

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Manusia membutuhkan air dalam kuantitas dan kualitas tertentu dalam melakukan aktivitas dan menopang kehidupannya. Di beberapa daerah, meningkatnya kebutuhan akan air bersih tidak diikuti dengan peningkatan kapasitas jaringan, penyediaan, dan pelayanan air dengan baik. Hal tersebut telah menimbulkan suatu kesulitan di mana air bersih yang tersedia tidak cukup bagi manusia yang membutuhkannya.

Salah satu pusat aktivitas manusia yang membutuhkan banyak air untuk menjalankan kegiatannya adalah gedung. Dalam suatu gedung, manusia menggunakan air untuk minum, memasak, dan untuk kebutuhan di kamar mandi. Kebutuhan air suatu bangunan tergantung pada fungsi kegunaan dari bangunan tersebut dan jumlah penghuninya (Tjouwardi, Reynold A. 2015).

Pembangunan suatu gedung sangat memperhatikan sistem distribusi air bersih untuk kebutuhan penghuni, terutama pada suatu gedung hotel dalam memenuhi kebutuhan air bersih untuk tamu yang menginap, sehingga perlu perancangan distribusi air bersih yang baik. Dalam suatu perancangan sistem distribusi air dibutuhkan penggambaran jaringan sistem perpipaan untuk mempermudah pemasangan instalasi pipa. Perancangan distribusi air digambarkan dalam suatu sistem perpipaan, yang meliputi kapasitas pompa, tangki air, dan jaringan distribusi air. Penggambaran dan analisis jaringan pipa sangat sulit dilakukan secara manual, sehingga memerlukan alat bantu dalam penggambaran dan analisis jaringan sistem perpipaan.

Dalam penggambaran dan analisis jaringan sistem perpipaan dapat dilakukan dengan *software Pipe flow expert*. *Pipe flow Expert* merupakan perangkat lunak komputer untuk melakukan pemodelan sistem perpipaan dan dapat menghasilkan beberapa analisis hidrolis, seperti rugi-rugi aliran, *head* total pompa, kecepatan aliran air, diameter pipa, dan dapat juga ditentukan

material pipa, sehingga sangat memudahkan dalam perancangan sistem perpipaan (repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/17609/jurnalpdf).

Sistem Plumbing suatu bangunan gedung adalah pemipaan sistem penyediaan air minum, pemipaan sistem pembuangan air kotor, dan pemipaan sistem pembuangan air hujan, Instalasi pipa jaringan banyak dipakai dalam kehidupan manusia salah satunya yaitu untuk pendistribusian air pada perumahan. Permasalahan yang sering terjadi pada pemasangan instalasi pipa jaringan adalah tidak diketahuinya debit aliran dan kerugian-kerugian head yang terjadi pada tiap pipa. Keadaan tersebut akan mengakibatkan distribusi air yang mengalir pada suatu instalasi pipa jaringan air tidak sesuai dengan kebutuhan yang diminta oleh penduduk.

Hal-hal yang sering terjadi pada pemasangan instalasi pipa jaringan (network pipe) adalah tidak diketahuinya laju aliran dan kerugian-kerugian head yang terjadi di setiap pipa, sehingga mengakibatkan pendistribusian air yang tidak merata di setiap cabang pipa. Oleh karena itu diperlukan suatu perhitungan dengan menggunakan metode pipe flow expert diharapkan mampu memprediksi mengenai debit aliran dan kerugian head yang terjadi di setiap pipa secara tepat (Perencanaan Instalasi Pemipaan Dengan Menggunakan Metode Pipe Flow Expert, <https://anzdoc.com>)

Dalam pembangunan gedung bertingkat, dibutuhkan perencanaan matang dari berbagai aspek. Selain perencanaan sistem elektrik dan perancangan gedung itu sendiri, dibutuhkan pula perencanaan sistem mekanikal gedung yang meliputi sistem ventilasi mekanis, sistem proteksi kebakaran dan sistem plumbing yang layak sehingga penghuni dapat merasakan kenyamanan ketika berada pada sebuah bangunan gedung (Sunarno, 2005).

Fungsi dari peralatan plumbing adalah pertama, untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang membutuhkan dengan jumlah aliran serta tekanan yang sesuai, dan kedua membuang air kotoran dari tempat-tempat tertentu dan tetap menjaga kebersihan tempat-tempat yang dilaluinya (Noerbambang & Morimura, 2005). Dalam perencanaan sistem plumbing air bersih, terdapat hal penting yang harus diperhatikan, yaitu kualitas air yang akan didistribusikan, sistem penyediaan air yang akan digunakan, pencegahan

pencemaran air dalam sistem, laju aliran dalam pipa, kecepatan aliran dan tekanan air, serta permasalahan yang mungkin timbul jika dilakukan penggabungan antara cadangan air untuk air bersih dan pencegahan pemadam kebakaran (Rinka et al., 2014).

Pada instalasi plumbing sering ditemukan tekanan air yang kurang sehingga debit pengaliran air bersih mengalir dengan debit yang kecil terutama pada lantai teratas dari bangunan dikarenakan tekanan air bersih yang digunakan dibawah tekanan minimal yang dipersyaratkan. Pada perancangan sistem plumbing ini diperlukan sistem distribusi air bersih yang sesuai dengan jenis bangunan sehingga tekanan dan debit pengaliran air bersih pada masing-masing lantai dapat terpenuhi (Suhardiyanto. Perancangan Sistem Plumbing Instalasi Air Bersih Dan Air Buangan Pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai, <https://publikasi.mercubuana.ac.id>).

Untuk mendapatkan hasil perencanaan dan perancangan sistem distribusi air bersih yang optimal, perlu memperhatikan beberapa hal. Perencanaan dan perancangan sistem distribusi air bersih yang baik dalam suatu gedung atau lokasi dimulai dengan perencanaan konsep, perencanaan dasar, perencanaan pendahuluan dan gambar-gambar pelaksanaan. Dimana perencanaan dan perancangan distribusi air tersebut harus selalu memperhatikan koordinasi dan keserasian perencanaan dan perancangan elemen lain dalam gedung (Morimura, T dan Noerbambang, 2000).

Pada penelitian ini, penulis melakukan studi untuk menganalisis perancangan sistem distribusi air bersih di kampus Universitas Pasir Pengaraian dengan menggunakan perhitungan struktur yang berlaku. Untuk mempermudah dalam menganalisa perancangan jaringan distribusi air bersih ini, penulis menggunakan *software Pipe Flow Expert v 5.12*.

Pipe Flow Expert adalah program untuk mendesain pipa dan pemodelan sistem pipa. Menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa *loop* terbuka atau tertutup dengan beberapa tangki atau *reservoir*, beberapa pompa secara seri atau paralel, dan beberapa ukuran pipa dan *fitting*, *Pipe Flow Expert* akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa di sepanjang jaringan pipa.

I.2. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Menganalisis kebutuhan dan distribusi air bersih yang ada dikampus Universitas Pasir Pengaraian.
2. Merancang ulang sistem jaringan distribusi air bersih dikampus Universitas Pasir Pengaraia.
3. Sebagai pedoman atau acuan untuk pengembangan jaringan distribusi air bersih ke depannya sehingga akan lebih mempermudah dalam perancangan dan pengerjaan.

I.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Penelitian ini hanya menganalisis dan merancang jaringan distribusi air bersih di gedung perkuliahan dan perkantoran Universitas Pasir Pengaraian, kecuali Program Studi Kebidanan.
2. Penelitian ini hanya membahas tentang sistem jaringan distribusi air bersih berdasarkan kebutuhan air sesuai fungsi dan luas bangunan.
3. Pada penelitian ini, peneliti tidak membahas tentang struktur, ukuran dan desain menara tangki atas.
4. *Software* yang digunakan untuk menganalisa perancangan distribusi air bersih pada penelitian ini adalah *Pipe Flow Expert v 5.12*.

I.4. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

I. PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat teori mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini terdiri atas hal-hal yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian, yaitu tempat penelitian, alat dan bahan penelitian, dan tahapan-tahapan dalam melakukan penelitian.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan data-data yang diperlukan untuk melakukan perencanaan serta pembahasan dari hasil perencanaan dan perancangan yang didapatkan.

V. PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari data dan hasil perancangan yang diperoleh serta pembahasan dari penulis tentang studi kasus yang diambil.

DAFTAR PUSTAKA

-. Berisikan literatur-literatur atau referensi-referensi yang diperoleh penulis untuk menunjang penyusunan penelitian ini.

LAMPIRAN

1. Gambar denah kampus Universitas Pasir Pengaraian.
2. Berisikan gambar rancangan jaringan distribusi air bersih yang akan di rencanakan.
3. Berisikan gambar analisa Software *Pipe Flow Expert* untuk jaringan suplai.
4. Berisikan gambar analisa Software *Pipe Flow Expert* untuk jaringan distribusi.
5. Berisikan gambar pompa dan spesifikasi pompa *submersible Lorentz* Tipe PS4000 C.
6. Berisikan tabel standar pipa untuk sistem pemipaan.
7. Berisikan tabel sifat-sifat fisik air.
8. Berisikan gambar diagram *Moody*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Metode Pendistribusian Air.

Di dalam pendistribusian air diperlukan suatu metode pendistribusian agar air dapat mengalir dari sumber air ke semua pemakai air. Adapun metode pendistribusian air terdiri dari tiga tipe sistem yaitu Sistem Gravitasi, Sistem Pemompaan, dan Sistem Gabungan.

II.1.1. Sistem Gravitasi

Metode pendistribusian dengan sistem gravitasi bergantung pada topografi sumber daya air yang ada dan daerah pendistribusiannya. Biasanya sumber air ditempatkan pada daerah yang lebih tinggi dari daerah distribusinya, agar air yang didistribusikan dapat mengalir dengan sendirinya tanpa pompa. Adapun keuntungan dengan sistem ini yaitu energi yang dipakai tidak membutuhkan biaya dan sistem pemeliharaannya murah.

II.1.2. Sistem Pemompaan

Metode ini menggunakan pompa dalam mendistribusikan air menuju lokasi pemakaian air. Pompa langsung dihubungkan dengan pipa yang menangani pendistribusian. Dalam pengoperasiannya pompa terjadwal untuk beroperasi sehingga dapat menghemat pemakaian energi. Keuntungan dari metode ini yaitu tekanan pada daerah distribusi dapat terjaga.

II.1.3. Sistem gabungan keduanya

Metode ini merupakan gabungan antara metode gravitasi dan pemompaan yang biasa digunakan untuk daerah distribusi yang berbukit-bukit dan pendistribusian air di gedung bertingkat.

II.2. Pengertian Plumbing.

Plumbing adalah semua pekerjaan yang berhubungan dengan pelaksanaan, pemeliharaan, perawatan instalasi air baik perumahan maupun di gedung.

Suatu survey yang dilakukan terhadap 200 kasus instalasi plumbing di Jepang pada tahun 1978, menunjukkan bahwa kesalahan dan kegagalan sistem plumbing terjadi pada tahap perancangan/desain dan tahap pelaksanaan/pemasangan dengan

gambaran 37% disebabkan oleh kurang cermatnya perancangan, 34% disebabkan oleh kurang baiknya pemasangan dan 29% disebabkan oleh masalah getaran dan kebisingan yang terjadi pada mesin dan system pompa (Morimura, T dan Noerbambang, 2000). Berdasarkan survey tersebut, kurang cermatnya perancangan sistem plumbing dalam gedung menjadi faktor terbesar atas kegagalan instalasi plumbing. Oleh karena itu, perancangan instalasi sistem plumbing adalah hal utama yang harus lebih diperhatikan.

II.2.1. Jenis Dan Sistem Plumbing

Ada beberapa jenis dan sistem plumbing antara lain adalah :

1. Instalasi Plumbing untuk air bersih

Instalasi ini berfungsi untuk menyalurkan media air yang bersih / layak pakai, misalkan untuk kebutuhan memasak, mandi, cuci pakaian dan lain – lain.

Instalasi air bersih di gedung dibagi menjadi :

a. Instalasi Suplai Air bersih

Cara kerja bagian instalasi suplai air bersih adalah :

- . Proses dan cara kerja suplai air bersih dimulai dari tangki bawah (ground tank), pompa transfer menghisap air dari tangki bawah dan menyalurkan melalui pipa transfer menuju tangki atas (roof tank).

Pada sistem otomatis, pompa akan terus menyala hingga tangki atas penuh, untuk mengetahui bahwa air di tangki atas penuh adalah dengan memasang level switch, radar air atau bisa menggunakan WLC (Water level Control).

- . Sistem otomatis mengatur :

Pompa akan menyala jika air turun hingga di bawah setingan pembaca ketinggian air, Pompa akan mati jika air naik hingga batas setingan pembaca ketinggian air.

Untuk gedung tingkat tinggi (banyak) perlu penambahan pompa booster pada beberapa lantai agar tekanan sampai hingga ke roof tank, hal ini tergantung kepada ketinggian roof tank dan kekuatan pompa transfer yang dipakai.

b. Instalasi Distribusi Air Bersih

Instalasi distribusi dimulai dari tangki atas (roof tank), disalurkan dengan pipa vertikal, pada gedung yang tinggi perlu penambahan PRV (valve pengatur

tekanan, Pressure Relief Valve) ini berfungsi untuk mengurangi tekanan karena perbedaan pengaruh gaya gravitasi bumi pada tiap lantainya. Dan menyesuaikan tekanan untuk pemakaian.

Catatan :

Memahami tekanan pengaruhnya terhadap ketinggian pada pipa distribusi gravitasi, secara teori setiap ketinggian 20 meter, tekanan akan turun sekitar 2 BAR, dan sebaliknya setiap ketinggian turun tekanan akan terus bertambah.

Suatu misal :

Sebuah gedung memiliki jumlah lantai 30 tingkat, setiap tingkat memiliki ketinggian 4 meter, maka total ketinggian gedung adalah 80 meter. Jika pada tingkat teratas air di dalam pipa distribusi memiliki besar tekanan 6 BAR maka :

Pada lantai 26 tekanan menjadi 8 BAR,

Pada lantai 22 tekanan menjadi 10 BAR,

Pada lantai 17 tekanan menjadi 12 BAR,

dan seterusnya ...

Arah aliran instalasi ini adalah ke titik – titik pemakaian di gedung.

2. Instalasi Plumbing untuk air bekas

Instalasi air bekas adalah instalasi plumbing yang menyalurkan air bekas dari pemakaian, misalkan dari : wastafel, air mandi, dan lain – lain. (perhatikan perbedaan air bekas dan air kotor).

Arah aliran air bekas ini tergantung perencanaan, yaitu bisa diproses dulu demi kelayakan buang ke saluran kota, atau langsung dibuang. Beberapa gedung memisahkan antara instalasi pemakaian umum dengan pemakaian khusus, misalnya air bekas dari dapur restaurant dan lain – lain. Yang banyak mengandung minyak dan bekas masakan.

3. Instalasi Plumbing untuk air kotor

Untuk air yang dibuang dari closet, urinoir, dan pemakaian khusus seperti minyak bekas dari dapur restaurant yang memerlukan penanganan khusus masuk pada instalasi air kotor.

Arah aliran air kotor sesuai peraturan harus ke unit proses pengolahan agar layak dibuang ke saluran kota. Penggunaan STP untuk gedung dengan kapasitas pembuangan air kotor yang tinggi sangat diperlukan. Sementara untuk perumahan cukup menggunakan septiktank.

4. Instalasi Plumbing untuk Vent

Instalasi ini yang kurang dipahami oleh banyak orang, secara fungsi, instalasi ini berguna untuk mengisi udara pada instalasi air kotor dan air bekas. Kenapa buangan air kotor dan air bekas tidak lancar? Salah satu penyebabnya adalah tidak ada instalasi pipa vent, selain karena masalah yang lain. Pada saat terjadi pembuangan air kotor atau air bekas ke instalasi pipa air kotor dan air bekas, terjadi gaya tarik dari bumi (gravitasi), ada beberapa titik pada instalasi air kotor yang menyebabkan terjadi vakum, hal ini biasanya ber-efek misalkan pada closet atau urinoir mengeluarkan gelembung yang sebenarnya bukan mengeluarkan, justru membutuhkan udara untuk mengisi ruang vakum tersebut. Kotoran dan lain-lain di dalam pipa air kotor akan tertahan karenanya.

Penambahan instalasi pipa vent akan mengatasi hal itu yaitu memasukkan udara bebas ke ruang vakum dan air kotor / bekas akan secara bebas mengikuti gaya gravitasi bumi.

Air vent harus selalu pada posisi atas untuk menghindari masuknya air ke dalam pipa vent. Untuk gedung bertingkat pipa vent mengambil udara dari atap tertinggi gedung.

5. Instalasi Plumbing untuk Air Hujan

Instalasi pipa untuk menyalurkan air hujan dari atap, deck, kanopi, atau tempat yang menerima air hujan untuk disalurkan hingga saluran kota.

II.2.2. Sistem Plumbing

Sistem plumbing 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 (Morimura dan Noerbambang, 2000).

Pada dasarnya ada dua sistem pengaliran air di gedung, yaitu:

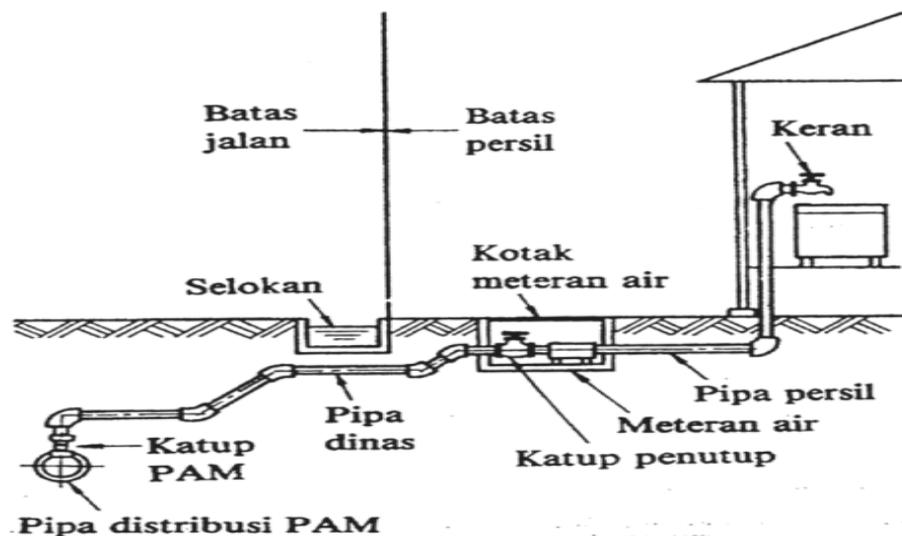
1. Pengaliran ke atas yang juga disebut transfer, dan

2. Pengaliran ke bawah yang juga disebut distribusi

Beberapa sistem plumbing antara lain (Morimura, T dan Noerbambang, 2000), yaitu :

1. Sistem sambungan langsung

Dalam sistem ini pipa distribusi air bersih dalam gedung 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.



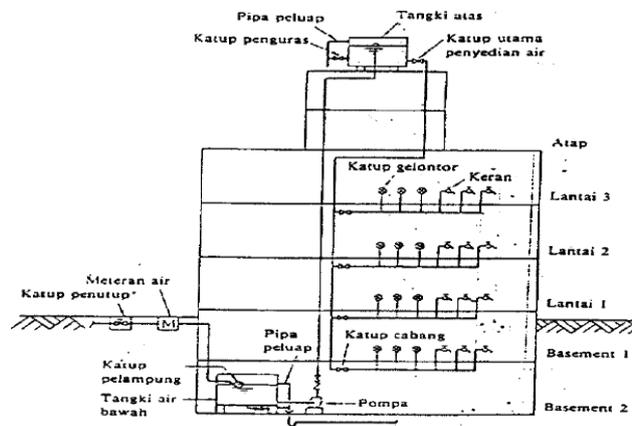
Gambar 2.1 : Menunjukkan sketsa dari sistem sambungan langsung yang biasa diinstal pada perumahan (Morimura T dan Noerbambang, 2005).

2. Sistem tangki atas

Pada sistem ini, air ditampung terlebih dahulu didalam reservoir bawah yang berada dilantai paling bawah dari bangunan maupun di bawah muka tanah yang tidak jauh dari bangunan. Kemudian air dipompakan keatas menuju tangki atas yang telah terinstalasi diatap bangunan maupun pada lantai paling atas bangunan atau menara tangki air. Sistem tangki atas digunakan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Fluktuasi tekanan yang terjadi pada alat plumbing tidaklah besar atau bahkan tidak berarti. Perubahan tekanan yang mungkin terjadi adalah akibat perubahan tinggi dari muka air di dalam tangki.

- b. Pompa pengisi pada sistem tangki atas dapat bekerja secara otomatis. Pompa biasanya dijalankan dengan alat yang dapat mendeteksi muka air dalam tangki atas secara otomatis.
- c. Perawatan tangki atas sangat sederhana dan mudah untuk dilakukan. Menentukan tata letak tangki atas pada sistem ini adalah salah satu hal terpenting yang harus diperhatikan. Secara umum, tangki atas dapat dipasang didalam langit-langit bangunan, pada atap bangunan yang menggunakan beton atau bahkan dipasang pada suatu konstruksi menara khusus. Penentuan letak tangki ini berdasarkan jenis alat plumbing yang akan dipasang pada lantai tertinggi bangunan dan tekanan kerja yang tinggi. Sistem tangki atas ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini.



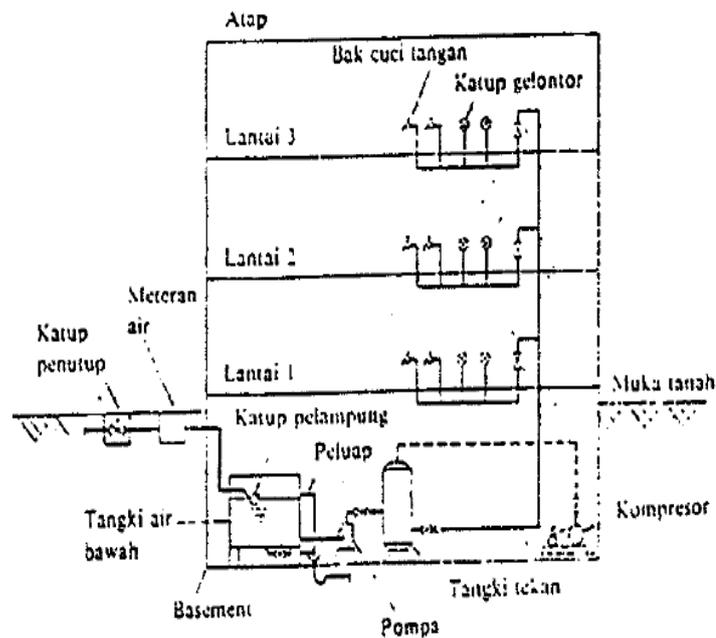
Gambar 2.2 Sketsa Sistem Tangki Atas (Morimura T dan Noerbambang, 2005).

3. Sistem tangki tekan

Didalam sistem tangki tekan, 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 kedalam suatu bejana tertutup, sehingga udara yang berada didalam 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.



Gambar 2.3. Sketsa sistem Tangki Tekan (Morimura T dan Noerbambang, 2005).

Dalam merencanakan dan merancang suatu sistem penyediaan air bersih harus memperhatikan beberapa hal yang menjadi ketentuan dan persyaratan umum yang ada. Ketentuan umum pada sistem penyediaan air bersih (BSN, 2005) meliputi :

1. Kapasitas reservoir air bawah diperhitungkan berdasarkan pada kebutuhan air per hari.
2. Kapasitas tangki air atas diperhitungkan berdasarkan fluktuasi pemakaian air per hari.
3. Pemanas air langsung (*instantaneous water heater*) harus diperhitungkan kapasitasnya berdasarkan kebutuhan maksimum alat plumbing yang akan dilayani.

4. Pemanas air dengan tangki ditentukan kapasitas tangkinya agar mampu menyediakan kebutuhan air selama jangka waktu penggunaan air panas dalam alat plumbing yang dilayani, dan kapasitas pemanasnya ditentukan untuk menaikkan temperatur air dalam tangki tersebut dengan waktu tidak lebih dari 3 jam.

Di Indonesia telah diterbitkan peraturan dan standar tentang perencanaan dan pemeliharaan sistem instalasi air bersih sejak tahun 1979. Usaha ini dimaksudkan untuk mengantisipasi terjadinya kegagalan maupun kerusakan yang terjadi pada sistem plumbing. Kegagalan sistem plumbing antara lain disebabkan oleh kurang cermatnya perancangan, kurang baiknya pemasangan, getaran dan kebisingan yang terjadi pada mesin dan sistem perpipaan, serta menyangkut kemampuan teknik yang kurang memadai dan kecerobohan tenaga profesional yang bertanggung jawab atas proses desain dan perancangan sistem plumbing.

Beberapa contoh kasus kegagalan sistem plumbing yang patut untuk diperhatikan antara lain (Morimura dan Noerbambang, 2000) :

1. Tekanan pompa

Beberapa kasus kegagalan yang terjadi diantaranya dikarenakan tekanan pompa yang tidak mencukupi. Pada saat penentuan tekanan pompa yang digunakan untuk mengalirkan air ke reservoir atas, hanya memperhatikan beda ketinggian antara permukaan sumber air dibagian paling bawah dengan bagian ujung pipa yang mengalirkan air ke reservoir atas tanpa memperhitungkan besarnya *head loss* yang terjadi di sepanjang aliran dalam pipa.

2. Pipa tegak air hujan

Pipa pembuangan air hujan sebaiknya tidak digunakan untuk sistem pembuangan lain selain air hujan. Namun demikian, masih saja ditemukan kasus dimana pipa tegak air hujan disambungkan dengan pipa pembuangan lainnya. Hal yang tidak diinginkan yang akan terjadi bila kondisi ini terus berlanjut adalah jika pada saat hujan turun, maka dalam cabang mendatar pipa pembuangan instalasi yang lain akan timbul tekanan atau gelombang tekanan udara yang dapat melempar keluar air dari saluran pembuangan lainnya.

Tekanan yang demikian besar dapat mengakibatkan lemparan penyekat air dalam bak cuci sampai kelangit-langit.

3. Pipa yang ditanam dalam tanah urugan

Selang beberapa waktu setelah gedung dibangun akan terjadi penurunan tanah atau *settlement* dibagian bawah gedung. Penurunan tanah ini menimbulkan retakan pada lantai yang sekaligus mengakibatkan beberapa bagian pipa yang tertanam dibawah lantai menjadi patah. Dalam kondisi terpaksa dimana pipa yang akan di instalasi harus dipasang atau ditanam di dalam tanah urugan, tanah reklamasi, atau tanah lembek sebaiknya mempertimbangkan terlebih dahulu resiko penurunan tanah yang akan terjadi dan membuat rancangan konstruksi pemasangan pipa dengan suatu pengamanan yang baik agar tidak patah.

II.3. Alat Plumbing

Peralatan plumbing secara umum adalah alat-alat yang digunakan sebagai penyedia air bersih maupun pembuang air kotor yang dipasang pada bagian dalam maupun bagian luar gedung. Bahan-bahan yang dianjurkan untuk menjadi peralatan plumbing harus memiliki sifat-sifat berikut (Wanggai, 2013) :

1. Sedikit atau bahkan tidak dapat menyerap air
2. Mudah dibersihkan
3. Tidak berkarat dan tidak mudah aus
4. Relatif mudah dibuat
5. Mudah dipasang

Jenis peralatan plumbing diklasifikasikan secara khusus dan secara umum. Secara khusus, jenis peralatan plumbing meliputi :

1. Peralatan untuk penyediaan air bersih dan air minum
2. Peralatan untuk penyediaan air panas
3. Peralatan untuk pembuangan dan ven
4. Peralatan saniter (*plumbing fixtures*)

Sedangkan secara umum, jenis peralatan plumbing meliputi :

1. Peralatan pemadam kebakaran
2. Peralatan pengolah air kotor

3. Peralatan penyediaan gas
4. Peralatan dapur
5. Peralatan mencuci
6. Peralatan pengolah sampah
7. Dan berbagai jenis peralatan pendukung lainnya, seperti penyediaan zat asam, air minum dan pipa vakum.

Dalam menginstal peralatan plumbing untuk sebuah hunian, perlu memperhatikan jumlah alat plumbing yang dibutuhkan. Berikut adalah persyaratan penginstalan peralatan plumbing yang dibutuhkan untuk bangunan sekolah (BSN, 2015) :

Di sekolah harus disediakan peralatan plumbing untuk murid berdasarkan pada kapasitas hunian dan sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

- a. Sebuah kloset untuk setiap 100 murid laki-laki dan sebuah kloset untuk setiap 35 murid perempuan pada sekolah dasar.
- b. Sebuah kloset untuk setiap 100 murid laki-laki dan sebuah kloset untuk setiap 45 murid perempuan pada sekolah menengah.
- c. Sebuah bak cuci tangan untuk setiap 50 murid.
- d. Sebuah peturasan untuk setiap 30 murid laki-laki.
- e. Sebuah kloset untuk setiap 1-10 orang guru dan karyawan.
- f. Sebuah bak cuci tangan untuk setiap 1-20 orang guru dan karyawan.
- g. Sebuah peturasan untuk 31-75 guru dan karyawan.

Fasilitas toilet untuk pria dan wanita harus dipisahkan dan mudah terjangkau.

II.4. 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 bangunan (Tjouwardi, 2015). Berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002, 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 (BSN, 2005) :

1. Kebutuhan air bersih sehari-hari yang ditentukan dengan memperkirakan penggunaan nilai kebutuhan air bersih perhari 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 (Ditjen Cipta Karya, 2000) yaitu :

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.

Kebutuhan air non domestik dapat dibagi dalam beberapa kategori, antara lain :

- a. Kategori I (metro)
- b. Kategori II (kota besar)
- c. Kategori III (kota sedang)
- d. Kategori IV (kota kecil)
- e. Kategori V (desa)

Berikut adalah tabel kebutuhan air bersih perhari per orang secara umum untuk beberapa gedung sesuai dengan penggunaannya.

Tabel 2.1. Kebutuhan air bersih non domestik untuk kategori I, II, III, IV (*Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 2000*).

No.	Sektor	Pemakaian Air	Satuan
1	Pendidikan/Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
4	Masjid	3000	Liter/unit/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/bed/hari
8	Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Komplek militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hektar
11	Kawasan Pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hektar

Tabel 2.2. Pemakaian air rata-rata per orang setiap hari (*Morimura T dan Nurbambang, 2005*).

No	Jenis Gedung	Pemakaian air rata-rata sehari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (Jam)	Keterangan
1	Sekolah Dasar	40	5	Guru : 100 liter
2	SLTP	50	6	Guru : 100 liter
3	SLTA atau Lebih Tinggi	80	6	Guru/Dosen : 100 liter
4	Gedung Kantor	100	8	Setiap Pegawai
5	Gedung Peribadatan	10	2	Didasarkan jumlah jamaah setiap hari
6	Perpustakaan	25	6	Untuk setiap pembaca yang tinggal
7	Gedung Perkumpulan	150-200		Setiap tamu
8	Laboratorium	100-200	8	Setiap staf

Tabel 2.3. Kebutuhan air menurut Reynold A. Tjouwardi.

Tipe Bangunan	Liter/hari
Sekolahan	57
Apartemen	133
Kantor	57-125
Rumah susun	285/unit
Hotel	380/kamar
Pabrik	95
Rumah sakit umum	570/unit
Restoran	95
Airport	11-19/penumpang
Rumah tinggal	150-285

II.4.1. Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Dalam menentukan kebutuhan air bersih suatu gedung perlu melihat beberapa faktor, diantaranya jenis gedung dan jumlah penghuni. Volume kebutuhan air bersih didapat berkaitan dengan kapasitas reservoir bawah dan tangki atas.

Kebutuhan air bersih suatu bangunan ditentukan dengan persamaan berikut ini (Morimura T dan Noerbambang, 2000) :

$$Q_d = P_g \times R \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

Q_d = Kebutuhan air per hari (liter/hari)

P_g = Jumlah pemakai air pada gedung (orang)

R = Pemakaian air per hari (liter/orang/hari)

Atau bila dinyatakan dalam liter per jam digunakan persamaan berikut :

$$Q_h = Q_d / h_{rate} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

Q_h = Kebutuhan air per jam (liter/jam)

Q_d = Kebutuhan air per hari (liter/hari)

h_{rate} = Jangka waktu pemakaian air rata-rata (jam)

Kebutuhan air bersih dalam gedung berfluktuasi terhadap waktu. Ada pada saatnya kebutuhan air bersih pada gedung berada pada posisi puncak atau

maksimum. Pemakaian air bersih pada jam puncak dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{h \text{ maks}} = C_1 \times Q_h \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$Q_{h \text{ maks}}$ = Kebutuhan air pada jam puncak (liter/jam)

C_1 = Koefisien pemakaian air pada jam puncak (berkisar antara 1,5-2,0)

Q_h = Kebutuhan air per jam (liter/jam)

Sedangkan kebutuhan air pada saat menit puncak ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{m \text{ maks}} = C_2 \times (Q_h/60) \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$Q_{m \text{ maks}}$ = Kebutuhan air pada menit puncak (liter/menit)

C_2 = Koefisien pemakaian air pada menit puncak (antara 3,0-4,0)

Q_h = Kebutuhan air per jam (liter/jam)

Pada bangunan bertingkat, besarnya kebutuhan air bersih pada setiap lantai dapat berbeda. Hal tersebut bergantung pada banyaknya penghuni disetiap lantai dan peralatan plumbing yang ada di dalamnya.

II.4.2. Perhitungan Kapasitas Tangki

Tangki atau reservoir adalah media penyimpanan air bersih dalam sistem plumbing. Berdasarkan tata letaknya, reservoir dibedakan menjadi dua jenis, yaitu reservoir bawah (*ground reservoir*) dan tangki atas (*roof tank*). Reservoir bawah dibuat sebagai tempat penyimpanan air bersih sementara sebelum air dialirkan ketangki atas untuk melayani kebutuhan air bersih per harinya. Kapasitas reservoir bawah suatu sistem plumbing tergantung pada besarnya kebutuhan air bersih per hari. Volume *ground reservoir* dapat diambil dari 100% kebutuhan air bersih per hari, sesuai dengan persamaan berikut (Morimura dan Noerbambang, 2000) :

$$V_{GR} = Q_d \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

V_{GR} = Kapasitas receiveur bawah (liter)

Q_d = Kebutuhan air per hari (liter/hari)

Sedangkan peran dari tangki atas adalah sebagai pengantisipasi untuk menampung kebutuhan air puncak, dimana tersedianya kapasitas yang cukup dalam jangka waktu 30 menit. Untuk mengantisipasi kejadian kebutuhan puncak pada saat muka air terendah dalam tangki atas, perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa.

II.5. Pipa

Sebagai media pendistribusi air antara alat-alat plumbing, keberadaan pipa menjadi hal yang mutlak untuk diperlukan. Jenis pipa yang biasa digunakan untuk mendistribusikan air bersih adalah pipa Galvanis Sch 40 dan PVC Sch 40. Pengertian pipa sch 40 yaitu pipa yang memiliki schedule 40. Sch atau schedule sendiri memiliki pengertian sebuah parameter ketebalan pipa yang diukur dari hubungan ketebalan pipa terhadap diameter dalam (ID) yang menghasilkan kekuatan dalam menahan tekanan, dimana sch telah didasarkan pada standar ANSI (*American National Standards Institute*).

II.5.1. Pipa Galvanis Sch 40.

Saat ini, salah satu jenis **pipa baja galvanis** yang paling populer adalah tipe standar dan sch 40. Perbedaan keduanya terletak pada ketebalan konstruksi pipa; tipe sch 40 tingkat ketebalannya lebih tinggi dan sering digunakan untuk pembuluh pipa yang tolakannya juga tinggi. Seringkali, **pipa baja galvanis** disebut sebagai GIP (Galvanized Iron Pipe) atau GI (Galvanized Iron).



Gambar 2.4. gambar pipa galvanis (<https://isibangunan.com>).

Berikut ini, beberapa jenis yang menjadi spesifikasi pipa galvanis selain ukuran panjang dan diameternya. Satuan ukuran menggunakan standar m (meter), ft (kaki), sm (sentimeter), inci, dan millimeter (<https://isibangunan.com>).

- Diameter menggunakan standar \emptyset .
- Jenis diameter pipa yang umum dikerjakan oleh pembuat pipa:
- \emptyset ½ “, ¾ “, 1”, 1½ “, 2”, 2½”, 3”, 4”, 6”, 8”, 10” dengan panjang 6 m.
- Ketebalan pipa memiliki spesifikasi beragam, tergantung pada jenis atau tipe, serta ketebalan dinding pipa yang disebut dengan schedule.
- Tipe schedule pipa baja galvanis biasa disebut dengan kelas Medium A, Medium B, dan Nonmedium.
- Ketebalannya bervariasi, dari mulai 1mm, 1½mm, 2mm, dan seterusnya.
- Perbedaan schedule/ketebalan bisa dilihat dari bobot pipa baja saat diangkat. Jika jenis pipa terasa lebih berat dari yang lain dengan diameter yang sama, berarti pipa tersebut memiliki nomor medium yang lebih besar.

II.5.2. Pipa PVC Sch 40.

Pipa PVC (PolyVinyl Chloride) merupakan polier termoplastik urutan ketiga dalam hal jumlah pemakaian di dunia, setelah polietilena dan polipropilena. Pipa PVC pada umumnya digunakan sebagai saluran air dalam suatu proyek perumahan atau gedung atau jalan dll. Pipa PVC ini sifatnya keras, ringan, dan kuat. Karena penginstalannya mudah, maka sangatlah ideal jika digunakan untuk saluran dibawah zink dapur, kamar mandi, dll. Bahkan penggunaan pipa PVC ini dapat bekerja lebih baik daripada menggunakan pipa besi yang perlu disolder, juga tahan terhadap hampir semua alkalin atau zat beracun serta mudah dipasang (<https://pipaplastik.com>).



Gambar 2.5. Gambar pipa PVC ((<https://pipaplastik.com>)).

Pipa PVC memiliki banyak keuntungan, yakni :

1. Penginstalannya mudah.
2. Tahan terhadap bahan kimia
3. Sangat kuat
4. Memiliki daya tahan korosi.
5. Daya konduksi panas yang rendah
6. Biaya instalasinya rendah
7. Hampir bebas pemeliharaan (virtually free maintenance)

Diameter pipa ditentukan dengan menyesuaikan debit dan kecepatan aliran fluida didalam pipa, atau bisa juga dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut (Susilo, 2014) :

$$D = \sqrt{\frac{4xQ}{\pi xv}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

D = diameter pipa (m)

Q = debit air (m³/s)

π = 3,14

v = viskositas kinematik (m²/s)

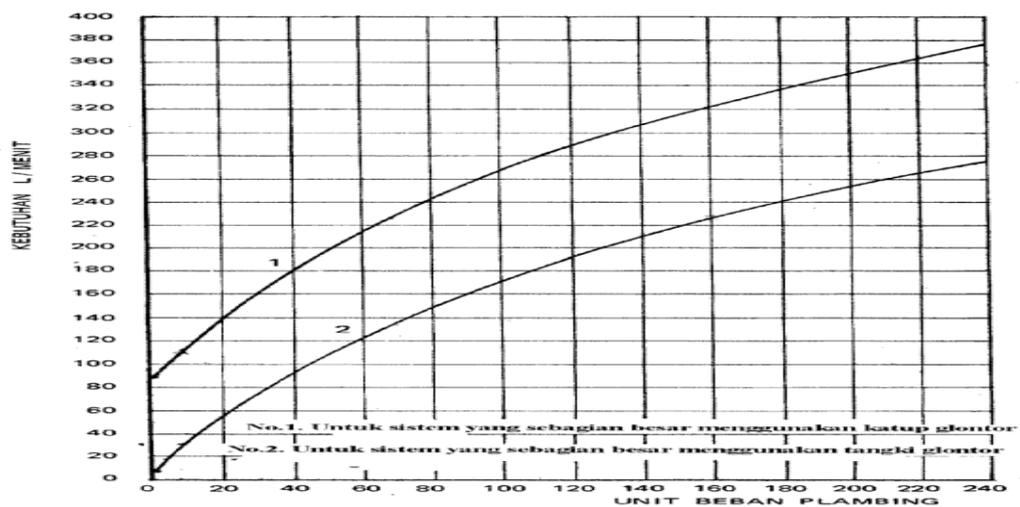
Debit air bersih (Q) dapat diketahui dengan melihat terlebih dahulu unit beban alat plumbing yang bersangkutan. Unit beban alat plumbing adalah angka yang

menunjukkan besarnya beban kebutuhan air dari alat-alat plumbing pada berbagai keadaan pelayanan (BSN, 2005).

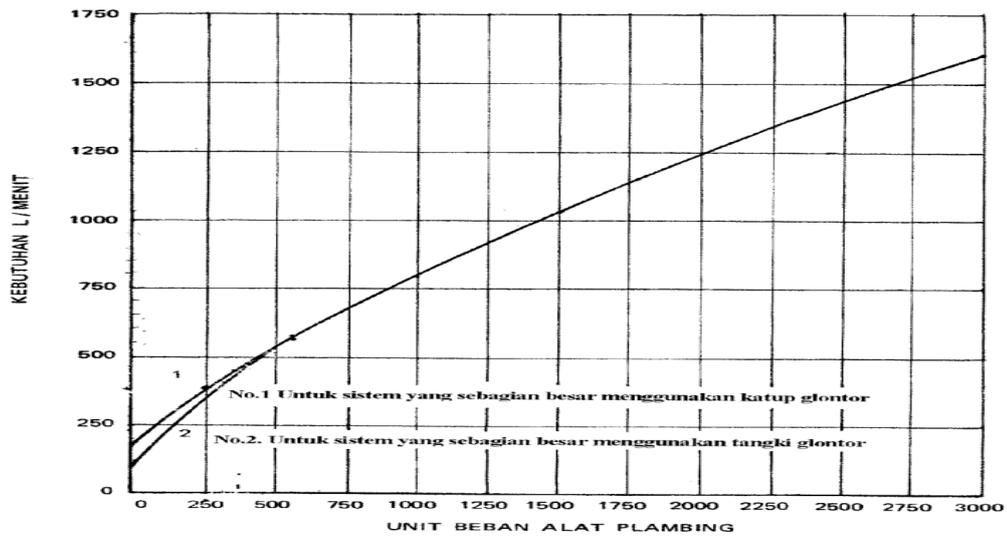
Tabel 2.4 Menunjukkan besarnya nilai unit beban alat plumbing (*Badan Standardisasi Nasional (2005)*)

No.	Jenis alat plumbing	UBAP pribadi	UBAP Umum
1	Bak Mandi	2	4
2	<i>Bedpan Washer</i>	-	10
3	Bidet	2	4
4	Pancaran air minum	1	2
5	Bak cuci tangan	1	2
6	Bak cuci dapur	2	2
7	<i>Servicesink</i>	2	4
8	Peturasan pedestial berkaki	-	10
9	Peturasan, <i>walllip</i>	-	5
10	Peturasan, palung	-	5
11	Peturasan dengan tangki penggelontor	-	3
12	Bak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
13	Kloset dengan katup penggelontor	6	10
14	Kloset dengan tangki penggelontor	3	5

Nilai beban kebutuhan air bersih alat plumbing berdasarkan besarnya nilai beban unit alat plumbing secara keseluruhan dapat diketahui dengan melihat kurva perkiraan beban kebutuhan air seperti berikut (BSN, 2005) :



Gambar 2.6. Kurva perkiraan beban kebutuhan alat plumbing (sampai 240) (Morimura T dan Noerbambang, 2005).



Gambar 2.7. Kurva perkiraan beban kebutuhan air (sampai 3000)
(Morimura T dan Noerbambang, 2005).

II.6. Head Losses

Head losses adalah kerugian didalam sistem yang terdiri dari kerugian mayor (h_f), yaitu akibat gesekan dalam aliran berkembang penuh dalam luas pipa yang konstan, dan kerugian minor (h_m), yaitu akibat bentuk dari lubang masukan dan keluaran, penggunaan jenis katup, adanya belokan, siku, sambungan T dan sebagainya.

II.6.1 Rugi–Rugi Mayor

Rugi mayor adalah rugi yang terjadi akibat adanya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa. Sebelum menghitung rugi mayor, terlebih dahulu perlu menghitung besarnya bilangan Reynold untuk mengetahui jenis aliran fluida yang mengalir didalam pipa. Besarnya bilangan Reynold ditentukan melalui persamaan berikut (Fox, 2004) :

$$Re = \frac{\rho v d}{\mu} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana ;

Re = bilangan reynold

ρ = massa jenis fluida (kg/m^3)

v = viskositas kinematik (m^2/s)

d = diameter pipa (m)

μ = viskositas dinamik (N.s/m²)

Dengan nilai μ dan ν diketahui melalui grafik sifat fluida yang diketahui, yaitu jenis fluida dan temperature fluida. Dimana pada $Re < 2300$ aliran yang dihasilkan tersebut bersifat laminar. Pada $Re > 4000$ aliran yang dihasilkan bersifat turbulen, sedangkan Re antara 2300-4000 bersifat transisi. Aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa dan laju aliran.

Sedangkan kecepatan aliran ditentukan dari persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan Q adalah debit aliran (m³/s) dan A adalah luas penampang pipa (m²). Setelah mengetahui jenis aliran, selanjutnya dapat menghitung rugi mayor yang disebabkan oleh gesekan aliran dalam pipa. Perhitungan rugi mayor yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan *Darcy-Weisbach* seperti berikut :

$$hf = f \cdot \frac{LV^2}{D2g} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

hf = rerugi mayor (m²/s²)

f = koefisien faktor gesek

L = panjang pipa (m)

v = kecepatan aliran air (m/s)

D = diameter pipa (m)

g = percepatan grafitasi (m/s²)

Untuk jenis aliran laminar, nilai koefisien f diperoleh dengan persamaan $f = Re/64$. Sedangkan untuk aliran turbulen, hubungan antara bilangan Reynold, faktor gesekan dan kekasaran relatif menjadi lebih kompleks.

Berikut adalah nilai-nilai kekasaran relatif bahan k (e/D) :

Tabel 2.5. Nilai kekasaran relatif dinding pipa komersial k (e/D), (Ram S. Gupta (1989)).

Nilai kekasaran relative (k) dalam satuan mm	
<i>Nature of interior surface</i>	Index roughness K
Copper, ead, brass, stainless	0,001 to 0,002

<i>PVC Pipe</i>	0
<i>Stainless steel</i>	0,015
<i>Steel commercial pipe</i>	0,045 a 0,09
<i>Stretched steel</i>	0,015
<i>Weld steel</i>	0,045
<i>Galvanized steel</i>	0,15
<i>Rusted steel</i>	0,1 to 1

Dari tabel 2.5. tentang nilai kekasaran dinding pipa komersial dapat dilihat bahwa untuk jenis pipa PVC kekasaran dinding pipanya bernilai 0, jadi untuk rugi-rugi gesekan fluida dengan dinding pipa PVC bisa diabaikan.

II.6.2 Rugi-Rugi Minor

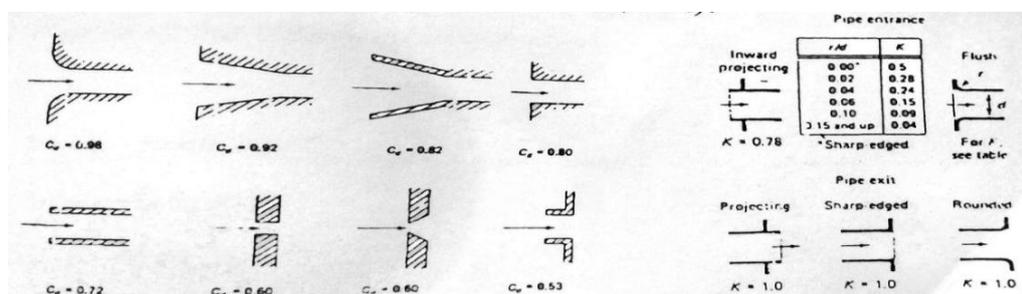
Pada setiap sistem aliran dalam pipa, disamping adanya rerugi yang diakibatkan oleh gesekan yang terjadi didalam pipa, terdapat rugi-rugi yang disebut sebagai rerugi kecil (minor) yang disebabkan oleh :

a. Bentuk lubang masukan dan keluaran.

Kerugian tinggi-tekan di lubang masuk pipa dari tangki biasanya dipergunakan $0,5 V^2/2g$ jika lubang itu bertepi siku-siku. Untuk lubang masuk yang dibulatkan secara baik, besarnya kerugian antara $0,01 V^2/2g$ dan biasanya dapat diabaikan. Untuk lubang masuk balik seperti pipa yang menembus ke dalam tangki melalui dinding kerugian diambil sebagai $1,0 V^2/2g$ untuk dinding pipa yang tipis (Streeter, Victor L) Copy 1985.

$$h_e = K \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots(2.10)$$

Untuk nilai koefisien hambatan dari bentuk lubang masukan dan keluaran dapat dilihat pada gambar berikut (Sullivan, 1989) :



Gambar 2.8. Jenis-jenis lubang masukan dan keluaran tangki (<https://www.digilib.unila.ac.id>).

b. Rugi akibat katup (*Gate Valve*).

Katup *gate valve* ini mempunyai bentuk penyekat berupa piringan atau bisa digerakan keatas dan bawah untuk membuka dan menutup. Bisa juga digunakan untuk posisi buka atau tutup sempurna dan tidak disarankan untuk posisi sebagian terbuka.

Kehilangan energi karena adanya katup dapat ditentukan dengan persamaan :

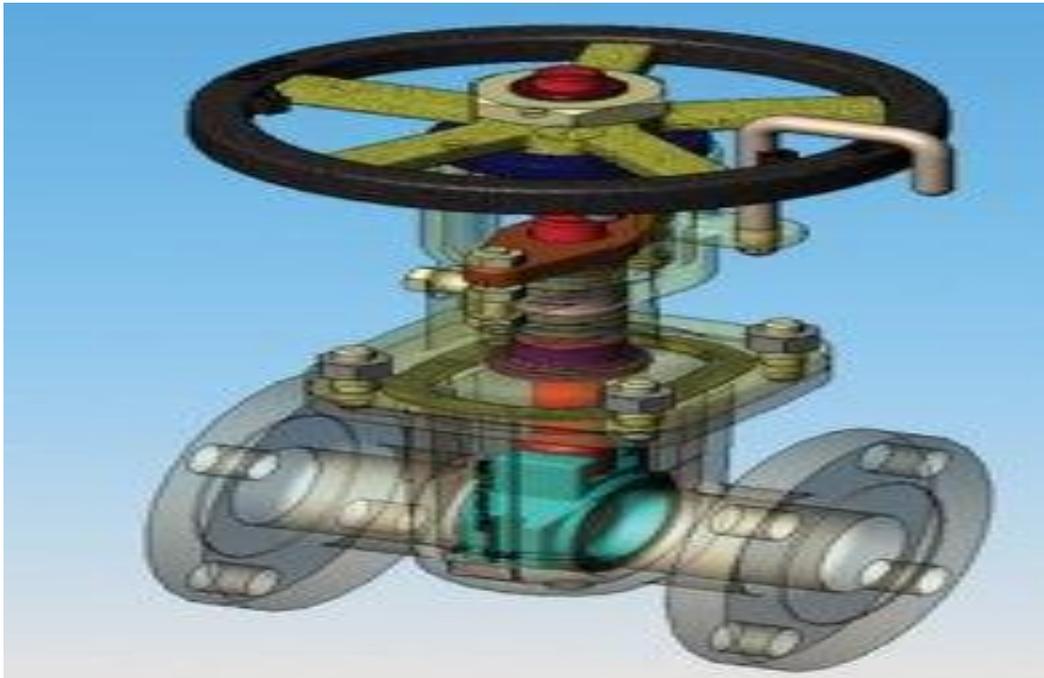
$$H_v = K_v \frac{v^2}{2g} \times n \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

H_v = Rugi pada katup

K_v = Koefisien tinggi hilang di katup

n = Jumlah katup



Gambar 2.9. Gambar katup jenis Gate Valve ([https://sumberteknikproteksindo .
wordpress.com](https://sumberteknikproteksindo.wordpress.com))

Nilai K ini sangat tergantung pada jenis katup dan bukaannya, tabel dibawah ini menunjukkan besarnya hambatan yang terjadi pada katup.

Tabel 2.6. Nilai koefisien hambatan jenis katup dan sambungan (Sullivan (1989)).

No.	Katup– Sambungan	Nilai K
1.	<i>Swing</i>	2,50
2.	<i>Globe</i>	10,0
3.	<i>Gate valve: -terbuka penuh</i>	0,19
	<i>-¼ tertutup</i>	1,15
	<i>-½ tertutup</i>	5,60
	<i>-¾ tertutup</i>	24,0
4.	<i>Cockv</i>	0,26
5.	<i>Close pattern return bend</i>	2,20
6.	<i>Standar</i>	1,80
7.	Belokan standar90°	0,90
8.	Belokan standar45°	0,42

c. Rugi head akibat sambungan pipa.

Rugi-rugi head pada aliran pipa tertutup sangat tergantung pada jenis pipa dan komponen pemipaan yang digunakan. Salah satu komponen pemipaan yang dapat menyebabkan terjadinya rugi head adalah fitting atau sambungan pada pipa.

Jenis-jenis fitting yang sering digunakan pada sistem pemipaan adalah *elbow*, *flange*, sambungan cabang empat dan sambungan T.

Persamaan yang digunakan untuk mencari rugi head ini sama dengan rugi karena katup hanya yang membedakan adalah nilai konstanta tahanan K.

$$H = K \frac{v^2}{2g} \times n \dots \dots \dots (2.12)$$

Tabel 2.7. koefisien K sebagai fungsi sudut belokan.

Sudut	20°	45°	60°	80°	90°
K	0.05	0.14	0.36	0.74	0.98

Arah aliran		Diameter pipa (inchi)
-------------	--	-----------------------

	1/2	1	2	3	4
Aliran utama	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Aliran sisi	2,4	1,8	1,4	1,3	1,1

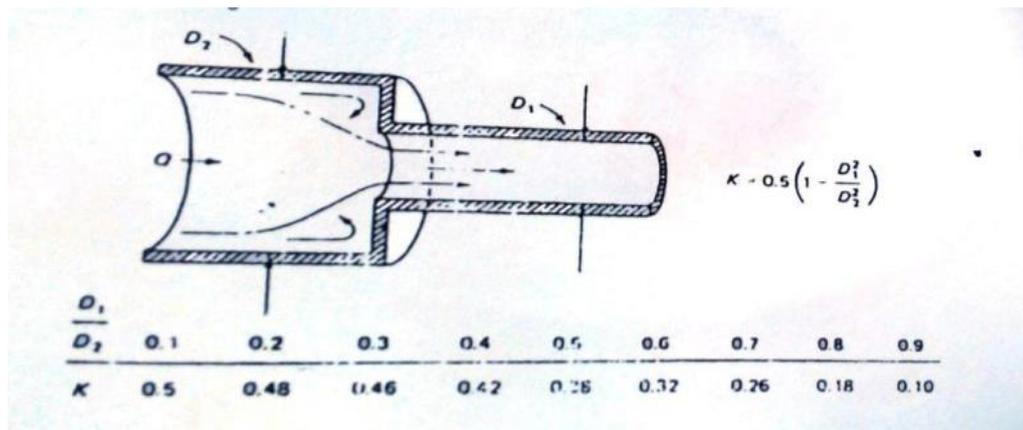
Tabel 2.8. Nilai tahanan K pada sambungan T.

d. Rugi akibat penyempitan dalam sistem pemipaan.

Kerugian tinggi-tekan h_c yang disebabkan oleh penyempitan pipa pada penampang pipa dapat di cari dengan persamaan :

$$h_c = Kc \frac{v_1^2}{2g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Untuk nilai koefisien hambatan penyempitan pada sistem perpipaan yang merupakan perbandingan diameter antara diameter besar dan diameter kecil dapat dilihat dari gambar berikut :



Gambar 2.10. nilai koefisien hambatan penyempitan (Streeter Victor L dan Wylie E. Benjamin, 1985)

II.6.3. Kehilangan tekanan pada ujung pipa.

Rugi tekanan pada ujung keluar pipa ke tangki penampungan dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$H_{vf} = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.14)$$

II.6.4. Penurunan tekanan pada sistem pemipaan.

Rugi head (ΔH) atau penurunan tekanan (ΔP) teoritis yang terjadi pada tiap rangkaian pipa tekan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta H = hf + h_e + H_v + H + H_c + H_{vf} \dots\dots\dots(2.15)$$

II.7. Perencanaan Pompa

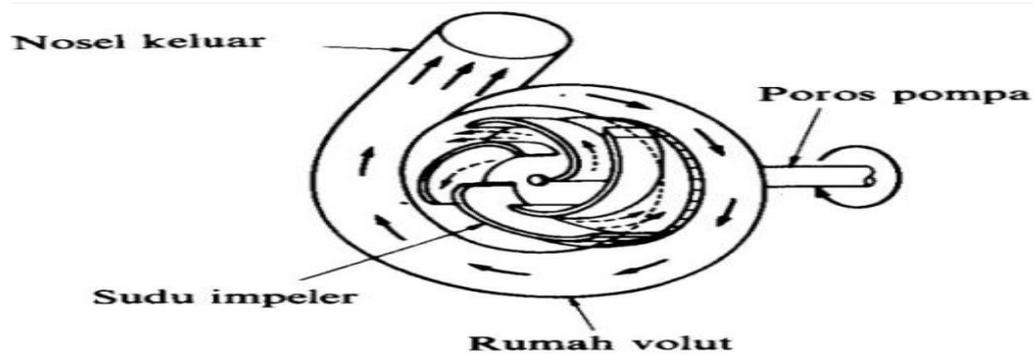
Air yang dibutuhkan manusia ada yang dekat dan ada juga yang jauh. Bila sumber air yang dibutuhkan memiliki jarak yang jauh maka diperlukan waktu dan tenaga yang besar untuk membawa air tersebut ke tempat penampungan secara tepat. Dalam aplikasi kehidupan sehari-hari manusia menggunakan pompa untuk memindahkan fluida dari suatu tempat ke tempat yang lain dengan menggunakan sistem pemipaan, hal ini bertujuan untuk mempermudah pengaliran fluida tersebut (Aprizal, 2013).

Pompa merupakan salah satu dari jenis-jenis mesin fluida yang berfungsi untuk memindahkan suatu fluida dari tempat yang memiliki energi/*head* yang rendah ketempat dengan energi/*head* yang tinggi melalui sebuah sistem dengan meningkatkan tekanan sesuai dengan yang diinginkan. Berdasarkan cara kerjanya, secara garis besar pompa dibedakan menjadi dua, yaitu pompa dinamik dan pompa perpindahan positif.

Pompa dinamik bekerja dengan cara mengubah energi kecepatan pada fluida yang dihasilkan oleh impeller atau sudu-sudu menjadi energi tekan pada saat fluida melewati nosel. Sedangkan pompa perpindahan positif bekerja dengan memanfaatkan perubahan volume didalam ruang pemompaan untuk diubah menjadi energi tekan. Pompa perpindahan positif banyak digunakan pada sistem yang membutuhkan kerja tekanan lebih, seperti pada pompa hidrolis. Sedangkan pompa dinamik digunakan pada sistem yang lebih mengutamakan perpindahan volume yang besar, seperti pada pompa air (Sularso danTahara, 2000).

II.7.1. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal memanfaatkan energi kinetik dari fluida untuk menghasilkan energi kecepatan dan juga tekanan. Pompa sentrifugal yang terlihat pada gambar 2.9 mempunyai sebuah impeler atau baling-baling untuk mengangkat fluida dari tempat yang lebih rendah ketempat yang lebih tinggi (Sularso danTahara, 2000).



Gambar 2.11. Pompa sentrifugal (najamudinmt.blogspot.com)

Daya dari luar diberikan kepada poros pompa yang selanjutnya diteruskan untuk memutar impeler. Zat cair yang ada didalam pompa berputar akibat dorongan dari sudu-sudu impeler. Karena timbul gaya sentrifugal, maka zat cair mengalir dari tengah impeller keluar melalui saluran diantara sudu-sudu. Disini *head* tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula *head* kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeller ditampung oleh saluran berbentuk spiral yang berada disekeliling impeller dan disalurkan keluar pompa melalui nosel. Didalam nosel ini sebagian *head* kecepatan aliran diubah menjadi *head* tekanan (Sularso dan Tahara, 2000).

Sama halnya dengan pompa pada umumnya, pompa sentrifugal juga memiliki beberapa keuntungan dan kerugian.

- Keuntungan dari pompa sentrifugal antara lain :

- a. Pada kapasitas aliran volume yang sama, harga pembeliannya lebih murah
- b. Biaya pemeliharaan yang murah
- c. Lebih sedikit memerlukan tempat
- d. Jumlah putaran tinggi, sehingga memberikan kemungkinan untuk disambungkan langsung kepenggerak.
- e. Tidak menimbulkan getaran mesin yang berlebihan, sehingga pondasi dapat dibuat lebih ringan.
- f. Aliran zat cair dapat berlangsung secara kontinyu atau tidak putus-putus yang mampu menghasilkan laju aliran volume yang besar pada putaran mesin yang sama.

Sedangkan kerugian dari pompa sentrifugal adalah sebagai berikut :

- a. Rendemen lebih rendah, terutama pada aliran yang lebih kecil dan daya dorong yang besar
- b. Kurang cocok untuk mengerjakan zat cair yang kental.

Keuntungan dari pompa sentrifugal yang demikian besar membuat pompa ini lebih banyak digunakan dan dapat digunakan kedalam sistem plumbing sebagai pompa penyedia air bersih.

II.7.2. Pompa Submersible

Pompa submersible (pompa benam) disebut juga dengan electric submersible pump (ESP) adalah pompa yang dioperasikan di dalam air terus menerus. Jenis pompa ini mempunyai tinggi minimal air yang dapat di pompa dan harus di penuh ketika bekerja agar life time pompa tersebut lama. Pompa jenis ini bertipe pompa sntrifugal. Pompa sentrifugal sendiri prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing (dedylondong.blogspot.com, 2012).



Gambar 2.12. Gambar pompa submersible (hargapompa.blogspot.com)

Prinsip kerja pompa submersible bekerja dengan mendorong air ke permukaan. Berikut kelebihan dari pompa submersible :

1. Biaya perawatan rendah.
2. Tidak bising, karena berada dalam sumur atau bak.

3. Pompa memiliki pendingin alami karena terendam dalam air.
4. Sistem pompa tidak menggunakan shaft penggerak yang panjang dan bearing. Jadi problem yang biasa terjadi pada pompa permukaan seperti keausan bearing dan shaft tidak terjadi.

Sedangkan kekurangan dari pompa submersible adalah :

1. Tegangan listrik harus di atas 195 volt.
2. Persediaan air di dalam sumur cukup.
3. Tidak terkandung pasir di dalam sumur.
4. Tidak sering hidup mati kurang dari 1 menit.

II.7.3. Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa yaitu kemampuan pompa untuk memindahkan volume fluida per satuan waktu. Dalam hal ini kapasitas pompa secara langsung berhubungan dengan debit air bersih yang dibutuhkan per harinya. Didalam sistem plumbing sendiri, kapasitas pompa ditentukan dengan memperhatikan hal-hal berikut ini (Morimura T dan Noerbambang, 2000) :

- a. Kapasitas maksimum pompa yang dapat diproduksi saat ini.
- b. Debit air bersih pompa bergantung pada besarnya kebutuhan air bersih dalam gedung.
- c. Bila kebutuhan air berubah-ubah, sebaiknya dipakai beberapa unit pompa yaitu sebesar konsumsi minimum. Atau dapat juga digunakan beberapa unit pompa dengan kapasitas berbeda.
- d. Usahakan pompa bekerja pada titik operasi yang menghasilkan efisiensi terbaik.
- e. Bila kapasitas yang dipompakan besar, sebaiknya menggunakan pompa dengan kapasitas besar. Karena untuk kapasitas besar, umumnya efisiensi pompa menjadi lebih tinggi. Jadi penggunaan daya lebih ekonomis.
- f. Besarnya kapasitas pompa ditentukan berdasarkan besarnya kebutuhan air bersih dalam gedung per harinya.

Besarnya kapasitas pemompaan dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$Q_{pompa} = \frac{Q_d}{T_{pompa}} \dots\dots\dots(2.16)$$

Dimana :

Q_d = kebutuhan air per hari (liter/hari)

T_{pompa} = waktu kerja pompa (jam/hari)

II.7.4. Daya Pompa

Besarnya daya pompa yang dibutuhkan untuk mengairkan fluida dalam pipa dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$N_p = \frac{\rho \times g \times Q \times h}{\eta} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

N_p = Daya Pompa (kW)

ρ = Massa jenis fluida (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

Q = Kapasitas pompa (m^3/s)

h = Head total pompa (m)

η = Efisiensi pompa (60 % - 80 %)

II.8. *Software Pipe Flow Expert*

Pipe Flow Expert Software adalah program untuk mendesain pipa dan pemodelan sistem pipa. Menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa loop terbuka atau tertutup dengan beberapa tangki atau reservoir, beberapa pompa secara seri atau paralel, dan beberapa ukuran pipa dan fitting, Pipe Flow Expert akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa di sepanjang jaringan pipa.

Pipe Flow ini dirancang untuk membantu insinyur untuk menggambar sistem jaringan pipa kompleks kemudian menganalisa dan memecahkan berbagai masalah didalam sebuah jaringan pipa tersebut. Program ini juga bisa digunakan

untuk melakukan simulasi perancangan terhadap sebuah jaringan pipa untuk mendapatkan sejumlah hasil yang nantinya akan menjadi acuan untuk melakukan perancangan yang sebenarnya dilapangan. Sistem penggambaran pipa dengan menggambar titik sambungan dan pipa yang menjadi penghubung antar titik node.

Secara horizontal, vertikal atau diagonal dapat digunakan untuk menghubungkan satu titik ke titik lain (<https://text.id.123dok.com>) .

Data-data fisik yang dimasukkan oleh pengguna biasanya meliputi :

1. Diameter pipa, panjang pipa dan material pipa pada setiap pipa penghubung.
2. Ketinggian elevasi masing-masing titik node.
3. Aliran masuk dan aliran keluar pada setiap titik sambungan
4. Ketinggian tangki dan tinggi fluida di dalam tangki serta tekanan setiap tangki
5. Data kinerja untuk setiap pompa |

Adapun hasil analisis sistem jaringan pipa dengan menggunakan Software Pipe Flow Expert, meliputi :

1. Kapasitas Aliran Q Pada setiap pipa
2. Kecepatan Aliran V pada setiap pipa
3. Aliran massa pada setiap pipa
4. Reynolds Numberre
5. Nilai head loss Mayor
6. Nilai head loss Minor
7. Kehilangan tekanan pada setiap pipa
8. Kehilangan tekanan pada setiap node
9. Nilai HGL Hydraulic Grade Line

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Kampus Universitas Pasir Pengaraian dimulai dari bulan Januari 2018 sampai dengan Mei 2018.

III.2. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meteran

Meteran digunakan dalam pelaksanaan pengumpulan data fisik tinggi bangunan, ukuran resevoir bawah, jarak antara resevoir bawah dengan tangki atas dan jarak dari titik tangki atas ke titik distribusi.



Gambar 3.1. Meteran.

2. Jangka sorong.

Jangka sorong merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panjang dan ketebalan atau diameter sebuah benda dengan tingkat ketelitian mencapai 0,1 milimeter. Alat ini dapat menampilkan ukuran dengan sangat terperinci bila dibandingkan dengan beberapa alat ukur yang lain, semisal penggaris.



Gambar 3.2. Jangka sorong.

3. *Software Pipe Flow Expert v 5.12.*

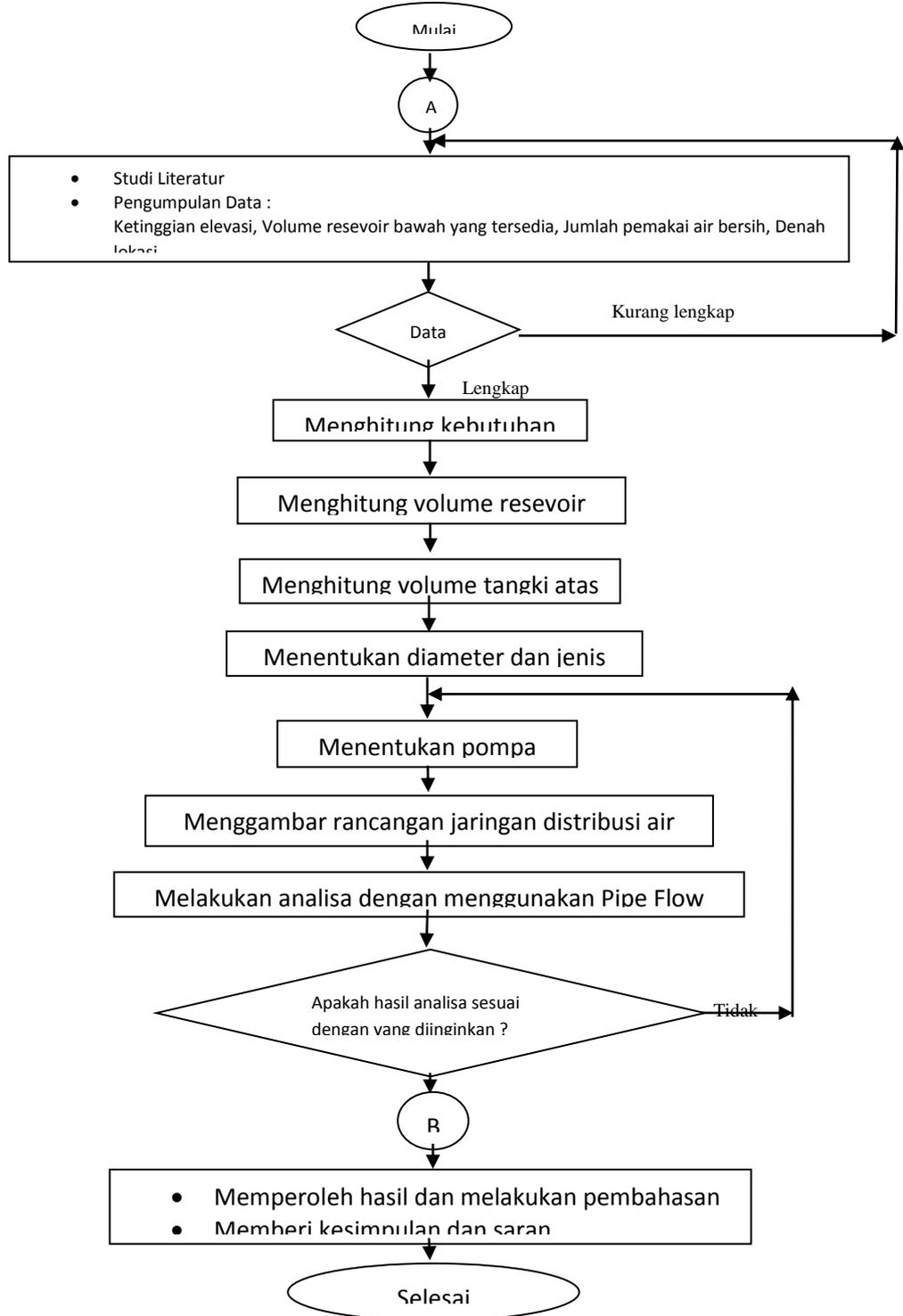
Pipe Flow Expert Software adalah program untuk mendesain pipa dan pemodelan sistem pipa. Menghitung aliran fluida dalam jaringan pipa loop terbuka atau tertutup dengan beberapa tangki atau reservoir, beberapa pompa secara seri atau paralel, dan beberapa ukuran pipa dan fitting, Pipe Flow Expert akan menghitung laju aliran di setiap pipa dan akan menghitung penurunan tekanan pipa di sepanjang jaringan pipa.



Gambar 3.3. *Interface awal Pipe Flow Expert* (<https://text.id.123dok.com>).

III.3. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan alur sebagai berikut :



Gambar 3.4. Diagram alur penelitian.

III.4. Keterangan Diagram Alir Penelitian

Adapun keterangan dari tahapan diagram alir penelitian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur

Studi literatur dimaksudkan untuk mencari dan mempelajari landasan teori dari penelitian yang akan dilakukan. Sumber literature yang diperoleh dapat berasal dari buku referensi dan *browsing*. Hal-hal yang perlu dipelajari untuk memulai penelitian ini adalah perencanaan dan perancangan sistem plambing dan bagaimana mengoperasikan *software Pipe Flow Expert*.

2. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini terdiri dari :

1. Data primer

Data primer adalah data yang dikumpulkan dari survey lapangan meliputi data fisik (data kuantitas dan kualitas air bersih yang masuk ke bak-bak distribusi, data jumlah serta keadaan peralatan saniter, dan data ketinggian gedung). Data non fisik (wawancara dengan cleaning servis dan pegawai bagian perlengkapan di kampus universitas pasir pengaraian).

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang dikumpulkan dari narasumber berupa data jumlah mahasiswa, data pegawai dan data dosen di kampus Universitas Pasir Pengaraian.

Data yang telah diperoleh kemudian disusun dan dikelompokan agar mudah untuk dipelajari.

3. Menghitung Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan kebutuhan air bersih per harinya dilakukan dengan menggunakan persamaan (2.1).

4. Menghitung Volume Reservoir Bawah

Besarnya volume reservoir bawah (*ground reservoir*) dapat ditentukan setelah menghitung besarnya kebutuhan air bersih per hari di dalam gedung sesuai dengan persamaan (2.5). Perhitungan ulang volume *ground reservoir* ini diperlukan untuk memeriksa apakah volume *ground reservoir* yang tersedia telah sesuai dengan hasil perhitungan.

5. Menentukan Volume Tangki Atas

Reservoir atas berguna untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada jam puncak. Besarnya volume tangki disesuaikan dengan dengan kebutuhan air pada jam puncak.

6. Menggambar Rancangan Jaringan Distribusi Air Bersih

Gambar rancangan jaringan distribusi air bersih ini dipakai sebagai acuan awal dalam perencanaan awal. Penggambaran rancangan sesuai dengan perencanaan jaringan distribusi air bersih dan *layout* gedung.

7. Menentukan Pompa

Pemilihan pompa dilakukan dengan menghitung *head* pompa dan menentukan kapasitas pompa sesuai dengan kebutuhan air bersih. Untuk dapat menentukan *head* pompa, *head losses* yang terjadi harus dihitung terlebih dahulu.

8. Menentukan Diameter dan Jenis Pipa

Diameter pipa yang dibutuhkan harus menyesuaikan dengan debit air dan kecepatan aliran yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih. Diameter dalam pipa dihitung menggunakan persamaan (2.6) sesuai dengan debit kebutuhan air yang didapatkan. Jenis pipa yang direncanakan untuk sistem penyuplai air bersih dari pompa ke tangki atas adalah pipa jenis galvanis, sedangkan pipa jaringan instalasi distribusi air bersih dari tangki atas ke titik-titik yang membutuhkan direncanakan pipa galvanis Sch 40 dan PVC Sch 40 yang sesuai untuk jaringan distribusi air bersih.

9. Melakukan Analisa Dengan Menggunakan *Pipe Flow Expert*

Analisa dengan menggunakan *Pipe Flow Expert* berguna untuk memeriksa rancangan jaringan distribusi air bersih, dimana kita tidak dapat melakukan pengujian langsung secara eksperimental. Analisa dilakukan dengan memasukkan data inputan berupa gambar rancangan jaringan distribusi air bersih yang telah dibuat beserta dimensi dan spesifikasi dari komponen yang digunakan. *Pipe Flow Expert* akan menampilkan peringatan bila hasil kalkulasi dari rancangan yang telah diproses tidak dapat dipecahkan atau tidak sesuai dengan standar yang ada.

10. Memperoleh Hasil dan Melakukan Pembahasan

Hasil yang sesuai diperoleh ketika rancangan jaringan plambing yang dianalisa melalui perhitungan manual dan *software Pipe Flow Expert* tidak menunjukkan masalah.

11. Memberikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahapan ini penulis memberikan kesimpulan dan saran dari hasil dan pembahasan rancangan jaringan distribusi air bersih yang telah diperoleh.