

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Air

Air adalah senyawa kimia yang agat penting bagi kehidupan makhluk hidup dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari dan kelangsungan hidup di bumi. Sementara itu, menurut *world healt organization* atau WHO sebagai organisasi kesehatan inrtenasional menyatakan bahwa teori air bersih merupakan air yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi keperluan domestik mulai dari konsumsi, air minum, dan tentunya persiapan makanan.

Air yang bersifat universal atau menyeluruh dari aspek kehidupan menjadikan sumber daya berharga dar segi kualitas dan kuantitas. Air yang di gunakan manusia untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari-hari harus memenuhi persyaratan Permenkes RI No.32 Tahun 2013 tentang standar baku mutu kesehatan air untuk keperluan Hygiene Sanitasi Kolam Renang, Solusi per Aqua Dalam Pemandian Umum.

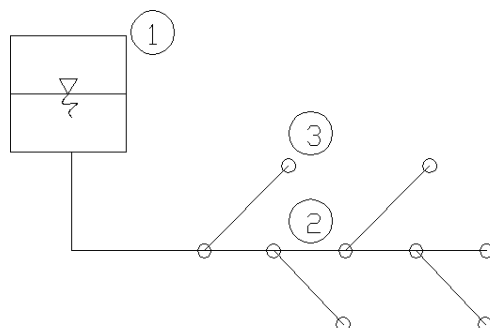
2.2 Sistem Jaringan distribusi

Sistem jaringan distrbusi merupakan sistem secara langsung berhubungan dengan konsumen dengan fungsi utama sebagai penyaluran air dari sumber ke konsumen dan telah memenuhi syarat-syarat yang telah di tentukan. Sistem distribusi harus memiliki unsur sistem perpipaan dan kelengkapannya, hidran kebakaran, tekanan, sistem pemopaaan dan reservoir distribusi. (Damanhuri, 1989).

Tata letak distriusi di tentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi pengelolaan biasanya di klasifikasikan sebagai berikut:

2.1.1 Sistem Jaringan Terbuka

Sistem ini adalah sistem jaringan perpipaan dimana pengaliran air hanya menuju ke satu arah pada setiap ujung akhir daerah pelayanan terhadap titik mati.



Gambar 2. 1 Sistem Jaringan Terbuka

Keterangan:

1. Reservoir
2. Pipa distribusi air
3. Simpul layanan

Sistem jaringan terbuka biasanya di gunakan pada daerah dengan sifat berikut:

1. Perkembangan kota ke arah memanjang
2. Sarana jaringan jalanan induk saling berhubungan
3. Keadaan topografi dengan kemiringan medan yang menuju kesatu arah.

Keuntungan sistem jaringan terbuka:

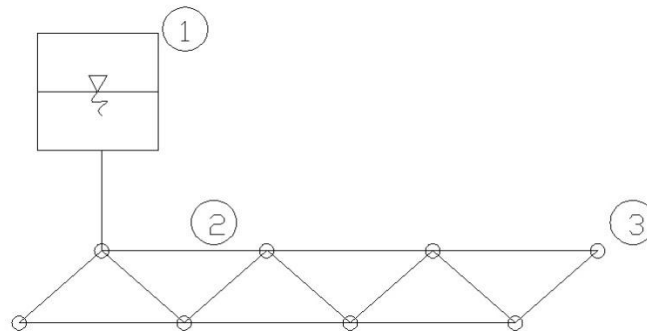
1. Sistem lebih sederhana sehingga perhitungan dimensi pipa lebih mudah
2. Pemasangan lebih mudah dan sederhana
3. Peralatan lebih sedikit
4. Perpipaan ekonomis karena menggunakan pipa lebih sedikit (pipa distribusi hanya di pasang di daerah yang padat penduduk).

Kerugian sistem jaringan terbuka:

1. Kemungkinan terjadi penimbunan kotoran dan pengendapan di ujung pipa yang tidak dapat di hindari sehingga di perlukan pembersihan yang intensif untuk mencegah timbulnya bau dan perubahan rasa.
2. Bila terjadi kerusakan pengaliran air di bawahnya akan berhenti
3. Kemungkinan tekanan air yang di perlukan tidak cukup bila ada sambungan baru
4. Keseluruhan sistem pengaliran kurang terjamin, terutama terjadi tekanan kritis pada bagian pipa terjauh.
5. Suplai air akan terganggu apabila terjadi kebakaran atau kerusakan pada salah satu bagian sistem.

2.1.2 Sistem Jaringan Tertutup

Sistem jaringan tertutup adalah sistem jaringan perpipaan dimana dalam sistem ini jaringan pipa induk distribusi saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk loop-loop, sehingga pada pipa induk tidak ada titik mati (*dead end*)



Gambar 2. 2 Sistem jaringan Tertutup

Keterangan:

1. Reservoir
2. Pipa distribusi air
3. Simpul layanan

Sistem jaringan tertutup biasa di gunakan pada:

- 1) Daerah yang mempunyai jalan yang berlubang.
- 2) Daerah yang perkembangannya ke segala arah
- 3) Daerah yang topografi yang relatif datar

Keuntungan sistem jaringan tertutup adalah:

- 1) Alirannya tersirkulasi secara bebas sehingga genangan atau endapan dapat di hindari
- 2) Keseimbangan aliran mudah di capai

Kerugian pada sistem jaringan tertutup adalah:

- 1) Pipa yang di gunakan relatif banyak
- 2) Jaringan perpipaan lebih rumit
- 3) Perlengkapan yang di gunakan lebih banyak.

Umumnya yang tersedia pada sistem jaringan distribusi air bersih adalah:

1. Pipa primer atau pipa induk

Pipa primer adalah pipa yang berfungsi membawahi air dari reservoir ke bak pembagi, dimana pun pipa ini mempunyai diameter yang relatif besar.

Suplai air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem yaitu:

a. Continuous system

Dalam sistem ini air minum yang di suplai ke konsumen mengalir terus-menerus selama 24 jam. Keuntungan sistem ini adalah setiap saat dapat memperoleh air bersih dari jaringan pipa distribusi di posisi pipa mana pun. Sedangkan kerugiannya pemakaian air yang cenderung akan lebih boros bila terjadi sedikit kebocoran saja, maka jumlah air yang hilang akan sangat besar jumlahnya.

b. Intermitten system

Dalam sistem ini air bersih suplai 2-4 jam pada pagi hari 2-4 jam pada sore hari. Kerugian sistem ini adalah pelanggan air tidak bisa setiap saat mendapatkan air dan perlu menyediakan tempat penyimpanan air dan jika terjadi kebocoran maka air untuk *fire fighter* (pemadam kebakaran) akan sulit di dapat. Dimensi pipa yang di gunakan akan lebih besar karena kebutuhan air untuk 24 jamnya disuplai dalam beberapa jam saja.

2. Pipa sekunder

Pipa sekunder adalah pipa yang di sambungkan pada pipa primer yang berfungsi membawa air dari bak pembagi ke bak penampungan umum, dimana mempunyai diameter yang kurang dari atau sama dengan pipa primer. Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih beberapa faktor yang harus di perhatikan antara lain:

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk

Jumlah penduduk yang akan di layani tergantung pada kebutuhan, kemauan, dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat.

2. Kebutuhan air bersih adalah debit yang akan di sediakan untuk distribusi daerah pelayanan.

3. Letak topografi daerah pelayanan

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

4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih di bedakan menjadi:

- a. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk atau pipa utama ke tiap-tiap rumah.
- b. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk ke masing-masing utilitas rumah tangga.
- c. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang di gunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani setiap orang dalam setiap hidran umum.
- d. Terminal air distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang di berikan kepada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
- e. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang di gunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Kran umum biasanya melayani kurang lebih dari 20 orang.

Selain faktor-faktor diatas, yang perlu juga di perhatikan dalam sistem distribusi air bersih adalah:

1. Pipa distribusi

Pipa distribusi adalah pipa yang membawa air ke konsumen meliputi:

- a. Pipa induk, merupakan pipa utama pembawa air yang akan di bagikan kepada konsumen
- b. Pipa cabang merupakan pipa cabang dari pipa induk
- c. Pipa dinas, yaitu pipa pembawa air yang langsung melayani konsumen.

2. Tipe pengaliran

Tipe pengaliran sistem distribusi air bersih meliputi aliran gravitasi dan aliran secara pemompaan. Tipe pengaliran secara gravitasi di trapkan bila tekanan air pada titik terjauh yang di terima konsumen masih mencukupi jika kondisi ini tidak terpenuhi maka pengaliran harus menggunakan sistem pemompaan.

3. Pola jaringan

Pola jaringan Sistem jaringan distribusi air bersih

- a. Sistem cabang. Sistem cabang adalah sistem pendistribusian air bersih yang bersifat terputus membentuk cabang-cabang sesuai dengan daerah pelayanan
- b. Sistem *loop*. Sistem loop adalah sistem perpipaan yang melingkar dimana ujung pipa yang satu bertemu kembali dengan ujung pipa lain.

4. Perlengkapan sistem distribusi air

- 1) Reservoir, fungsi reservoir adalah untuk menampung air bersih yang telah di olah dan memberikan tekanan.jenis reservoir meliputi:
 - a) *Ground* reservoir yaitu bangunan penampung air bersih di bawah permukaan tanah.
 - b) *Elevated* reservoir bangunan penampung air yang terletak di atas permukaan tanah dengan ketinggian tertentu sehingga tekanan air pada titik terjauh masih tercapai.
- 2) Bahan pipa,bahan pipa yang biasa untuk pipa induk adalah pipa galvanis,bahan pipa cabang adalah PVC, sedangkan untuk pipa dinas dapat di gunakan pipa dari jenis PVC atau galvanis.
- 3) Valve (katup).valve berfungsi untuk mengatur arah aliran air dalam pipa dan menghentikan air pada suatu daerah apabila terjadi kerusakan
- 4) Meter air. Meter air berfungsi untuk mengukur besar aliran melalui suatu pipa.
- 5) *Flow restricor* (pembatas arus) flow restricor, berfungsi untuk pembatas air, baik untuk rumah maupun kran umum agar aliran merata.
- 6) Aksesoris perpipan

5. Dalam kebocoran

Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih tidak menutup kemungkinan terjadi kebocoran atau kehilangan air. Kehilangan air di definisikan sebagai jumlah air yang hilang akibat:

- 1) Pemasangan sambungan yang tidak tetap
- 2) Terkena tekanan dari luar sehingga pipa jadi retak atau pecah
- 3) Penyambungan liar untuk mengetahui jika terjadi kebocoran yang tidak tepat misalnya rembesan dari keretakan pipa. Dapat di atasi dengan alat pendeteksi alat kebocoran yang di sebut *leak detector*. Sedangkan upaya untuk mengurangi terjadinya kehilangan air yang lebih besar dalam perencanaan sistem distribusi di

lakukan pembagian wilayah atau zoning untuk mempermudah pengontrolan kebocoran pipa,serta pemasangan meteran air.

2.3 Perpipaan

Pengetahuan perpipaan merupakan sarana dan dasar pengetahuan dalam perhitungan, perencanaan dan pelaksanaan perpipaan berikutnya. Hal yang perlu di ketahui pada teknik perpipaan ini akan dapat di lihat pada keterangan beriku ini.

a. Jenis pipa

1. Pipa Plastik (PVC)

Keuntungan dari pipa *polivynil chlorida* (PVC) yaitu:bebas karat, tidak akan terjadi pembekuan, lebih murah, tahan terhadap atas asam, ringan dan gampang di angkuVt,permukaan licin sehingga kehilangan energi lebih rendah serta pemasangan lebih mudah. Kerugian dari penggunaan PVC yaitu. Tidak tahan terhadap panas memiliki koefisien pemuain lebih besar dan beberapa daeri pipa plastik dapat mempengaruhi dari rasa air. Pipa ini banyak di gunakan untuk penyediaan air dingin didalam maupun di luar sistem penyediaan air minum,sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. Standar ukuran pipa PVC per batang yang banyak beredar di pasaran adalah 4 meter dan 6 meter.

Jenis-jenis pipa PVC terbagi atas 3 kelas, yaitu:

a) PVC kelas AW

Jeis pipa PVC kelas AW merupakan pipa yang paling tebal dan kuat.pipa ini mampu menahan tekanan sampai 10kg/cm^2 . Oleh karena itu penggunaannya cocok untuk aliran air betekanan tinggi atau menggunakan pompa air.

b) PVC kelas D

PVC kelas D biasanya di gunakan untuk tekanan yang tidak terlalu besar karena ketebalan sedang. Pipa ini mampu menahan tekanan 5 kg/cm^2 . Umumnya pipa ini dgunakan sebagai saluran pembuangan air rumah tangga.

c) PVC kelas C

PVC kelas C adalah pipa yang paling tipis dari kedua pipa di atas. Pipa ini biasanya di gunakan untuk buangan air atau sebagai pelindung untuk kabel listrik.

2. Pipa besi tuang

Pipa besi tuang lebih banyak di gunakan sampai saat ini karena memiliki sifat tahan terhadap karat. Panjang pipa tersebut umumnya berukuran 3 sampai 6 meter. Keuntungannya adalah harga terjangkau, penyambungan mudah dan tahan lama terhadap karat. Sedangkan kerugiannya adalah mudah pecah, pada kondisi tertentu pipa ini sangat sensitif hingga kapasitasnya dapat berkurang sampai 70%, lebih berat sehingga dalam penggunaan diameter lebih besar tidak ekonomis lagi.

3. Pipa beton

Pipa beton biasa di gunakan jika tidak berada dalam tekanan kebocoran pada pipa yang tidak terlalu di persoalkan. diameter pipa beton mencapai 610mm. pipa beton dapat bertulang atau tidak dapat di cor di tempat. Keuntungannya adalah kuat memikul beban luar, biaya pemeliharaan rendah, tidak ada masalah karat, pipa dapat di cor di tempat sehingga tidak ada kesulitan transportasi. Kerugiannya yaitu pipa yang tanpa tulangan sangat mudah retak dan tidak mampu menahan tekanan yang besar. kebocoran sangat mudah terjadi akibat porosity dan retakan karena susut.

4. Pipa baja

Pipa baja umumnya di gunakan pada jembatan atau keadaan dimana di perlukan pipa-pipa yang lebih ringan. Panjang pipa baja dapat bervariasi tergantung pada aplikasinya. tetapi panjang standar meliputi 20 kaki. Ukuran 1 kaki sama dengan 12 inci atau $\frac{1}{3}$ meter (0,3048 meter). Ukuran pipa baja dapat bervariasi tergantung pada aplikasi dan standar yang di gunakan untuk menentukan ukuran. Beberapa standar umum yang di gunakan untuk menentukan ukuran pipa baja termasuk sistem penjadwalan Institut Standar Nasional Amerika (ANSI) Sistem Ukuran Pipa Nominal (NPS), dan sistem diameter Luar (OD).

Dalam sistem jadwal ANSI, pipa baja di klasifikasikan menurut ketebalan dindingnya, dengan nomor jadwal yang lebih tinggi menunjukkan dinding yang lebih tebal. nomor jadwal umum untuk pipa baja termasuk jadwal 40, jadwal 80, dan jadwal 160. Dalam sistem NPS, pipa baja diklasifikasikan berdasarkan ukuran nominal nya, yang merupakan perkiraan diameter dalam pipa. Ukuran NPS umum untuk pipa baja berkisar dari $\frac{1}{8}$ inci hingga 36 inci. Dalam sistem OD pipa baja di klasifikasikan berdasarkan diameter luarnya. Ukuran OD umum untuk pipa berkisar dari 0,84 inci hingga 24 inci.

5. Pipa HDPE (*High density polyethylene*)

HDPE memiliki kekuatan tensil dan gaya antar molekul yang tinggi, HDPE juga lebih keras dan bisa bertahan pada temperatur tinggi (1200C). HDPE sangat tahan terhadap kimia. Diameter pipa berkisar antara 16-400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terhadap kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa di pakai untuk mengangkut air dalam jalur panjang.panjang pipa HDPE secara umum di bagi menjadi 2 yaitu batangan dan gulungan (roll). Pipa HDPE dalam batangan tersedia dengan ukuran 6 meter dan 12 meter, sedangkan dalam gulungan pipa HDPE tersedia dengan ukuran 50 meter, 100 meter dan 200 meter.

6. Pipa putih (GIP)

Pipa ini jauh lebih ringan di bandingkan dengan pipa besi tuang dan mudah untuk disambung. Hal-hal yang perlu di perhatikan dalam penggunaan pipa ini yaitu keadaan tanah pada daerah pelayanan, diameter pipa yang di pasaran, kekuatan dan daya tahan pipa dan faktor ekonomis (Tri joko, 2010). Panjang pipa putih (GIP) pebatang adalah 6 meter.

b. Jenis sambungan pipa

1. *Socket*

Socket adalah sambungan pipa yang berbentuk tabung dan mempunyai diameter yang sama dengan pipa yang akan di sambungkan. Untuk jenisnya sendiri, sambungan pipa socket dibagi menjadi enam jenis, yaitu socket polos,socket draf luar, socket drat dalam, socket drat luar polos, socket drat dalam polos,dan socket drat luar dalam.

2. *Elbow*

Elbow adalah sambungan dengan bentuk yang siku menyerupai huruf L. Sambungan tersebut fungsinya adalah untuk memelokkan sambungan. Sama seperti socket, elbow juga memiliki beberapa macam tipe di antaranya yaitu elbow polos, *elbow drat* dalam, elbow polos drat dalam,dan elbow 45 derajat. Sementara untuk membelokkan saluran air dengan radius yang cukup besar,dapat dapat menggunakan sambungan *elbow* jenis bend.

3. *Tee stuck*

Sambungan pipa ini bentuk yang menyerupai T. Sambungan pipa T ini berguna untuk membagi saluran ke dua arah yang berbeda. Dimana terdapat empat jenis tee stuck di antaranya *adalah tee stuck polos, tee stuck drat, daubel tee stuck dan Y stuck*.

4. Reducer

Seperti namanya. Reducer adalah ialah sambungan pipa yang berperan sebagai saluran peredam saluran air dengan mengecilkan aliran yang berada di dalamnya. Reducer sendiri di bagi menjadi dua jenis yang berbeda yaitu *reducer elbow* yang berguna untuk memperkecil aliran yang di belokkan *dan reducer socket* yang memperkecil aliran pada socket.

5. Cross

Cross adalah jenis sambungan pipa yang berguna untuk membagi saluran air menjadi tiga arah yang sama rata. Yaitu ke arah kanan, kiri dan juga tengah.

6. Penutup

Sambungan pipa ini memiliki dua fungsi yang berbeda, pertama sebagai drop dimana menjadi penutup yang di khusukan untuk menutup sambungan pipa.

7. Adapter

Sambungan pipa adapter berfungsi untuk menghubungkan dua buah pipa atau lebih dengan ukuran diameter yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Sesuai namanya sambungan ini menyesuaikan dengan diameter pipa yang berlainan tersebut.

8. Nipple

Sambungan pipa nipple yang juga di sebut dengan hexagonal karena bentuk penampangnya adalah enam. Nipple atau hexagonal ini berfungsi untuk mengencangkan pipa yang di gunakan.

Tabel 2.1 Koefisien kekasaran pipa

Jenis pipa	Koefisien kekasaran pipa
PVC	120-140
Baja Baru	110-120
GIP (Galvanised Iron Pipe)	110-120

DIP (Ductile Iren Pipe)	110-120
ACP (Aabestos Cemen Pipe)	110-120

Kebutuhan Air Bersih

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan yang paling penting dalam kehidupan manusia di seluruh dunia. Tidak hanya manusia air juga sangat penting bagi semua makhluk hidup yang ada di bumi.

Menurut *world health organization* atau WHO sebagai Organisasi kesehatan internasional menyatakan bahwa air bersih merupakan air yang dapat di manfaatkan oleh manusia untuk mendukung berbagai aktivitas sehari-hari, seperti air minum, konsumsi hingga sanitasi.

Ciri-ciri air bersih adalah sebagai berikut:

- a. Tidak berwarna
- b. Tidak memiliki rasa
- c. Tidak memiliki bau
- d. Tidak terasa lengket saat di gunakan
- e. Memiliki Ph netral
- f. Tidak mengandung bakteri
- g. Tidak mengandung debu, pasir,tanah, atau sedimen lainnya.

Manfaat air bersih adalah sebagai berikut:

- a. Dapat memenuhi cairan dalam tubuh.
- b. Membantu kegiatan sehari-hari.
- c. Irigasi pertanian.
- d. Menjaga ekosistem lingkungan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kebutuhan air, yaitu:

- a. Besarnya kecilnya daerah.
- b. Jumlah penduduk
- c. Harga air.
- d. Iklim.
- e. Tekanan air.
- f. Sistem penyambungan.

- g. Kualitas air.
- h. Sistem manajemen penyediaan air.

Kebutuhan air dibagi dalam beberapa kategori, yaitu :

- 1) Kota kategori I (Metropolitan);
- 2) Kota kategori II (Kota Besar);
- 3) Kota kategori III (Kota Sedang);
- 4) Kota kategori IV (Kota Kecil);
- 5) Kota kategori V (Desa)

Berdasarkan Ditjen Cipta Karya Dep. PU, kebutuhan air bersih terbagi atas 2 kategori, yaitu:

1) Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air untuk memenuhi kegiatan rumah tangga sehari-hari seperti untuk minum, memasak, mandi, mencuci, dan lain sebagainya. Kebutuhan air domestik sangat dipengaruhi oleh jumlah penduduk dan konsumsi air perkapitanya.

Kategori kebutuhan air bersih untuk keperluan domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kebutuhan Air Domestik

URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH PENDUDUK (JIWA)				
	>1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d 500.000	20.000 s/d 100.000	<20.000
	Kota metropolitan	Kota besar	Kota sedang	Kota kecil	Desa
1. Konsumsi unit Sambungan rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	130	100	80
2. Konsumsi unit hidran (HU) (unit/orang/hari)	30	30	30	30	30

3. Konsumsi unit non domestik (unit/orang/hari)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4. Kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5. Faktor Harian Maksimun	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6. Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7. Jumlah jiwa per SR	5	5	5	5	5
8. Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	200
9. Sisa tekanan di penyediaan distribusi	10	10	10	10	10
10. Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11. Volume reservoir	20	20	20	20	20
12. SR : HU	80:20	80:20	80:20	70:30	70:30
13. Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

sumber :
Ditjen Cipta
Karya DPU
2000

2) Kebut
uhan Air
Non
Domestik
Kebutuh
an Non
Domestik
digunakan
untuk
beberapa
kegiatan
seperti:
a. Kebut
uhan

institusional, kebutuhan air untuk perkantoran dan sekolah.

- b. Kebutuhan komersial dan industri. Kebutuhan air komersial untuk memenuhi kegiatan hotel, pasar, perkantoran. Untuk kebutuhn industri kebutuhan air bersih digunakan untuk air pendingin, dan bahan baku proses.
- c. Kebutuhan fasilitas umum. Untuk fasilitas umum kebutuhan air bersih digunakan untuk kegiatan di tempat-tempat ibadah, rekreasi dan terminal.

Kebutuhan air non domestik menurut kriteria perencanaan pada Dinas PU dapat dilihat dalam tabel berikut ini :

Tabel 2.2 Kebutuhan air non domestik untuk kategori v (Desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/murid/hari
Mesjid	3000	Liter/unit/hari
Musholla	2000	Liter/unit/hari

Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
Puskesmas	1200	Liter/hari
Hotel	90	Liter/hari
Kawasan industri	10	Literhari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,2000.

Tabel 2.3 Kebutuhan air non domestik untuk kategori V (desa)

SEKTOR	NILAI	SATUAN
Sekolah	5	Liter/orang/hari
Gereja	5	Liter/orang/hari
Posyandu	1200	Liter/bed/hari
Kantor/industri	10	Liter/pegawai/hari

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU,1996

2.5 Kehilangan Air

Kehilangan air (Non Revenue Water) merupakan perbedaan antara volume air yang didistribusikan dengan volume air yang diterima oleh pelanggan. Kehilangan air merupakan suatu masalah dalam pengelolaan pelayanan air bersih. Tingginya tingkat kehilangan air yang mencapai lebih dari 20% biasanya terjadi pada sistem jaringan pipa distribusi air bersih, masalah ini berpengaruh kepada kinerja pelayanan PDAM. Oleh karena itu, faktor-faktor yang mempengaruhi berjalannya suatu sistem jaringan distribusi air minum, seperti debit aliran, kecepatan aliran, dan kondisi tekanan aliran perlu diperhatikan secara berkala.

Permasalahan ini mengakibatkan kerugian bagi masyarakat sebagai konsumen, seperti berkurangnya kuantitas dan tekanan air yang dapat digunakan oleh pelanggan serta turunnya kualitas air yang didistribusikan kepada pelanggan.

Berdasarkan penyebabnya, kehilangan air dibagi menjadi 2, yaitu: kehilangan air secara fisik (physical losses) dan non fisik (non physical losses). Kehilangan air secara fisik yaitu sebagai kebocoran jaringan pipa yang menyebabkan air tidak dapat disalurkan (dijual) kepada pelanggan diakibatkan karena umur pipa dan pemeliharaan yang kurang baik. Sedangkan kehilangan air secara non fisik kehilangan air yang secara fisik tidak terlihat namun dapat diketahui dari perhitungan dan catatan jumlah air yang didistribusikan kepada pelanggan.

Jumlah kehilangan air sangat tergantung pada sistem distribusi yang dipakai dan pemeliharaannya. Kehilangan air pada umumnya disebabkan karena adanya kebocoran air pada pipa transmisi dan sistem yang digunakan tidak didukung oleh keadaan wilayah. Analisis kehilangan air dihitung berdasarkan besarnya jumlah kebutuhan domestik dan nondomestik dikali dengan angka persentase kehilangan air sebesar 15% berdasarkan Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996 kategori V (desa).

2.6 Kebutuhan Air Total (Q_t)

Kebutuhan air total adalah hasil dari perhitungan kebutuhan air domestik, kebutuhan air non domestik dan kehilangan air. Hasil dari penjumlahan tersebut merupakan total air yang akan didistribusikan. Perhitungan kebutuhan air total dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_t = Q_d + Q_{nd} + Q_{ka}$$

Keterangan:

Q_t = Kebutuhan air total

Q_d = Kebutuhan domestik

Q_{nd} = Kebutuhan non domestik

Q_{ka} = Kehilangan air

2.7 Kebutuhan Air Maksimum (Q_{max}) dan Jam Puncak (Q_{jp})

Jam puncak (Q_{jp}) dan harian maksimum (Q_{max}) adalah dua istilah yang saling berkaitan dalam pola pemakaian air. Variasi perubahan pemakaian air oleh konsumen berdasarkan waktu secara periodik disebut fluktuasi. Berdasarkan fluktuasi pemakaian air ini dapat ditentukan standar perencanaan yaitu berupa perkiraan faktor jam puncak dan harian maksimum sehingga dapat mengoptimalkan produksi air dan meningkatkan pelayanan.

Menurut Dirjen Cipta Karya Departemen PU besarnya faktor jam puncak adalah 1,5 sedangkan faktor harian maksimum adalah 1,1. Angka ini adalah berupa kriteria perencanaan yang dimaksudkan untuk mempermudah dalam merencanakan jaringan distribusi air bersih yang didapatkan dari pendekatan empiris. Besaran tersebut dikalikan dengan jumlah kebutuhan air total.

2.8 Standar Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran adalah jarak yang ditempuh aliran air pada saluran dalam satuan waktu. Kecepatan aliran pada pipa melewati sebuah konduktor (pipa) dipengaruhi oleh luasan lobang dari pipa, laju aliran, dan material penyusun pipa yang meliputi koefisien bahan, konduktansi, dan ketebalan. Kecepatan aliran berbeda-beda pada tiap penampang dan ditentukan berdasarkan jumlah tabung alirannya. Aliran diamati dalam bentuk cairan yang mengalir dalam satuan waktu sepanjang bagian pengaliran. Biasanya kecepatan dinyatakan dalam satuan meter/detik.

Kecepatan aliran pada pipa High Density Poly Ethylene (HDPE) maksimum (V) = 3,0 m/s. Apabila kecepatan aliran pipa HDPE $> 3,0$ m/s maka akan mengakibatkan keausan pada pipa. Sedangkan kecepatan aliran minimum pada pipa HDPE adalah (V) = 0,3 m/s. apabila kecepatan aliran pada pipa HDPE $< 0,3$ m/s maka akan mengakibatkan endapan pada dinding pipa. Kecepatan aliran pipa HDPE mengacu pada standar kecepatan aliran air yaitu 0,3-3,0 m/s.

Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perhitungan ilmiah yang didasarkan pada asumsi dari komponen-komponen laju pertumbuhan penduduk, yaitu kelahiran, kematian dan perpindahan (migrasi). Ketiga komponen tersebut akan menentukan jumlah dan struktur umur penduduk di masa depan. Untuk menentukan masing-masing asumsi diperlukan data yang menggambarkan tren di masa lampau hingga saat ini, faktor-faktor yang mempengaruhi tiap-tiap komponen, dan hubungan antara satu komponen dengan yang lain, termasuk target yang diharapkan dicapai pada masa mendatang.

Proyeksi penduduk adalah suatu metode yang digunakan untuk memperkirakan jumlah penduduk di masa mendatang. Yang dipergunakan untuk pembuatan rencana pada suatu wilayah. Proyeksi penduduk menggunakan indikator pertumbuhan penduduk pada umumnya, yaitu menggunakan asumsi dari angka kelahiran, kematian dan migrasi penduduk. Ketepatan atau ketajaman proyeksi penduduk sangat tergantung pada ketajaman asumsi tren komponen perubahan penduduk yang digunakan. Penentuan target dimasa yang akan datang harus memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi masing-masing komponen seperti perkembangan sosial ekonomi, pencapaian program kesehatan, keluarga berencana dan lain sebagainya.

Asumsi-asumsi tingkat kelahiran, kematian, dan perpindahan penduduk yang melandasi proyeksi bisa jadi tidak sesuai lagi dengan perubahan yang terjadi (kenyataan), khususnya untuk periode waktu proyeksi yang panjang. Oleh karena itu, proyeksi penduduk secara periodik direvisi/diperbaiki dengan data mutakhir hasil sensus atau survei kependudukan yang tersedia. Sumber data juga akan mempengaruhi ketepatan proyeksi yang dibuat, data penduduk Indonesia dapat dipakai dan dapat dipercaya untuk keperluan proyeksi adalah berasal dari sensus penduduk (SP) yang diselenggarakan pada tahun yang berakhiran 0, sesuai dengan rekomendasi PBB.

Berbagai perencanaan pembangunan pada tingkat lokal maupun nasional sangat membutuhkan informasi dasar penduduk seperti jumlah penduduk, umur, jenis kelamin dan karakteristik lainnya. Dengan demikian proyeksi penduduk sangat bermanfaat dan merupakan kunci aktivitas perencanaan pembangunan, karena selain dapat dijadikan pijakan dalam menentukan arah dan dasar pengambilan keputusan rencana di masa yang akan datang, juga dapat digunakan sebagai evaluasi pencapaian kegiatan pembangunan baik pada jangka pendek, jangka menengah juga jangka panjang. Perencanaan apapun dapat dibuat seperti : pemenuhan kebutuhan air bersih, penyediaan infrastruktur di bidang pendidikan, kesehatan, dan kebijakan lingkungan yang seluruhnya membutuhkan data proyeksi penduduk. Proyeksi penduduk juga menyediakan data dasar untuk memperkirakan masuknya kelompok umur muda kedalam angkatan kerja dan keluarnya umur tua akibat kematian, ketidakmampuan, dan pensiun.

Metode yang digunakan untuk memprediksi jumlah penduduk di masa mendatang, yaitu :

1. Metode Geometri

Proyeksi penduduk dengan metode geometri menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometri dengan menggunakan dasar perhitungan majemuk.

Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode geometri ini adalah :

$$P_n = p_0 (1+r)^n \dots\dots\dots(1)$$

dengan :

- pn = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- p0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = angka pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)
- n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2. Metode Aritmatik

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan ketika data berkala menunjukkan jumlah penambahan relatif sama per tahun. Wilayah dengan laju pertumbuhan penduduk yang rendah dapat menggunakan metode ini. Misalnya pertumbuhan penduduk dibawah 2%. Rumus yang digunakan untuk perhiyungan aritmatik adalah sebagai berikut:

$$P_n = p_0 (1 + r.n) \dots \dots \dots (2)$$

dengan :

- pn = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- p0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = angka pertumbuhan penduduk tiap tahun (%)

3. Metode Eksponensial

Metode eksponensial merupakan metode yang sering digunakan untuk menghitung proyeksi penduduk dengan jumlah penduduk yang banyak. Metode ini digunakan jika laju pertumbuhan penduduk di suatu wilayah mencapai sekitar 2% setiap tahunnya. Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$P_t = P_0 . e^{r.n}$$

$$r = \frac{(\log P_t - \log P_0)}{n . \log e} \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

- Pt = Jumlah penduduk pada tahun ke-t;
- Po = Jumlah penduduk pada tahun dasar;
- n = Jumlah tahun proyeksi
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- e = Bilangan logaritma natural

Pemilihan metode proyeksi penduduk dilakukan agar dapat ditemukan metode proyeksi yang mendekati hasil sebenarnya. Perlu dilakukan analisis dengan cara

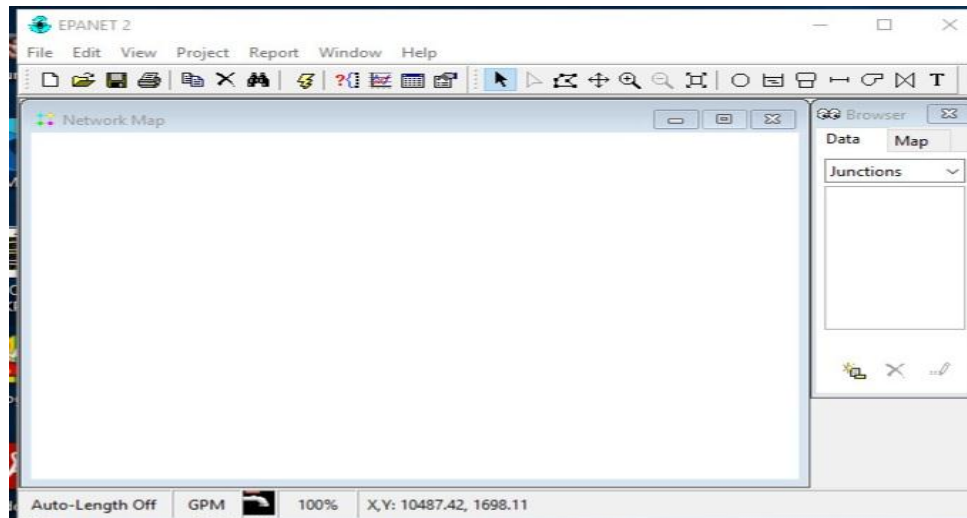
menghitung nilai standar deviasi. Menurut permen PU No.18/PRT/M/2007, standar deviasi dihitung menggunakan persamaan geometri, arimatik. Standar deviasi dapat diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata.

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (xi - x)^2}{n-1}} \text{ untuk } n > 20 \dots\dots\dots(4)$$

Metode proyeksi yang dipilih atau mendekati hasil yang sebenarnya adalah metode yang memiliki nilai standar deviasi terkecil.

Software Epanet 2.2

2.10.1 Pengertian Software Epanet 2.2



Gambar 2. 3 Epanet

Epanet 2.2 (Environmental Protection Agency Network) adalah paket program komputer yang dibuat oleh *U.S Environmental Protection Agency Cincinnati Ohio (1995)*. Epanet dapat mengidentifikasi aliran atau dari setiap pipa, tekanan pada setiap node, ketinggian air pada tangki, dan perubahan konsentrasi senyawa kimia yang ditambahkan pada jaringan dalam distribusi selama periode simulasi.

Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. Epanet menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran.

Sebagai tambahan, usia air (water age) dan pelacakan sumber dapat juga disimulasikan.

Reservoir ini dapat berupa: Sumber Air, Clear Well, Instalasi Pengolahan Air Minum, dapat juga berupa titik injeksi air/suplai air ke dalam sistem distribusi jika dalam pemodelan tersebut sistem mendapatkan air dari suplai pipa utama meskipun dalam kondisi sebenarnya di lapangan tidak ada reservoir, dengan ketinggian HGL tertentu.

2.10.2 Kegunaan Epanet

Kegunaan program Epanet dalam penyediaan air bersih, yaitu:

1. Mendesain peraga untuk mengetahui perkembangan, pergerakan air dan degradasi kimia di dalam air distribusi.
2. Digunakan untuk menganalisa sistem distribusi, desain, dan kalibrasi hidrolis, menganalisa sisa khlor dan berbagai unsur.
3. Menentukan alternatif strategis manajemen dan sistem jaringan pipa distribusi air, yaitu:
 - a) Menentukan alternatif sumber, jika ada banyak sumber.
 - b) Mensimulasi dalam menentukan alternatif pengoperasian pompa ketika melakukan pengisian reservoir ataupun injeksi ke sistem distribusi.
 - c) Berfungsi untuk pusat treatment seperti melakukan proses khlorinasi, baik di instalasi maupun dalam sistem jaringan.
 - d) Berfungsi untuk penentuan prioritas pipa yang akan dibersihkan.
4. Epanet memberikan analisis *water quality* :
 - a) Gambaran pergerakan unsur material non reaktif yang melalui jaringan.
 - b) Gambaran perubahan material reaktif pada proses disinfektan dan khlor.
 - c) Gambaran umum air yang mengalir pada jaringan.
 - d) Gambaran reaksi kimia sebagai akibat pergerakan air dan dinding pipa.

2.10.3 Komponen-Komponen Epanet

Terdapat dua elemen dalam aplikasi Epanet, yaitu elemen fisik dan elemen non fisik.

- ❖ Elemen fisik

- 1) Node, merupakan gambaran dari tangki, reservoir, *emitter*, *junction*, pipa, pompa dan valve.
 - a. Tangki, merupakan titik dengan kapasitas penyimpanan bervariasi volume berdasarkan waktu selama simulasi berlangsung.
 - b. Reservoir, merupakan gambaran titik sumber air yang tidak terbatas mengalir secara terus menerus pada jaringan.
 - c. *Emitter*, yaitu gambaran aliran yang melalui *nozzle/orifice* dilepaskan ke udara.
 - d. *Junction* merupakan titik/node jaringan dimana garis-garis bertemu dan dimana air memasuki atau meninggalkan jaringan.
 - 2) Link, merupakan gambaran dari pipa, pompa dan katup.
 - a. Pipa, merupakan penghubung antara satu titik lain dalam suatu jaringan. Output dari pipa berupa perhitungan yaitu laju aliran, kecepatan, kecepatan reaksi rata-rata dan kualitas air rata-rata.
 - b. Pompa, merupakan penghubung satu titik dengan titik lain yang memberi tekanan tambahan pada air dalam dalam suatu jaringan.
 - c. Katup, merupakan link yang membatasi tekanan pada satu titik, spesifik pada suatu jaringan.
- ❖ Komponen non fisik
- a. Kurva, merupakan objek yang menggambarkan hubungan antara dua parameter/data yang ada.
 - b. Pola waktu, merupakan kumpulan multiplier yang dapat diberlakukan pada suatu debit agar bervariasi setiap waktu.
 - c. Kontrol, merupakan pernyataan yang menggambarkan bagaimana jaringan tersebut beroperasi sepanjang waktu.

Input Data Dalam Epanet

Data-data yang diperlukan dalam Epanet sangat penting dalam proses analisa, evaluasi, dan simulasi jaringan distribusi air bersih berbasis Epanet.

Input yang dibutuhkan adalah :

1. Peta
2. Node/junction/titik dari komponen distribusi
3. Elevasi

4. Panjang pipa distribusi
5. Diameter dalam pipa
6. Jenis pipa yang digunakan
7. Jenis sumber (mata air, sumur bor, IPAM, dll)
8. Spesifikasi pompa (bila menggunakan pompa)
9. Beban masing-masing node (bila menggunakan pompa)
10. Faktor fluktuasi pemakaian air
11. Konsentrasi khlor di sumber.

Output yang dihasilkan antara lain :

1. Hidrolik head dari masing-masing titik
2. Tekanan dan kualitas air



Gambar 2. 4 Junction/Node

Junction/Node-node ini juga dapat menggambarkan letak *valve*, aksesoris pipa. Node dibuat dengan pedoman sebagai berikut:

- a. Setiap percabangan pipa.
- b. Penggantian atau perubahan diameter.
- c. Setiap terdapat tapping.



Gambar 2. 5 Pipa

Data yang diinput berupa Jenis Pipa, Diameter, Panjang Pipa dan Headlosses. Untuk jenis pipa dapat dilihat dari angka kekasaran pipa (dalam persamaan Hazen William dinotasikan lambang C)



Gambar 2. 6 Pump

Data ini memperlihatkan kebutuhan daya pompa agar sistem distribusi dapat berjalan dengan baik. Data yang dimasukkan pada titik ini akan berpengaruh pada semua tekanan pada semua node yang ada pada sistem jaringan distribusi. Data yang masuk dimasukkan berupa head pompa, efisiensi pompa, serta daya pompa.



Gambar 2. 7 Valve

Data masukan untuk elemen ini berupa jenis *valve*/katup, besarnya bukaan *valve* (status *valve*). Data masukan tersebut akan berpengaruh terhadap sistem hidrolis dalam sistem distribusi. Pengontrolan *valve* ini disesuaikan dengan kondisi lapangan. Peletakan valve juga disesuaikan dengan letaknya di lapangan.