian air 4 liter untuk pemakaian air banyak dan 3 liter untuk pemakaian air sedikit. Pemakaian sensor pada alat plambing WC berfungsi untuk flush (penggelontoran air) sehingga mencegah air pengeluaran air tanpa disengaja. Berikut salah satu contoh alat plambing WC dengan *automatic dual flush* (4,5 L / 3 L) dapat dilihat pada **Gambar 2.25**.



Gambar 2.25 *Water Closet Automatic Dual Flush*
Sumber: TOTO, 2019

3.1.b Lavatory

Penggunaan air pada alat plambing *lavatory* berdasarkan Norbambang & Morimura 10 liter untuk 1 kali pemakaian, dengan adanya *green building* pemakaian air alat plambing *lavatory* dengan 1 kali pemakaian harus <8 Liter dan penggunaan sensor pada alat plambing *lavatory* dapat mencegah pengeluaran air tanpa disengaja. Berikut contoh alat plambing *lavatory* dengan penggunaan sensor dapat dilihat pada **Gambar 2.26**



Gambar 2.26 *Lavatory Automatic Flush*
Sumber: TOTO, 2019

3.1.c Urinal

Penggunaan air pada alat plambing *urinal* berdasarkan Norbambang & Morimura 4,5-5 liter untuk 1 kali pemakaian, dengan adanya *green building* pemakaian air alat plambing *urinal* dengan 1 kali pemakaian harus <4 Liter dan penggunaan sensor untuk penggelontoran air pada alat plambing *lavatory* dapat mencegah pengeluaran air tanpa disengaja. Berikut contoh alat plambing *urinal* dengan penggunaan sensor dapat dilihat pada **Gambar 2.27**.



Gambar 2.27 *Urinal Automatic Flush*

Sumber: TOTO, 2019

3.1.d Shower

Penggunaan air pada alat plambing *shower* berdasarkan Norbambang & Morimura 24 - 60 liter untuk 1 kali pemakaian, dengan adanya *green building* pemakaian air alat plambing *urinal* dengan 1 kali pemakaian harus <9 Liter.

3.1.e Faucet

Penggunaan air pada alat plambing *faucet* berdasarkan GBCI harus < 8 Liter.

Jenis-jenis alat plambing yang memenuhi kriteria GBCI dalam penggunaan alat plambing hemat air, sudah masuk dalam kategori dan syarat untuk dipergunakan.