

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Air

Dalam merancang suatu sistem jaringan distribusi air minum perlu memperhatikan jumlah populasi di wilayah yang akan di layani atau biasa di sebut dengan area layanan. Jumlah populasi penduduk ini berbanding lurus dengan jumlah kebutuhan air. Semakin banyak penduduk/populasi di suatu wilayah semakin besar pula jumlah kebutuhan air minum di wilayah tersebut.

Konsumsi air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, tingkat ekonomi, kepadatan penduduk, derajat industrial, biaya, tekanan, dan kualitas dari air. Suatu prediksi kebutuhan yang akan datang dari suatu bagian komunitas harus selalu dimulai dengan mengetahui persentase yang digunakan. Konsumsi air bersih ini dapat dibagi menjadi kelas pengguna (domestik, komersial, industri, publik), wilayah kota, tingkat ekonomi pengguna musim, dan lain-lain. Prosedur umum dalam pembagian total penggunaan dengan total populasi untuk mendapatkan jumlah konsumsi per kapita harus digunakan hanya dengan pertimbangan khusus, selama:

- Populasi yang ada belum dilayani oleh sistem perkotaan
- Adanya pengguna industri yang luas yang tidak akan berubah dengan populasi
- Karakteristiknya akan berubah sesuai dengan besarnya populasi

(McGhee, 1991)

Air minum ini di gunakan untuk keperluan yang berbeda-beda kebutuhan air minum secara umum diklasifikasikan sesuai dengan penggunaanya, antara lain:

1. Domestik

Air yang digunakan oleh rumah-rumah, hotel-hotel, dan lain-lain, untuk kebersihan, masak-memasak, dan keperluan lainnya. Digunakan oleh konsumen dari berbagai tingkat ekonomi dengan penggunaan antara 75- 380 L (20-100 gal) per kapita per hari (McGhee,1991).

2. Komersial dan industri

Air bersih digunakan oleh perusahaan-perusahaan industri dan komersial seperti pabrik , kantor, dan pertokoan. Jumlah air yang dibutuhkan untuk komersial dan industri di pengaruhi oleh faktor-faktor seperti unit yang dihasilkan. Jumlah pegawai, atau jumlah lantai perusahaan. Padakota yang penduduknya lebih dari 25.000, konsumsi air oleh komersial sekitar 15%dari total konsumsi (McGhee, 1991).

3. Umum/publik

Air bersih digunakan untuk bangunan-bangunan publik dan digunakan untuk layanan publik, termasuk air untuk bangunan-bangunan kota, sekolah-sekolah, pembersihan jalan, dan perlindungan kebakaran, yang dananya tidak ditanggung oleh *supplier* perkotaan. Air yang digunakan untuk keperluan ini mencapai 50-75 L per kapita per hari (McGhee, 1991).

4. Kehilangan Air

Air minum yang tak terhitung penggunaannya (*unaccounted-for*) yang tidak digunakan oleh pengguna spesifik. Air minum yang tak terhitung penggunaannya ini dapat disebabkan oleh kesalahan pembacaan meteran, sambungan ilegal, dan kebocoran dalam sistem distribusi (McGhee,1991).

B. Reservoir

Reservoir digunakan untuk menyimpan, untuk mengkualisasi aliran, untuk mendistribusikan atau mengkualisasi tekanan, dan menyimpan air. Suatu reservoir dalam sistem distribusi akan mengkualisasi jumlah aliran, tekanan, dan akan menyediakan air untuk keadaan darurat reservoir distribusi digunakan untuk menambah nilai variabel kebutuhan untuk menilai penyediaan yang tidak sama dengan nilai kebutuhan. Penggunaan reservoir ini memungkinkan untuk mengurangi ukuran pompa yang dibutuhkan untuk menyediakan pelayanan daerah dengan reservoir, sejak dinilai kebutuhan puncak pompa dikurangi oleh reservoir. Reservoir pada sistem distribusi diklasifikasikan berdasarkan posisinya, di permukaan atau ditinggikan, atau berdasarkan pisa material dimana reservoir tersebut dibangun, seperti baja, reinforced concrete, kayu, dan tanah. (Babbit, 1955).

C. Sistem Distribusi Air Minum

1. Desain Distribusi Air Minum

Konfigurasi sistem penyediaan air minum merupakan susunan dari komponen-komponen yang saling berurutan. Pada prinsipnya penyediaan air minum yang diambil dari sumber dialirkan ke reservoir melalui pipa transmisi yang selanjutnya dialirkan ke konsumen melalui pipa distribusi, pengaliran dilakukan dengan memanfaatkan beda tinggi atau dengan gravitasi. Layout dari sistem distribusi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. *Circle / belt system*
- b. *Gridiron system ; dan*
- c. *Tree systems*

Nama-nama tersebut mendeskripsikan cara pipa distribusi disusun dalam perencanaan. *Gridiron system* merupakan sistem yang paling umum digunakan di kota-kota besar (Babbitt, 1955).

Kecukupan dari suatu sistem distribusi diketahui dari tekanan yang terdapat pada berbagai titik pada sistem kondisi beroperasi. Tekanan cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan kebutuhan pemadam kebakaran. Disisi lain, tekanan yang terlalu tinggi membutuhkan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, rancangan untuk sistem distribusi harus sesuai dan ekonomis .

Faktor yang menyebabkan kehilangan head atau tekanan adalah interdependent dan meliputi ukuran pipa, nilai debit, dan friksi. Biasanya,

hanya kehilangan karena friksi pada pipa lurus yang dipertimbangkan. Jika *minor losses* juga akan diperhitungkan, hal yang paling sesuai menghitung efeknya dengan menambah panjang pipa lurus dimana friksi merupakan ekuivalen yang dipakai untuk menghitung *minor losses*. Kehilangan head atau tekanan ini dapat dibagi menjadi 2, yaitu *minor losses* yang disebabkan oleh geometri pipa dan *major losses* yang disebabkan oleh gaya gesek.

Prosedur yang dilakukan dalam merancang jaringan distribusi air minum :

- a. Menyiapkan peta daerah yang dilayani.
- b. Menggambar rencana jaringan distribusi yang efektif pada daerah tersebut, dimana terdapat letak pipa utama, sekunder, dan tersier.
- c. Memeriksa jumlah permintaan untuk segala kebutuhan pada setiap pipa dan menandakan nilai asumsi ini sebagai pipa yang tepat.
- d. Menghitung diameter tiap pipa.
- e. Menghitung tekanan di berbagai titik pada sistem distribusi, menggambar *piezometric contour* jika benar-benar diperlukan.

Dalam merancang distribusi jaringan air minum ini terdapat metode-metode yang dihitung secara manual maupun dengan program komputer. Berikut merupakan program komputer yang digunakan dalam merancang jaringan distribusi air minum :

a. EPANET

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir didalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katup, dan tangki air atau reservoir. EPANET menajaki aliran air di tiap pipa, kondoso tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengairan. Sebagai tambahan, usia air (water age) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan. Langkah awal penerapan EPANET yang paling penting adalah pemilihan metode apayang akan dipakai pada program ini, hazenWilliam, Darchy-Weisbach, dan Ckessy-Manning, dan satuan yang akan dipakai.

Program EPANET saat ini telah berbasis dalam sistem windows, berikut merupakan langkah-langkah penggunaan program adalah :

- Membuat jaringan pipa pada peta perencanaan yang ada di plot dengan sumbu X-Y maka didapatkan koordinat titik pengambilan.
- Pada titik pengambilan dihitung debit air untuk kebutuhan konsumen, elevasi tanah sesuai dengan peta topografi yang ada serta panjang pipa sesuai skala dalam peta.
- Merencanakan diameter pipa dan arah aliran dengan melihat letak reservoir.

- Dari data-data diatas kemudian dimasukkan dalam program EPANET.

Langkah 1 : Membuat input file

Untuk menjalankan EPANET dalam sistem windows, pertama kali harus masuk pada *Pull-Down* (instruksi) "File". Pembuatan input file baru dipilih open file.

Langkah 2 : Menggunakan simulasi EPANET

Perintah yang digunakan dalam menjalankan program EPANET dalam sistem windows adalah :

EPANET infile dan outfile, infile adalah nama input file; data outfile adalah nama file yang terdiri dari output report hasil perhitungan. Dalam program EPANET dalam sistem windows terdapat pull-down (instruksi) antara lain :

- File, terdiri dari : Open – Input, Open – Output, Open – Map, Save, Output, Print, Print Setup, Exit
- Edit, terdiri dari : Copy clipboard dan input-data
- Run, terdiri dari : Windowed, Minimum dan Cancel
- Report, terdiri dari : Input data, Out Summary, Current Time, Time Series, Search, Restore

- Graph, terdiri dari : Current Node, Current Link, Pump Curve, Option
- Map, terdiri dari : Zoom-in, Zoom-out, Redraw, Display Legend, Modifide, Contu-Map, Option

b. WaterCAD

WaterCAD merupakan software yang digunakan dalam pemodelan dan analisis dari sistem distribusi air minum. Metodologi dalam program ini dapat dipakai pada berbagai sistem fluida dengan karakteristik berikut ini :

- *Steady* atau aliran turbulen yang bervariasi secara tetap
- Tak dapat dimampatkan, newtonian, *single phase* fluida
- Penuh, saluran tertutup (sistem tekanan)

Langkah-langkah penggunaan program ini mirip dengan program EPANET, hanya tampilan masing-masing program yang berda. WaterCAD yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah versi 6 yang merupakan versi akademik. Langkah-langkah dalam pembuatan jaringan distribusi menggunakan WaterCAD adalah sebagai berikut :

- Pada saat pertama kali membuka program ini terdapat pilihan untuk membuat proyek baru, klik ikon tersebut lalu susunlah

skenario yang akan dibuat (formula yang dipakai, satuan yang dipakai, memodelkan dengan skematik atau skalatis).

- Setelah pembuatan skenario awal, klik finished pada tab tersebut. Lalu, dilanjutkan dengan pembuatan jaringan distribusi.
- Pemasukan data input dilakukan setelah jaringan distribusi air minum selesai dibuat. Pemasukan data input ini dilakukan pada setiap komponen/elemen pada jaringan distribusi yang telah dibuat tersebut.
- Lalu, dilakukan analisis steady-state dengan meng-klik ikon GO. Selanjutnya dapat diketahui hasil perhitungan dari program ini dengan meng-klik ikon tabel di sebelah ikon GO.

2. Keseimbangan Air (*Water Balance*)

Komponen dari keseimbangan air (*water balance*)

a. Volume Input Sistem

★ Volume input tahunan dari sistem penyediaan air minum yang berhubungan dengan perhitungan keseimbangan air.

b. Konsumsi resmi (*Authorized consumption*)

Volume tahanan air yang dilihat dari meteran pelanggan yang terdaftar, supplier air, dan lain-lain untuk penggunaan perumahan, komersial, dan industri.

c. Kehilangan Air (*Water Losses*)

- Kehilangan Teknis (*Real Losses*)

Kehilangan air fisik dari sistem bertekanan, sampai pada titik pengukuran penggunaan pelanggan. Kehilangan volume tahunan melalui berbagai tipe kebocoran, ledakan, dan peluapan tergantung oleh frekuensi, debit, dan durasi rata-rata dari kebocoran individual.

- Kehilangan Komersial/Non Teknis (*Apparent Losses*)

Perhitungan untuk segala macam ketidakakuratan yang berhubungan dengan pengukuran produksi (*production metering*) dan pengukuran pelanggan (*customer metering*), dan juga penggunaan ilegal.

d. Air yang tidak terjual (*Nonrevenue water*)

Perbedaan antara volume tahunan system input dan konsumsi pelanggan sah/legal yang membayar. *Nonrevenue water* tidak hanya meliputi *real losses* dan *apparent losses*, tapi juga konsumsi pelanggan sah/legal yang tidak membayar.

Tahapan menghitung *nonrevenue water* dan kehilangan air adalah sebagai berikut :

- Menetapkan volume input sistem
- Menentukan konsumsi tertagih yang tercatat (*billed metered consumption*), lalu ditotal menjadi konsumsi tertagih yang sah (*billed authorized consumption*) dan air yang terjual (*revenue water*).

- Menghitung volume *nonrevenue water* yang merupakan selisih dari volume sistem input dengan *revenue water*.
- Menentukan konsumsi tidak tertagih yang tercatat (*unbilled metered consumption*) dan konsumsi tidak tertagih yang tidak tercatat (*unbilled unmetered consumption*), lalu ditotal menjadi konsumsi tidak tertagih yang sah (*unbilled authorized consumption*).
- Menambahkan volume dari konsumsi tidak tertagih yang sah (*unbilled authorized consumption*) dengan konsumsi tertagih yang sah (*billed authorized consumption*), hal ini dilakukan untuk mengetahui konsumsi yang sah (*authorized consumption*).
- Menghitung kehilangan air dengan mengurangi volume input sistem dan konsumsi yang sah (*authorized consumption*).
- Menghitung kehilangan komersial (*apparent losses*) yang terdiri dari konsumsi tidak sah (*unauthorized consumption*) dan ketidakakuratan pembacaan meter air (*metering inaccuracies*).
- Menghitung kehilangan teknis (*real losses*) yang merupakan pengurangan kehilangan air dengan kehilangan komersial (*apparent losses*).

3. Kesalahan Desain

Walaupun jaringan distribusi air minum memiliki banyak kesamaan dengan tipe jaringan lainnya, tapi terdapat perbedaan signifikan diantara mereka pada saat memeriksa suatu kesalahan. Pada

dasarnya, kesalahan dalam jaringan distribusi air minum dapat diketahui dari tekanan dan/atau debit yang tidak sesuai di satu atau lebih node dalam jaringan. Terdapat 2 jenis kegagalan utama dalam jaringan distribusi air minum (Mays, 2002) :

a. Performance failure

Dalam kasus ini, jaringan gagal di desain karena kesalahan tradisional dengan muatan yang melebihi kapasitas desain. Kebutuhan dalam sistem melebihi nilai kebutuhan desain. Hal ini menyebabkan kegagalan dalam struktur jaringan, tekanan di suatu atau lebih node dapat drop di bawah nilai minimum dan/atau jumlah debit yang ada pada node turun sampai di bawah level yang dibutuhkan. Masalah ini dapat ditangani dengan mengganti pipa dengan diameter yang lebih besar dan/atau menempatkan lebih banyak pompa.

b. Component failure

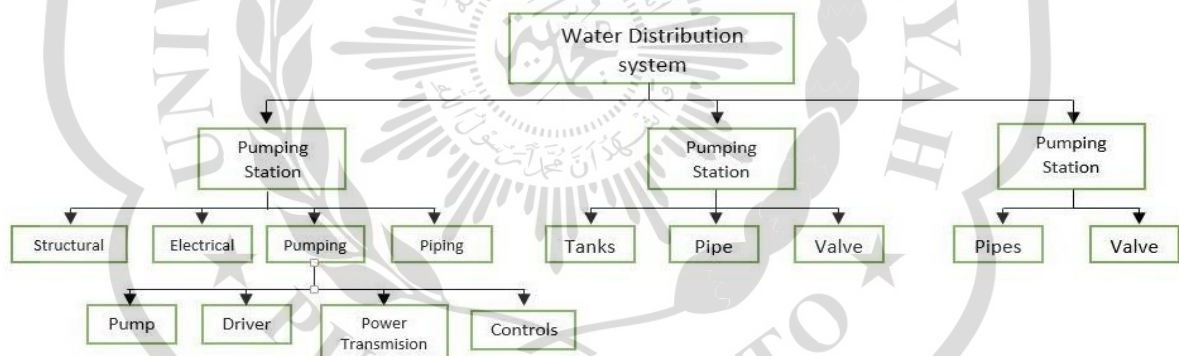
Probabilitas dari kegagalan komponen diperoleh dari catatan kejadian yang lalu (*historical failure records*) dan model menggunakan probabilitas distribusi yang sesuai.

Ketahanan sistem distribusi air minum dapat diketahui menggunakan pendekatan Goulter (1995), Kemampuan sistem distribusi air minum mencukupi kebutuhan yang ditempatkan dimana kebutuhan dispesifikasikan dalam :

- Aliran yang akan disediakan (total volume dan debit).
- Tingkatan tekanan pada saat aliran harus disediakan (Mays, 2002).

Ketahanan (*reability*) ini merupakan faktor eksplisit dalam desain dan operasi dari sistem jaringan distribusi air minum untuk waktu yang penting seperti ditunjukkan oleh jaringan *loop* yang ada. Kehadiran *loop* menambah reliabilitas dan redundansi pada sistem dengan memberikan kapasitas berlebih dan cara alternatif untuk penyediaan air minum dalam kegagalan dalam komponen-komponen sistem (Mays, 2002).

D. KOMPONEN-KOMPONEN DALAM SISTEM DISTRIBUSI



Gambar 2.1 Komponen dalam Sistem Distribusi Air Bersih

1. Pipa

Material yang umum digunakan untuk pipa distribusi meliputi besi, baja, semen, dan semen asbestos. Material plastik digunakan dalam diameter 6 inchi dan yang lebih kecil. Sulfur, pasir, karet, timah dan tambahan timah, dan oakum digunakan dalam sambungan pipa.

Tambahan material lain seperti nikel, alumunium, krom, tanah liat, dan asbestos digunakan secara sering pada campuran untuk perlindungan metal dari korosi. Kayu digunakan untuk pipa yang besar dan untuk pipa kecil di lokasi yang sementara. Pipa yang digunakan dalam distribusi ini terdiri dari beberapa jenis antara lain :

a. Pipa Besi (*Iron Pipe*)

Pipa besi sudah digunakan untuk menyalurkan air selama lebih dari 300 tahun. Besi daktil (liat) sudah sebagian besar menggantikan besi cor didalam konstruksi baru, karena suatu pada kekuatan yang sama besi ini lebih ringan dan lebih sedikit getas. Meski ketebalan dindingnya lebih sedikit, pipa besi daktil mempunyai diameter luar yang sama sebagai besi cor dengan ukuran nominal yang sama. Meskipun kapasitas hidroliknya lebih besar, besi ini kemudian dapat dipertukarkan dengan besi cor dan dapat digunakan dengan perlengkapan besi cor. Besi daktil dihasilkan dengan menambahkan senyawa magnesium pada suatu besi dengan kandungan fosfor dan belerang yang sangat rendah. Hasilnya adalah mikrostruktur dari kristal yang sangat berbeda dari besi cor yang biasa dan menghasilkan kekuatan tambahan, ketahanan, dan daktilitas.

Pipa besi sangat tahan lama dan diharapkan untuk bertanam untuk lebih dari 100 tahun. Pipa besi ini, bagaimanapun, lemah pada karatan, yang dapat menghasilkan suatu peristiwa yang

disebut tuberkulasi, dimana dilihat dari karat yang melapisi bagian dalam pipa, mengurangi diameter pipa dan meningkatkan kekasaran relatifnya. Kombinasi efek ini dapat menghasilkan suatu pengurangan kapasitas hidrolis 70 persen atau lebih. Untuk alasan ini, adalah hal biasa melapisi pipa besi dengan semen atau material seperti aspal.

Karatan di bagian luar besi (*external corrosion*) terkadang menjadi masalah utama karena ketebalan relatif dindingnya yang besar. Didalam kondisi-kondisi lahan yang kurang baik, pipa dapat dibungkus dengan tabung-tabung polietilena ketika proses konstruksi. Teknik ini sudah terbukti efektif dalam melindungi pipa dari karatan di bagian luar.

b. Pipa Baja

Baja bisa digunakan untuk aliran air, terutama dalam keadaan dimana diameter pipa besar dan tekanan tinggi. Baja mempunyai keuntungan dari sisi ekonomi, karena bersifat lebih ringan dan lebih kuat. Pipa baja, dengan perbandingan berat, lebih murah dibandingkan pipa besi, lebih dengan mudah diangkut dan lebih mudah dirakit. Dindingnya yang tipis secara relatif juga membuat pipa baja lebih mungkin dirusak oleh karatan dibanding pipa besi. Dalam kondisi yang baik, pipa baja dapat bertahan lebih

dari 50 tahun. Kondisi yang kurang baik mencakup air yang bersifat korosif dan tanah yang bersifat korosif.

c. Pipa Beton

Pipa silinder beton dibuat dengan membungkus kawat *high-tensile-strength* di sekitar silinder baja yang sudah dilapisi dengan adukan semen yang ditempatkan secara sentrifugal. Kawat dibungkus dengan ketat untuk mengenakan tekanan awal (*prestress*) pada inti dan ditutupi oleh lapisan luar dari beton. Untuk tekanan yang lebih rendah, pipa yang serupa dibuat tanpa kawat *prestress*. Fitting bisa dibuat dengan cara yang sama seperti pipa atau bisa dibangun pada tempat beton bertulang. Pipa silinder beton biasanya dibuat untuk proyek-proyek tertentu, karena bagian-bagian khusus tidak sulit untuk diperoleh. Pipa beton (kecuali di dalam kasus perairan asam) tidak lemah terhadap karat dan tidak menderita kerugian dalam kapasitas hidroliknya untuk jangka waktu panjang. Perkiraan ketahanan pipa beton adalah sekitar 75 tahun.

d. Pipa Asbes Semen

Pipa asbes semen mempunyai suatu permukaan dalam yang sangat lembut, yang membuat pipa ini mempunyai karakteristik-karakteristik hidrolik yang sempurna. Namun asbes sudah terbukti menjadi segala penyebab kanker ketika serat-seratnya terhirup, dan

ada beberapa bukti, meski masih dapat dibantah, bahwa serat-serat asbes di dalam air dapat menyebabkan kanker yang berhubungan juga dengan usus. Serat-serat asbes ditemukan dalam beberapa air alami dan bisa jadi terlarut dari pipa asbes semen di perairan yang sangat agresif, dimana semen pada pipa telah terpecah. Beberapa bangunan air tidak lagi menggunakan pipa asbes semen pada konstruksinya yang baru.

e. Pipa Plastik

Pipa plastik dibuat dari bahan padatan dan serat untuk perkuatan. Pipa seperti ini digunakan secara luas baik dalam pipa ledeng domestik dan dalam sistem distribusi air, karena jauh lebih mudah dalam penanganan dan pemasangan dan secara umum lebih murah dibanding bahan-bahan tradisional seperti besi dan beton. Kinerja untuk jangka panjang bahan pipa plastik ini dapat dibentuk hanya oleh berjalannya waktu. Aliran dingin, penggetasan usia, atau tekanan pemasangan dapat mempengaruhi kemampuan pelayanan jangka panjang pipa plastik. Berikut merupakan jenis-jenis pipa plastik :

- PVC (*Polyvinyl Chloride*)

PVC merupakan jenis pipa plastik yang paling kuat dan paling umum digunakan. Pipa ini memiliki ketahanan yang kecil pada pelarut. Pipa ini dibuat hanya dari senyawa yang tidak

mengandung plastisizer dan beberapa material lainnya. Pipa ini tahan terhadap api dan tidak mudah terbakar (Frankel, 2002).

- CPVC (*Chlorinated Polyvinyl Chloride*)

CPVC merupakan modifikasi kimia dari PVC, dengan tambahan klorin pada strukturnya dengan temperatur sampai sekitar 200⁰ F, 50⁰ F lebih tinggi dari PVC (Frankel, 2002).

- PE (*Polyethylene*)

PE merupakan polyolefin yang paling terkenal. Pipa jenis ini sering digunakan karena kekerasannya, *ductility*, dan kemampuannya untuk mengurangi getaran air. Pipa jenis ini memiliki ketahanan temperatur sampai sekitar 140⁰ F (Frankel, 2002).

2. Katup (*Valve*)

Katup (*Valve*) digunakan dalam distribusi air minum pada pipa-pipa untuk mengontrol aliran air, untuk mengatur tekanan, untuk melepaskan atau menambah udara, dan keperluan lainnya. Tipe dari katup tersebut paling baik dibedakan untuk setiap kebutuhan.

Berikut merupakan jenis-jenis dari katup tersebut :

- a. *Gate valve* merupakan tipe paling umum dari katup yang digunakan dalam air minum. *Gate valves* yang digunakan dalam distribusi air minum biasanya dibuat dari *cast iron* dengan *brass mountings*.
- b. *Globe valve* digunakan secara khusus pada pipa dengan diameter 4 inchi atau lebih kecil, biasanya untuk pipa dalam plumbing. Jenis ini jarang digunakan dalam sistem distribusi air minum. Kelebihan *globe valve* ini dibanding dengan *gate valve* adalah *globe valve* lebih murah dibanding *gate valve* pada ukuran yang sama, dan membutuhkan biaya perbaikan yang lebih sedikit. Kekurangannya adalah adanya kehilangan tekanan yang tinggi saat melewati lintasan yang berliku.
- c. *Check Valve* digunakan untuk mengizinkan aliran air mengalir dalam 1 arah saja. Aliran dari arah yang berkebalikan secara otomatis dihentikan oleh katup (*valve*) ini.
- d. *Air-relief Valves* merupakan valve (katup) yang akan memperbolehkan udara untuk keluar dari atau masuk ke pipa. Jika tekanan dalam pipa turun dan air keluar pada ujung yang lebih rendah, pengapung akan memberi dan menambah udara untuk menggantikan air yang lolos tersebut dan terjadinya ruang vakum dapat dicegah.?
- e. *Balanced Valves*, prinsip dari balance valve ini digunakan dalam berbagai alat-alat otomatis dan penggunaan khusus valve.

- f. *Pressure-regulating Valves* digunakan untuk mengantarkan air dari sistem bertekanan tinggi ke sistem bertekanan rendah.
 - g. *Pressure-relief Valves* digunakan untuk melepaskan tekanan berlebih yang berasal dari container tertutup.
 - h. *Altitude Valves* secara prinsip digunakan pada deretan penyediaan ke elevated tanks atau standpipes, untuk menutup secara otomatis saat tangki penuh dan terbuka saat tekanan pada sisi pompa lebih kecil daripada valve yang berada di sisi tangki.
 - i. *Needle Valves* digunakan untuk mengatur air menuju dan dari reservoir besar dan penambahan jumlah debit tertutup pada alat kontrol mekanis.
 - j. *Sluice Gates* secara prinsip digunakan pada inlet atau outlet pipa yang masuk atau keluar reservoir, tekanan pada gate secara berkala berlawanan pada 1 sisi dan pada 1 arah saja.
 - k. *Butterfly Valves* biasanya tidak cocok untuk memberhentikan aliran air secara menyeluruh.
3. Meter Air (*Meters*)

Meter air ini digunakan dalam sistem distribusi air minum pada tipe pemindahannya (*displacement*) dan kecepatannya (*velocity*). *Displacement meters* (meter air pemindahan) secara utama digunakan untuk aliran yang relatif kecil, seperti yang dibutuhkan oleh konsumen kecil dan menengah. *Displacement meters* (meter air pemindahan) secara utama digunakan untuk aliran yang relatif kecil, seperti yang dibutuhkan

oleh konsumen kecil dan menengah. *Displacement meters* mengukur jumlah aliran dengan mencatat jumlah suatu kontainer dengan volume yang diketahui diisi dan dikosongkan. *Velocity meters* (meteran kecepatan) mengukur kecepatan aliran yang lewat suatu area tertentu. Tipe-tipe dari *displacement meters* yang digunakan antara lain *reciprocating*, *rotary*, *oscillating*, dan *nutating-disk meters*. *Nutating-disk meters* merupakan tipe yang paling umum digunakan untuk pelayanan domestik. Fitur-fitur yang dipertimbangkan dalam pemilihan meteran antara lain (Babbit, 1955)

:

- a. Keakuratan pengukuran dan registrasi untuk aliran kecil dan besar;
- b. Kapasitas dengan head loss minimum;
- c. Durabilitas;
- d. Kekasaran;
- e. Kemudahan perbaikan;
- f. Ketersediaan spareparts;
- g. Reputasi pabrik;
- h. Bebas dari kebisingan; dan
- i. Biaya yang rendah.