

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Plumbing adalah seni dan teknologi pemipaan dan peralatan untuk menyediakan air bersih ke tempat yang dikehendaki baik dalam hal kualitas, kuantitas dan kontinuitas yang memenuhi syarat dan membuang air bekas (kotor) dari tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya untuk mencapai kondisi higienis dan kenyamanan yang diinginkan (Pramuditya, 2010).

Kesehatan merupakan salah satu aset manusia yang sangat berharga. Menjaga kesehatan dapat dimulai dengan menjaga kesehatan lingkungan, baik lingkungan kerja maupun lingkungan pemukimannya. Dalam hal ini, fasilitas dalam gedung harus direncanakan dengan baik termasuk fasilitas sanitasi, mengingat aspek-aspek lingkungan harus diperhatikan agar tercapai lingkungan yang sehat (Gumilar, 2011).

Air bawah permukaan merupakan cadangan air bersih dalam jangka panjang yang dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi kebutuhan air bersih oleh penduduk setempat. Banyaknya pembangunan mengakibatkan penyempitan atau berkurangnya daerah resapan air, sehingga persediaan air dalam tanah menjadi sedikit. Dengan demikian, ketika musim kemarau tiba kuantitas air permukaan menjadi berkurang bahkan di beberapa tempat terjadi kekeringan (Hartanto, 2011).

Pembangunan di sektor air bersih penting, untuk meningkatkan prasarana, kuantitas air bersih disamping mempunyai kualitas sektor perkotaan, baik terhadap sektor kesehatan, sektor ekonomi dan sektor lain. Sumber Daya Alam yang sangat diperlukan oleh masyarakat untuk berbagai kepentingan salah satunya adalah air, sehingga air mempunyai fungsi sosial dan harus dimanfaatkan keuntungannya untuk kesejahteraan rakyat (Wahyudi, 2013).

Sistem plambing merupakan bagian yang tidak dapat terpisahkan dalam pembangunan gedung. Oleh karena itu, perencanaan dan perancangan plambing harus dilakukan secara bersamaan dan sesuai dengan tahapan-tahapan perencanaan dan perancangan gedung itu sendiri dengan memperhatikan secara seksama hubungannya dengan bagian-bagian konstruksi gedung serta peralatan (Imam, 2014).

Untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang optimal dibutuhkan perancangan instalasi yang baik. Untuk mengatasi keadaan ini, diperlukan pembangunan sistem distribusi air yang baik untuk menjamin ketersediaan air bersih bagi konsumen dengan merata dan evaluasi terhadap sistem penyediaan air bersih yang ada sekarang ini, terutama sistem jaringan pipa distribusinya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kendala-kendala yang mungkin terjadi pada jaringan pipa distribusi sehingga hal tersebut menyebabkan ketidaklancaran pendistribusian air bersih pada tiap lantai. (Susilo, 2014).

Serangkaian kegiatan penyediaan air bersih perlu memperhatikan beberapa faktor diantaranya analisis kebutuhan air bersih (*demand for water*), layout instalasi penyediaan air bersih, dan beberapa faktor lain seperti sosial ekonomi lingkungan populasi yang akan dilayani (Wijarnako, 2015).

Pada sistim air bersih, penyediaan air harus dapat mencapai daerah distribusi dengan debit, tekanan dan kuantitas yang cukup dengan kualitas air sesuai standar/higienis. Oleh karena itu perencanaan penyediaan air bersih harus dapat memenuhi jumlah yang cukup, higienis, teknis yang optimal dan ekonomis (Artayana dan Atmaja, 2010).

Pipa yang digunakan dalam perencanaan instalasi plambing harus memiliki diameter yang tepat agar mampu menyalurkan air dengan kecepatan yang sesuai. Jika memiliki diameter yang terlalu kecil maka kecepatan akan terlampaui besar yang dapat menimbulkan pukulan air, suara berisik pada pipa dan terkikisnya permukaan dalam pipa (Putra dkk., 2015).

Selain masalah tentang sumber air yang harus sesuai standar air bersih, masalah tekanan air pada pipa distribusi air bersih juga merupakan sesuatu yang sangat penting. Hal yang paling penting adalah debit air yang didistribusikan harus dapat memenuhi kebutuhan air pada gedung pada saat pemakaian normal ataupun pemakaian puncak (Wanggay, 2013).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Prosedur Perencanaan

Dalam merencanakan sistem plambing pada bangunan gedung untuk menyediakan air bersih, ada beberapa prosedur perencanaan yang dilakukan. Menurut Noerbambang dan Morimura (1991), dalam bukunya yang berjudul Perancangan Dan Pemeliharaan Sistem Plambing, prosedur perancangan sistem plambing meliputi:

a. Rancangan Konsep

Dalam menyiapkan rancangan konsep sistem plambing, hal-hal yang perlu diketahui yaitu:

- 1) Jenis dan penggunaan gedung
- 2) Denah bangunan
- 3) Jumlah penghuni

b. Penelitian Lapangan

Dalam tahap rancangan konsep, penelitian lapangan sangat penting disamping hal-hal yang disebut di atas.

Penelitian lapangan yang kurang memadai ataupun tidak lengkap tidak hanya akan menimbulkan kesulitan pada tahap awal perancangan, tetapi bahkan dapat menyebabkan terhambatnya pelaksanaan pemasangan instalasi.

c. Rencana Dasar

1) Masalah Umum

Dalam tahap ini disiapkan dasar-dasar perancangan, dengan menggunakan rencana konsep serta data yang perlu diperoleh dari peneliti lapangan. Antara lain perlu dilakukan:

- Pertemuan dengan pemilik gedung atau perancang gedung.
- Penyesuaian dengan persyaratan gedung maupun peralatan lainnya.

2) Pemilihan Peralatan

Setelah menetapkan dasar-dasar perancangan, jenis sistem plambing dapat dipilih, data untuk perhitungan perancangan dapat disiapkan dan jenis-jenis peralatannya dipelajari.

d. Rancangan Pelaksanaan

Berdasarkan rencana yang telah dibuat, kapasitas dan sistem perletakan peralatan plambing dipelajari lebih detail dengan menggunakan gambar-gambar pendahuluan denah bangunan.

Setelah rancangan pendahuluan diperiksa dan disetujui oleh pemilik gedung ataupun perancang gedung, perhitungan dan gambar-gambar dilaksanakan.

2.2.2. Sistem Dasar Penyediaan Air Bersih

a. Kualitas Air

Dalam penyediaan air bersih yang digunakan untuk manusia, kualitas air yang dihasilkan harus memenuhi syarat kesehatan yang ditetapkan oleh pemerintah, supaya air yang disediakan bisa digunakan dengan aman atau tidak membahayakan bagi penggunaannya. Ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan dalam sistem penyediaan air bersih yaitu menurut Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 441/KPTS/1998 adalah sebagai berikut:

- a. Kebutuhan air bersih untuk perumahan berkisar antara 60-250 liter/orang/hari, sedangkan untuk kelas bangunan lainnya disesuaikan dengan standar kebutuhan air bersih yang berlaku di Indonesia.
- b. Sumber air bersih pada bangunan harus diperoleh dari sumber air PAM (Perusahaan Air Minum), dan apabila sumber air bukan dari PAM, sebelum digunakan harus mendapat persetujuan dari instansi yang berwenang.

- c. Kualitas air bersih yang dialirkan ke alat plambing dan perlengkapan plambing harus memenuhi standar kualitas air minum yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang.
- d. Sistem distribusi air harus direncanakan sehingga dengan kapasitas dan tekanan air yang minimal, alat plambing dapat bekerja dengan baik.
- e. Apabila kapasitas dan atau tekanan sumber yang digunakan tidak memenuhi kapasitas dan tekanan minimal pada titik pengaturan keluar, maka harus dipasang sistem tanki persediaan air dan pompa yang direncanakan dan ditempatkan sehingga dapat memberikan kapasitas dan tekanan yang optimal.
- f. Bangunan yang dilengkapi dengan sistem penyediaan air panas, dimana pipa pembawa air panas dari sumber air panas ke alat plambing cukup panjang, maka harus dilengkapi dengan pipa sirkulasi. Pipa pembawa air panas yang cukup panjang tersebut harus dilapisi dengan bahan isolasi.
- g. Temperatur air panas yang keluar dari alat plambing harus diatur, maksimum 60° C, kecuali untuk penggunaan khusus.
- h. Bahan pipa yang digunakan dapat berupa *PVC*, *PE (poli-etilena)*, besi lapis *galvanis* atau Tembaga, mampu menahan tekanan sekurang-kurangnya 2 kali tekanan kerja, tidak mengandung bahan beracun dan pemasangannya harus sesuai dengan petunjuk teknis bahan pipa yang bersangkutan.
- i. Semua sistem pelayanan air bersih harus direncanakan, dipasang dan dipelihara sedemikian rupa sehingga tidak mudah rusak dan tidak terkontaminasi dari bahan yang dapat memperburuk kualitas air bersih.
- j. Diameter pipa sambungan pelanggan dari jaringan pipa distribusi kota harus disesuaikan dengan kelas bangunan.

b. Pencegahan Pencemaran Air

Hal-hal yang dapat menyebabkan pencemaran antara lain masuknya kotoran, tikus, serangga kedalam tangki, terjadinya karat dan rusaknya

bahan tangki dan pipa, terhubungnya pipa air bersih dengan pipa lain, tercampurnya air minum dengan air dari jenis kualitas lain, aliran balik (*back flow*) air dari jenis kualitas lain ke dalam pipa air minum (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Adapun beberapa contoh pencemaran dan pencegahannya yaitu:

1) Larangan Hubungan Pintas

Yang dimaksud dengan hubungan pintas (*cross connection*), adalah hubungan fisik antara dua sistem pipa yang berbeda, satu sistem pipa untuk air minum dan sistem pipa lainnya berisi air yang tidak diketahui atau diragukan kualitasnya, dimana air akan dapat mengalir dari satu sistem ke sistem yang lainnya. Demikian pula sistem perpipaan air minum tidak boleh dihubungkan dengan sistem perpipaan lainnya. Sistem perpipaan air minum dan peralatannya tidak boleh terendam dalam air kotor atau bahan lain yang tercemar.

2) Pencegahan Aliran Balik

Aliran balik (*back flow*) adalah aliran air atau cairan lain, zat atau campuran, ke dalam sistem perpipaan air minum, yang berasal dari sumber lain yang bukan untuk air minum. Aliran balik tidak dapat dipisahkan dari hubungan pintas dan ini disebabkan oleh terjadinya efek *shigon*-balik (*back siptanage*). Dengan kata lain sistem perpipaan air minum yang dapat menimbulkan efek *shigon*-balik dapat juga disebut mempunyai hubungan pintas. Efek *siphon*-balik adalah terjadinya aliran masuk ke dalam pipa air minum dari air bekas, air tercemar, dari peralatan saniter atau tangki, disebabkan oleh timbulnya tekanan negative dalam pipa (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Ada beberapa peralatan yang dapat menimbulkan efek *siphon*-balik:

- Berbagai macam peralatan untuk menyimpan air (tangki air, ekspansi, menara pendingin, kolam renang, kolam lainnya).
- Peralatan yang dapat menampung air (bak cuci tangan, bak cuci tangki dapur, dsb).

- Beberapa peralatan khusus (peralatan dapur, kedokteran, mesin cuci, dsb).

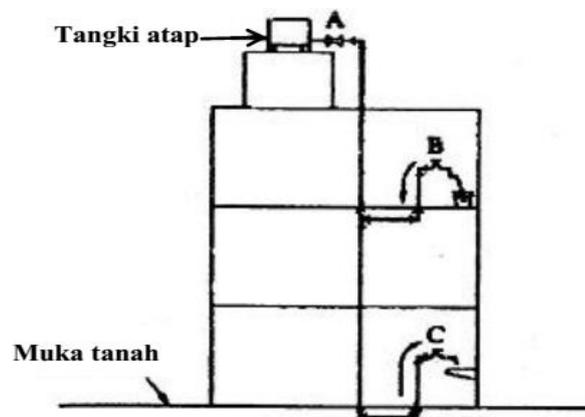
Pencegahan aliran balik dapat dilakukan dengan menyediakan celah udara atau memasang penahan aliran balik.

- ❖ Celah Udara

Celah udara dalam suatu sistem penyediaan air adalah ruang bebas berisi udara bebas, antara bagian terendah dari lubang pipa atau keran yang akan mengisi air kedalam tangki atau peralatan plambing lainnya, dengan muka air meluap melalulai bibir tangki atau peralatan plambing tersebut.

- ❖ Pencegahan Aliran Balik

Beberapa peralatan tidak dapat diberikan celah udara oleh karena alasan penggunaanya ataupun konstruksinya, kadang-kadang oleh alasan arsitektur. Dalam keadaan demikian, maka alat pencegah aliran balik perlu dipasang (Noerbambang dan Morimura (1991)).



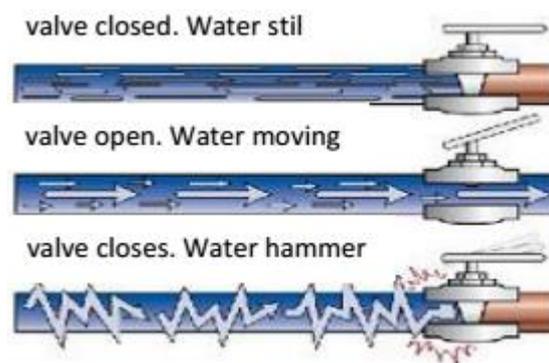
Gambar 2.1 Contoh terjadinya aliran balik (Noerbambang dan Morimura, 1991).

3) Pukulan Air dan Pencegahannya

a. Penyebab pukulan Air

Bila aliran air dalam pipa dihentikan secara mendadak oleh keran, tekanan air pada sisi atas (*upstream*) akan meningkat dengan tajam dan menimbulkan "gelombang tekanan" yang akan merambat dengan kecepatan tertentu, dan kemudian dapat dipantulkan kembali ketempat

semula. Gejala ini menimbulkan kenaikan tekanan yang sangat tajam sehingga menyerupai suatu pukulan" dan dinamakan gejala pukulan air (*water hommer*). Tekanan yang ditimbulkan dinamakan tekanan pukulan air (*water hummer pressure*). Pukulan mengakibatkan berbagai kesulitan seperti kerusakan pada peralatan plambing, getaran pada sistem pipa, patahnya pipa, kebocoran, dan suara berisik. Sehingga dapat mengurangi umur kerja peralatan dan sistem pipa (Noerbambang dan Morimura, 1991).



Gambar 2.2 Pukulan air di dalam pipa (Sudarmadji, 2012).

b. Mencegah Pukulan Air

Pukulan air cenderung terjadi dalam keadaan berikut ini:

- (1) Tempat-tempat dimana katup ditutup atau dibuka mendadak.
- (2) Keadaan dimana tekanan air dalam pipa selalu tinggi.
- (3) Keadaan dimana kecepatan air dalam pipa selalu tinggi.
- (4) Keadaan dimana banyak jalur ke atas dan ke bawah dalam sistem pipa.
- (5) Keadaan dimana banyak belokan dibanding jalur lurus.
- (6) Keadaan dimana temperatur air tinggi.

Pencegahan gejala pukulan air menyangkut tindakan untuk mengatasi keadaan-keadaan di atas, dan meliputi cara-cara berikut:

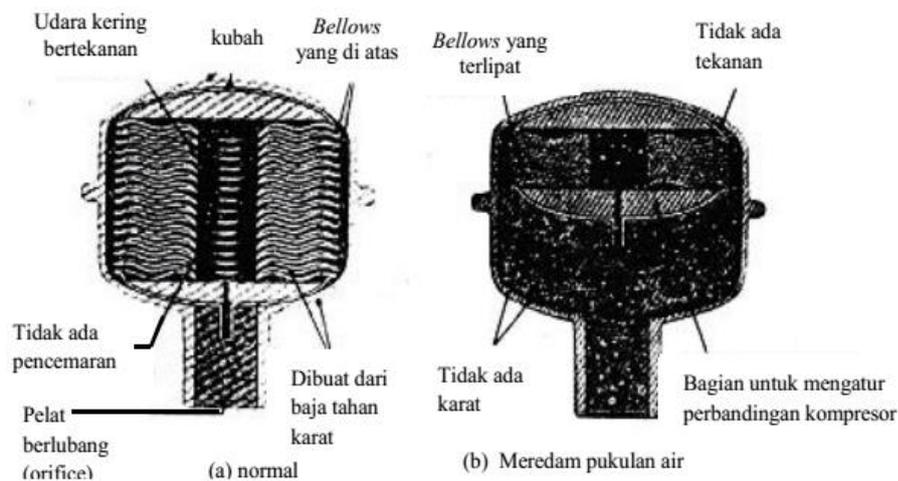
- ❖ Menghindarkan tekanan kerja terlalu tinggi.
- ❖ Menghindarkan kecepatan aliran yang terlalu tinggi.
- ❖ Memasang rongga udara atau memasang alat pencegah pukulanai air.

- ❖ Menggunakan dua katup bola pelampung pada tangki air.

c. Rongga udara dan pecegah pukulan air

Memasang rongga udara atau alat pencegah pukulan air adalah cara yang paling banyak digunakan. Karena pukulan air terjadi oleh sifat *non kompresibel* dari air, maka sebenarnya meredam tekanan yang timbul sudah cukup untuk menghilangkan akibatnya. Udara yang bersifat *kompresibel* dan disediakan dalam suatu rongga akan mampu meredam tekanan ini (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Alat pencegah pukulan air meredam tekanan dengan komponen *elastis* dari karet atau pegas dapat lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peredam pukulan air (Noerbambang dan Morimura, 1991).

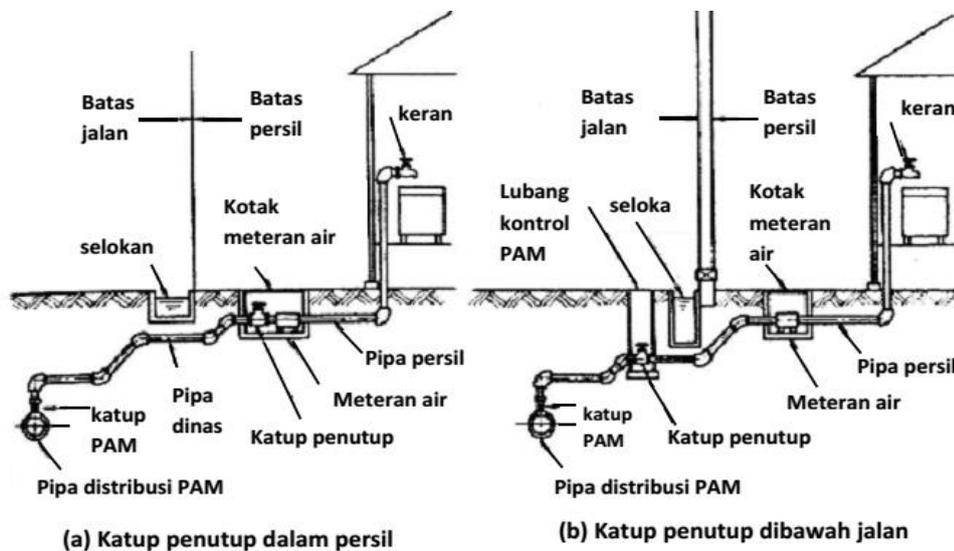
2.2.3. Sistem Penyediaan Air Bersih

Pada waktu ini sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut (Noerbambang dan Morimura, 1991):

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

1) Sistem Sambungan Langsung

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



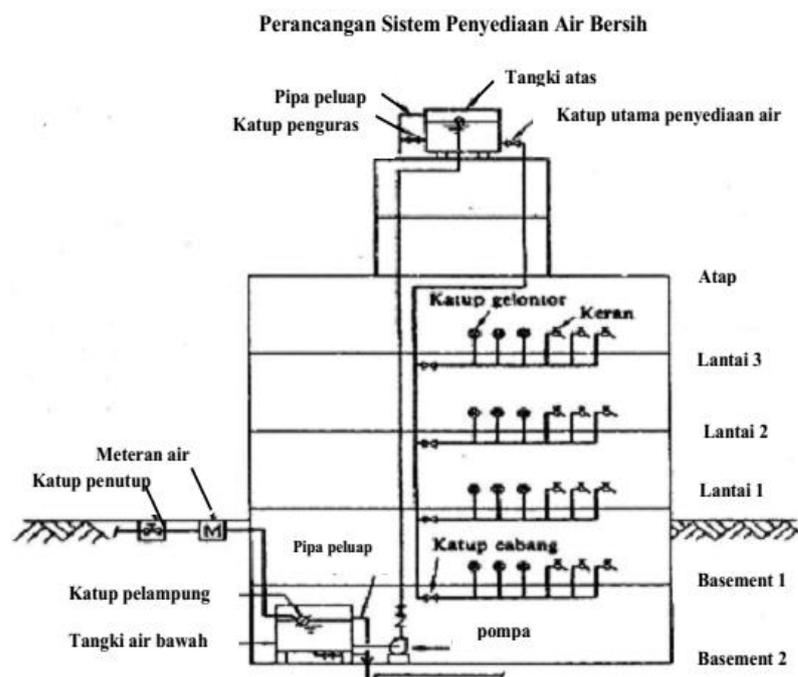
Gambar 2.4 Sistem Sambungan Langsung (Noerbambang dan Morimura, 1991).

2) Sistem Tangki Atap

Dalam sistem ini, air ditampung lebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah dalam suatu bangunan atau di bawah muka tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di atas lantai tertinggi bangunan. Dalam tangki atap air ditampung dalam tangki bawah atau *reservoir*, dan dipompakan ketangki atas, kemudian dari tangki atas ini di distribusikan ke seluruh bangunan. Sistem atap sering dipergunakan karena alasan-alasan sebagai berikut (Noerbambang dan Morimura, 1991).

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

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



Gambar 2.5 Sistem Dengan Tangki Atap (Noerbambang dan Morimura, 1991).

3) Sistem Tangki Tekan

Prinsip dari tangki tekan ini adalah air yang telah ditampung ditangki bawah dipompakan kesuatu tangki atau bejana tertutup sehingga udara didalam terkompresi. Air dialirkan kedalam sistem distribusi bangunan.

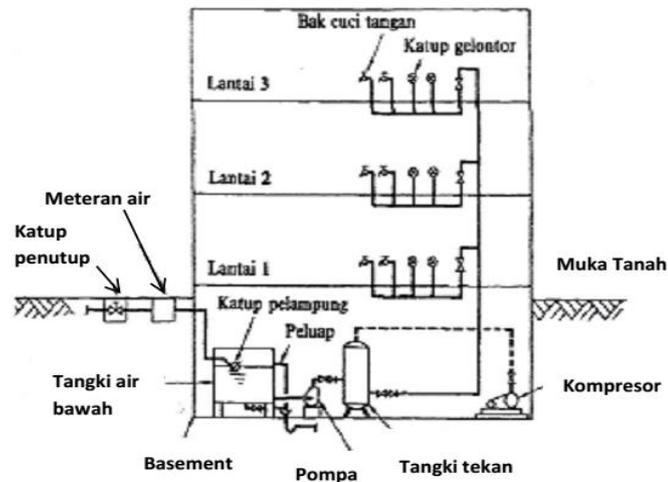
Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan, yang menutup atau membuka sakelar motor listik pompa. Pompa akan berhenti bekerja bila tekanan sampai batas minimum yang telah ditetapkan pula (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Kelebihan-kelebihan tangki tekan antara lain:

- a) Lebih menguntungkan dari segi estetika karena tidak perlu menyolok dibanding tangki atap.
- b) Mudah perawatannya karena dapat dipasang dalam ruang mesin bersama pompa-pompa lainnya.
- c) Harga awal lebih murah dibanding dengan tangki yang harus di Pasang di atas menara.

Kekurangannya tangki tekan antara lain adalah:

- Daerah *fluktuasi* tekanan $1,0 \text{ kg/cm}^2$ sangat besar jika dibandingkan dengan sistem tangki atap yang hampir tidak ada *fluktuasi* tekanannya. *Fluktuasi* tekanan ini akan berpengaruh terhadap aliran air dan akan berdampak pada aliran alat plambing.
- Dengan berkurangnya tekanan udara dalam tangk tekan, maka dalam setiap beberapa hari sekali harus ditambah udara kempa dengan kompresor atau menguras seluruh air dari dalam tangki tekan.
- Sistem tangki tekan dapat dianggap sebagai suatu sistem pengaturan otomatis pompa penyediaan air saja dan bukan sistem penyimpanan air seperti tangki atap.
- Karena jumlah air yang efektif tersimpan dalam tangki, pompa akan sering bekerja dan hal ini akan menyebabkan saklar cepat rusak.



Gambar 2.6 Sistem Dengan Tangki Tekan (Noerbambang dan Morimura, 1991).

4). Sistem Tanpa Tangki

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

Ada dua macam pelaksanaan sistem ini, dikaitkan dengan kecepatan putaran pompa: konstan dan variabel (Noerbambang, Morimura, 1991).

1. Sistem kecepatan putaran konstan

Pada prinsip sistem ini merupakan sambungan paralel beberapa pompa identik yang bekerja pada kecepatan putaran konstan. Satu buah pompa selalu dalam keadaan bekerja, sedang pompa-pompa lainnya akan ikut bekerja yang diatur secara otomatis. Oleh suatu alat yang mendeteksi tekanan atau laju aliran air keluar dari sistem pompa ini.

2. Sistem kecepatan putaran variabel

Pada sistem ini laju aliran air yang dihasilkan oleh pompa diatur dengan mengubah kecepatan putaran pompa secara otomatis, oleh suatu alat yang mendeteksi tekanan atau laju aliran pompa ini.

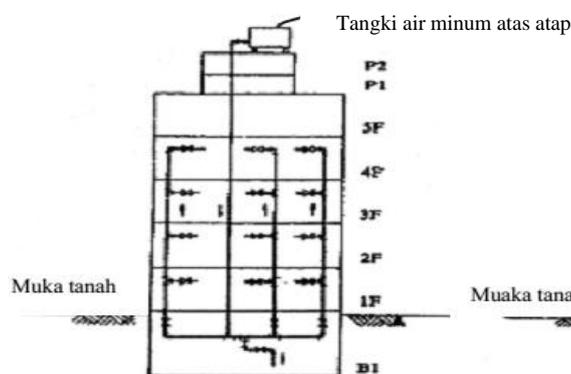
Secara singkat dapat disimpulkan ciri-ciri sistem tanpa tangki sebagai berikut:

- ✓ Mengurangi kemungkinan pencemaran air, karena menghilangkan tangki bawah maupun tangki atas.
- ✓ Mengurangi kemungkinan terjadinya karat karena kontak antara air dengan udara relatif singkat.
- ✓ Kalau cara ini diterapkan pada gedung pencakar langit maka akan mengurangi beban struktur bangunan.
- ✓ Untuk perumahan dapat menggantikan dengan menara air.
- ✓ Penyediaan air tergantung pada sumberdaya.
- ✓ Pemakaian lisrik lebih besar.
- ✓ Harga awal lebih tinggi karena pengaturannya.

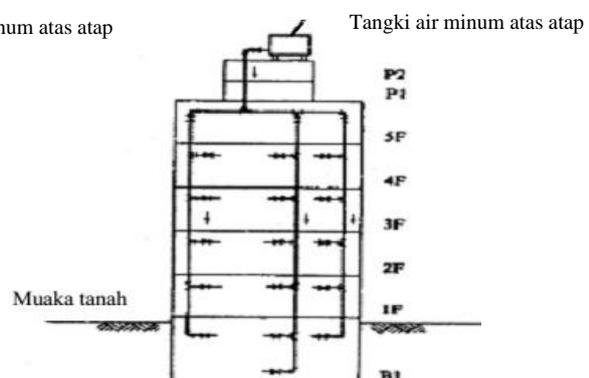
2.2.4. Perancangan Sistem Pipa Air Bersih

a. Sistem Pipa

Pada dasarnya ada dua sistem pipa penyediaan air dalam gedung, yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Dalam sistem pengaliran ke atas, pipa utama dipasang dari tangki atas ke bawah sampai langit-langit lantai terbawah dari gedung, kemudian mendatar dan bercabang-cabang tegak ke atas untuk melayani lantai-lantai di atasnya. Dalam sistem pengaliran ke bawah, pipa utama dari tangki atas dipasang mendatar dalam langit-langit lantai teratas dari gedung, dan dari pipa mendatar ini dibuat cabang-cabang tegak ke bawah untuk melayani untuk melayani lantai-lantai di bawahnya (Noerbambang, Morimura, 1991).



Gambar 2.7 Contoh sistem Distribusi atas (Noerbambang,1991)



Gambar 2.8 Contoh sistem Distribusi ke bawah (Noerbambang, 1991)

Diantara kedua sistem tersebut di atas, agak sulit untuk dinyatakan sistem mana yang terbaik. Masing-masing sistem mempunyai kelebihan dan kekurangannya. Pemilihan lebih banyak ditentukan oleh ciri khas konstruksi atau penggunaan gedung, dan oleh selera atau preferensi perancangannya. Suatu sistem dimana digunakan pipa hantar dari pompa tangki air bawah ketangki atas terpisah dari pipa air utama melayani lantai-lantai gedung dinamakan sistem dua pipa atau sistem ganda kalau kedua fungsi tersebut di atas dilayani oleh satu pipa maka dinamakan sistem satu pipa atau sistem tunggal. Dalam sistem pipa ganda tekanan air pada peralatan plambing tidak banyak berubah karena hanya terpengaruh oleh tinggi rendahnya muka air dalam tangki atas. Sedangkan dalam sistem pipa tunggal, tekanan air pada peralatan plambing akan bertambah pada waktu pompa bekerja mengisi tangki. Dalam sistem ini ukuran pipa ditentukan berdasarkan pengaliran air dari tangki atas ke peralatan plambing dan bukan didasarkan pada waktu pengisian tangki dengan pompa (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pipa:

- a) Sistem manapun yang dipilih, pipa harus dirancang dan dipasang sedemikian rupa sehingga udara maupun air kalau perlu dapat dibuang atau dikeluarkan dengan mudah.
- b) Pipa mendatar pada sistem pengaliran ke atas sebaiknya dibuat agak miring ke atas (searah aliran), sedangkan pada sistem pengaliran ke bawah dibuat agak miring ke bawah.
- c) Perpipaian yang tidak merata, melengkung ke atas atau melengkung ke bawah harus dihindarkan. Kalau akibat suatu hal tidak dapat dihindarkan (misalnya ada perombakan gedung) hendaknya dipasang katup pelepas udara.
- d) Harus dihindarkan membalikan arah aliran. Misalnya, pipa cabang tegak akan melayani daerah di atas pipa utama mendatar, tetapi penyambungannya diarahkan ke bawah lebih dahulu.

b. Pemasangan Katup

katup merupakan peralatan yang digunakan untuk menutup aliran balik mencegah aliran balik atau mengontol aliran pada unit penyediaan air bersih. Jenis-jenis katup yang dipakai antara lain:

- 1) katup sorong (*gate valve*), yaitu katup yang digunakan untuk pengaturan aliran baik dengan membuka atau menutup katup sesuai dengan kebutuhan.
- 2) Katup bola (*Globe volve*), digunakan untuk membuka atau menutup aliran seluruhnya
- 3) *Cluck valve*, digunakan untuk mencegah aliran balik atau untuk aliran satu arah (Noerbambang dan Morimura, 1991).

Dari pipa utama (tegak ataupun mendatar) biasanya dibuat pipa-pipa cabang yang melayani tiap lantai pada gedung bertingkat. Pada pipa-pipa cabang ini, sedekat mungkin dengan pipa utamanya, hendaknya dipasang katup-katup pemisah agar kalau diperlukan perawatan atau perbaikan pada cabang pipa tersebut, maka tidak perlu instalasi seluruh gedung dimatikan. Katup tersebut biasanya dipasang pada kedua ujungnya dengan *flens* pipa pipa dan bukan dari jenis dengan sambungan ulir.

c. Penentuan Jumlah Plumbing Berdasarkan Penghuni

Metode ini digunakan apabila kondisi pemakaian alat plambing dapat diketahui, misalnya untuk perumahan. Juga harus diketahui jumlah dari alat setiap jenis alat plambing dalam gedung tersebut (Noerbambang dan Morimura, 1991). Tetapi kalau jumlah penghuni tidak dapat diketahui, biasanya ditaksirkan berdasarkan luas lantai dan menetapkan kepadatan penghuni perluas lantai.

2.2.5. Peralatan Penyediaan Air Bersih

a. Pipa

Pipa merupakan salah satu alat yang tidak dapat dipisahkan dalam perencanaan dan perancangan bangunan degung, karena fungsi dari pipa

itu sendiri yaitu untuk mengalirkan air ke tempat yang membutuhkan dengan kualitas air sesuai kebutuhan.

Sedangkan pipa yang sering digunakan adalah pipa jenis pipa baja, pipa PVC, dan pipa besi. Kecapatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menimbulkan pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan kadang-kadang menimbulkan ausnya permukaan dalam dari pipa. Biasanya digunakan standar kecapatan 0,9 sampai 2,0 m/detik, dan batas maksimumnya berkisar antara 1,5 sampai 2,0 m/detik. (Noerbambang dan Morimura, 1991).

b. Pompa Penyediaan Air

Pompa yang menyedot air dari tangki bawah atau tangki bawah tanah dan mengalirkan ketangki atas atau ketangki atap sering kali dinamakan “pompa angkat” (mengangkat air dari bawah ke atas). Sedangkan pompa yang mengalirkan air ketangki tekan dinamakan “pompa tekan”. Pompa penyediaan air diputar oleh motor listrik, motor bakar, turbin uap dan sebagainya. Akan tetapi pompanya yang biasa digunakan dalam pompa motor listrik yang penggerakannya ikut dibenarkan dalam aliran air yang dinamakan pompa *submersible*.

pengelompokan jenis pompa pada garis besarnya ada tiga yaitu jenis putar, jenis langkah positif dan jenis khusus. Jenis putar terdiri dari pompa sentrifugal, aliran campuran (*mixed flow*), aksial, dan regeneratif. Pompa yang termasuk jenis langkah positif adalah langkah torak dan *plunyer*, pompa sudu, (*ven pumps*), pompa eksentrik. Jenis pompa khusus adalah pompa *vorteks*, gelembung uap, pompa jet (Noerbambang dan Morimura, 1991).

c. Bahan Tangki Air

Bahan-bahan yang digunakan untuk tangki saat ini adalah plat baja biasa dan baja tahan karat, kayu, FRP (*Fiberglass Reinforced plastic*) atau plastik yang diperkuat dengan serat gelas, dan beton bertulang. Banyak tangki air yang dibuat dari baja, karena pembuatan relatif cukup mudah dan

harganya tidak terlalu mahal, disamping itu bentuknya dapat disesuaikan dengan bentuk dan ukuran tempat yang tersedia. Penguatan struktural tidak sulit dilakukan. Kekurangannya hanya masalah korosi. Untuk menghindari kesulitan ini, ada kecenderungan akhir-akhir ini untuk menggunakan bahan-bahan yang tidak berkarat (Noerbambang dan Morimura, 1991).

2.2.6. Rumus Perhitungan Dalam Plambing

a. Menentukan Kebutuhan Air Bersih.

- ❖ Pemakaian air rata-rata per jam (Noerbambang dan Morimura 1991).

$$Q_h = Q_d / T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q_h : Pemakaian air rata-rata (m^3 /jam).

Q_d : Pemakaian air rata-rata sehari (m^3)

T : Jangka waktu pemakaian (jam).

- ❖ Pemakaian air jam puncak (Noerbambang dan Morimura 1991).

$$Q_{h-Max} = (C_1) \times (Q_h) \dots\dots\dots(2.2)$$

C_1 adalah konstanta (1,5–2,0), tergantung pada lokasi dan penggunaan gedung.

- ❖ Pemakaian air pada menit puncak (Noerbambang dan morimura 1991).

$$Q_{m-Max} = (C_2) \times (Q_h/60) \dots\dots\dots (2.3)$$

Diamana C_2) adalah konstanta (3,0–4,0)

- ❖ Kapasitas tangki air bawah (Noerbambang dan Morimura 1991).

Untuk tangki air yang digunakan hanya menampung air minum yaitu:

$$V_R = Q_d - Q_s \times T \dots\dots\dots (2.4)$$

Sedangkan kalau tangki juga berfungsi menyimpan air untuk pemadam kebakaran, ukuran tangkinya adalah:

$$V_R = Q_d - Q_s \times T + V_F \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana:

Q_d = Jumlah kebutuhan air perhari (m^3).

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

T = Rata-rata pemakaian perhari (jam).

V_R = Volume tangki air (m^3).

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

❖ Kapasitas tangki air atas (Noerbambang dan Morimura 1991).

$$V_E = (Q_p - Q_{max}) \times T_P + Q_{PU} \times T_{PU} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

V_E = Kapasitas efektif tangki atas (m^3).

Q_p = Kebutuhan puncak (liter/menit).

Q_{max} = Kebutuhan jam puncak (liter/menit).

Q_{PU} = Kapasitas pompa pengisi (liter/menit).

T_P = Jangka waktu kebutuhan puncak (menit).

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

2.2.7. Menentukan Pompa

a. Head Kerugian Pompa

Sebelum menghitung kerugian *head* pompa kita perlu mengetahui jenis aliran yang terjadi, yaitu aliran tersebut termasuk jenis aliran laminar atau aliran turbulen. Untuk mengetahui jenis aliran laminar atau aliran turbulen bisa dengan menggunakan bilangan *Reynolds* (Tahara H., Sularso, 2000).

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu} \dots \dots \dots (2.7)$$

R_e = Bilangan *Reynold*

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

D = Diameter dalam pipa (m)

ν = *Viskositas* kinematik zat cair ($m^2/detik$)

Pada $R_e < 2300$, aliran bersifat laminar

Pada $R_e > 4000$, aliran bersifat turbulen

Pada $2300 < R_e < 4000$, terdapat daerah transisi, dimana aliran bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan aliran.

1) Rugi Minor

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

Dengan:

$K = f$ (Koefisien tahanan).

v = kecepatan rata-rata dalam pipa.

g = gravitasi (9,81).

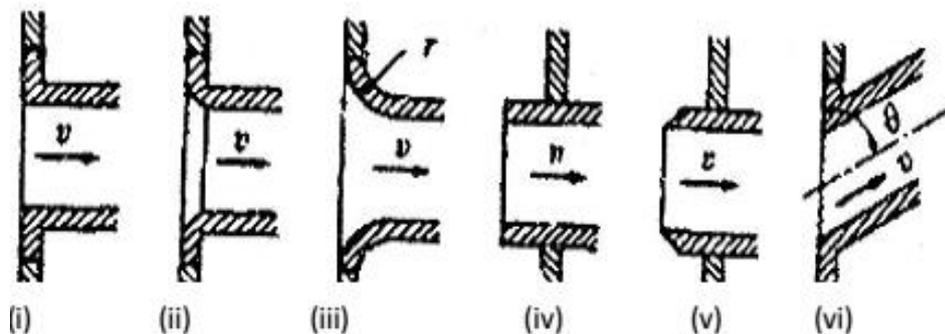
Untuk menentukan harga f dari berbagai bentuk transisi pipa maka akan diperinci seperti di bawah ini.

a) Rugi Pada Ujung Pipa. (Tahara H., Sularso, 2000).

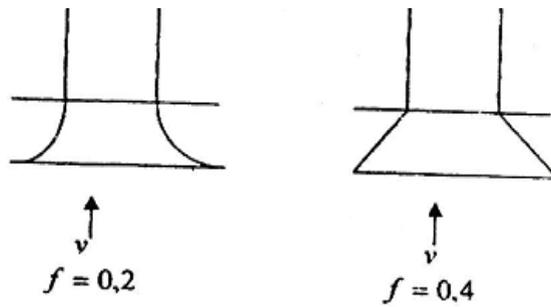
Harga koefisien f untuk berbagai bentuk ujung masuk pipa menurut *Weisbach* adalah sebagai berikut:

- 1) $f = 0,5$
- 2) $f = 0,25$
- 3) $f = 0,06$ (untuk r kecil) sampai $0,005$ (untuk r besar).
- 4) $f = 0,56$
- 5) $f = 3,0$ (untuk sudut tajam) sampai $1,3$ (untuk sudut 45°)
- 6) $f = f_1 + 0,3 \cos \theta + 0,2 \cos^2 \theta$

Dimana f_1 adalah koefisien bentuk dari ujung masuk dengan mengambil harga (i) sampai (v) sesuai dengan bentuk yang akan dipakai. Bila ujung pipa hisap memakai mulut lonceng yang tercelup dari permukaan air maka harga f adalah seperti yang diperlihatkan dalam gambar berikut:



Gambar 2.9 Berbagai Bentuk Ujung Masuk Pipa (Sularso, 2000).



Gambar 2.10 Koefisien Kerugian Mulut Lonceng Atau Corong Pada Pipa Isap (Sularso, 2000).

b) Rugi Pada Belokan Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Untuk belokan lengkung sering dipakai rumus *Fuller* dimana dari Persamaan 2.2 dinyatakan sebagai berikut:

$$f = \left[0,131 + 1,847 \times \left(\frac{D}{2R} \right)^{2,5} \right] \times \left(\frac{\theta}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan:

f = Koefisien tahanan.

R = Jari-jari lengkung sumbu belokan.

D = Diameter dalam pipa.

θ = Sudut belokan (deajat).

c) Rugi pengecilan penampang pipa mendadak.

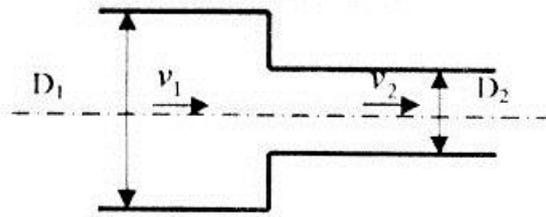
Kerugian head untuk pengecilan mendadak dapat dinyatakan dengan rumus:

$$h_f = f \times \frac{v_2^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk nilai f dapat dilihat pada tabel 2.54

Tabel 2.1 Koefisien kerugian bagian pipa dengan pengecilan penampang secara tiba-tiba (Tahara H., Sularso, 2000).

$(D_1/D_2)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F	0,50	0,48	0,45	0,41	0,36	0,29	0,21	0,13	0,07	0,01	0



Gambar 2.11 Koefisien kerugian pada pengecilan mendadak (Sularso, 2000).

Dengan:

D_1 : Diameter pipa besar

D_2 : Diameter pipa kecil.

v_1 : Kecepatan aliran pipa besar (m/s).

v_2 : Kecepatan aliran pipa kecil (m/s).

d) Rugi *Orifis* Dalam Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Kerugian *head* untuk *orifis* diberikan menurut rumus:

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dengan:

v : kecepatan rata-rata penampang pipa.

Adapun harga f diberikan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.2 Koefisien Kerugian Pada Orifis Dalam Pipa.(Sularso.2000).

$(D/D)^2$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
F	∞	226	17,5	7,8	3,75	1,80	0,80	0,13	0,29	0,06	0

e) Rugi Diujung Keluar Pipa (Tahara H., Sularso, 2000).

Rumus yang digunakan yaitu:

$$h_f = f \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan $f = 1,0$ dan v adalah kecepatan rata-rata dipipa keluar.

f) Rugi *Head* Dikatup

Kerugian *head* dikatup dapat ditulis sebagai berikut:

$$h_v = f_v \times \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

h_v = Kerugian *head* katup (m).

f_v = Koefisien tahanan.

v = Kecepatan rata-rata dipenampang masuk katup (m/dt).

Harga f_v Untuk berbagai jenis katup dalam keadaan terbuka penuh terdapat dalam Tabel 2.5.

b. Head Total Pompa

Head total pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa seperti (Gambar 2.10), *head* total pompa dapat dirumuskan sebagai berikut (Tahara H., Sularso, 2000).

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{v^2}{2 \times g} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana H = *Head* total pompa (m).

h_a = *Head statis* pompa (m).

Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi keluar dan di sisi isap, tanda positif (+) di pakai apabila muka air di sisi keluar lebih tinggi dari pada sisi isap.

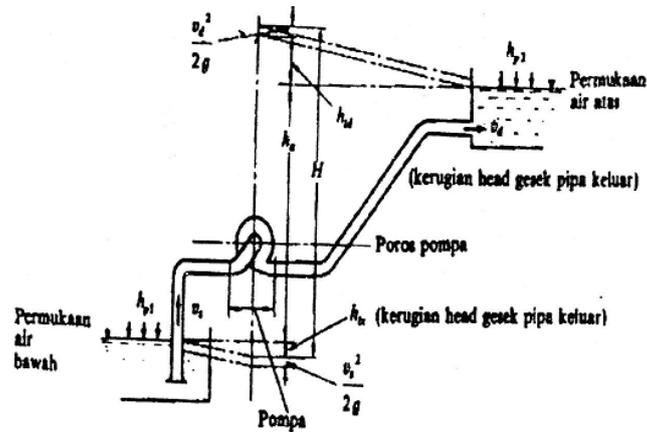
Δh_p = perbedaan *head* tekanan yang bekerja pada dua permukaan air (m)

$$\Delta h_p = h_{p1} - \Delta h_{p2}$$

h_l = Berbagai kerugian *head* di pipa, katup, belokan, sambungan dan lain-lain (m).

$$\frac{v^2}{2 \times g} = \textit{head} \textit{ kecepatan} \textit{ luar} \textit{ (m)}.$$

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²).



Gambar 2.12 Head Pompa (Sularso, 2000).

Tabel 2.3 Koefisien Kerugian Dari Berbagai Katup (Sularso, 2000).

Diameter (mm)																				
	100	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1350	1500	1650	1800	2000		
Jenis Katup																				
Katup Sorong	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07															-0
Katup Kupu-kupu	0,6-0,16 (Bervariasai Menurut kontruksi dan diameternya)																			
Katup Putar	0,9-0,026 (Bervariasai Menurut diameternya)																			
Katup cegah jenis tayun			1,2	1,15	1,1	1,0	0,98	0,96	0,94	0,92	0,9	0,88								
Katup cegah tutup cepat jenis tekanan			1,2	1,15	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4								
Katup cegah jenis angkat bebas	1,44	1,39	1,34	1,3	1,2															
Katup cegah tutup cepat jenis pegas	7,3	6,6	5,9	5,3	4,6															
Katup kepak	-	-	-	-	-												0,9-0,5 (Bervariasai Menurut diameternya)			
Katup isap dengan saringan	1,97	1,91	1,84	1,78	1,72															

Tabel 2.4. Ukuran Minimum Pipa Penyediaan Air Alat Plumbing

No.	Alat Plumbing	Ukuran minimum (mm)	
		Air dingin	Air panas
1.	Bak mandi	15	15
2.	<i>Bedpan washer</i>	25	25
3.	Bidet	15	15
4.	Gabungan bak cuci dan dulang cuci pakaian	15	15
5.	Unit dental atau peludahan	10	-
6.	Bak cuci tangan untuk dokter gigi	15	15
7.	Pancuran air minum	10	-
8.	Bak cuci tangan	10	10
9.	Bak cuci dapur	15	15
10.	Bak cuci pakaian (1 atau 2 kompartemen)	15	15
11.	Dus, setiap kepala	15	15
12.	<i>Service sink</i>	15	15
13.	Peturasan pedestal berkaki	25	-
14.	Peturasan, <i>wall lip</i>	15	-
15.	Peturasan, palung	20	-
16.	Peturasan dengan tangki glontor	10	-
17.	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	15	15
18.	Kloset dengan katup glontor	25	-
19.	Kloset dengan tangki glontor	10	-

(SNI 03 – 6481-2000).

Tabel 2.5. Nilai ½ Dari Berbagai Ukuran Pipa Dengan Kerugian Tekanan Aliran Yang Sama (Babbitt, H.E., 1960).

Size of pipe (inch)	½	5/8	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	6	8	10
Number of ½ Inch.Pipes with same capacity	1	1,7	2,9	6,2	10,9	17,4	37,8	65,5	110,5	189	527	1.200	2.090