

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Menurut Priyanto, yang mengutip dari (Noerbambang, 2000), *plumbing* adalah seni teknologi pemipaan dan peralatan untuk menyediakan air bersih setempat yang dikehendaki baik dalam hal kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang memenuhi syarat dan membuang air bekas (kotor) dari tempat-tempat tertentu tanpa mencemarkan bagian penting lainnya untuk mencapai kondisi higienis dan kenyamanan yang diinginkan.

Menurut Priyanto. A (2013), *plumbing* yang terbaik pada ruang harus dapat menghadirkan air bersih dengan sempurna. Air bersih yang mengalir ke ruang dapur tidak boleh tercemar karena digunakan untuk membersihkan segala sesuatu yang berhubungan dengan aktivitas makan dan minum penghuni rumah. Jangan sampai air bersih yang diharapkan ini justru menjadi “racun” bagi penghuni rumah karena mengundang kuman, bakteri ataupun zat kimia.

Menurut Suhardiyanto (2016) dalam jurnal yang berjudul Perancangan Sistem Plumbing Instalasi Air Bersih dan Air Buangan pada Pembangunan Gedung Perkantoran Bertingkat Tujuh Lantai mengatakan bahwa Perancangan plumbing instalasi air bersih dan air buangan pada gedung perkantoran bertingkat 7 lantai dengan jumlah penghuni bangunan sebesar 1.148 orang maka diperlukan air bersih sebesar 68,4 m³/hari. Penggunaan kapasitas bak penampung air bersih bawah (*Ground Water Tank*) sebesar 23,4 m³, dan untuk bak air bersih atas (*Roof Tank*) yaitu sebesar 8,8 m³. Bak penampung air buangan yang digunakan (*Package STP*) dengan kapasitas 40 m³.

Menurut Gumilar (2011), tentang studi perencanaan plumbing air bersih dan air kotor pada proyek pembangunan gedung kantor administrasi bandara internasional adi soemarno surakarta, mengatakan

bahwa tahapan pelaksanaan pekerjaan plambing adalah (1) menggunakan metode luas lantai efektif untuk menghitung jumlah penghuni dan pengunjung di bandara selama 5 bulan, (2) menghitung jumlah kebutuhan air bersih penghuni dan pengunjung di bandara (3) menghitung diameter pipa air bersih, tebal pipa dan kebutuhan pompa yang digunakan di bandara, (4) menghitung volume bak penampung air bersih, (5) menghitung volume air buangan untuk penghuni dan penumpang di bandara, (6) menghitung volume septic tank, (7) mendefinisikan jenis system ven.

Menurut Sutrisno (2006), air merupakan sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat, karena air merupakan salah satu media dari berbagai macam penularan, terutama penyakit perut. Seperti yang telah kita ketahui bahwa penyakit perut adalah penyakit yang paling banyak terjadi di Indonesia. Oleh karena itu dalam praktek sehari-hari maka pengolahan air adalah menjadi pertimbangan yang utama untuk menentukan apakah sumber tersebut bisa dipakai sebagai sumber persediaan atau tidak.

Usodi M.D. (2007) mengatakan bahwa instalasi air adalah suatu bagian dari struktur dimana dalam pengerjaannya harus dengan ketelitian. Pada perencanaan instalasi air ini yang diutamakan adalah pengolahan data curah hujan maksimal & kontur untuk menentukan dimensi drainase. Kemudian data luas ruang, luas taman untuk menentukan jumlah kebutuhan air bersih dan air kotor hasil sisa penggunaan air bersih. Denah dan *lay out* untuk menentukan jaringan sistem drainase dan jaringan sistem *plumbing*.

Menurut Reza, Pharmawati dan Nurprabowo (2017) mengatakan bahwa Penyaluran air buangan dipisahkan antara air buangan dari dapur dan dari toilet menggunakan pipa PVC. Sistem penyaluran menggunakan sistem saluran terpisah, yaitu sistem penyaluran air buangan *Grey Water* dan sistem penyaluran *Black Water*. Hal ini sependapat dengan Riyanti, Marhadi, dan Saputra (2018) yang menyatakan bahwa Sistem penyaluran

air buangan menggunakan sistem terpisah, yaitu air bekas (*grey water*) dialirkan ke Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sedangkan air kotor (*black water*) dialirkan ke tangki septik. Pipa yang di gunakan yaitu pipa *Polyvinyl Chloride* (PVC). Menurut Sudarmadji dan Hamdi (2013) menyatakan bahwa Pipa hawa tangki septik harus memenuhi syarat minimum dia. 2", agar sirkulasi udara lancar.

Sedangkan menurut Putrianti, Pratama dan Handayani (2016) mengatakan bahwa penggunaan alat plumbing dengan label Watersense dapat menghemat air hingga 32,89%.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem *Plumbing*

Pada dasarnya ada dua sistem penyediaan air dalam gedung, yaitu sistem pengaliran ke atas dan sistem pengaliran ke bawah. Dalam sistem pengaliran ke atas, pipa utama dipasang dari tangki bawah ke atas sampai langit-langit teratas 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 dari langit-langit lantai teratas gedung, dan dari pipa mendatar ini dibuat cabang-cabang tegak ke bawah untuk melayani lantai-lantai di bawahnya. Kedua sistem tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing, pemilihan perancangan lebih banyak di tentukan oleh perancangan dan ciri khas konstruksi gedung.

Menurut Pedoman *Plumbing* Indonesia (Tahun 1979), *plumbing* adalah segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan pemasangan, pemeliharaan dan perbaikan alat *plumbing*, serta pipa dengan peralatan di dalam gedung yang berdekatan, yang bersangkutan dengan sistem *drainase* dan *saniter*, *drainase* air hujan, *ven*, dan air minum, yang dihubungkan dengan sistem kota atau sistem lain yang dibenarkan.

Istilah alat *plumbing* digunakan untuk semua peralatan yang dipasang di dalam maupun di luar gedung, untuk penyediaan

(memasukkan) air panas atau air dingin, dan untuk menerima (mengalirkan) air buangan (Noerbambang, 2000).

2.2.2 Pipa

Jenis-jenis material pipa antara lain adalah *metallic pipe*, *plastic pipe* dan bahan lain.

a. *Metallic Pipe*

1) Aluminium

Pipa aluminium ada dalam beberapa diameter nominal yang berkisar antara 1/8 inci sampai 12 inci. Pipa aluminium biasa digunakan untuk fungsi khusus seperti kriogenik, karena pertimbangan *ductility* dan kekuatannya. Selain itu dapat juga digunakan untuk mengangkut gas bertekanan, karena tahan terhadap korosi serta tahan terhadap beberapa jenis bahan kimia khusus dan korosi atmosfer. Namun pipa ini tidak cocok untuk asam, merkuri dan alkali kuat.

2) Kuningan

Kuningan adalah campuran dari tembaga dan seng, dengan perbandingan tembaga berkisar antara 85% sampai 65%. Pipa dengan kandungan tembaga tinggi disebut juga dengan kuningan merah dan bila kandungan tembaganya rendah disebut sebagai kuningan kuning. Pipa kuningan umumnya digunakan untuk percabangan *drainase*, karena campuran ini tahan terhadap korosi spesifik *effluent drainase*.

3) *Cast Iron Pipe*

Secara teknis pipa ini diketahui sebagai *gray cast iron*. Pipa ini adalah material *ferrous* campuran dengan karbon yang pembentukannya bebas dari *grafit*, *flakes*, silikon dan pengotoran lainnya. Pipa ini ada dalam tiga klasifikasi yaitu *service (standar) weight*, *extra heavy*, dan *hubbles*. Keuntungan dari pipa jenis ini adalah ketahanan terhadap tekanan eksternal, serta

saat dikubur dalam tanah, tahan api, karakteristik aliran yang baik serta memiliki ketahanan korosi yang baik.

4) *Acid resistant cast Iron*

Pipa ini umumnya disebut sebagai *high silicon pipe*. Material ini merupakan campuran dari *gray cast iron* dengan kandungan silikon dari 14,25% sampai 15% dan sedikit kandungan mangan, sulfur, dan karbon. Material pipa jenis ini biasanya digunakan untuk *drainase* cairan yang korosif, karena material ini lebih kuat dibandingkan dari gelas. Pipa jenis ini direkomendasikan untuk penggunaan didalam dan diatas tanah yang memiliki kemungkinan kerusakan fisik, misalnya terhadap kemungkinan benturan.

5) Baja karbon

Baja memiliki kegunaan yang sangat luas dalam kategori penggunaan perpipaan karena besarnya jumlah campuran yang telah diproduksi. Pipa baja umumnya digunakan untuk perpipaan bertekanan. Keuntungan pipa ini antara lain adalah memiliki ketahanan eksternal dan internal yang tinggi. Kelemahan yang paling mencolok dari pipa jenis ini adalah ketahanan korosi yang rendah.

6) *Lead*

Pipa jenis ini terbuat dari timah dengan kandungan dari 99,7%. Pipa ini banyak digunakan untuk penggunaan terbatas dalam sistem *drainase modern*, seperti untuk aplikasi sampah radioaktif dan sampah korosif dari laboratorium.

7) *Stainless steel*

Istilah *stainless steel* atau baja tahan karat dimaksudkan sebagai logam dengan campuran yang mengandung 11% sampai 30% *chromium*, 0% sampai 35% nikel, dan 0% sampai 6% *molybdenum* dalam beragam komposisi serta tambahan sejumlah elemen lainnya seperti titanium, mangan, niobium dan nitrogen.

Pipa dengan material ini biasanya digunakan dalam industri kimia, farmasi, dan makanan.

b. Pipa plastic

Jenis-jenis pipa plastic antara lain :

1) *Polyvinyl Chloride (PVC)*

PVC adalah pipa plastik yang paling kuat dan yang paling luas penggunaannya. Pipa ini bisa digunakan dalam aplikasi pipa bertekanan dan tidak bertekanan. Kelemahan pipa ini adalah ketahanan *solvent* yang rendah. Pipa ini biasanya digunakan untuk *portable* air dan cairan lainnya, serta untuk tipe *drainase* dengan batasan kimiawi serta temperature.

2) *Chlorinated Polyvinyl Chloride (CPVC)*

CPVC merupakan modifikasi kimiawi dari PVC, yaitu adanya ekstra atom klorine pada strukturnya sehingga akan menambah batasan temperature hingga 200⁰F atau 50⁰C lebih tinggi dari PVC yang hanya mencapai 150⁰F.

3) *Reinforced thermoseting resin pipe (RTHP)*

RTHP adalah termasuk dalam kelas pipa komposit yang mengandung penguatan dari *resin thermoseting*. Penguatan yang paling umum adalah dari *fiberglass*. Pipa jenis ini dikenal sebagai *Fiberglass Reinforced Pipe (FRP)*. Penguatannya dapat disusun dari beberapa jenis fiber, dan terdapat beberapa variasi resin, liner dan konstruksi dinding. Pipa ini biasanya digunakan untuk *drainase* bertekanan atau gravitasi, karena konstruksinya yang sedemikian rupa. Pipa ini tahan terhadap temperature lebih tinggi dari pada pipa plastic pada umumnya.

4) *Fluoroplastic*

Fluoroplastic adalah termasuk kelas thermoplastics yang beberapa atau semua kandungan hidrogennya digantikan oleh fluorine. Material jenis ini mampu bekerja pada temperature 100⁰F sampai 300⁰F. pipa *polytetrafluoroethylene (PTFE)*

merupakan *polymer fluorinated fluorocarbon* yang sering disebut sebagai teflon. Material ini tahan terhadap lemak, minyak, bahan bakar, senyawa aromatik, dan esters, namun rentan terhadap serangan sodium, *potassium* serta gas *fluorin*. Kegunaan dari pipa jenis ini adalah untuk sistem distribusi standar air murni bertekanan, sistem *drainase* untuk zat kimia dan sistem larutan kimia.

2.2.3 Bahan Lainnya

Selain jenis pipa *metallic pipe* dan pipa plastic masih ada jenis-jenis pipa lainnya, seperti :

a. *Asbestos cement pipe (ACP)*

Asbestos cement pipe dibuat dengan campuran semen *portland* (dengan atau tanpa *silica*) dan asbestos fiber. Pipa jenis ini digunakan secara luas untuk sistem bertekanan, seperti saluran air dan saluran seer tak bertekanan.

b. *glass*

Pipa *glass* dibuat dari gelas *borosilicate* ekspansi rendah dengan sedikit kandungan alkali. Umumnya pipa ini digunakan untuk saluran pembuangan pada laboratorium.

c. *Vetrified clay*

Pipa *vetrified clay* dibuat dari tanah liat pilihan, dicampur dengan air kemudian dibentuk menjadi pipa, lalu dibakar pada temperature 200⁰F. Pada temperatur ini material berfusi bersama (*vitriifies*) dan membentuk menjadi massa yang homogeny. Pipa jenis ini hanya cocok untuk sistem gravitasi bawah tanah saja.

d. *Concrete pipe*

Pipa *concrete* dibuat dari beton yang mengalami penguatan atau tidak mengalami penguatan. Pipa beton ini cocok untuk sistem *drainase* gravitasi bawah tanah (air bersih) dan pelayanan air bertekanan.

2.2.4 Katup (*valve*)

Katup merupakan peralatan yang digunakan untuk menutup aliran, prngontrol aliran, pengatur tekanan serta mencegah ailran membalik. Berdasarkan cara menutupnya katup dibagi dalam beberapa jenis, sebagai berikut :

- a. Katup pintu (*gate valve*) digunakan untuk pengaturan aliran dengan membuka atau menutup sesuai kebutuhan.
- b. Katup bola (*globe valve*) digunakan untuk membuka seluruhnya atau menutup seluruh aliran.
- c. Katup searah (*check valve*) digunakan untuk mencegah aliran berbalik atau dimaksudkan hanya untuk satu arah.

Terdapat tiga variasi pemutaran katup pintu yang bekerja cepat dan katup-katup tersebut mempunyai kegunaan khusus, yaitu :

- a. Katup kupu-kupu (*butterfly valve*) dengan disc tipis berbentuk seperti piringan yang berputar 45^0 digunakan untuk air.
- b. *Ball valve* berbentuk bola yang ditengahnya terdapat lubang kecil untuk gas-gas.
- c. *Plugs valve* digunakan untuk minyak dan pelumas kental.

2.2.5 Sambungan (joint)

Pada penggunaan pipa diperlukan sambungan-sambungan. Dari sambungan antara pipa dengan pipa atau pun pipa dengan peralatan lainnya seperti katup atau nosel.

Menurut Raswari (1986) penyambungan dapat dilakukan dalam beberapa cara, yaitu :

- a. Pengelasan

Cara penyambungan ini tergantung dari material pipa dan tujuan dari penggunaannya. Untuk bahan pipa dari *stainless stell* pengelassannya menggunakan las busur *wolfram*.

b. Ulir (*Trheaded*)

Penyambungan dengan metode ulir ini cenderung digunakan pada pipa bertekanan tidak terlalu tinggi dan umumnya hanya digunakan pada pipa dengan ukuran 2 inci kebawah. Sebagaiantisipasi kemungkinan kebocoran, maka digunakan *gasket* untuk pipa.

c. Flens (*flange*)

Metode pemasangan flens pada pipa adalah sbagai berikut, kedua ujung pipa yang akan disambung terlebih dahulu dipasang flens kemudian kencangkan dengan baut.

2.2.6 Sistem Pembuangan

Air buangan atau yang disebut dengan air limbah adalah semua cairan yang dibuang, baik yang mengandung kotoran manusia, hewan, bekas tumbuh-tumbuhan, maupun yang mengandung sisa-sisa proses dari industry (Noerbambang, 2000).

Sedangkan menurut Tjokokusumo, air buangan diartikan sebagai kejadian masuknya atau dimasukannya benda padat, cairan atau gas ke dalam air dengan sifat berupa endapan atau padatan, pada tersuspensi terlarut yang menyebabkan air yang dimasukkan harus dibuang.

a. Karakteristik air buangan

Secara umum karakteristik air buangan terdiri dari :

1) Karakteristik fisik

- Warna
- Bau
- Suhu
- Kekeruhan

2) Karakteristik kimia

- Zat organic (zat yang dapat terurai atau mudah terurai menjadi zat yang stabil oleh manusia secara alamiah).
- Zat anorganik (zat yang tidak dapat terurai oleh bakteri).

3) Karakteristik biologi

- Aerobik bakteri (bakteri yang hidup apabila ada O_2).
- Anaerobic bakteri (bakteri yang hidup tanpa O_2).
- Fakultatif (bakteri yang hidup antara ada atau tidaknya O_2).

4) Sistem pembuangan air dapur

Khusus untuk air buangan yang berasal dari bak cuci dapur.

b. Klasifikasi menurut cara pembuangan air

1) Sistem pembuangan air campuran

Yaitu sistem pembuangan dimana segala macam air buangan dikumpulkan dalam satu saluran dan dialirkan keluar gedung, tanpa memperhatikan jenis air buangan.

2) Sistem pembuangan terpisah

Yaitu sistem pembuangan dimana setiap jenis air buangan dikumpulkan dan dialirkan ke luar gedung secara terpisah.

3) Sistem pembuangan tak langsung

Yaitu sistem pembuangan dimana air buangan dari beberapa lantai gedung bertingkat digabungkan dalam satu kelompok. Pada setiap akhir gabungan perlu dipasang pemecah aliran.

c. Klasifikasi menurut cara pengaliran

1) Sistem gravitasi

Dimana air buangan mengalir dari tempat yang tinggi, secara gravitasi ke saluran umum yang letaknya lebih rendah.

2) Sistem bertekanan

Dimana saluran umum letaknya lebih tinggi letak alat-alat plambing, sehingga air buangan dikumpulkan terlebih dahulu dalam suatu bak penampung kemudian dipompakan keluar, dalam roil umum.

d. Klasifikasi menurut letaknya

1) Sistem pembuangan gedung

Yaitu sistem pembuangan yang letaknya didalam gedung, sampai jarak satu meter dari dinding terluar gedung gedung tersebut.

- 2) Sistem pembuangan di luar gedung atau roil gedung
Yaitu sistem pembuangan di luar gedung (di halaman), mulai satu meter dari dinding terluar gedung tersebut sampai ke riol umum. Jarak satu meter di atas bukanlah standar ataupun peraturan, melainkan pegangan yang digunakan untuk membedakan kedua sistem.

2.2.7 Sistem Pembuangan Air

- a. Sistem pembuangan air kotor dan air bekas
 - 1) Sistem campuran
Yaitu sistem pembuangan dimana air kotor dan air bekas dikumpulkan dan dialirkan ke dalam satu aliran.
 - 2) Sistem terpisah
Yaitu sistem pembuangan dimana air kotor dan air bekas masing-masing dikumpulkan dan dialirkan secara terpisah.

Untuk daerah dimana tidak tersedia riol umum yang menampung air bekas maupun air kotor, maka sistem pembuangan air kotor akan disambungkan ke instalasi penanggulangan air kotor terlebih dahulu.

- b. Sistem pembuangan air hujan
Pada dasarnya air hujan harus disalurkan melalui sistem pembuangan yang terpisah dari sistem pembuangan air kotor dan air bekas. Kalau dicampurkan, maka apabila saluran tersebut terhambat oleh sebab apapun, ada kemungkinan air hujan akan mengalir balik dan masuk kedalam alat plambing terendah sistem tersebut.

c. Sistem pembuangan menurut pengalirannya

1) Sistem gravitasi

Umumnya diusahakan agar air buangan dapat dialirkan secara gravitasi, dengan mengatur letak dan kemiringan pipa-pipa pembuangan.

2) Sistem bertekanan

Dalam sistem ini air buangan dikumpulkan dalam bak penampungan kemudian di pompakan keluar, dengan pompa yang digerakkan oleh motor listrik dan bekerja secara otomatis.

2.2.8 Bagian-bagian Sistem Pembuangan

Bagian sistem pembuangan dijelaskan di bawah ini, Noerbambang (2000) :

a. Pipa pembuangan alat plambing

Adalah pipa pembuangan yang menghubungkan perangkat alat plambing dengan pipa pembuangan lainnya, dan biasanya dipasang tegak. Ukuran pipa ini harus sama atau lebih besar dengan ukuran ke luar perlengkapan alat plambing.

b. Pipa cabang mendatar

Adalah semua pipa pembuangan mendatar yang menghubungkan pipa pembuangan alat plambing dengan pipa tegak air buangan.

c. Pipa tegak air buangan

Adalah pipa tegak untuk mengalirkan air buangan dari cabang-cabang mendatar.

d. Pipa tegak air tegak

Adalah pipa tegak untuk mengalirkan air kotor dari cabang-cabang mendatar.

e. Pipa atau saluran pembuangan gedung

Adalah pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air kotor, air bekas, atau air hujan dari pipa-pipa tegak air buangan.

f. Riol gedung

Adalah pipa di halaman gedung yang menghubungkan pipa pembuangan gedung dengan instalasi pengolahan, atau dengan roil umum.

2.2.9 Kemiringan Pipa dan Kecepatan Aliran

Sistem pembuangan harus mampu mengalirkan dengan cepat air buangan yang biasanya mengandung bagian-bagian padat. Untuk maksud tertentu, pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup, sesuai dengan banyak jenis air buangan yang harus dialirkan.

Biasanya pipa dianggap tidak penuh berisi air buangan, berkisar antara $\frac{2}{3}$ terhadap diameter pipa, sehingga bagian yang tidak terisi penuh dengan air tersebut cukup untuk mengalirkan udara.

Sebagai pedoman umum, kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm). Kecepatan terbaik dalam pipa berkisar antara 0,6-1,2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol dapat dibuat lebih landai, asal kecepataannya tidak kurang dari 0,6 m/detik. Kalau kurang, kotoran dalam air buangan dapat mengendap yang pada akhirnya dapat menimbulkan turbulensi aliran, sehingga timbul gejolak-gejolak tekanan dalam pipa. Hal ini mungkin dapat merusak fungsi air penutup dalam perangkat alat plambing. Disamping itu, kemiringan pipa yang lebih curam dari $\frac{1}{50}$ cenderung menimbulkan efek aifon yang akan menyedot air dalam perangkat alat plambing.

Sementara itu dilihat dari bentuk konstruksinya, sambungan pipa dapat dibedakan menjadi sebagai berikut (Raswari, 1986) :

a. Sambungan langsung

Yaitu sambungan yang secara langsung menghubungkan kedua belah pipa.

b. Sambungan dengan penguat

Metode konstruksi sambungan dengan penguat adalah dengan memberikan tambahan pelana kuda (*saddle*) pada sambungan pipa

dengan pipa yang dimaksudkan untuk menambah kekuatan sambungan.

c. Sambungan menggunakan alat penyambung (*fitting*)

Sambungan dengan menggunakan alat penyambung atau *fitting* memiliki tujuan untuk mengubah arah aliran atau berfungsi untuk memperkecil jalur pipa. Beberapa contoh *fitting* yang biasa digunakan antara lain :

- Siku (*elbow*)
- Te (*tee*)
- Reducer
- Kap
- Silang (*cross*)

d. Sambungan pipa cabang dengan menggunakan O'let

Menurut Riswari (1986) dilihat dari segi kekuatan dan teknis penyambungan pipa cabang dengan menggunakan O'let, memiliki kekuatan yang lebih baik dari pada sambungan yang menggunakan penguat seperti pelana dan *reinforcement*, tetapi ekonomi sambungan O'let ini lebih mahal.

2.2.10 Dasar-dasar Sistem Pembuangan

a. Jenis air buangan

Air buangan dapat dibagi menjadi empat golongan :

- 1) Air kotor : air buangan yang berasal dari kloset, peterusan bidet, dan air buangan yang mengandung kotoran manusia yang berasal dari alat-alat plambing lainnya.
- 2) Air bekas : air buangan yang berasal dari alat-alat plambing lainnya, seperti bak mandi, bak cuci tangan, bak cuci piring, bak dapur, dan sebagainya.
- 3) Air hujan : air dari atap, halaman, dan sebagainya.
- 4) Air buangan khusus : air buangan yang mengandung gas, racun, atau bahan-bahan yang berbahaya, seperti berasal dari pabrik, air buangan dari laboratorium, tempat pengobatan, dan lain-lain.

b. Klasifikasi sistem pembuangan air

Klasifikasi menurut air buangan :

1) Sistem pembuangan air kotor.

Adalah sistem pembuangan dimana air kotor dari kloset, peterusan dan lain-lain dalam gedung dikumpulkan dan dialirkan keluar.

2) Sistem pembuangan air bekas

Adalah sistem pembuangan dimana air bekas didalam gedung dikumpulkan dan dialirkan keluar.

3) Sistem pembuangan air hujan

Adalah sistem pembuangan dimana hanya air hujan dari atap gedung dan tempat lainnya dikumpulkan dan dialirkan keluar.

4) Sistem pembuangan air khusus

Hanya untuk air buangan khusus.

5) Pipa atau saluran pembuangan gedung

Adalah pipa pembuangan dalam gedung yang mengumpulkan air kotor, air bekas, atau air hujan dari pipa-pipa tegak air buangan.

6) Riol gedung

Adalah pipa dihalaman gedung yang menghubungkan pipa pembuangan gedung dengan instalasi pengolahan, atau dengan riol umum.

c. Kemiringan pipa dan kecepatan aliran

Sistem pembuangan harus mampu mengalirkan dengan cepat air buangan yang biasanya mengandung bagian-bagian padat. Untuk maksud tertentu, pipa pembuangan harus mempunyai ukuran dan kemiringan yang cukup, sesuai dengan banyak dan jenis air buangan yang harus dialirkan.

Biasanya pipa dianggap tidak penuh berisi air buangan, berkisar antara $2/3$ terhadap diameter pipa, sehingga bagian yang

tidak terisi penuh dengan air tersebut cukup untuk mengalirkan udara.

Sebagai pedoman umum, kemiringan pipa dapat dibuat sama atau lebih dari satu per diameter pipanya (dalam mm). Tabel 2.1. membuat standar untuk penggunaan umum. Kecepatan terbaik dalam pipa adalah berkisar antara 0,6-1,2 m/detik. Kemiringan pipa pembuangan gedung dan riol dapat dibuat lebih landau dari pada yang dinyatakan tabel dibawah, asal kecepatannya tidak kurang dari 0,6 m/detik. Kalau kurang, kotoran dalam air buangan dapat mengendap yang akhirnya dapat menimbulkan turbulensi aliran, sehingga timbul gejala-gejolak tekanan dalam pipa. Hal ini mungkin dapat merusak fungsi air penutup dalam perangkat alat plambing. Disamping itu, kemiringan pipa yang lebih curam dari 1/50 cenderung menimbulkan efek sifon yang akan menyedot air dalam perangkat alat plambing.

**Tabel 2.1. Kemiringan pipa pembuangan horizontal
(Noerbambang, 2000)**

Diameter pipa (mm)	Kemiringan minimum
75 atau kurang	1/50
100 atau kurang	1/100

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

- d. Pembuangan tak langsung, pembuangan khusus, dan sebagainya
Pembuangan tak langsung.

Beberapa alat plambing, umumnya yang berhubungan dengan pengolahan bahan makanan atau pencucian alat makan, menuntut persyaratan sanitasi yang khusus. Alat plambing semacam

ini tidak boleh dihubungkan langsung dengan pipa pembuangan gedung, untuk mencegah pencemaran bahan makanan apabila terjadi aliran balik kalau pipa pembuangan tersumbat.

Air buangan dari tempat-tempat di bawah ini harus dilayani dengan sistem pembuangan tak langsung.

- 1) Perlengkapan rumah tangga untuk bahan makanan
 - a) Perlengkapan pendingin : Lemari pendingin bahan makanan, lemari pembuat es, penyimpanan bahan makanan di toko, dan lain-lain.
 - b) Perlengkapan dapur : alat pengupas, meja uap, pemasak dengan uap, pancuran minum, dan lain-lain.
 - c) Perlengkapan pencuci : alat pencuci piring, bak cuci, pembilas dan lain-lain.
 - d) Perlengkapan atau mesin minuman : pancuran air minum, pendingin air minum, mesin minum panas maupun dingin.
- 2) Peralatan yang berhubungan dengan kedokteran.
- 3) Kolam renang dan kolam air mancur.
- 4) Pembuangan dari peralatan dan sistem perpipaan.
 - a) Pembuangan dan peluap dari tangki air dan tangki ekspansi.
 - b) Pembuangan dari pompa-pompa.
 - c) Pembuangan dari kotak penampungan, misalnya penampungan air kondensasi dari mesin pendingin udara.
 - d) Pembuangan dari air hidran dan springkler pemadam kebakaran.
 - e) Pembuangan dari pipa sistem air dingin dan air panas.
 - f) Pembuangan dari katub pengaman.
 - g) Pembuangan air dari selubung mesin, seperti compressor, dsb.
 - h) Pembuangan dari sistem refrigasi, menara pendingin air dan alat yang menggunakan air sebagai medium penghantar kalor.

- i) Pembuangan dari instalasi pengolahan air bersih.
- 5) Pembuangan dari sistem penyediaan air panas.
- e. Lubang ke luar pipa pembuangan tak langsung.
 - 1) Air buangan tak langsung yang bersih boleh disalurkan ketalang datar diatap atau saluran terbuka pada lantai ruang mesin. Lubang keluaran pipa ini tidak boleh terbenam dalam air yang ada dalam talang atau saluran air tersebut.
 - 2) Lubang ke luar pipa pembuangan tak langsung tidak boleh dimasukkan ke dalam bak cuci dapur, bak cuci tangan, dan bak cuci lainnya.
 - 3) Hanya dalam keadaan sangat terpaksa, pipa pembuangan tak langsung dari suatu peralatan boleh disambungkan pipa pembuangan gedung, melalui suatu perangkap air yang dipasang pada peralatan tersebut. Bahayanya cara ini adalah kalau sekat air dalam perangkap ternyata tidak berfungsi, maka gas-gas dalam pipa pembuangan akan masuk ke dalam peralatan tersebut.
 - 4) Lubang pembuangan tidak boleh dipasang pada lantai toilet atau yang lainnya, kalau lubang tersebut akan sangat sulit dicapai atau kalau tidak cukup ventilasinya.
 - 5) Kalau lubang pembuangan dipasang di bawah lantai, suatu perangkap harus dipasang langsung pada lubang tersebut, atau suatu perangkap jenis “U” dipasang sedekat mungkin dengan lubang.
 - 6) Perangkap harus dipasang pada lubang pembuangan. Lubang pembuangan ini harus mempunyai kapasitas cukup, agar air pembuangan yang akan masuk tidak menyiprat atau meluap keluar. Sebaiknya dilengkapi dengan keranjang penyaring dari kawat untuk menahan kotoran.

- 7) Kalau pipa-pipa pembuangan tak langsung mencapai lebih dari 500 mm sebaiknya dipasang perangkat dekat yang akan membuang air tersebut.
- 8) Dalam memasang pipa pembuangan tak langsung, cara terbaik adalah dengan menempatkan bagian yang terbuka sedekat mungkin dengan peralatan yang akan membuang air tersebut. Kalau tidak mungkin cara ini dilaksanakan, masih diperbolehkan mengumpulkan air buangan dari beberapa peralatan yang menuntut pembuangan tak langsung, kedalam satu pipa pembuangan, baru kemudian memperlakukan pipa pembuangan ini sebagai pipa pembuangan tak langsung.
- 9) Ukuran bagian terbuka (break) dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2. besarnya celah udara untuk pembuangan tak langsung

Diameter pipa (mm)	Celah udara minimum (mm)
25 atau kurang	50
32 sampai 50	100
65 atau lebih	150

Catatan : celah udara untuk pembuangan tak langsung bagi tangki penyedia air tidak boleh kurang dari 150 mm.

f. Ukuran pipa pembuangan

Hal-hal umum yang ahrus diperhatikan dalam menentukan ukuran pipa pembuangan menurut Standar HASS 206-1977 adalah :

- 1) Ukuran minimum pipa cabang mendatar.

Pipa cabang mendatar harus mempunyai ukuran yang sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar dari perangkat alat plambing yang dilayaninya. Diameter perangkat dan pipa pengering alat plambing dapat dilihat dalam tabel 2.3.

2) Ukuran minimum pipa tegak.

Pipa tegak harus mempunyai ukuran yang sekurang-kurangnya sama dengan diameter terbesar cabang mendatar yang disambungkan ke pipa tegak tersebut.

3) Pengecilan ukuran pipa.

Pipa tegak atau mendatar tidak boleh diperkecil diameternya dalam arah aliran buangan. Pengecualian hanya pada kloset, dimana pada lubang keluarnya dengan diameter 100 mm dipasang pengecilan pipa (*reducer*) 100 x 75 mm. Cabang mendatar yang melayani satu kloset harus mempunyai diameter sekurang-kurangnya 75 mm, dan untuk dua kloset atau lebih sekurang-kurangnya 100 mm.

4) Pipa bawah tanah.

Pipa pembuangan yang ditanam di dalam tanah atau di bawahnya, lantai bawah tanah harus mempunyai ukuran sekurang-kurangnya 50 mm.

5) Interval cabang.

Yang dimaksud dengan “interval cabang” di sini adalah jarak pipa tegak antara dua titik dimana cabang mendatar disambungkan pada pipa tegak tersebut, jarak ini sekurang-kurangnya 2,5.

Air buangan dari pipa cabang mendatar masuk dalam pipa tegak dengan aliran tak tentu, dan setelah “jatuh” sepanjang kira 2.5 m dalam pipa tegak alirannya menjadi teratur. Jarak ini juga ditetapkan untuk menjaga agar perubahan tekanan udara dalam pipa tegak masih berada pada daerah yang diizinkan.

Tabel 2.3. Diameter Minimum, Perangkap dan Pipa Pembuangan Alat *Plumbing*.

Alat <i>Plumbing</i>	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Diameter Pipa Buangan Alat <i>Plumbing</i> Minimum (mm)	Catatan
1. Kloset	75	75	
2. Peterusan :			
- Tipe menempel di dinding	40	40	
- Tipe gantung di dinding	40-50	40-50	1)
- Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow-out	75	75	2)
- Untuk umum			
Untuk 2 orang	50	50	
Untuk 3-4 orang	65	65	
Untuk 5-6 orang	75	75	
3. Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	32-40	3)
4. Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>)			
- Ukuran biasa	32	32	
- Ukuran kecil	25	25	4)
5. Bak cuci, praktek dokter gigi, salon dan tempat cukur	32	32-40	3)
6. Pancuran minum	32	32	
7. Bak mandi			
- Berendam (<i>bath tub</i>)	40-50	40-50	5)
- Model jepang (untuk dirumah)	40	40	5)
- Untuk umum	50-75	50-70	6)
8. Pancuran mandi (dalam ruangan)	50	50	
9. Bidet	32	32	7)
10. Bak cuci, untuk pel	65	65	
- Ukuran besar	75-100	75-100	8)

11. Bak cuci pakaian	40	40	
12. Kombinasi bak cuci tangan dan bak cuci pakaian	50	50	
13. Kombinasi bak cuci tangan, untuk 2-4 orang	40-50	40-50	
14. Bak cuci tangan, rumah sakit	40	40-50	3)
15. Bak cuci laboraturium kimia	40-50	40-50	9)
16. Bak cuci tangan, macam-macam :			
- Dapur, untuk rumah	40-50	40-50	10)
- Hotel, komersial	50	50	
- Bar	32	32	
- Dapur kecil, cuci piring	40-50	40-50	11)
- Dapur, untuk cuci sayuran	50	50	
- Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) untuk rumah	40	40	
- Penghancur kotoran (<i>disposer</i>) besar (untuk restoran)	50	50	

Keterangan :

- a. Ada dua macam perangkat dan pipa pembuangan, sesuai dengan peterusannya.
- b. Tidak selalu tersedia ditoko.
- c. Pipa pembuangan 33 mm boleh digunakan, tetapi karena pipa ven mudah rusak lebih disukai sistem ven dengan lup. Dianjurkan menggunakan pipa

pembuangan 40 mm untuk menjamin ventilasi dan mengatasi kemungkinan mengendapnya sabun atau bahan lainnya pada dinding dalam pipa.

- d. Bak cuci tangan kecil ini biasanya tanpa lubang peluap, dan digunakan dalam kakus atau kamar mandi rumah atau apartemen. Pipa pembuangan alat plambing harus berukuran 32 mm.
- e. Pipa ven harus dipasang jika ukuran pipa buangan 40 mm. Jika ada keraguan tentang ukuran pipa ven, hendaknya dipasang ukuran pipa buangan 50 mm.
- f. Ukuran pipa pembuangan harus disesuaikan dengan kapasitas bak.
- g. Dibeberapa negara bagian Amerika Serikat, jenis ini dilarang karena letak lubang air keluar rendah sehingga ada kekhawatiran pencemaran oleh air kotor dari alat plambing lainnya.
- h. Ada dua macam ukuran pipa pembuangan, 75 mm dan 100 mm.
- i. Ada dua macam perangkat dan pipa pembuangan, sesuai dengan tipe bak cucinya.
- j. Pipa pembuangan 40 mm untuk perangkat “p”, dan 50 mm untuk menangkap lemak.
- k. Untuk kamar mandi (barat) sebenarnya tidak dipasang buangan lantai. Jika memang diperlukan seperti dalam kamar mandi Indonesia, ukurannya disesuaikan dengan banyaknya air yang dibuang.

Catatan :

Tabel 2.3 tidak boleh digunakan untuk alat plambing dengan perangkat yang menyatu di dalam dan pipa buangan alat plambing tidak boleh lebih kecil dari pada lubang keluar alat plambing tersebut. Untuk kloset pipa buangan boleh diperkecil sampai 75 mm.

Tabel 2.4. Unit Alat Plumbing Sebagai Beban, Setiap Alat *Plumbing* (Noerbambang, 2000)

Alat <i>Plumbing</i>	Diameter Perangkap Minimum (mm)	Unit <i>Plumbing</i> sebagai Beban	Catatan
1. Kloset : Tangki generator Tangki gelontor	75	4 8	
2. Peterusan : - Tipe menempel di dinding - Tipe gantung di dinding - Tipe dengan kaki, siphon jet atau blow out - Untuk umum, model palung setiap 0,06 m	40 40-50 75	4 4 8 2	
3. Bak cuci tangan (<i>lavatory</i>)	32	1	
4. Bak cuci tangan (<i>wash basin</i>) - Ukuran biasa - Ukuran kecil	32 25	1 0,5	
5. Bak cuci, praktek dokter gigi - Alat perawatan gigi	32 32	1 0,5	
6. Bak cuci, salon dan tempat cukur	32	2	
7. Pancuran minum	32	0,5	
8. Bak mandi ; - Berendam - Model jepang (untuk dirumah) - Untuk umum	40-50 40 50-75	3 2 4-6	
9. Pancuran mandi : - Untuk rumah - Untuk umum, tiap pancuran	50	2 3	
10. Bidet	32	3	
11. Bak cuci, untuk pel	75-100	8	
12. Bak cuci untuk pakaian	40	2	
13. Kombinasi bak cuci biasa dan bak cuci pakaian	50	3	
14. Kombinasi bak cuci dapur dan penghancur kotoran	40 (terpisah)	4	
15. Bak cuci tangan, kamar bedah :		2	

- Ukuran besar - Ukuran kecil		1,5	
16. Bak cuci laboratorium kimia	40-50	1,5	
17. Bak cuci, macam-macam : - Dapur, untuk rumah - Dapur, dengan penghancur makanan, untuk rumah - Hotel, komersial - Bar - Dapur kecil	40-50 40-50 50 32 40-50	2-4 3 4 1,5 2-4	
18. Mesin cuci : - Untuk rumah - Parallel, dihitung setiap orang	40 -	2 0,5	
19. Bangunan lantai (<i>floor drain</i>)	40 50 75	0,5 1 2	
20. Kelompok alat plumbing dalam kamar mandi terdiri dari satu kloset, satu bak cuci tangan, dan satu bak mandi rendam, atau pancuran mandi : - Dengan kloset tangki gelontor - Dengan kloset katup gelontor		6 8	
21. Pompa penguras (<i>sump pump</i>) untuk setiap 3,8 liter/min		2	

2.2.11 Jumlah Alat Plumbing

Dalam menentukan jumlah alat plumbing yang akan digunakan harus berdasarkan pada jumlah penghuni gedung dan jenis hunian, (SNI 03 – 6481 – 2000).

a. Hunian usaha.

- 1) Setiap hunian usaha, harus dilengkapi sekurang-kurangnya dengan kloset dan bak cuci tangan untuk karyawan mengenai

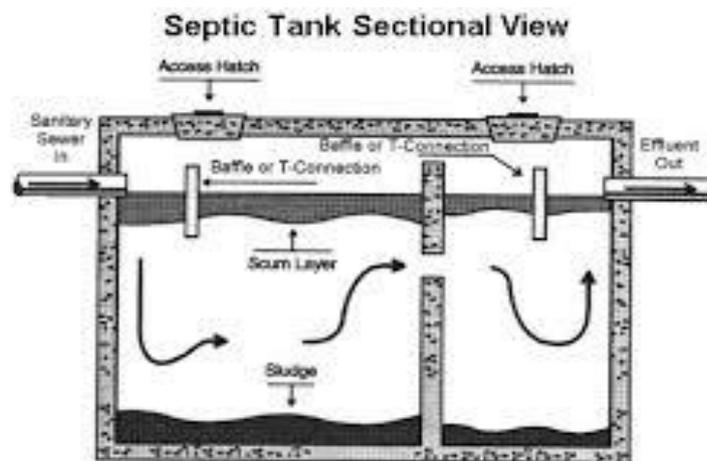
jumlah kloset, bak cuci tangan dan peterusan untuk hunian usaha.

- 2) Hunian usaha, harus dilengkapi dengan sebuah pancuran air minum atau alat plambing sejenis untuk setiap 75 karyawan.
 - 3) Jumlah kloset di ruang toilet laki-laki dapat diganti dengan peterusan sekurang-kurangnya $\frac{1}{3}$ jumlah kloset yang dipersyaratkan, bila jumlah karyawan laki-laki lebih dari 30 orang.
 - 4) Fasilitas toilet untuk laki-laki dan perempuan harus terpisah , serta harus mudah dicapai.
- b. Hunian kumpulan.
- 1) Hunian kumpulan, kecuali hunian ibadah dan sekolah, harus dilengkapi dengan alat plambing berdasarkan kapasitasnya.
 - 2) Pancuran air minum atau alat plambing sejenis harus disediakan untuk setiap 1000 orang pengunjung atau sekurang-kurangnya sebuah alat plambing sejenis tersebut disediakan pada setiap tingkat bangunan atau balkon.
 - 3) Bila dalam ruangan proyektor terdapat lebih dari sebuah proyektor, maka harus dilengkapi sekurang-kurangnya dengan : sebuah kloset dan sebuah bak cuci tangan di lantai yang bersangkutan dan terletak 6 – 7 m dari ruang proyektor tersebut.
 - 4) Alat plambing untuk pengunjung dapat pula dipakai oleh karyawan, akan tetapi setidaknya fasilitas toilet karyawan harus sesuai dengan jumlah dan jenis yang disyaratkan untuk karyawan seperti pada bangunan usaha.
 - 5) Fasilitas toilet laki-laki dan perempuan, harus terpisah serta harus mudah dicapai.

2.2.12 Tangki Septic

Dari beberapa literature diperoleh kesimpulan bahwa dalam merencanakan konstruksi *septic*, tangki yang menjadi pedoman pokok adalah :

- a. Lamanya waktu air bekas berada dalam bangunan *septic tank*, sebelum sampai tempat effuelnya.
- b. Kemampuan tanah meluluskan air dalam bidang rembesan, beberapa liter per hari luas 1 m² sebagai satuan kapasitas merembesnya air dalam tanah.
- c. Kedalaman air tanah terhadap dasar bidang rembesan, atau adanya lapisan tanah kadar air di bawahnya.
- d. Kapasitas maksimum dan minimum.



Gambar 2.1. Skema Tangki Septic (Tjokrokusumi, 1998)

Letak sumur serapan tidak boleh kurang dari 10 m terhadap letak air bersih agar tidak terjadi infiltrasi air buangan terhadap air sumur atau air minum. Prinsip air buangan harus dapat mengalir secara terus menerus dan dapat cepat terbuang, akan tetapi tidak boleh mengganggu estetika, seperti terjadi endapan di sepanjang saluran bangunan.

2.2.13 Sistem Vent

Bersama-sama dengan alat perangkap, pipa vent merupakan bagian penting dari sistem pembuangan. Tujuan dari pemasangan pipa vent adalah sebagai berikut (Noerbambang, 2000) :

- a. Menjaga sekat perangkap dari efek sifon atau tekanan balik.
- b. Menjaga aliran yang lancar dalam pipa pembuangan.
- c. Mensirkulasikan udara dalam pipa pembuangan.

Tujuan utama dari sistem ven adalah menjaga agar perangkap tetap mempunyai air sekat, maka pipa ven harus dipasang sedemikian rupa agar mencegah hilangnya sekat air tersebut. Hilangnya sekat air dalam perangkap, disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut (Noerbambang,2000) :

- a. Efek sifon

Efek ini timbul apabila seluruh perangkap dan pipa pengering alat plambing terisi penuh dengan air buangan pada akhir proses pembuangan, sehingga air perangkap juga akan ikut mengalir ke dalam pipa.

- b. Efek hisap

Efek dapat terjadi pada air perangkap alat plambing yang dipasang dekat pipa tegak, dan dalam pipa tegak tersebut tiba-tiba ada aliran air buangan yang cukup besar dari cabang mendatar di bawahnya. Akibatnya dalam perangkap alat plambing dapat timbul tekanan vakum yang akan menghisap air dalam perangkap.

- c. Efek tiupan keluar

Efek tiupan keluar dapat terjadi pada air perangkap alat plambing yang dipasang pada pipa tegak, dan dalam pipa tegak tersebut tiba-tiba ada aliran air buangan yang cukup besar, yang masuk dari cabang mendatar dilantai atasnya. Akibatnya dalam perangkap alat plambing timbul tekanan positif yang akan mendorong air dalam perangkap bahkan keluar dari alat plambing.

d. Efek kapiler

Efek kapiler dapat terjadi apabila ada rambut atau benang yang tersangkut perangkap dan menjurai ke pipa pengeringan alat plambing. Akibatnya air di dalam perangkap lama-kelamaan akan habis.

e. Penguapan air

Penguapan dalam perangkap alat plambing dapat terjadi apabila alat plambing tidak pernah digunakan dalam waktu yang cukup lama.

f. Efek momentum

Biasanya efek ini jarang terjadi, efek ini timbul jika terjadi pembuangan air mendadak atau terjadi perubahan tekanan yang cepat pada pipa pembuangan.

Diantara berbagai sebab hilangnya sekat air dalam perangkap, yang dapat diatasi dengan sistem ven adalah efek sifon, hisapan dan tekanan keluar. Sedangkan kapiler, penguapan, dan momentum tidak dapat diatasi dengan sistem ven.

2.2.14 Teori Percabangan Pipa

Percabangan pipa banyak digunakan dalam system perpipaan di industri, pertambangan, dan distribusi air minum. Rangkaian pipa-pipa tersebut didesain sedemikian rupa sehingga mampu memenuhi kebutuhan akan pendistribusian fluida. Berbagai jenis dan sudut percabangan pipa dalam system perpipaan akan menghasilkan distribusi aliran yang berbeda-beda. Bingham dan Blair (1985) melakukan pengujian pipa bercabang tiga pada kondisi aliran steady dengan memvariasikan sudut untuk menentukan rugi tekanan untuk masing-masing percabangan. Sedangkan penelitian Hagar (1984) menyatakan bahwa pada perbedaan rugi tekanan pada pipa utama dengan pipa pemisah yang disebabkan oleh perbedaan luas penampang aliran yang melewati masing-masing saluran. Luas penampang aliran pipa pemisah iergantung pada besar sudut pipa

pemisah mtersebut. Basset dkk. (1998) melakukan pengujian dan simulasi tekanan pada pipa bercabang tiga dengan sudut percabangan 90°, untuk model tekanan percabangan sama dan tekanan percabangan berbeda. Penelitian yang lebih lengkap dilakukan oleh Basset, dkk (2001) menghitung koefisien rugi tekanan untuk pipa percabangan antara titik masuk dan keluar percabangan, yang dijelaskan dalam bentuk kurva hubungan antara rasio aliran massa dengan koefisien rugi tekanan stagnasi.

Dalam mempelajari aliran fluida seringkali digunakan asumsi fluida ideal. Fluida ideal diasumsikan tidak mempunyai kekentalan. Jika memperhatikan fluida nyata, maka pengaruh-pengaruh kekentalan harus diperhitungkan ke dalam permasalahan. Pada fluida nyata timbul tegangan geser antara partikel- partikei fluida ketika partikel-partikel tersebut bergerak pada kecepatan yang berbeda. pada fluida ideal yang mengalir melalui suatu tabung lurus, semua partikel bergerak pada garis-garis sejajar dengan kecepatan sama. Pada aliran fluida nyata, kecepatanlerdekat dengan dinding akan nol, dan akan bertambah besar pada jarak pendek dari dinding.

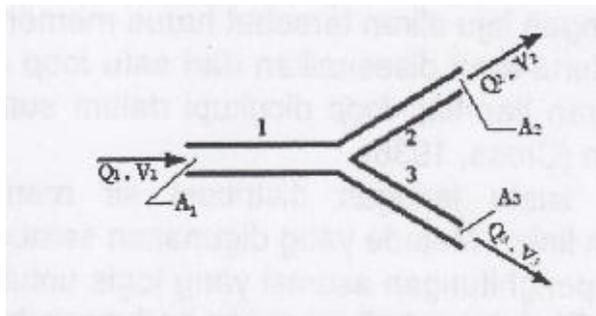
a. Viskositas

Viskositas merupakan hasil dari gaya-gaya antara molekul yang timbul pada saat lapisan-lapisan fluida berusaha menggeser satu dengan lainnya atau sifat dari zat cair untuk melawan tegangan geser pada waktu bergeraUmengalir. Viskositas kinematis merupakan perbandingan antara koefisien viskositas (viskositas dinamis) dengan densitas. Viskositasdisebabkan karena kohesi antara partikel-partikel zat cair.

b. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas dihasilkan dari prinsip kekekalan massa. Untuk aliran mantap massa fluida yang melalui semua

bagian dalam arus fluida per satuan waktu adalah Sama. Untuk pipa bercabang, berdasarkan persamaan kontinuitas debit aliran yang menuju titik cabang harus sama dengan debit yang meninggalkan titik tersebut.



gambar 2.2 persamaan kontinuitas pipa bercabang.

Persamaan kontinuitas untuk pipa bercabang adalah:

$$V_r A_r = V_z A_z = V_s A_s = \dots = V_n A_n$$

Dimana:

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan rata-rata arus aliran (m/s)

c. Bilangan Reynolds

Ada tiga faktor yang mempengaruhi keadaan aliran yaitu kekentalan (μ), rapat massa zat cair (ρ), dan diameter pipa (D). Pada aliran tak mampu mampet biasanya diambil asumsi kerapatan, viskositas dan temperature tidak mengalami perubahan sehingga berat spesifiknya konstan. Untuk diameter dan panjang pipa tertentu, kerugian tekanan di dalam pipa disebabkan adanya efek gesekan sebagai fungsi bilangan Reynolds. Angka Reynolds mempunyaibentuk seperti:

$$Re = D \cdot v \cdot \rho / \mu$$

Dimana:

v = kecepatan rata-rata aliran (m/s)

F = viskositas absolute (Pa detik)

p = kerapatan fluida (kg/m³)

Untuk angka Reynolds di bawah 2000, aliran pada kondisi tersebut adalah laminar. Aliran akan turbulen apabila angka Reynolds lebih besar 4000. Apabila angka Reynolds berada di antara kedua nilai tersebut adalah transisi. Angka Reynolds pada kedua nilai di atas ($Re=2000$ dan $Re=4000$) disebut dengan batas kritik bawah dan atas.

d. Rugi Energi Karena Gesekan dalam Pipa

Bila fluida mengalir melalui suatu pipa dan tekanan fluida diukur pada dua tempat sepanjang pipa, akan dijumpai kenyataan bahwa tekanan berkurang dalam arah aliran. Penurunan tekanan ini disebabkan karena gesekan fluida pada dinding pipa. Penurunan tekanan (Δp) sepanjang pipa (L) dapat dinyatakan sebagai:

$$\frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = h_f = f \frac{L V^2}{d 2g}$$

Dengan:

Δp = tekanan zat cair (N/m^2)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

h_f = penurunan tekanan (m)

L = panjang pipa (m)

d = diameter pipa (m)

f = koefisien gesekan pipa

V = kecepatan aliran fluida (m/s)

e. Rugi-rugi kecil (Minor)

Rugi-rugi kejutan dari energy tidak timbul pada pipa lurus, seragam, tetapi pada dikontinuitas seperti katup, belokan, dan perubahan penampang. Kehilangan tenaga karena perbesaran penampang disebabkan oleh pusaran dan tumbukan. Kehilangan tenaga akibat dari perbesaran penampang secara mendadak dijelaskan dengan rumus "Belanger".

$$h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

Kerugian head oleh penyempitan mendadak dinyatakan dengan rumus:

$$h = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$$

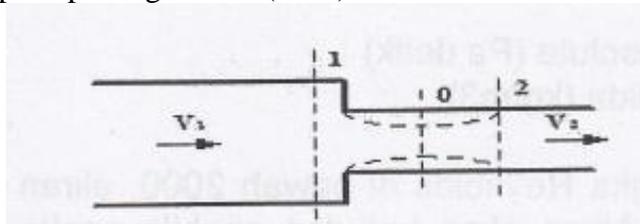
Dengan:

h = kerugian tenaga karena perubahan penampang (m)

V_1 = kecepatan fluida penampang 1 (m/s)

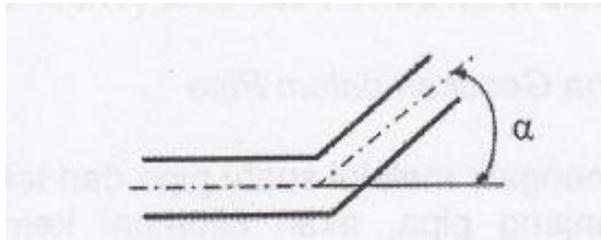
V_2 = kecepatan fluida penampang 2 (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s²)



gambar 2.3 pengecilan penampang mendadak.

Rumus kehilangan tenaga pada belokan adalah:



gambar 2.4 belokan pipa.

$$h_b = K_b \frac{V^2}{2g}$$

Dengan:

h_b = kehilangan tenaga pada belokan pipa (m)

K_b = koefisien kehilangan tenaga belokan pipa

V = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)

Rumus kehilangan tenaga pada katup adalah:

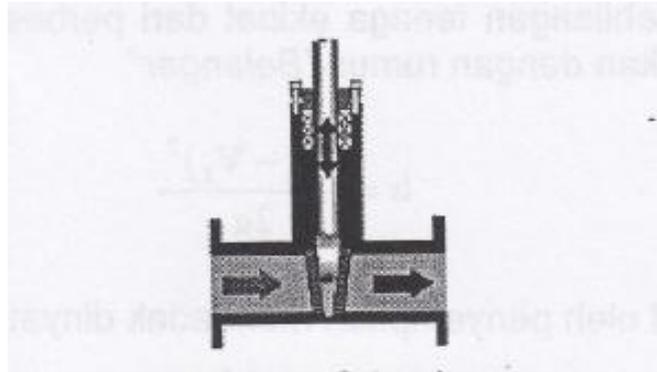
$$\Delta h = K \frac{V^2}{2g}$$

Dengan:

Δh = kehilangan tenaga padakatup (m)

K = koefisien kehilangan tenaga pada katup

V = kecepatan fluida dalam pipa (m/s)



Gambar 2.5 Gate Valves

Pada kenyataannya kebanyakan system perpipaan adalah system pipa majemuk, yaitu rangkaian pipa seri, paralel maupun berupa jaringan perpipaan. Untuk rangkaian pipa seri atau paralel, penyelesaiannya adalah serupa dengan perhitungan tegangan dan tahanan pada Hukum Ohm.