

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian

Air bersih merupakan air yang memenuhi syarat kualitas air (standar kualitas air bersih) yang telah ditentukan (Badan Resmi atau Pemerintah) sehingga jika di gunakan tidak berbahaya bagi para pemakai (konsumen) dan tidak merusak peralatan dalam penggunaannya (Surtrisno, 2006).

Pengertian air bersih menurut *Permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak sedangkan pengertian air minum menurut *Kepmenkes RI No 907/MENKES/SK/VII/2002* adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif, dan fisik) dan dapat langsung diminum.

Perencanaan merupakan suatu proses dengan mengadakan persiapan-persiapan atau membuat suatu program yang diperlukan untuk mewujudkan suatu tujuan tertentu, tujuan yang di maksud adalah pengadaan jaringan air bersih dalam bentuk perencanaan yang dituangkan dalam pekerjaan perhitungan dan penggambaran (Surtrisno, 2006).

Air merupakan kebutuhan yang penting bagi kehidupan manusia. Manusia tidak dapat melanjutkan kehidupannya tanpa penyediaan air yang cukup dalam segi kuantitas dan kualitasnya. Air digunakan untuk berbagai macam kebutuhan seperti kebutuhan domestik, industri dan lingkungan. Penyediaan air yang direncanakan dengan baik secara sistematis dan teknis menjadi syarat mutlak bagi pembangunan masyarakat (Klaas, 2009).

2.2 Ketersediaan Air

Air adalah semua air yang terdapat diatas, ataupun dibawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut dapat dilihat pada undang-undang tentang Sumber Daya Air No. 7 Tahun 2004 Pasal 1. Walaupun jumlah air di bumi ini selalu tetap, tetapi karena siklus hidrologi serta kondisi tiap wilayah yang berbeda mengakibatkan jumlah air yang ada pada suatu tempat pada waktu tertentu tidak merata, sehingga manusia membutuhkan air pada tempat dan waktu tertentu ini pun kadangkala mengalami kekurangan air tuntut kebutuhannya. Manusia kemudian mencari berbagai macam cara untuk menanggulangi masalah kekurangan tersebut, khususnya kebutuhan air bersih.

Maka manusia berpikir untuk membuat suatu sistem penyediaan air bersih yang mampu memenuhi kebutuhan setiap saat (Dasir dkk, 2014).

2.3 Sumber Air

Air sangat erat hubungannya dengan kehidupan manusia, yang berarti besar peranannya dalam kesehatan manusia. Di dalam air, bisa saja terdapat *Phatogenic organisme* yang dapat mengganggu kesehatan manusia, seperti: *Salmonella typhi* yang dapat menyebabkan penyakit demam *typhoid*, *Sighella dysentriae* yang menyebabkan penyakit disentri *basiler*, *Salmonella paratyphi* yang menyebabkan penyakit demam para *typhoid*. Di dalam air juga bisa saja terdapat non *phatogenic organisme* yang dapat mengganggu dan menimbulkan kerugian bagi manusia, seperti *Actinomyces* dan *Algae* yang terdapat dalam air kotor dapat menimbulkan rasa dan bau yang tidak diharapkan (Sutrisno,2006).

Terlepas dari hal itu, air sangat berguna bagi tubuh manusia. Tubuh manusia sendiri terdiri dari air, kira-kira 60-70 % dari berat badannya. Untuk orang dewasa, kira-kira memerlukan air 2.20 liter setiap harinya. Kegunaan air bagi tubuh manusia antara lain untuk proses pencernaan, metabolisme, mengangkut zat-zat makanan dalam tubuh, mengatur keseimbangan suhu tubuh, dan menjaga agar tubuh tidak kekeringan. Apabila tubuh kehilangan banyak air, maka akan mengakibatkan kematian. Sebagai contoh penderita penyakit kolera.

Dengan perkembangan peradaban serta semakin bertambahnya jumlah penduduk di dunia ini, dengan sendirinya menambah aktivitas kehidupannya yang mau tidak mau menambah pengotoran atau pencemaran air yang pada hakikatnya dibutuhkan. Padahal beberapa abad yang lalu, manusia dalam memenuhi kebutuhan akan air (khususnya air minum) cukup mengambil dari sumber sumber air yang ada di dekatnya dengan menggunakan peralatan yang sederhana. Namun sekarang ini, khususnya di kota yang sudah langka akan sumber air minum yang bersih tidak mungkin menggunakan cara demikian. Di mana-mana air sudah tercemar, dan ini berarti harus menggunakan suatu peralatan yang modern untuk mendapatkan air minum agar terbebas dari berbagai penyakit.

2.3.1 Air Angkasa atau Air Hujan

Air hujan adalah air yang sudah terkondensasi dan jatuh ke permukaan bumi, air hujan ini tidak selalu berupa zat cair tetapi juga berupa zat padat (hujan es/salju).

2.3.2 Air Permukaan

Air permukaan ini adalah air yang berada dipermukaan tanah dan berasal dari air hujan, air tanah yang mengalir ke permukaan atau berasal dari air buangan. Air permukaan ini berasal dari:

1. Air hujan yang mengalir ke permukaan bumi dan berkumpul pada suatu tempat yang relative rendah seperti sungai, danau dan laut.
2. Air tanah yang mengalir kepermukaan bumi, misalnya air dari mata air yang mengalir kepermukaan bumi.

2.3.3. Air Tanah

Air tanah merupakan air hujan atau air permukaan yang meresap kedalam tanah dan bergabung membentuk lapisan air tanah yang disebut "*Aquifer*", air tanah ini dapat dibedakan menjadi:

1. Air Tanah Dangkal.

Air tanah dangkal berasal dari air hujan atau air permukaan yang meresap sampai batas muka air yang berada diatas lapisan kedap air, mempunyai kedalaman < 50 m dan lokasinya di temui berdekatan dengan sumber air permukaan, air tanah dangkal ini merupakan serapan dari serapan air permukaan.

2. Mata Air.

Aliran air yang mengalir pada lapisan tanah berpasir atau kerikil melalui celah lapisan batu. Bila aliran air ini terhalang dengan lapisan kedap air berupa tanah liat, tanah padat, batu atau cadas maka air ini akan mengalir kepermukaan tanah yang disebut mata air.

Secara garis besar mata air dapat dibedakan/diklasifikasikan menjadi:

- a. Mata Air Gravitasi.

Menurut Rosidi (1975) mata air ini terjadi dalam *aquifer* air tanah dangkal dimana permukaan air tanah berada di atas permukaan air tanah. Hal ini dapat terjadi akibat turun naiknya lapisan permukaan tanah (mata air depresi gravitasi) atau akibat aliran air yang terhalang lapisan kedap air, sehingga air naik kepermukaan tanah (mata air gravitasi peluapan).

- b. Mata Air Arthesis.

Mata air ini muncul dipermukaan bumi dibawah tekanan hidrolis, hal ini akibat aliran air tanah terhalang mengikuti permukaan air sebagai akibat adanya lapisan kedap air diatas aliran air tersebut, serta aliran air ini selalu dibawah tekanan.

Mata air arthesis ini dapat di bedakan menjadi :

- 1) Mata air *depresi arthesis* terjadi karena akibat turun naiknya lapisan tanah
- 2) Mata air *celah arthesis* mengalir melalui celah
- 3) Mata air *peluapan arthesis* akibat terhalang lapisan

2.4 Proyeksi Jumlah Penduduk

Dalam perencanaan sistem air bersih dalam suatu daerah, maka perlu diketahui jumlah penduduk untuk dilayani air bersih dengan membuat suatu program yang diperlukan, untuk mewujudkan hal itu dengan melakukan perencanaan untuk pengadaan jaringan air bersih.

Kebutuhan air bersih semakin lama semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk dimasa yang akan datang. Untuk itu diperlukan proyeksi penduduk untuk tahun perencanaan. Walaupun proyeksi bersifat ramalan, dimana kebenarannya bersifat subyektif, namun bukan berarti tanpa pertimbangan dan metode. Ada beberapa metode proyeksi penduduk yang dapat digunakan untuk perencanaan.

1. Metode aritmatika
2. Metode geometri
3. Metode eksponensial

Perencanaan sistem penyediaan air bersih pada suatu daerah sangat perlu diketahui proyeksi jumlah penduduknya dalam menganalisa kebutuhan air. Oleh karena itu proyeksi jumlah penduduk pada perencanaan jaringan air bersih umumnya menggunakan 3 metode yaitu Metode Aritmetik dan Metode Geometri dan Metode Eksponensial.

1. Metode Geometrik

Rumus :

$$P_n = P_o (1 + r)^n \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

P_n = Jumlah penduduk pada tahun rencana.

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal.

- r = Laju pertumbuhan penduduk.
- N = Jumlah interval waktu.

2. Metode Aritmatika

Rumus :

$$P_n = P_o(1 + r \times n) \text{ atau}$$

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o): K_a = \frac{P_2 - P_1}{T_2 - T_1} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- Pn = Jumlah penduduk pada tahun rencana
- Po = Jumlah penduduk pada tahun awal
- Tn = Tahun rencana
- To = Tahun dasar
- Ka = Konstanta Aritmetika
- P1 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun pertama
- P2 = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
- T1 = Tahun pertama yang diketahui
- T2 = Tahun terakhir yang diketahui

3. Metode eksponensial

Hampir sama dengan metode geometrik, perbedaannya pada metode ini menggunakan bilangan e.

Rumus :

$$P_t = P_o \times e^{rt} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$r = \frac{1}{t} \ln \frac{P_t}{P_o} \dots\dots\dots(2.4)$$

Harga e = 2,718281828

Dimana :

- Pt = Jumlah penduduk tahun pertama
- P0 = Jumlah penduduk tahun awal
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- e = Konstanta
- t = jumlah penduduk tahun ke-2

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan pertambahan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan

mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil (Suyotno, 2007).

Rumus standar deviasi :

$$(SD) = \sqrt{\frac{\sum (Xi - \bar{x})^2}{n}} \text{ dimana } n < 20 \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- SD = Standar deviasi
- x_i = Jumlah penduduk tahun ke-i
- \bar{x} = Rata-rata penduduk
- n = Jumlah tahun proyeksi

2.5 Kebutuhan Air Bersih

Adapun yang dimaksud dengan jumlah kebutuhan air ialah banyaknya air yang dibutuhkan manusia perhari, serta berapa banyak air yang diperlukan untuk melayani jumlah kebutuhan pada konsumen atau pemakai air tersebut (Ariyanto, 2007). Kebutuhan akan air perlu diketahui untuk merencanakan suatu instalasi air bersih.

Proyeksi kebutuhan air merupakan dasar perhitungan untuk melakukan perencanaan pembangunan sistem penyediaan air bersih, karena berdasarkan proyeksi kebutuhan air ini kapasitas sistem dan dimensi-dimensi teknik dapat ditentukan. Kebutuhan air dapat dihitung berdasarkan tingkat pemakaian air rata-rata setiap orang perhari atau kebutuhan rumah tangga dan kebutuhan air non rumah tangga (pelabuhan udara, sosial, komersial, dll).

Perhitungan untuk menentukan jumlah kebutuhan air yang akan didistribusikan dihitung tidak hanya berdasarkan kebutuhan sekarang tetapi diperhitungkan juga untuk kebutuhan dimasa yang akan datang. Perhitungan berdasarkan umur bangunan (masa pakai) yaitu untuk pipa kira-kira 10-20 tahun serta bangunan lainnya. Air bersih digunakan bukan juga dirumah tangga tetapi juga untuk kegiatan-kegiatan lain, tergantung dari kebutuhannya.

Tentu saja manfaat air bersih akan memberikan dampak bukan saja meningkatnya kesehatan masyarakat, tetapi juga mensejahterakan masyarakat dengan perkembangan perekonomian akibat ketersediaan akan air bersih dalam

berbagai kebutuhan. Banyaknya kebutuhan air minum bagi setiap orang tergantung dari beberapa faktor seperti:

1. Keadaan sosial, semakin tinggi tingkat sosialnya maka semakin banyak menggunakan air seperti membuat pancuran mandi maupun pancuran ditaman, membuat kolam renang, mobil, dll.
2. Kebiasaan hidup dalam rumah tangga yang ingin selalu bersih dalam rumahnya, halaman disiram, lantainya di pel setiap hari dll.
3. Di daerah panas pemakaian air lebih banyak dari pada daerah dingin.

2.5.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan akan air bersih dari tiap-tiap rumah tangga, yang meliputi kebutuhan yang untuk masak, minum, mandi, cuci, kebersihan diri, menyiram tanaman, halaman dan mencuci kendaraan.

Kebutuhan akan air bersih tiap orang (liter/orang/hari) tergantung dari daerah pelayanan berdasarkan kategori wilayah, apakah dikota metropolitan kota besar dan sebagainya.

Perhitungan kebutuhan air domestik, dipengaruhi pula oleh tingkat pertumbuhan penduduk, apakah secara aritmatik dan geometrik atau lainnya, yang tentu saja akan berpengaruh terhadap proyeksi pertumbuhan penduduk yang berkaitan dengan perancangan sistem penyediaan air bersih daerah tersebut.

Tabel : 2.1 Kebutuhan Konsumsi Air Konsumen Domestik

Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Sumbungan Rumah	Sumbungan Umum	Kehilangan Air
		(L/Orang/Hari)	(L/Orang/Hari)	
Metropolitan	>1000.000	190	30	20 %
Kota Besar	500.000-1.000.000	170	30	20 %
Kota Sedang	100.000-500.000	150	30	20 %
Kota Kecil	20.000-100.000	130	30	20 %
IKK	<20.000	100	30	20 %

Sumber: Jurnal, Sistem Penyaluran Air Minum, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya 2010

Kebutuhan air domestik (D) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$D = P_n \times P_A \times T_P \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- D = Kebutuhan domestik (ltr/hr atau ltr/det)
- PA = Pemakaian air (ltr /org /hr)
- TP = Tingkat pelayanan (%)

2.5.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik merupakan kebutuhan akan air bersih bagi masyarakat di luar kebutuhan untuk rumah tangga yang meliputi kebutuhan untuk sosial, ibadah, industri, rekreasi, pelabuhan, niaga dll.

Kebutuhan akan air bersih tiap orang (liter/orang/hari) tergantung dari macam kegiatan yang dilakukan misalnya kebutuhan yang untuk di rumah sakit, akan berbeda dengan kebutuhan yang digunakan di sekolah, atau rumah ibadah. Begitu juga di tempat rekreasi dengan di industri atau pertokoan dan sebagainya.

Perhitungan kebutuhan air domestik dapat diperkirakan secara presentase dari kebutuhan domestik (misalnya 25% atau 30%) tetapi untuk memperoleh hasil yang lebih tepat lebih baik diperhitungkan secara detail berdasarkan data hasil survey dan pengolahan data yang dilakukan sebagai pedoman untuk menghitung kebutuhan tersebut dapat digunakan data-data dari hasil penelitian para ahli yang telah menetapkan ketentuan tiap orang (liter/hari) pada tiap-tiap kegiatan apakah untuk sosial, industri niaga dll, dapat dilihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Kebutuhan Konsumsi Air Konsumen Non Domestik

KATEGORI		KEBUTUHAN AIR
Umum	Masjid	25-40 liter/orang/hari
	Gereja	5-15 liter/orang/hari
	Terminal	15-20 liter/orang/hari
	Sekola	15-30 liter/orang/hari
	Rumah Sakit	220-300 liter/Tempat tidur/hari
	Kantor	25-40 liter/orang/hari
Industri	Peternakan	10-35 liter/ekor/hari
	Industri Umum	40-400 liter/orang/hari
Komersial	Bioskop	10-15 liter/kursi/hari
	Hotel	80-120 liter/orang/hari
	Rumah Makan	65-90 liter/meja/hari
	Pasar/Toko	5 liter/m ² /hari

Sumber: Jurnal, Sistem Penyaluran Air Minum, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya 2010

Kebutuhan air non domestik (ND) dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

ND diasumsikan 20 – 34 % dari kebutuhan domestik (D)

$$ND = 30\% \times D \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

ND = Non domestik (litr/det)

Tabel 2.3. Kriteria Perencanaan Sektor Air bersih

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Jiwa				
		<1.000.000	500.000-1.000.000	100.000-500.000	20.000-100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	2	3	4	5	6	
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (SR) L/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran (HU) L/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik l/o/h (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-31	20-32	20-33	20-34
5	Faktor Hari Maksimum	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	6	6	10
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100-200	200
9	Sisa tekan di	10	10	10	10	10

	penyediaan distribusi (m)					
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (% max day demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50:50 80:20	50:50 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber : Ditjen Cipta Karya Dep PU, Tahun 2000

2.5.3 Kehilangan Air

Merupakan air bersih hasil pengolahan/produksi yang tidak dapat digunakan bagi kepentingan konsumen/masyarakat karena terbuang secara teknis maupun administrasi yang disebabkan oleh pemanfaatannya untuk kebakaran adanya kebocoran pada jaringan pipa distribusi, adanya pencurian air melalui pipa pelayanan, adanya kesalahan pencatatan dari petugas dan sebagainya.

Kehilangan air memiliki 3 macam pengertian yakni:

a. Kehilangan air rencana

Kehilangan air ini dialokasikan untuk melancarkan operasi dan pemeliharaan fasilitas-fasilitas penyediaan air bersih. Kehilangan air ini akan diperhitungkan dalam penetapan harga air dimana biaya akan dibebankan pada konsumen.

b. Kehilangan air percuma

Kehilangan air percuma menyangkut aspek penggunaan fasilitas penyediaan air bersih serta pengelolaannya. Hal ini sangat tidak diharapkan dan harus diusahakan untuk ditekan dengan cara penggunaan dan pengelolaan fasilitas air bersih secara baik dan benar.

Kehilangan air percuma ini dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. *Leakage* (bocor), berarti kehilangan air percuma pada komponen fasilitas yang tidak dikendalikan dengan baik oleh pengelola

2. *Wastage* (terbuang), berarti kehilangan air percuma pada proses pemakaian fasilitas oleh konsumen.
- c. Kehilangan air isidentil
 Kehilangan air diluar kekuasaan manusia misalnya bencana alam.

Dalam perhitungan perencanaan penyediaan air bersih digunakan istilah kehilangan air rencana, dengan anggapan bahwa kehilangan air percuma dan isidentil telah termasuk didalamnya. Besarnya kehilangan air ini direncanakan sebanyak 20% sampai dengan 34% dari kebutuhan total air domestik dan non domestik. Kehilangan air dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

Dimana kehilangan air diambil 20% dari total kebutuhan air

$$KA = (D + ND) \times 20\% \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana :
 KA = Kehilangan air (litr/det)

2.5.4 Kebutuhan Air Total

Perhitungan air didasarkan atas kebutuhan domestik, kebutuhan non domestik dan kehilangan air sudah termasuk kebutuhan dari instalasi. Kebutuhan air total merupakan total kebutuhan domestik, non domestik dan kehilangan air.

Perhitungan kebutuhan air rata-rata dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{tot} = D + ND + KA \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :
 Q_{tot} = kebutuhan air total (litr/det)

2.5.5 Fluktuasi Kebutuhan Air

Jumlah pemakaian air oleh masyarakat untuk setiap waktu tidak berada dalam nilai yang sama. Aktivitas manusia yang berubah-ubah untuk setiap waktu menyebabkan pemakaian air selama satu hari mengalami perubahan naik dan turun atau dapat disebut juga berfluktuasi.

Fluktuasi kebutuhan air terbagi menjadi dua jenis yaitu :

1. Kebutuhan air harian maksimum
 Kebutuhan air harian maksimum merupakan jumlah pemakaian air terbanyak dalam satu hari selama satu tahun. Debit kebutuhan air harian maksimum digunakan sebagai acuan dalam membuat sistem transmisi air bersih.

Perhitungan kebutuhan air harian maksimum dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{max} = f_{max} \times Q_{tot} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

Q_{max} = Kebutuhan air harian maksimum (ltr/det)

f_{max} = Faktor harian maksimum (Tabel 2.3)

Q_{tot} = Kebutuhan air total (ltr/det)

2. Kebutuhan air jam puncak

Kebutuhan air jam puncak menunjukkan besarnya pengaliran maksimum pada saat jam puncak. Dengan mengetahui nilai kebutuhan air jam puncak maka pengoperasian sistem distribusi diharapkan dapat memenuhi kebutuhan ini.

Perhitungan Kebutuhan jam puncak dapat dihitung dengan rumus:

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_{max} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

Q_{peak} = Kebutuhan air jam puncak (ltr/det)

f_{peak} = Faktor fluktuasi jam puncak (Tabel 2.3)

Q_{max} = Kebutuhan air harian maksimum (ltr/det)

2.5.6 Hidran Umum

Hidran Umum adalah jenis pelayanan pelanggan sistem air bersih perpipaan atau non perpipaan dengan sambungan berkelompok pelanggan dan tingkat pelayanan hanya untuk memenuhi kebutuhan air bersih, dengan cara pengambilan oleh masing-masing pelanggan ke pusat penampungan.

2.6 Sistem Hidrolika dalam Distribusi

2.6.1 Sistem Pengaliran

Untuk mendistribusikan air minum dapat dipilih salah satu sistem diantara tiga sistem pengaliran, yaitu:

1. Pengaliran Sistem Gravitasi

Sistem ini digunakan bila elevasi sumber air baku atau pengelolaan jauh berada di atas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan terjauh.

Sistem ini merupakan yang paling menguntungkan karena pengoperasian dan pemeliharaannya mudah dilakukan.

2. Pengaliran Sistem Pemompaan

Sistem ini digunakan bila beda elevasi antara sumber air atau instalasi dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup, sehingga air yang dapat didistribusikan dipompa langsung ke jaringan distribusi. Kelemahan sistem ini yaitu dalam hal biaya yang besar karena dibutuhkan pompa untuk pengalirannya.

3. Pengaliran Sistem Kombinasi

Sistem ini merupakan sistem pengaliran dimana air dari sumber mata air atau instalasi pengolahan dialirkan ke jaringan pipa distribusi dengan menggunakan pompa atau *reservoir* distribusi, baik dioperasikan secara bergantian ataupun bersama-sama dan disesuaikan dengan keadaan topografi daerah pelayanan.

2.6.2 Sistem Distribusi Air

Air yang disuplai pipa induk akan didistribusikan melalui dua alternatif sistem yakni:

1. *Continuous System* (Sistem Berkelanjutan)

Dalam sistem ini, air minum yang ada akan disuplai dan didistribusikan kepada konsumen secara terus-menerus selama 24 jam. Sistem ini biasanya diterapkan bila pada setiap waktu kualitas air dapat mensuplai seluruh kebutuhan konsumen di daerah tersebut.

Keuntungan:

- a. Konsumen akan mendapatkan air setiap saat.
- b. Air minum yang diambil dari titik pengambilan didalam jaringan pipa distribusi selalu didapat dalam keadaan segar.

Kerugian:

- a. Pemakaian air cenderung lebih boros.
- b. Jika ada sedikit kebocoran maka jumlah air yang terbuang besar.

2. *Intermittent System*

Dalam sistem ini, air minum yang ada akan disuplai dan didistribusikan kepada konsumen hanya selama beberapa jam dalam satu hari. Biasanya berkisar antara 2 hingga 4 jam untuk sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan bila kuantitas dan tekanan air yang cukup tidak tersedia.

Keuntungan:

- a. Pemakaian air cenderung lebih hemat
- b. Jika ada kebocoran maka jumlah air yang terbuang relatif kecil

Kerugian:

- a. Bila terjadi kebakaran pada saat tidak beroperasi maka air untuk pemadam kebakaran tidak dapat disediakan.
- b. Setiap rumah perlu menyediakan tempat penyimpanan air yang cukup agar kebutuhan air sehari-hari dapat terpenuhi
- c. Dimensi pipa yang digunakan akan lebih besar karena kebutuhan air yang disuplay dan didistribusikan dalam sehari hanya ditempuh dalam jangka waktu yang pendek.

Dari kedua sistem hidrolika distribusi di atas dapat diketahui bahwa sistem berkelanjutan (*Continous System*) merupakan sistem distribusi air yang baik dan ideal.

2.6.3 Topografi

Topografi merupakan kajian atau penguraian yang terperinci tentang keadaan muka bumi pada suatu daerah. Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai. Keadaan topografi yang berbukit pada daerah pelayanan mempersulit proses pendistribusian air bersih, sedangkan keadaan topografi yang rata relatif lebih mudah untuk mendistribusikan air bersih ke daerah pelayanan.

2.7 Pemilihan pipa

Bahan pipa dipilih atas pertimbangan faktor keadaan tanah, tekanan, diameter, kualitas air, dan kemudahan saat pemasangan. Berikut beberapa jenis pipa, keuntungan dan kerugiannya disajikan dalam tabel 2.3.

Tabel 2.4 Beberapa jenis pipa, keuntungan dan kerugiannya

No	Jenis Pipa	Keuntungan	Kerugian
1	Bambu	Murah, terdapat di pelosok	Cepat rusak, banyak bocor
2	PVC	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air	Tekanan rendah
3	HDPE (<i>Hight Density Poly Ethylene</i>)	Ringan, mudah diangkut dan dipasang, tidak bereaksi dengan air, panjang	Tekanan rendah

		mencapai 100 m tanpa sambungan kecil untuk diameter kecil	
4	GIP (<i>Galvanized Iron Pipe</i>)	Tekanan tinggi	Berat, biaya transportasi dan instalasi lebih mahal

Sumber : Dasir Dkk, Jenis Pipa, Tahun 2014

2.8 Jaringan Pipa Distribusi

Sistem transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air baku ke bangunan pengolahan air bersih. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan sistem transmisi adalah:

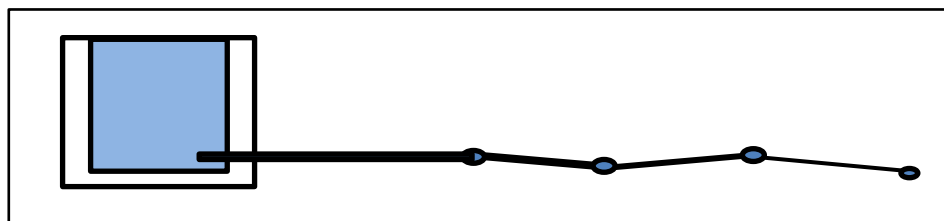
1. Tipe pengaliran jaringan pipa transmisi
2. Menentukan tempat bak pelepas tekan.
3. Menghitung panjang dan diameter pipa
4. Jalur pipa sebaiknya mengikuti jalan raya dan dipilih jalur yang tidak memerlukan banyak perlengkapan.
5. Perlengkapan yang ada pada sistem transmisi perpipaan air bersih adalah: *Wash out, Air valve, Blow off, Gate valve, Pompa*.

2.8.1 Sistem Jaringan Distribusi

Tipe-tipe sistem jaringan distribusi antara lain:

1. Sistem Jaringan Pipa Seri

Sistem pemipaan dengan susunan seri merupakan jaringan pipa tanpa cabang ataupun *loop*. Jaringan ini memiliki satu sumber, satu ujung dan node yang menyambung 2 pipa yang berada dalam satu jalur. Jaringan pemipaan jenis ini sangat kecil dan dipakai untuk pendistribusian air kawasan yang kecil.

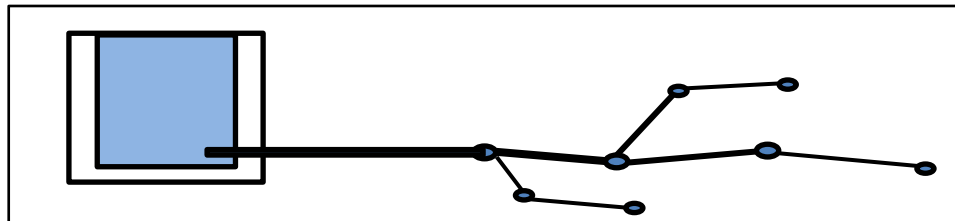


Gambar 2.1 Pipa Jaringan Seri

Sumber: Rahayu, 2011

2. Sistem Jaringan Pipa Bercabang (*Branch*)

Sistem pemipaan dengan susunan bercabang merupakan kombinasi dari jaringan pemipaan susunan seri. Dimana, jaringannya terdiri dari satu sumber dan memiliki banyak cabang. Sistem ini cukup untuk memenuhi kebutuhan sebuah komunitas dan investasi yang dikeluarkan tidaklah besar.

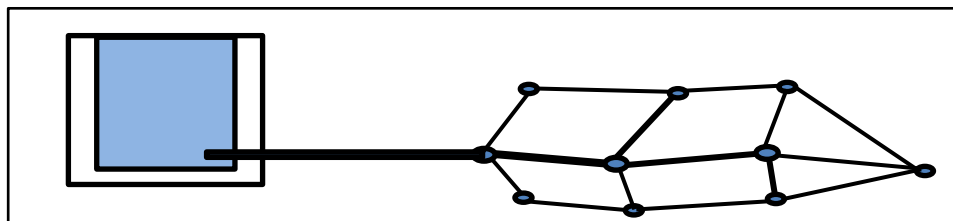


Gambar 2.2 Pipa Jaringan Bercabang

Sumber: Rahayu, 2011

3. Sistem Jaringan Pemipaan Tertutup (*Loop*)

Sistem pemipaan ini merupakan sistem yang mana jaringannya saling terhubung yang terdiri dari node-node yang menerima aliran air lebih dari satu bagian. Dengan sistem ini masalah-masalah yang dihadapi pada sistem seri ataupun bercabang dapat ditangani seperti masalah tekanan. Namun, sistem pemipaan dengan jaringan ini lebih rumit jika dibandingkan dengan sistem seri atau bercabang. Untuk biaya operasi dan investasi yang cukup besar. Sistem ini biasanya dipakai pada daerah yang cukup luas dengan jumlah pemakai yang cukup besar.

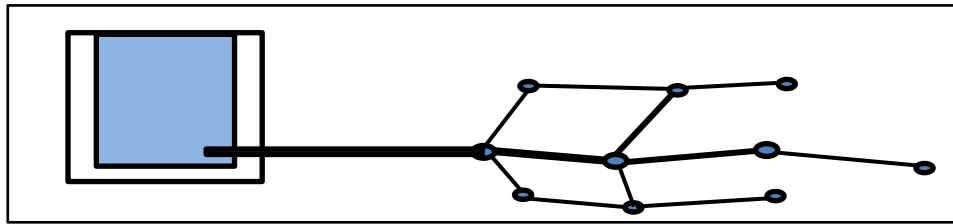


Gambar 2.3 Pipa Jaringan Tertutup (*Loop*)

Sumber: Rahayu, 2011

4. Sistem jaringan Pemipaan Kombinasi

Sistem perpipaan jenis ini merupakan sistem jaringan pemipaan yang umum digunakan untuk daerah yang luas. Sistem ini merupakan gabungan antara sistem dengan jaringan bercabang dan *loop*.



Gambar 2.4 Pipa Jaringan Kombinasi

Sumber: Rahayu, 2011

2.8.2 Perencanaan Diameter Pipa

Dalam menentukan diameter pipa dapat dihitung dengan menggunakan V rencana 0,3 m/dtk (jenis pipa Gip) didasarkan dari kriteria perencanaan dimensi pipa adalah V maksimum = 0,3 m/dtk (Dinas Kimpraswil Direktorat Jenderal Cipta Karya). Adapun tiga faktor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pipa yaitu:

1. Kuantitas yang di perlukan
2. Pipa harus kuat untuk menahan tekanan di dalam pipa dan tekanan dari luar (bahaya erosi)
3. Pipa harus tahan lama

Hal-hal yang perlu di dalam merencanakan pipa tersebut sebagai berikut :

1. Menghitung kebutuhan air bersih
2. Merencanakan saluran pipa
3. Menentukan diameter pipa

Letak jenis pipa umum dipakai pada saluran air bersih adalah :

1. Pipa PVC
2. Pipa DCI
3. Pipa GIP

Dalam penggunaan sistem tersebut tergantung dari standar atau lokasi yang dilewati oleh pipa perencanaan yang dilakukan adalah pipa besi GIP, hal ini dilakukan:

1. Pipa tersebut banyak tersedia dipasaran dan juga banyak dipakai bila dibandingkan dengan pipa yang lain.
2. Pemasangan pipa GIP tidak memerlukan pemeliharaan dan pengontrolan secara rutin namun dilakukan secara berkala sesuai dengan kebutuhan.

Perhitungan diameter pipa dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = A \times V, V = \frac{q}{A}, A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana:

Q = Debit yang mengalir dalam pipa (m³)

V = Kecepatan aliran dalam pipa (m/dtk)

A = Luas penampang pipa (m²)

D = Diameter pipa (m)

2.8.3 Kehilangan Tekanan Dalam Pipa

Perhitungan tekanan dalam pipa dipengaruhi oleh faktor sebagai berikut :

1. Kualitas air yang diperlukan
2. Pipa yang digunakan harus kuat menahan tekanan air dalam pipa dan tekanan dari luarnya
3. Pipa yang digunakan harus tahan lama

Yang perlu diperhatikan dalam pemakaian jenis pipa yang akan digunakan dapat memenuhi faktor sebagai berikut :

1. Ukuran standar yang disediakan di pasaran
2. Karakteristik jenis pipa
3. Faktor ekonomis
4. Teknik pemasangan

Secara umum didalam suatu instalasi jaringan pipa dikenal dua macam kehilangan energi, yaitu:

1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini, akan tetapi yang sering digunakan adalah persamaan *Hazen Williams*, sebagai berikut:

$$Q = 2.2785 \times C_{hw} \times D^{2.63} \times S^{0.54} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$S = H_f / L \dots\dots\dots (2.14)$$

Persamaan kehilangan tekanan di atas dapat ditulis sebagai berikut:

$$H_f = \left(\frac{Q}{0.2785 \times C_{hw} \times D^{2.63}} \right)^{1.85} \times L \dots\dots\dots (2.15)$$

Dimana:

H_f = Kehilangan tinggi karena gesekan (m)

Q = Debit aliran (m³/detik)

L = Panjang pipa (m)

C_{hw} = Koefisien kekasaran Hazen Williams

D = Diameter pipa (m)

a. Persamaan Hazen Wiliam

Persamaan Hazen Wiliam adalah yang paling umum dipakai untuk perencanaan sistem perpipaan gravitasi. Persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan (Sasongko, 1985). Secara umum persamaan Hazen Wiliam adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785 \cdot C \cdot d^{2,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$v = \frac{(Q/1000)}{(1/4) \times (3,14) \times (D/1000)^2} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$h = 1090 \cdot Q^{1,85} / D^{4,87} \cdot C^{1,85} \dots\dots\dots(2.18)$$

Selanjutnya untuk mengetahui sisa tekanan pada pipa maka dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$HL_{Mayor} = \left(\frac{HL}{100}\right) \times \text{Jarak} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

- Q = Debit pengaliran (m³/det)
- v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/dt)
- C = Koefisien kekasaran relatif Hazen wiliam
- D = Diameter pipa bagian dalam (m)
- S = Kemiringan gradien hidrolis = h/L
- h = Head loss / Kehilangan tekanan per 100 m (m)
- HL_{mayor} = Kehilangan tekanan Mayor (m)

Tabel 2.5. Koefisien Hazen William

Material	Nilai C
Asbes Cement	120
Poly Vinil Chloride (PVC)	120-140
Hight Density Poly Ethylene (HDPE)	120
Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)	110
Besi Tuang, Cast Iron Pipe (CIP)	110
Galvanized Iron Pipe (GIP)	100
Steel Pipe (Pipa Baja)	110

Sumber : Martin Dharmasetiawan, 2004

2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Ada berbagai macam kehilangan tinggi tekan minor contohnya sebagai berikut:

- a. Kehilangan tinggi minor karena pelebaran pipa.
- b. Kehilangan tinggi minor karena penyempitan mendadak pada pipa.
- c. Kehilangan tinggi tekan minor karena mulut pipa.
- d. Kehilangan tinggi minor karena belokan pada pipa.
- e. Kehilangan tinggi tekan minor akibat sambungan dan katup pipa.

Secara umum rumus kehilangan tekan akibat minor losses adalah:

$$H_l = K \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana :

- H_l = Kehilangan energi minor (m)
- K = Koefisien karakteristik pipa
- V = Kecepatan rata-rata (m/det)
- g = Kecepatan grafitasi = 9,81 meter/detik

Untuk mengetahui tekanan dan kecepatan aliran yang ada dalam pipa, selain memerlukan data besarnya debit, panjang pipa maka diperlukan juga penentuan elevasi tanah pada titik tertentu (*mode*). Cara mengetahui elevasi *mode* ada 2 macam yaitu dengan interpolasi kontur dan dengan pengukuran langsung di lapangan dengan *altimeter* dan *theodolite*. Akan lebih akurat jika diambil dari data lapangan dengan interpolasi kontur yang ada.

Cara interpolasi kontur:

$$dx = \frac{ET - Tr_1}{Tt_1 - Tr_1} x dp_1$$
$$dx = \frac{ET - Tr_2}{Tt_2 - Tr_2} x dp_2 \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana:

- ET = tinggi elevasi muka tanah 1 (m)
- ER = tinggi elevasi muka tanah 2 (m)
- Dxn = jarak (peta) antara elevasi muka tanah (m)
- Trn = tinggi elevasi muka tanah yang rendah (m)
- Ttn = tinggi elevasi muka tanah yang tinggi (m)

Dpn = jarak (peta) antara tinggi elevasi muka tanah yang rendah dengan tinggi elevasi muka tanah yang tinggi mengapit titik n (cm)

Perhitungan Slope medan:

$$S = \frac{ET-ER}{P^{1,2}} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana :

P1.2 = Jarak antara tinggi titik 1 dan 2 (cm)

S = Slope

a. Pengecilan penampang pipa

Dimana kehilangan energinya dihitung dengan persamaan :

$$HL_{Minor} = k_c \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana :

k_c = Koefisien kehilangan energi akibat pengecilan pipa

HL_{Minor} = Kehilangan tenaga minor akibat pengecilan penampang pipa (m)

v_2 = Kecepatan rata-rata aliran dengan diameter D_2 (m/det)

D_1 = Diameter penampang pipa awal (m)

D_2 = Diameter penampang pipa kedua (m)

g = Percepatan gravitasi = 9.81

Tabel 2.6. Koefisien kehilangan tekanan untuk penyempitan tiba-tiba

D_2/D_1	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
K_c	0.50	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.28	0.22	0.15	0.06	0.00

Sumber : Klaas, 2009

3. Sisa Tekanan

$$HL_{Total} = HL_{Mayor} + HL_{Minor} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$HGL = HGL_{awal} - HL_{Total} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$RH = HGL - Elevasi \dots\dots\dots(2.26)$$

Dimana :

HGL = Hydraulic Grade Line / Garis tinggi hidrolis (m)

RH = Sisa Tekanan (m)