

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH

Dalam memilih sumber air baku air bersih, maka harus diperhatikan persyaratan utamanya yang meliputi kualitas, kuantitas, kontinuitas dan biaya yang murah dalam proses pengambilan sampai pada proses pengolahannya. Beberapa sumber air baku yang dapat digunakan untuk penyediaan air bersih dikelompokkan sebagai berikut:

a. Air hujan

Air hujan disebut juga dengan air angkasa. Dari segi kuantitas, air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga air hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil terus menerus, karena tergantung pada musim. Pada musim kemarau kemungkinan air akan menurun karena tidak ada penambahan air hujan.

b. Air Permukaan

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air bersih adalah air waduk (berasal dari air hujan), air sungai (berasal dari air hujan dan mata air) dan air danau (berasal dari air hujan, air sungai atau mata air).

c. Air Tanah

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melalui lapisan-lapisan tanah. Dari segi kuantitas, apabila air tanah dipakai sebagai sumber air baku air bersih adalah relatif cukup, tetapi apabila dilihat dari segi kontinuitasnya maka pengambilan air tanah harus dibatasi, karena dikhawatirkan dengan pengambilan yang terus-menerus akan menyebabkan penurunan muka air tanah.

d. Mata Air

Berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar. Dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas, sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu.

2.2. SISTEM DISTRIBUSI AIR

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan ke daerah pelayanan (konsumen).

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

1. Daerah pelayanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani

Daerah pelayanan ini meliputi wilayah IKK (Ibukota Kecamatan) atau wilayah kabupaten / kotamadya. Jumlah penduduk yang dilayani tergantung pada kebutuhan, kemauan / minat dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi

masyarakat, sehingga dalam satu daerah layanan belum tentu semua penduduk terlayani .

2. Kebutuhan air

Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.

3. Letak topografi daerah pelayanan yang akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi:

- Sambungan Halaman : yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk / pipa utama ke tiap-tiap rumah atau halaman.
- Sambungan Rumah : yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk / pipa utama ke masing-masing utilitas rumah tangga.
- Hidran Umum : merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum
- Terminal air : adalah distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
- Kran Umum : merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambung pipa ke masing-

masing rumah. Biasanya 1 (satu) kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih 20 orang.

Ray K. Linsley (1979) menyatakan sistem distribusi yang ekstensif diperlukan untuk menyalurkan air ke masing-masing langganan dalam jumlah yang dibutuhkan dengan tekanan yang cukup. Sistem distribusi seringkali merupakan investasi utama dalam jaringan air kota.

Jenis-jenis sistem distribusi air, bila kondisi topografinya baik, dipergunakan sistem gravitasi. Ini menuntut adanya suatu bak penampung pada elevasi yang cukup pada di atas kota yang bersangkutan, sehingga air dapat mencapai setiap bagian dari sistem distribusi dengan tekanan cukup. Bila diperlukan pemompaan, air dapat dipompa langsung ke dalam suatu jaringan distribusi tertutup atau ke dalam bak penampung distribusi yang bertugas meratakan laju pemompaan sepanjang hari dan menyediakan cadangan untuk pemakaian jam puncak.

M. Anis Al-Layla (1977) membagi tipe pengaliran sistem distribusi air meliputi sistem gravitasi, pompa atau kombinasi keduanya. Sistem gravitasi digunakan ketika sumber air seperti danau atau reservoir ditempat yang tinggi mempunyai tekanan yang cukup sampai pada konsumen untuk mengalirkan air. Sistem pompa terkadang kurang menguntungkan, misalnya pada kasus tertentu terganggunya tenaga yang menyebabkan aliran air terhenti, disebabkan daerah pelayanan yang bervariasi sangat mempengaruhi tekanan. Untuk mengurangi kerugian dari berbagai kapasitas yang dipasang maka harus dioperasikan sesuai dengan persyaratannya. Metode ini harus dioperasikan dengan hati-hati dan biaya yang cukup.

2.3. POLA JARINGAN

M. Anis Al-Layla (1977) menyatakan jaringan pipa digunakan untuk distribusi air di masyarakat, dimana berbagai cara dapat dilakukan dengan pola cabang titik ujung mati dan pola jaringan dengan putaran pipa / loop.

Dr. Ir. Bambang Triatmodjo (1993) menyatakan jaringan pipa yang digunakan untuk distribusi air minum di daerah urban (perkotaan), biasanya mempunyai banyak cabang, dengan pipa-pipa saling dihubungkan setiap kira-kira 500 m. Jaringan ini harus direncanakan sedemikian sehingga air bisa mengalir ke seluruh pipa, dan harus dihindari bahwa air berhenti di salah satu pipa. Selain itu air juga harus dapat mencapai titik distribusi dengan lebih dari satu jalur (pipa), sehingga bila terjadi perbaikan, distribusi air tidak terhenti.

Perencanaan sistem distribusi air didasarkan pada dua faktor utama yaitu kebutuhan air dan tekanan yang harus dapat diberikan oleh sistem jaringan tersebut. Kebutuhan air yang harus dapat dipenuhi akan menentukan ukuran dan tipe sistem distribusi.

2.4. SISTEM CABANG

Sistem cabang adalah sistem pendistribusian air bersih yang bersifat terputus membentuk cabang-cabang sesuai dengan daerah pelayanan. Keuntungannya adalah:

1. Tidak membutuhkan perhitungan dimensi pipa yang rumit karena debit dapat dibagi berdasarkan cabang-cabang pipa pelayanan.

2. Untuk pengembangan daerah pelayanan lebih mudah karena hanya tinggal menambah sambungan pipa yang telah ada.

Kerugiannya adalah:

1. Jika terjadi kebocoran atau kerusakan pengaliran pada seluruh daerah akan terhenti.
2. Pembagián debit tidak merata dan operasional lebih sulit karena antar pipa yang satu dengan yang lain saling berhubungan.

M. Anis Al-Layla (1977) menyatakan pola cabang dengan titik ujung mati adalah mirip dengan cabang suatu pohon. Pipa utama dan cabang-cabangnya saling berhubungan untuk mensuplai air ke bangunan. Pada pipa dengan titik ujung mati aliran air selalu dalam arah yang sama, dan suplai air ke daerah dengan pipa tunggal.

Keuntungannya adalah:

1. Pola cabang mempunyai metode yang sangat mudah dalam distribusi air.
2. Memerlukan dimensi pipa yang ekonomis.

Kerugiannya adalah:

1. Sedimen dapat mengumpul, berhenti pada titik ujung mati menyebabkan bau dan rasa jika air dalam pipa tidak teratur dibilas.
2. Tekanan air yang tidak cukup mungkin akan terjadi ketika penambahan daerah yang disambungkan dengan sistem distribusi air.

Ray K. Linsley (1979) menyatakan suatu sistem distribusi seperti pohon dengan banyak titik-ujung yang mati tidaklah memuaskan karena air dapat berhenti di ujung-ujung sistem itu, lebih dari itu bila diperlukan perbaikan, suatu

daerah yang luas harus ditutup penyaluran airnya. Akhirnya, dengan kebutuhan lokal yang besar pada waktu terjadinya kebakaran, kehilangan tinggi tekanan dapat besar sekali, kecuali jika pipanya cukup besar. Suatu sistem pipa-tunggal adalah sistem dengan sebuah pipa yang melayani kedua sisi suatu jalan. Suatu sistem pipa-rangkap mempunyai sebuah pada masing-masing sisi jalan. Satu pipa melayani hidran kebakaran dan kebutuhan rumahtangga pada sisi jalan yang bersangkutan, sedangkan pipa yang lain (yang lebih kecil) hanya melayani kebutuhan rumahtangga untuk sisi jalan yang lain. Keuntungan utama dari sistem dua-pipa ini adalah bahwa perbaikan perbaikan dapat dikerjakan tanpa mengganggu lalu lintas dan tanpa merusak lapis penutup jalan.

United Nations Development Programme Interregional Project INT/81/047 Executing Agency World Bank (1987), menyatakan *branch* digunakan untuk mendesain jaringan distribusi air sistem bercabang (tipe pohon, non-loop) dengan cara memilih dari kumpulan diameter-diameter pipa untuk setiap jalur pipa sehingga total biaya dari jaringan diminimalkan sehingga memperoleh desain yang diharapkan. Jaringan ini dikarakteristikan dengan menggunakan link-link (pipa individual) yang dihubungkan dengan node dengan menempatkan titik dari aliran/debit masuk, debit keluar atau pipa pertemuan. Baik biaya konstruksi dan desain dapat dinyatakan secara linear, penyelesaian persamaan matematika yang dikenal dengan teknik program linear. Panjang dari sebuah pipa yang telah diketahui diameternya dianggap sebagai suatu nilai yang yang belum diketahui untuk diselesaikan. Jadi perancang merencanakan diameter pipa yang tersedia dipasaran untuk setiap link, dan program algoritma linear memilih kombinasi

yang optimal dari pipa-pipa yang ada. Program ini menangani pipa-pipa yang sudah ada sebagai pipa paralel. *Branch* merumuskan model program linear untuk desain biaya termurah untuk sebuah jaringan bercabang, menyelesaikan model rancangan kita dan menampilkan hasil desain sebagai informasi hidrolis. Bentuk data input hampir identik dengan program *loop*.

Data yang diperlukan untuk menjalankan program *branch* dari suatu elemen jaringan adalah panjang pipa, koefisien kekasaran, node permintaan dan elevasi tanahnya, menggambarkan data geometri dari suatu jaringan, diameter yang dicoba dan unit biaya.

2.5. SISTEM LOOP

Sistem *loop* adalah sistem perpipaan melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu kembali dengan ujung pipa yang lain.

Keuntungannya adalah :

1. Debit terbagi merata karena perencanaan diameter berdasarkan pada jumlah kebutuhan total.
2. Jika terjadi kebocoran atau kerusakan atau perubahan diameter pipa maka hanya daerah tertentu yang tidak mendapat pengaliran, sedangkan untuk daerah yang tidak mengalami kerusakan aliran air tetap berfungsi.
3. Pengoperasian jaringan lebih mudah.

Kerugiannya adalah:

- Perhitungan dimensi perpipaan membutuhkan kecermatan agar debit yang masuk pada setiap pipa merata.

Victor L. Streeter (1988) menyatakan pipa-pipa yang saling berhubungan yang menjadi laluan aliran ke suatu lubang-keluar tertentu yang dapat datang dari beberapa rangkaian disebut jaringan pipa, dalam banyak hal analog dengan aliran yang melalui listrik.

M. Anis Al-Layla (1977) menyatakan pola jaringan semua pipa dihubungkan dengan tidak ada titik ujung mati. Air akan mendapat banyak titik jangkauan lebih dari satu arah.

Keuntungannya adalah air dalam distribusinya dengan bebas mengalir pada lebih dari satu arah dan perhentian tidak akan terjadi dengan mudah seperti halnya yang terjadi pada titik ujung mati / sistem cabang. Pada kasus perbaikan atau berhentinya air dalam suatu pipa, daerah yang dihubungkan dengan pipa akan terus menerima air, air tetap mengalir ke daerah tersebut dari pipa bagian lain. Hanya kerugian kecil saja yang akan mempengaruhi pada distribusi air untuk perbedaan yang besar dalam pemakaian air.

Kerugiannya adalah perhitungan ukuran pipa akan lebih kompleks. Diperlukan lebih banyak pipa dan alat penyambung / asesoris pipa.

Bambang Triatmodjo (1996) menyatakan jaringan distribusi air minum merupakan bagian yang paling mahal dari suatu perusahaan air minum, oleh karena itu harus dibuat perencanaan yang teliti untuk mendapatkan sistem distribusi yang efisien. Besar air yang disediakan tergantung pada jumlah penduduk dan macam industri yang dilayani.

Analisa jaringan pipa ini cukup rumit dan memerlukan perhitungan yang besar, oleh karena itu pemakaian komputer untuk analisa ini akan mengurangi

kesulitan. Ada beberapa metode untuk menyelesaikan perhitungan sistem jaringan pipa, diantaranya adalah metode *Hardy Cross* dan metode *matriks*.

Pada jaringan pipa harus dipenuhi persamaan dasar kekontinuan dan tenaga yaitu :

1. Aliran dalam pipa harus memenuhi hukum-hukum gesekan pipa untuk aliran dalam pipa tunggal.
2. Aliran masuk ke dalam tiap-tiap titik simpul harus sama dengan aliran yang keluar.
3. Jumlah aljabar kehilangan tenaga dalam suatu jaringan tertutup harus sama dengan nol.

United Nations Development Programme Interregional Project INT/81/047 Executing Agency World Bank (1987), menyatakan bahwa karakteristik hidrolis *loop* adalah lingkaran tertutup jaringan distribusi air. Jaringan dikarakteristikan dari pipa dan node (titik masuk/permintaan atau pipa penghubung). Data yang diperlukan untuk mengoperasikan program *loop* adalah gambaran dari elemen suatu jaringan seperti panjang, diameter, koefisien gesek, elevasi tanah dan data dari gambaran geometri jaringan tersebut. Hasil akhir program terdiri dari aliran dan kecepatan dalam link dan tekanan dalam node.

Program tidak memberi keterangan mengenai pengurangan tekanan pada klep katup. Persamaan Hazen-Williams digunakan pada program ini untuk perhitungan *headloss*.

Loop menggunakan logaritma Hardy-Cross untuk menentukan aliran yang benar dalam jalur pipa. Aliran yang benar berdasarkan pada konsep peneliharaan

kontinuitas aliran pada tiap node dan jumlah pemeliharaan dari kehilangan tenaga dari seluruh jaringan adalah nol.

