

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih, penduduk memperolehnya dengan cara – cara sebagai berikut :

1. Sistem Individu.

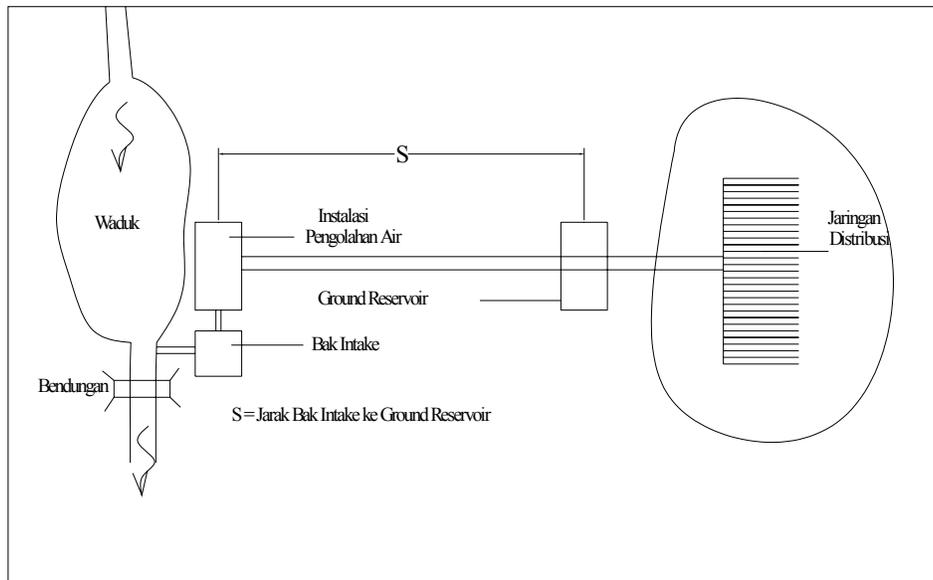
Yaitu sistem penyediaan air secara individu dan biasanya menggunakan cara yang lebih sederhana dan pelayanan yang terbatas, misalnya sistem satu sumur untuk satu rumah tangga.

2. Sistem Untuk Komunitas.

Yaitu sistem penyediaan air bersih untuk komunitas di dalam perkotaan di mana pelayanannya secara menyeluruh yaitu untuk penduduk yang berdomisili tetap (*domestik*) dan tidak tetap (*non domestik*). Pada dasarnya sistem komunitas mempunyai sarana yang lebih lengkap ditinjau dari sudut teknis maupun pelayanan. Dalam penyajian selanjutnya yang dimaksudkan adalah sistem penyediaan air bersih untuk pelayanan komunitas.

2.2 SUMBER – SUMBER AIR

Sumber – sumber air ini akan didapatkan dari air tanah maupun air permukaan yang kemudian diambil dengan bak pengambilan atau *intake* dan setelah melalui sistem pengolahan yang terdapat pada bangunan instalasi pengolahan kemudian ditransmisikan dengan menggunakan pipa transmisi pada *ground reservoir* yang terletak di dekat daerah yang membutuhkan air bersih yang kemudian didistribusikan pada daerah tersebut.



Gambar 2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sumber – sumber air meliputi :

1. Air Permukaan (Surface Water)

Air permukaan dapat diperoleh melalui air mengalir (sungai) maupun air tampungan (danau, waduk, embung, dll). Karena kualitas fisiknya yang kurang baik maka sebelum dipergunakan air permukaan dijernihkan dahulu dengan suatu proses penjernihan serta proses lainnya untuk memperbaiki kualitas kimiawi air. Di daerah hulu pemenuhan kebutuhan air secara kuantitas dan kualitas dapat disuplai oleh air sungai, sedangkan di daerah hilir pemenuhan kebutuhan air sudah tidak dapat disuplai lagi, karena faktor lingkungan seperti sedimentasi dan tingkah laku manusia sehingga sumber air menjadi tercemar dan bahkan langka. Sumber air baku dari sungai tersebut sebelum digunakan harus memenuhi syarat fisik dan syarat kimia.

Sistem transmisi dari air permukaan suatu sistem yang berfungsi untuk menyalurkan air bersih dari sumber air (sungai / danau) ke *ground reservoir* kemudian didistribusikan ke daerah yang membutuhkan air bersih. Cara penyaluran air bersih itu tergantung pada lokasi sumber air itu berada. Cara penyaluran sistem air bersih sebagai berikut :

a. Sistem *Gravitasi*

Sistem gravitasi adalah sistem pengaliran air dari sumber ke tempat *reservoir* dengan cara memanfaatkan energi potensial gravitasi yang dimiliki air akibat perbedaan ketinggian lokasi sumber dengan lokasi *reservoir*.

b. Sistem Pompa

Sistem pompa pada prinsipnya adalah menambah energi pada aliran sehingga dapat mencapai tempat yang lebih tinggi. Hal ini dengan pertimbangan bahwa antara lokasi distribusi dan lokasi sumber tidak mempunyai perbedaan ketinggian yang cukup untuk mengalirkan air.

c. Sistem Gabungan

Sistem gabungan yaitu sistem pengaliran air dari sumber ke tempat *reservoir* dengan cara menggabungkan dua sistem transmisi yaitu sistem pompa dan sistem gravitasi secara bersama – bersama.

Sedangkan sistem distribusi adalah suatu cara penyaluran dan pembagian air dari *reservoir* ke konsumen. Sistem distribusi terdiri dari :

a. Sistem Tower

Yaitu cara penyaluran air dari *ground reservoir* hingga sampai ke konsumen melalui tower yang dipasang di setiap beberapa rumah. Tower dapat berupa tangki beton, pada permukaan tanah ataupun dengan ketinggian tertentu dari permukaan tanah, baik dengan gravitasi maupun pemompaan dari *ground reservoir*.

b. Sistem Pipa Distribusi

Sistem pipa distribusi adalah sistem penyaluran atau pembagian air kepada konsumen melalui pipa. Sistem yang dilaksanakan pada sistem pipa distribusi adalah :

- Sambungan Rumah (SR)
- Sambungan Keran Umum (SKU)
- Hidran Umum (HU)

2. Air Tanah (*Ground Water*)

Sumber air tanah adalah sumber air yang terjadi melalui proses peresapan air permukaan ke dalam tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang

baik karena zat – zat pencemar air tertahan oleh lapisan tanah. Contoh sumber air tanah adalah mata air, air tanah terbagi atas air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal pada dasarnya adalah air yang muncul di suatu permukaan tanah. Air tanah kadang – kadang terkurung oleh lapisan kedap air. Jika lapisan ini berhasil ditembus maka air tanah tersebut akan memancar keluar sehingga mencapai ketinggian tekanan statis setempat atau setinggi permukaan air rata – rata. Sumber air tersebut adalah air tanah dalam atau disebut dengan *artesis*.

Cara pengambilan air tanah ini dengan mengebor tanah yang kemudian akan ditemukan sumber airnya sampai kedalaman berapa air tersebut dapat disedot dengan pompa yang akhirnya debitnya dapat dipakai untuk mencukupi kebutuhan air daerah setempat. Kemudian tentang penyebaran atau pendistribusian hampir sama dengan cara air permukaan. Dan bangunan strukturnya juga sama dengan air permukaan misal *water tower*, bak penyimpanan air dan lain – lain.

2.3 KEBUTUHAN AIR BERSIH

Proyeksi kebutuhan air bersih ditentukan dengan memperhatikan angka pertumbuhan penduduk untuk diproyeksikan terhadap kebutuhan air.

2.3.1 Angka Pertumbuhan Penduduk

Angka pertumbuhan penduduk dihitung dalam prosen dengan rumus :

$$\text{Angka pertumbuhan (\%)} = \frac{\sum \text{Pertumbuhan}}{\sum \text{Data}} \times 100 \%$$

2.3.2 Proyeksi Jumlah Penduduk

Angka pertumbuhan dalam suatu prosen tersebut digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk untuk beberapa tahun mendatang. Pada

kenyataannya tidak selalu tepat tetapi perkiraan ini dapat dijadikan sebagai perhitungan volume kebutuhan air di masa mendatang.

Ada beberapa metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk :

1. Metode *Geometrical Increase* :

$$P_n = P_o (1 + r)^n$$

Di mana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke – n

P_o = jumlah penduduk pada awal tahun

r = prosentase pertumbuhan geometrical penduduk tiap tahun

n = periode waktu yang ditinjau

2. Metode *Arithmetical Increase* :

$$P_n = P_o + nr$$

$$r = \frac{P_o - P_t}{t}$$

Di mana :

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke- n

P_o = jumlah penduduk pada awal tahun proyeksi

P_t = jumlah penduduk akhir tahun proyeksi

r = angka pertumbuhan penduduk / tahun

n = periode waktu yang ditinjau

t = banyaknya tahun sebelum analisis

2.3.3 Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Faktor – faktor yang mempengaruhi proyeksi kebutuhan air bersih :

- Jumlah penduduk yang berkembang setiap tahun
- Tingkat pelayanan
- Faktor kehilangan air.

2.3.4 Fluktuasi Penggunaan Air Bersih

Fluktuasi penggunaan air bersih adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun yang hampir secara terus menerus. Adakalanya penggunaan air lebih kecil dari kebutuhan rata – ratanya, adakalanya sama dengan kebutuhan rata – ratanya atau bahkan lebih besar dari rata – ratanya. Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem penyediaan air bersih maka terdapat dua pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu :

1. Faktor Hari Maksimum / *Maximum Day Factor*

Faktor perbandingan antara penggunaan hari maksimum dengan penggunaan air rata – rata harian selama setahun, sehingga akan diperoleh :

$$Q_{\text{hari maks}} = f_{\text{hm}} * Q_{\text{hari rata - rata}}$$

2. Faktor Jam Puncak / *Peak Hour Factor*

Faktor perbandingan antara penggunaan air jam terbesar dengan penggunaan air rata – rata hari maksimum, sehingga akan diperoleh :

$$Q_{\text{jam puncak}} = f_{\text{jp}} * Q_{\text{hari maks}}$$

Catatan :

$Q_{\text{hari maks}}$ = kebutuhan air maksimum pada suatu hari (liter / detik)

$Q_{\text{hari puncak}}$ = kebutuhan air maksimum pada saat tertentu dalam sehari
(liter / detik)

2.4 PENENTUAN DEBIT YANG TERSEDIA

Data debit yang akan dipergunakan adalah data debit murni atau data debit yang sudah dikurangi dengan berbagai macam kebutuhan misalnya kebutuhan irigasi.

Data debit ini diperoleh selama 10 tahun dapat dicari dengan menggunakan rumus perhitungan debit andalan (metode *basic year*) :

$$\left(\frac{n}{5} \right) + 1 = \text{no urutan penentuan debit andalan}$$

n = faktor urutan dari debit tahunan terkecil sampai terbesar dimulai dari 0 kemudian besarnya debit andalan itu yang akan dibuat acuan dapat tidaknya sungai tersebut dipakai untuk mengairi atau menyediakan sumber air bersih yang dibutuhkan. Kebutuhan air bersih dibagi dua yaitu kebutuhan domestik yang meliputi sambungan rumah tangga dan *hidran* umum juga kebutuhan *non domestik* yang meliputi kebutuhan – kebutuhan fasilitas yang ada dalam daerah tersebut misalnya fasilitas pendidikan, fasilitas peribadatan, fasilitas olah raga dan juga fasilitas perkantoran ataupun pertokoan.

Ada juga cara lain yang dipergunakan dalam mencari debit andalan. Sebelumnya dicari debit rencana terlebih dahulu bila hanya tersedia data – data curah hujan. Ada tiga cara dalam mencari hujan rata – rata DAS yang dapat digunakan :

1. Metode Rata – rata Aljabar

Dapat digunakan dengan hasil yang memuaskan apabila daerahnya datar dan penempatan alat ukur tersebar merata, serta curah hujan tidak bervariasi banyak dari harga tengahnya.

Rumus yang digunakan :

$$P = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

P = curah hujan rata-rata (mm)

P_i = tinggi hujan di station i, i = 1, ..., n (mm).

2. Metode *Thiessen polygon*

Cara ini memperhitungkan luas daerah yang mewakili dari stasiun – stasiun hujan yang bersangkutan, untuk digunakan sebagai faktor bobot dalam perhitungan curah hujan rata-rata.

Rumus yang digunakan :

$$P = \frac{\sum A_i P_i}{\sum A_i}$$

P = curah hujan rata-rata (mm)

P_i = tinggi hujan tiap station (mm).

A_i = luas yang berpengaruh pada masing – masing station (m²).

3. Metode *Isohyet*

- Digunakan di daerah datar / pegunungan
- Station hujan tersebar merata.
- Station hujan harus banyak.
- Merupakan cara yang paling teliti, tapi diperlukan analisis yang berpengalaman.

Rumus yang digunakan :

$$P = \frac{\sum A_i P_i}{\sum A_i}$$

Di mana :

P = curah hujan rata-rata (mm)

P_i = tinggi hujan tiap station (mm).

A_i = luas yang berpengaruh pada masing – masing station (m²).

2.5 BANGUNAN SUMBER AIR BERSIH

2.5.1 Bangunan Sumber Air Bersih

Bangunan sumber air bersih ini merupakan unit bagian awal pada sistem penyediaan air bersih. Bangunan ini terdiri dari :

1). Bak Pengambilan (*Intake*)

Bak pengambilan atau intake adalah bak yang berfungsi untuk mengambil air yang mengalir di sungai/ danau yang kemudian akan dialirkan menuju bak penangkap air. Intake di sini dapat berupa bendung atau bak pengambilan yang terbuat dari beton.

2). Bak Penangkapan (*Broon Captering*)

Bak penangkapan berfungsi sebagai tempat penangkap air yang keluar dari sumber air. Bangunan penangkap terbuat dari beton dan pada bagian atas tertutup oleh plat untuk tetap menjaga kebersihan air.

3). Bak Penampung

Bak penampung berfungsi sebagai tempat penampungan air yang berasal dari bak penangkap. Air dari bak penangkap disalurkan menuju bak penampung ini. Pada bak penampung ini terdapat pipa transmisi yang berfungsi mengalirkan air menuju *reservoir*.

2.5.2 Unit – Unit Pengolahan Air Bersih

1). Bangunan Penyadap Air

Sistem transmisi pengolahan air bersih ini dimulai dari sumber penyediaan air yang diambil dengan bantuan bangunan penyadap untuk diteruskan ke bangunan pengolahan air selanjutnya.

a). Bangunan Penyadap Terbuka

Bangunan penyadap dalam bentuk yang paling sederhana ini terbuat dari konstruksi batu kali atau beton. Bangunan ini berbentuk saluran pembagi aliran dan biasanya dipakai untuk menyadap air dari sungai. Saluran ini dilengkapi dengan pintu sorong yang apabila dibuka, maka air akan masuk ke kanal / saluran yang akan membawa air yang disadap ke unit pengolahan air. Biasanya pada bangunan penyadap terbuka ini dilengkapi dengan bendung untuk menaikkan ketinggian muka air yang diperlukan apabila debitnya tidak mencukupi.

Bangunan penyadap dengan menggunakan pintu sorong dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = C_d * B * \sqrt{(2g(H - y))}$$

Di mana :

Q = debit air yang melalui pintu (m³/ dt)

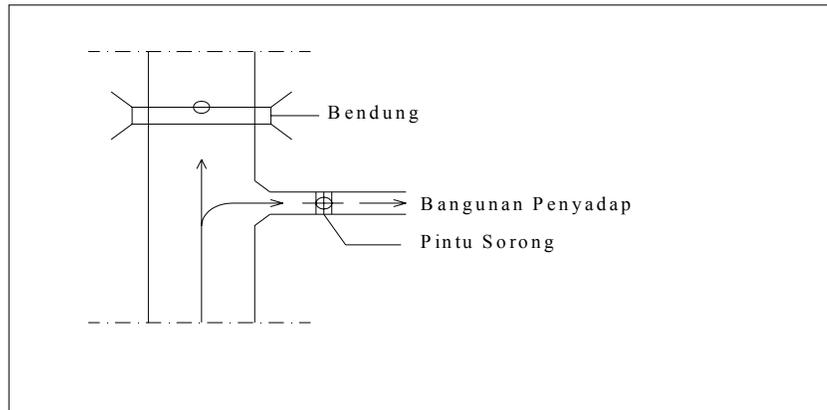
C_d = koefisien debit

B = lebar pintu (m)

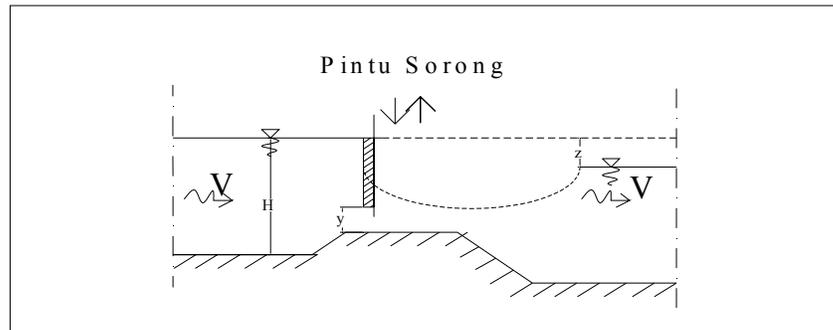
g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

H = tinggi muka air pintu (m)

y = tinggi bukaan pintu (m)



Gambar 2.3 Bangunan penyadap terbuka



Gambar 2.4 Potongan memanjang saluran penyadap dengan pintu sorong

Sedangkan untuk bangunan penyadap yang dilengkapi dengan bendung dapat digunakan rumus :

$$Q = \frac{2}{3} C_d * B * h * \sqrt{(2gh)}$$

(untuk penampang segi empat)

$$Q = C_d * \sqrt{(2g(\frac{2}{3}B_1 h^{3/2} + 8/15mh^{3/2}))}$$

(untuk penampang trapesium)

Di mana :

Q = debit aliran (m³/dt)

C_d = koefisien debit

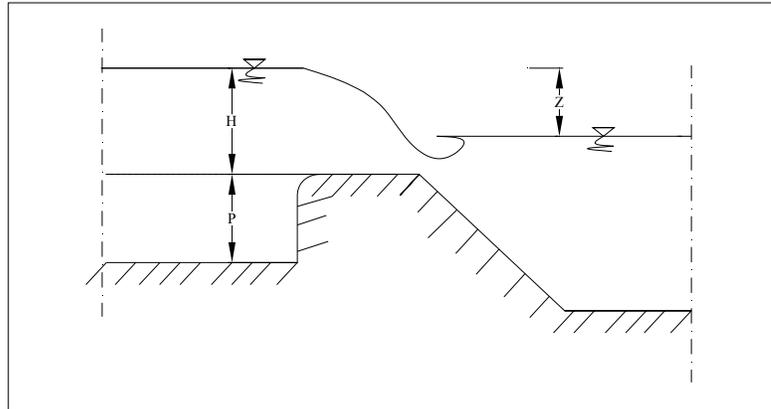
B = lebar saluran (m)

H = tinggi air (m)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

B_1 = lebar saluran penampang bawah (m)

m = kemiringan sisi saluran trapesium



Gambar 2.5 Bendung tetap

b). Bangunan Penyadap Sandar

Bangunan Penyadap Sandar adalah bangunan penyadap yang bagian pengaturnya terdiri dari terowongan miring yang berlubang – lubang dan bersandar pada tebing sungai. Untuk itu dibutuhkan suatu pondasi batuan atau pondasi yang terdiri dari lapisan yang cukup kokoh, agar dapat dihindarkan dari lapisan yang cukup kokoh, agar dapat dihindarkan dari kemungkinan keruntuhan pada konstruksi sandaran. Untuk menghindari kelongsoran pada konstruksi tersebut maka pembuatan penyangga dapat dilakukan pada tiap – tiap jarak 5 sampai 10 meter. Selain itu sudut kemiringan pondasi sandaran agar tidak melebihi 60^0 .

Untuk bangunan penyadap jenis ini besarnya debit yang masuk melalui pipa dapat dihitung dengan rumus :

$$Q = m * A * \sqrt{(2gz)}$$

Di mana :

Q = debit air yang masuk (m^3/dt)

m = kemiringan sandaran

A = luas penampang irisan pipa (m^2)

g = percepatan gravitasi ($9,8 m/dt^2$)

z = kehilangan energi (m)

Bangunan dari penyadap air ini sangat penting artinya untuk menjaga kontinuitas pengaliran. Sedangkan penanganan bangunan penyadap air ini ditujukan terhadap :

a. Kuantitas

- Pencatatan tingkah laku (keadaan) dari sumber air baku.
- Pencatatan debit air pada setiap saat, sehingga dengan demikian akan dapat mengetahui fluktuasi dari kualitas air yang masuk.
- Mengontrol atau memeriksa peralatan pencatatan debit serta menjaga peralatan lainnya (pompa, saringan, pintu air), untuk menjaga kontinuitas debit aliran.

b. Kualitas

Yaitu pemeriksaan kualitas air secara periodik. Hal ini penting terutama terhadap kemungkinan pencemaran sumber air yang digunakan. Adapun bentuk konstruksi tergantung kepada jenis dan macam sumber air yang kita tangkap.

2). Bangunan Pengendap Pertama

Bangunan pengendap pertama dalam pengolahan ini berfungsi untuk mengendapkan partikel – partikel sedimen yang dibawa air sungai dengan gaya gravitasi. Pada prosesnya ini tidak ada pembubuhan zat / bahan kimia. Untuk instalasi penjernihan air bersih yang bahan bakunya sudah cukup jernih, bak pengendap pertama tidak diperlukan.

a. Aliran Air

Harus dijaga supaya aliran air pada unit ini laminair (tenang), dengan demikian pengendapan secara gravitasi tidak terganggu. Hal ini dapat dilakukan dengan mengatur air masuk dan pintu air keluar pada unit ini.

b. Unit Instalasi

Hasil pengendapan pada unit ini adalah terbentuknya endapan lumpur pada dasar bak. Untuk menjaga efektifitas ruang pengendapan dan pencegahan pembusukan lumpur endapan harus dikeluarkan. Peralatan untuk pembuangan lumpur harus dikontrol atau diperiksa setiap saat agar dapat bekerja secara sempurna. Selain pembuangan

lumpur secara periodik, tanpa mengganggu jalannya proses, lumpur endapan harus dikeluarkan total.

3). **Bangunan Pembubuh *Koagulant***

Koagulant adalah bahan kimia yang dibutuhkan pada air untuk membantu proses pengendapan partikel – partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara gravitasi). Sesuai dengan namanya, unit ini berfungsi untuk membubuhkan koagolant secara teratur sesuai dengan kebutuhan (dengan dosis yang tepat).

Alat bubuh koagolant yang banyak dikenal dapat dibedakan dari cara pembubuhan, yaitu :

- Gravitasi, dimana bahan / zat kimia (dalam bentuk larutan) mengalir dengan sendirinya karena gravitasi.
- Pompa (*dosering pump*, pembubuhan bahan / zat kimia dengan bantuan pemompaan.

4). **Bangunan Pembentuk Cepat**

Unit ini meratakan bahan / zat (*koagolant*) yang ditambahkan agar dapat bercampur dengan air secara baik dan cepat. Sedangkan cara pengadukan dapat dilakukan dengan alat mekanis atau dengan penerjunan air.

5). **Bangunan Pembentuk Floc (*floculator*)**

Unit ini berfungsi untuk membentuk partikel supaya membentuk kesatuan yang lebih besar (*floc*) sehingga dapat diendapkan dari hasil reaksi partikel kecil (*koloidal*) dengan bahan / kimia *koagolant* yang telah dibubuhkan.

6). **Bangunan Pengendap Kedua**

Unit ini berfungsi mengendapkan *floc* yang terbentuk pada bak unit pembentuk *floc*. Pengendapan dengan gaya gravitasi. Penanganan unit bak pengendapan kedua sama dengan unit pengendapan pertama. Aliran pada unit dijaga sedemikian rupa sehingga tetap tenang.

7). **Filter (Saringan)**

Dalam proses penjernihan air bersih dikenal dua macam saringan :

- Saringan pasir lambat (*slow sand filter*)
- Saringan pasir cepat (*rapid sand filter*)

Sedangkan dari bentuk bangunannya, ada dua macam saringan :

- Saringan dengan bangunan terbuka (*gravity filter*)
- Saringan dengan bangunan tertutup (*pressure filter*)

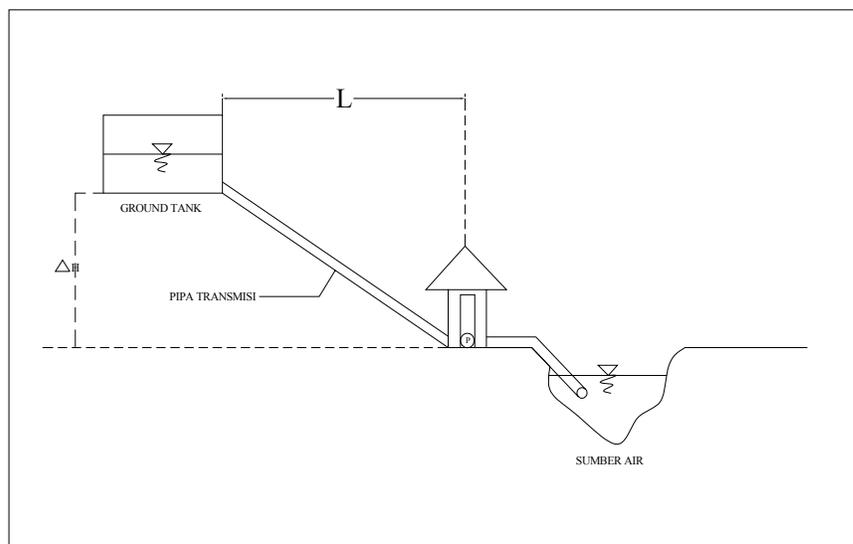
Aliran dari bak pengendap mengalir ke *filter*, gumpalan – gumpalan dan lumpur *floc* tertahan pada lapisan atas *filter*. Maka pencucian dengan batu – batu kerikil dan pasir akan membersihkan lumpur – lumpur yang melekat pada atas pasir. Dan air yang kotor dengan lumpur akan mengalir melalui pelimpah. Setelah dianggap bersih maka air yang disaring dialirkan ke *reservoir*.

2.5.3 Sistem Transmisi

Air dari bak pengumpul disalurkan ke *reservoir* melalui pipa transmisi menuju *reservoir* antara lain :

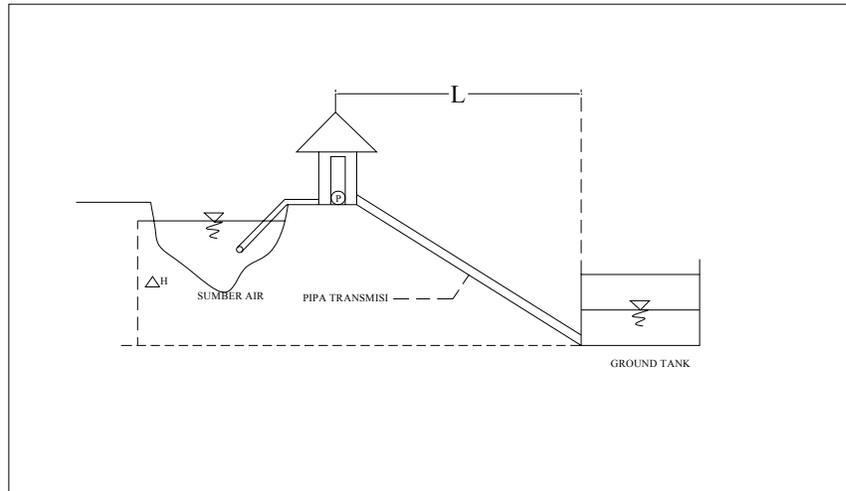
- Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem pompa
- Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem gravitasi

1. Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem pompa



Gambar 2.6 Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem pompa

2. Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem gravitasi



Gambar 2.7 Sistem transmisi dari sumber ke *reservoir* dengan sistem gravitasi

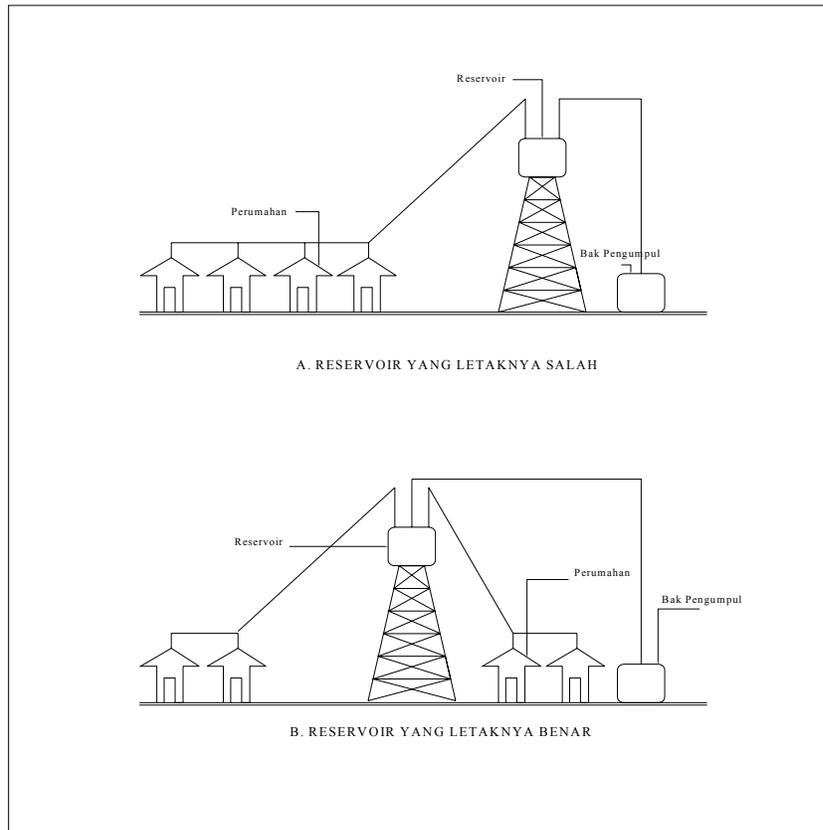
Keterangan :

Δh = beda tinggi antar *reservoir* dengan sumber air

L = jarak antara sumber air dengan *reservoir*

2.5.4 *Reservoir*

Kegunaan *reservoir* adalah sebagai tampungan untuk memenuhi kebutuhan air konsumen yang naik turun dan sebagai pemantap tekanan dalam sistem distribusi. Penyediaan produksi *reservoir* dilaksanakan dengan menentukan penetapan kapasitas berdasarkan persamaan tampungan yaitu aliran keluar *reservoir* (produksi) sama dengan aliran masuk ditambah atau dikurangi dengan perubahan tampungan. Atau dengan kata lain aliran keluar harus sama dengan aliran masuk dikurangi buangan – buangan serta kehilangan – kehilangan yang terjadi. Yang juga harus diperhatikan adalah letak *reservoir* ini harus sedekat mungkin ke pusat pemakaian . Permukaan air *reservoir* harus cukup tinggi dan bertekanan cukup sehingga aliran air bisa sampai ke sistem yang dilayani. Kapasitas *reservoir* ditentukan berdasarkan ciri – ciri daerah yang dilayani. *Reservoir* di tempat yang tinggi, sangat baik digunakan untuk memantapkan tekanan.



Gambar 2.8. Letak *reservoir* terhadap bangunan perumahan

2.5.5 Pompa

Jenis – jenis pompa yang biasanya adalah pompa sentrifugal, pompa bolak – balik, pompa *hidro otomatis*, pompa putaran dan pompa hisap udara.

1). Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal ini paling banyak dipakai karena daya kerjanya yang baik dan ekonomis. Aliran air dalam pompa ini berubah – ubah menurut tinggi tekanannya, karena itu diperlukan suatu kendali tekanan yang dapat diubah – ubah bila diinginkan aliran yang tetap besarnya pada berbagai tekanan.

2). Pompa Bolak – balik

Berbeda dengan pompa sentrifugal, pompa bolak – balik ini debitnya hanya tergantung tekanan air. Oleh karena itu pompa bolak-balik cocok untuk

tinggi tekanan yang besar. Namun pompa ini tidak ekonomis karena biasanya harganya mahal dan sulit untuk menjaga efisiensi kondisinya.

3). Pompa Hidro Otomatis

Pemakaian pompa ini banyak membutuhkan air, namun mungkin menguntungkan apabila dipergunakan pada saat di mana tidak ada tenaga lain dari luar yang tersedia. Perbandingan antara air yang terbuang dan yang dipompa untuk pompa hidro otomatis yang direncanakan dengan baik berkisar antara 6 : 1 hingga 2 : 1 tergantung pada tinggi tekanan pengisian, tinggi angkatan air dan faktor – faktor lainnya.

4). Pompa Putaran

Untuk pemakaian pompa ini harus benar – benar diperhatikan jenis airnya, karena air yang mengandung pasir halus akan merusak pompa. Pompa putaran ini paling baik digunakan untuk tekanan yang rendah dengan debit yang kurang dari 30 l/dt, meskipun dapat juga digunakan pada tekanan hingga 7000 KN / m² dan menghasilkan aliran 1900 l/dt. Pompa putaran tidak perlu dipancing terlebih dahulu, dan sering digunakan memancing pompa sentrifugal dan pompa bolak – balik yang besar, karena tidak mempunyai katup – katup, maka pompa putaran lebih sederhana dan pemeliharaannya lebih mudah dari pompa bolak – balik. Pompa putaran sering digunakan untuk sistem pemadam kebakaran bangunan – bangunan serta untuk instalasi penyediaan air bersih yang kecil.

5). Pompa Hisap Udara

Pompa ini digunakan pada sumur – sumur air tanah. Pompa jenis ini dapat dipakai untuk air hingga setinggi 150 m, tetapi efisiensinya hanya 25 – 50 %. Pompa hisap ini mencapai operasi yang terbaik bila angka perbandingan H_p/H_s bervariasi sekitar 2 s/d 0,5 sedangkan untuk mencapai keadaan yang demikian sumur harus diperdalam yang berarti ada kenaikan biaya. Walaupun efisiensinya rendah, pompa hisap udara ini dapat menyalurkan air dalam jumlah besar dari sumur yang garis tenaganya kecil. Pompa ini tahan terhadap air yang berpasir. Namun pompa ini tidak cocok untuk menaikkan air yang terlalu tinggi, sedangkan bila terpaksa dilakukan juga memerlukan tambahan pompa lagi.

2.6 SISTEM SALURAN AIR BERSIH

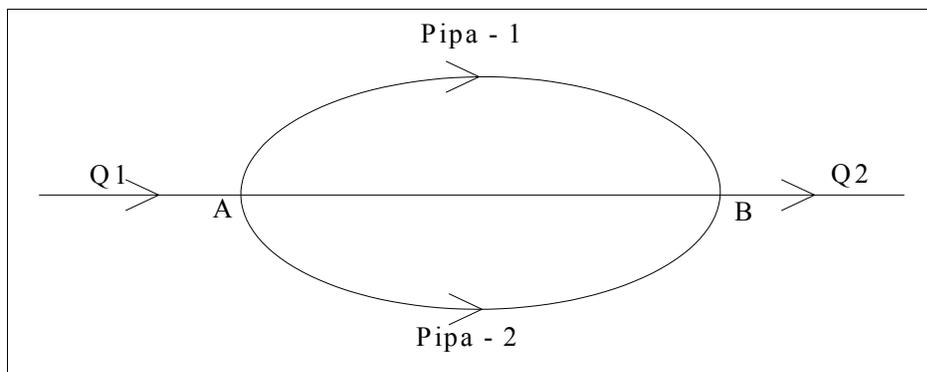
2.6.1 Sistem Saluran Terbuka

Sistem saluran terbuka yaitu distribusi air bersih melalui saluran – saluran yang terbuka.

2.6.2 Sistem Saluran Tertutup

Sistem saluran tertutup yaitu distribusi air bersih dengan menggunakan pipa – pipa distribusi. Dalam sistem saluran tertutup dapat disamakan dengan sistem perpipaan di mana aliran air yang dialirkan pada saluran transmisi atau distribusi menggunakan saluran tertutup.

1. Sistem Perpipaan



Gambar 2.9 Penyediaan Air Dengan Menggunakan Sistem Pipa

Jika tidak ada air yang keluar antara A dan B maka : $Q_A = Q_B$

Total kehilangan energi pipa antar A dan B sepanjang jalur yang ditinjau akan sama artinya h_f yang melalui pipa 1 akan sama dengan h_f yang melalui pipa 2.

2. Perencanaan Pipa Air

Sebagai dasar perhitungan perencanaan sistem perpipaan digunakan rumus Hazen – Williams.

$$Q = 0,279 * C * D^{2,63} * S^{0,54}$$

$$v = 0,35464 * C * D^{0,63} * S^{0,54}$$

$$v = 0,84935 * C * R^{0,63} * S^{0,54}$$

$$h = 10,666 * L * C^{-1,85} * D^{-4,87} * Q^{1,85}$$

Sumber : Teknik Sumber Daya Air, Jilid 1, Djoko Sasongko, 1985

Di mana :

- Q = debit air (m³/dt)
- v = kecepatan aliran (m/dt)
- C = koefisien kekasaran relatif Hazen – Williams
- D = diameter pipa bagian dalam (m)
- R = jari-jari hirolis = D/4 (m)
- S = kemiringan gradien hidrolis = h/L
- h = *headloss* friksi (m)
- L = panjang pipa (m)

Faktor C bervariasi terhadap kondisi permukaan pipa, dan periode perencanaan. Faktor – faktor C untuk perhitungan hidrolis adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Faktor berbagai jenis pipa

BAHAN PIPA	C
Beton (tidak terpengaruh umur)	130
Besi tuang :	
Besi tuang baru	130
Besi tuang umur 5 th	120
Besi tuang umur 20 th	100
Baja, las, baru	120
Lempung	110
Baja keling, baru	100
Semen asbes	140
Pralon	130

Sumber : Teknik Sumber Daya Air, Jilid 1, Djoko Sasongko, 1985

Kecepatan aliran dalam pipa transmisi berkisar antara 0,6 m/dt – 4,0 m/dt sedangkan pada pipa distribusi 0,3 m/dt – 2,0 m/dt.

2.6.3 Perhitungan Tekanan

Perhitungan tekanan didasarkan pada kehilangan yang terjadi dalam pipa.

Ada dua macam kehilangan pipa :

1). *Mayor Losses* (h_f)

Mayor losses yaitu kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa akibat gesekan air dengan pipa selama pengaliran baik pada pipa lurus maupun pipa membelok.

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Di mana :

h_f = kehilangan energi akibat gesekan (m)

f = faktor gesekan pada pipa

L = panjang pipa (m)

D = diameter pipa (m)

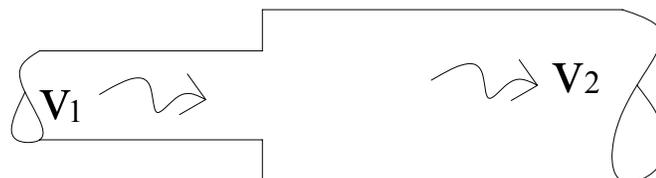
v = kecepatan rencana (m / dt)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt)

2). *Minor Losses*

Minor losses yaitu kehilangan tekanan yang terjadi dalam pipa karena perubahan bentuk aliran dan perubahan arah aliran. Kehilangan tekanan ini biasanya karena adanya fitting seperti terkelupasnya kulit pipa bagian yang berakibat pecahnya gelembung – gelembung air.

a. Kehilangan energi akibat perbesaran penampang



Gambar 2.10 Perbesaran penampang pipa

Besarnya kehilangan energi yang terjadi diberikan oleh persamaan berikut :

$$h_e = K' \cdot \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g}$$

di mana :

h_e = kehilangan energi akibat perbesaran penampang (m)

K' = koefisien perbesaran penampang yang besarnya tergantung pada sudut α

v_1 = kecepatan aliran pada pipa 1 (m / dt)

v_2 = kecepatan aliran pada pipa 2 (m / dt)

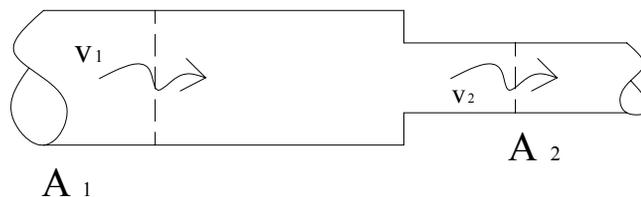
g = percepatan gravitasi (m/det²)

Tabel 2.2 Nilai K' Sebagai Fungsi dari α

α	10 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	40 ⁰	50 ⁰	60 ⁰	70 ⁰
K'	0,078	0,31	0,49	0,60	0,67	0,72	0,72

Sumber : Hidraulika II, Bambang Triatmojo, 1996

b. Kehilangan energi akibat penyempitan penampang



Gambar 2.11 penyempitan penampang pipa

Besar kehilangan energi diberikan oleh rumus berikut :

$$h_e = K'c \frac{v_2^2}{2g}$$

di mana :

h_e = kehilangan energi akibat penyempitan penampang (m)

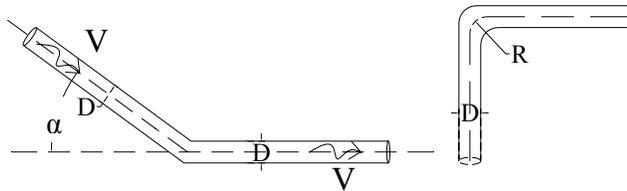
$K'c$ = koefisien penyempitan penampang yang besarnya tergantung pada sudut A_1/A_2 (dalam prakteknya K' diambil 0,5)

v_1 = kecepatan aliran pada pipa 1 (m/dt)

v_2 = kecepatan aliran pada pipa 2 (m/dt)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

c. Kehilangan energi akibat belokan



Gambar 2.12 Belokan pada pipa

Kehilangan energi dicari dengan rumus :

$$h_b = k_b * \frac{v^2}{2g}$$

Di mana:

h_b = kehilangan energi akibat gesekan (m)

k_b = koefisien gesekan

v = kecepatan air dalam pipa (m/dt)

g = percepatan gravitasi (9,8 m/dt²)

Tabel 2.3 Nilai k_b sebagai fungsi sudut belokan

α	20 ⁰	40 ⁰	60 ⁰	80 ⁰	90 ⁰
k_b	0,05	0,14	0,36	0,74	0,98

Sumber : Hidraulika II, Bambang Triatmojo, 1996

Tabel 2.4 nilai k_b sebagai fungsi R/D

R/D	1	2	4	6	10	16	20
k_b	0.35	0.19	0.17	0.22	0.32	0.38	0.42

Sumber : Hidraulika II, Bambang Triatmojo, 1996

2.7 TINJAUAN STRUKTUR

Tinjauan struktur dilaksanakan berkaitan dengan bangunan pendukung pengambilan dari sumber air dan sistem transmisi air bersih. Struktur harus didesain dengan mutu baik dan biaya efisien serta mampu beroperasi dalam sistem penyediaan air bersih.

2.7.1 Peraturan dan Pedoman Perencanaan Struktur

Struktur didesain untuk mampu menahan beban berat sendiri dan beban luar dengan perubahan – perubahan yang tidak melebihi batas – batas ijin. Sebagai dasar asumsi beban yang bekerja dalam struktur sistem penyediaan air bersih digunakan pedoman :

- Peraturan Muatan Indonesia 1983 (PMI – NI – 1983)
- Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung 1983
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SKSNI T-15-1991-03)
- Pedoman Peraturan Beton Indonesia PBI 1971 (NI-2)
- Seri Beton CUR Gideon Kusuma dkk
- Pedoman Perencanaan Bangunan Tahan Gempa untuk Rumah dan Gedung (SKBI-1.3.5.3-1987)
- Pedoman Beton Bertulang Indonesia SKSNI T – 15 – 1991 – 03.

2.7.2 Perhitungan Struktur Bangunan

1). Pembebanan

Perhitungan kekuatan penampang beton bertulang berdasarkan SNI-1992 menggunakan desain yang disebut metode LRFD (*Load Resistance Factor Design*) yang mengacu pada metode kekuatan batas. Perhitungan pembebanan menggunakan program SAP 2000 v.10. Besarnya faktor beban yang digunakan tergantung kombinasi beban yang ditinjau yaitu sebagai berikut :

➤ Pembebanan tetap :

$$W = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL}$$

➤ Pembebanan Sementara :

$$W = 0,75 (1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + \text{WL})$$

$$W = 1,05 (\text{DL} + 0,6 \text{ LL} + \text{EL})$$

Di mana :

- Beban Mati ($\text{DL} = \text{Dead Load}$) adalah berat dari semua bagian struktur yang bersifat tetap, termasuk segala unsure tambahan yang merupakan bagian tak terpisahkan dari struktur.
- Beban Hidup ($\text{LL} = \text{Live Load}$) adalah beban-beban yang terjadi akibat penghunian atau pemakaian dari bangunan, termasuk di dalamnya beban yang berasal dari barang yang dapat berpindah yang bukan merupakan bagian tak terpisahkan dari struktur.
- Beban Angin ($\text{WL} = \text{Wind Load}$) adalah semua beban yang bekerja pada bangunan yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.
- Beban Gempa ($\text{EL} = \text{Earthquake Load}$) adalah beban yang disebabkan oleh gempa.

2). Perhitungan Tulangan

a. Plat Atap dan Plat Dasar

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{M_u}{b d^2}$$

Di mana :

A_s = luas tulangan (mm^2)

ρ = rasio penulangan (Lihat Buku Grafik Dan Tabel Perencanaan Beton Bertulang Tabel 5.1.a)

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

b = lebar beton (mm)

d = tebal plat (h) – penutup beton (p) – setengah diameter tulangan ($\frac{1}{2} \phi$) yang direncanakan.

b. Plat Dinding

Plat dinding dianggap sebagai kolom

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h$$

$$\rho = r \cdot \beta$$

$$\left[\frac{P_u}{\phi \cdot A_{gr} \cdot 0,85 \cdot f_c'} \right] \cdot \left[\begin{matrix} e_1 \\ h \end{matrix} \right]$$

$$e_1 = \frac{M_u}{P_u}$$

di mana :

A_s = luas tulangan (mm^2)

M_u = momen ultimit (kN.m)

P_u = gaya aksial ultimit (kN)

b = lebar beton (mm)

h = tinggi kolom (mm)

e_1 = eksentrisitas kolom (mm)

ρ = rasio penulangan

r = faktor tulangan (lihat tabel 9.8 grafik untuk kolom dengan tulangan pada dua sisi kolom)

β = faktor mutu beton (lihat tabel 9.8 grafik untuk kolom dengan tulangan pada dua sisi kolom)

A_{gr} = luas penampang (mm^2)

f_c' = mutu beton (MPa)

ϕ = faktor reduksi = 0.65 (SKSNI T 15 – 1991 – 03 Pasal 3.2.3.2.2)

2.8 EPANET 2.0

2.8.1 Pendahuluan.

EPANET adalah program komputer yang secara luas melakukan periode simulasi dari hidrolika dan kualitas air dalam jaringan pipa bertekanan. Jaringan

tersebut dapat terdiri dari sumber air, tangki penyimpanan atau *reservoir*, pipa, titik percabangan pipa, pompa, katup. EPANET menjalankan aliran air dalam tiap pipa, tekanan dari tiap titik, ketinggian air dari tiap tangki dan konsentrasi suatu zat kimia sepanjang jaringan selama beberapa waktu periode simulasi. EPANET juga dapat mensimulasikan konsentrasi zat kimia yang ditambahkan pada suatu jaringan, umur air dan pola *outflow* dari sumber air.

EPANET dibuat sebagai alat penelitian untuk memenuhi keingintahuan kita tentang gerakan dan kondisi dari pemilahan air minum dalam suatu sistem jaringan pipa. Modul tentang kualitas air dari EPANET adalah pelengkap untuk modul seperti fenomena reaksi dalam aliran turbulensi, reaksi dalam dinding pipa dan transportasi massa diantara bagian aliran terbesar dalam dinding pipa.

Keistimewaan yang lain dari EPANET adalah pendekatan koordinat untuk memodelkan jaringan air dan kualitas air. Program dapat menghitung jaringan air dan menyimpan hasilnya dalam sebuah *file*. EPANET dapat digunakan untuk beberapa macam aplikasi yang berbeda dalam analisis sistem distribusi. EPANET dapat membantu memulai alternatif strategi pengaturan untuk memperbaiki kualitas air secara keseluruhan dalam sistem, yang mencakup :

- a. Merubah pemanfaatan sumber mata air dalam sistem sumber air.
- b. Merubah pemompaan dan jadwal pengisian / pengosongan tangki.
- c. Digunakan untuk perlakuan satelit, seperti proses klorinasi dalam tangki penyimpanan.
- d. Jadwal pembersihan dan perbaikan pipa.

2.8.2 Data Input dan Output pada EPANET 2.0

1. Node

Node pada EPANET adalah

- a. Titik

menunjukkan bahwa pipa bergabung dan menunjukkan air masuk atau meninggalkan jaringan.

Input :

- elevasi

- kebutuhan air
- kualitas air

Output :

- *hydraulic head*
- *pressure*
- kualitas air

b. *Reservoir*

Reservoir pada EPANET adalah sumber air yang berasal dari luar, biasanya berupa sungai, waduk, danau, air bawah tanah dan sumber air yang berkaitan.

Input : - elevasi

Output : - *demand*

- *head*

- *pressure*

c. *Tangki*

Tangki merupakan tempat penyimpanan air, di mana volume dalam tangki dapat berubah – ubah sepanjang waktu simulasi.

Input :

- elevasi dasar tangki
- diameter tangki
- tinggi air minimal, maksimal dan inisial
- kualitas air

Output :

- *total head*
- kualitas air

2. *Link*

Link terdiri dari :

a) *Pipa.*

EPANET mengasumsikan bahwa pipa selalu penuh setiap saat.

Input :

- diameter
- panjang

- koefisien kekasaran pipa
- kondisi pipa (*open, close*, atau terpasang *check valve*)

Output :

- *flow*
- *velocity*
- *headloss*
- *friction factor*

b) Pompa

Data pompa yang dimaksudkan adalah kurva pompa yaitu perbandingan antara *flow* dan *head*.

c) *Valve*

Valve berfungsi untuk mengatur tekanan atau aliran pada titik khusus pada jaringan.

Input :

- diameter
- tipe *valve* dan setting sesuai jenis katupnya
- kondisi *valve* (*open, close, none*)

Output :

- *flow*
- *velocity*
- *headloss*

3. **Notasi**

Notasi terdiri dari map label, lebih lanjut akan diterangkan pada pengoperasian EPANET.

4. **Operasional**

a. *Time pattern*

Mengatur pola waktu kebutuhan air berdasar waktu yang ditentukan.

b. *Curves*

Terdiri dari *pump curve, head curve, volume curve* dan efisiensi *curve*.

c. *Control*

Mengatur operasi pada katup, *node, link*, dan waktu.