

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Air adalah zat atau material atau unsur penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain dalam Sistem Tata Surya dan menutupi hampir 71% permukaan bumi (<http://id.wikipedia.org/wiki/Air>, 2009; Matthew, 2005).

Air sangat dibutuhkan pada kehidupan sehari-hari, khususnya air minum dimana disebut air baku. Menurut PP No.16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk minum.

Air minum adalah air minum rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum (*PP No.16 Tahun 2005 Pasal 1*).

2.2 Sumber Air Bersih

Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan/atau buatan yang terdapat pada, diatas, maupun di bawah permukaan tanah.

Pada perumahan Dian Regency ini sumber air yang digunakan berasal dari air sungai yaitu sungai Musi dimana air tersebut dikelola oleh PDAM Tirta Musi Rambutan.

Air sungai merupakan bagian dari air permukaan karena air permukaan adalah air hujan yang turun di permukaan bumi dan berkumpul di suatu tempat yang relatif rendah seperti sungai, danau, dan laut. Air permukaan yang biasa dimanfaatkan adalah air sungai, dimana lebih dari 40.000 kilometer kubik air segar diperoleh dari sungai-sungai di dunia. Untuk itu, kebersihan air sungai sangat penting dijaga. Jika di beberapa desa yang masih memiliki banyak hutan pedalaman, kita akan menemukan air bersih yang bahkan terkadang oleh

penduduk dan para pengunjung diminum langsung tanpa dimasak terlebih dahulu. Air sungai itu tidak berbau, dan berasa, serta tampak terlihat bening. Selain itu, pasir dan bebatuan pada sungai yang dilewati dianggap telah menjadi penyaring air yang dapat diandalkan.

Sayangnya, untuk sungai di perkotaan airnya telah banyak tercemar. Selain itu, kualitas air sungai dapat menurun pada saat mengalir dari hulu ke hilir. Selama mengalir dari hulu ke hilir, air sungai banyak dimanfaatkan oleh manusia untuk keperluan sehari-harinya, seperti untuk usaha pertanian, peternakan, perikanan, keperluan rumah tangga, transportasi dan keperluan industri kecil (*Kumalasari dan Satoto,, 2011:7-9*).

2.2.1 Pengertian Air Sungai

Sungai adalah aliran air yang besar dan memanjang yang mengalir secara terus menerus dari hulu (sumber) menuju hilir (muara). Pada beberapa kasus, sebuah sungai secara sederhana mengalir meresap ke dalam tanah sebelum menemukan badan air lainnya. Melalui sungai merupakan cara yang biasa bagi air hujan yang turun di daratan untuk mengalir ke laut atau tampungan air yang besar seperti danau. Sungai terdiri dari beberapa bagian, bermula dari mata air yang mengalir ke anak sungai.

Air dalam sungai umumnya terkumpul dari presipitasi, seperti hujan, embun, mata air, limpasan bawah tanah, dan beberapa di negara tertentu juga berasal dari lelehan es/salju (<http://id.m.wikipedia.org/wiki/Sungai>).

Maka dari pengertian sungai tersebut dapat disimpulkan bahwa sungai berasal dari beberapa sumber yaitu air tanah, air mata air, air hujan. Berikut beberapa pengertian sumber air sungai:

1. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berada di dalam tanah. Air tanah dibagi menjadi dua, air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal merupakan air yang berasal dari air hujan yang diikat oleh akar pohon. Air tanah ini terletak tidak jauh dari permukaan tanah serta berada di

atas lapisan kedap air. Sedangkan air tanah dalam adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah lebih dalam lagi melalui proses *adsorpsi* serta *filtrasi* oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Sehingga berdasarkan prosesnya air tanah dalam lebih jernih dari air tanah dangkal. Air tanah ini bisa didapatkan dengan cara membuat sumur.

2. Air Mata Air

Pada dasarnya air mata air adalah air hujan yang meresap ke dalam tanah yang melalui proses *filtrasi* dan *adsorpsi* oleh batuan dan mineral di dalam tanah. Air mata air yang baik berasal dari pegunungan vulkanik karena mineral-mineral yang tergantung di dalamnya dapat mengadsorpsi kandungan logam dalam air dan bakteri. Selain itu, kandungan mineralnya baik untuk kesehatan tubuh, dan mengandung kadar O₂ yang tinggi. Oleh karena itu, air dari mata air terasa lebih segar dikonsumsi dari pada air yang berasal dari sumber lainnya.

Sumber mata air juga digunakan oleh perusahaan air mineral untuk kemudian mereka jual kepada masyarakat. Betapa sumber air yang berasal dari alam akhirnya menjadi sangat mahal karena persediaan air di bumi telah hampir habis. Walaupun berasal dari sumber mata air pegunungan, namun air tersebut diolah kembali agar menjadi layak diminum sesuai dengan standar kesehatan.

3. Air Hujan

Air hujan berasal dari air permukaan bumi yang diluapkan oleh sinar matahari. Air permukaan tersebut berupa air sungai, air danau dan air laut. Sinar matahari menguapkan air permukaan tanpa membawa kotoran yang terdapat di dalam air. Setelah proses penguapan, air mengalami proses kondensasi, dimana air yang menguap tersebut berubah menjadi air hingga terbentuklah awan.

Lama- kelamaan, awan tersebut menjadi jenuh dan turunlah titik-titik air hujan.

Keunggulan air hujan jika dibandingkan dengan sumber air yang lainnya yaitu relatif tidak terkontaminasi dan metode pengumpulannya pun sederhana. Namun, kelemahan dari sumber air ini adalah tidak tersedia secara terus menerus. Hanya pada musim hujan saja kita bisa mendapatkannya. Bayangkan saja jika musim kemarau, air hujan pun tak akan turun.

(Kumalasari dan Satoto,, 2011:7,9,10-11)

2.3 Sistem Penyediaan Air Bersih

Dimasa lalu dimana daya dukung alam masih baik manusia dapat mengkonsumsi air dari alam secara langsung. Sejalan dengan penurunan daya dukung alam menurun pula ketersediaan air yang dapat dikonsumsi langsung dari alam. Untuk itu manusia berupaya mengolah air yang tidak memenuhi standard kualitasnya menjadi air yang memenuhi standard kualitas yang ada. Upaya ini dilakukan dengan membuat suatu sistem penyediaan air minum.

Secara umum sistem ini terdiri dari:

1. Sistem Produksi

Sistem produksi mempunyai peran mengambil air dari alam, kemudian mengolahnya menjadi air layak untuk dikonsumsi oleh manusia. Pengambilan air dari sumbernya atau yang umum disebut sebagai intake air baku.

Jenis intake air baku tergantung dari jenis sumber airnya. Untuk air permukaan berupa sungai dan danau menggunakan intake jembatan, dan bangunan sadap sedangkan untuk mata air menggunakan bangunan penangkap air. Untuk air tanah umumnya menggunakan sumur bor dengan kedalaman lebih dari 80 m.

Setelah air diolah menjadi air yang layak dikonsumsi air segera didistribusikan kepada pemakai air yang ada di wilayah pelayanan. Cara pendistribusian air secara umum ada dua macam yaitu pendistribusian secara

manual yaitu menggunakan tangki yang membawa air dari tempat penampungan sampai ke konsumen dan secara perpipaan yaitu dengan mengalirkan air dalam pipa tertutup dari penampung air sampai ke pemakai air.

2. Sistem Distribusi

Pendistribusian air dilakukan dengan saluran tertutup atau dengan perpipaan dengan maksud supaya tidak terjadi kontaminasi terhadap air yang mengalir didalamnya. Disamping itu dengan sistem perpipaan air lebih mudah untuk dialirkan karena adanya tekanan air.

Komponen dari sistem distribusi adalah:

1. Penampungan air (Reservoir)
2. Sistem Perpipaan
3. Sistem Sambungan Pelanggan (Martin Dharmasetiawan, 2000: 2-4)

2.3.1 Persyaratan Umum Sistem Penyediaan Air Minum

Dalam penggunaan yang angat luas dalam segala segi kehidupan dan aktivitas manusia, maka tentu penyediaan air untuk suatu komunitas harus memenuhi syarat (*Joko Tri, 2010: 12*):

- Aman dari segi higienisnya
- Baik dan dapat diminum
- Tersedia dalam jumlah yang cukup
- Cukup murah/ekonomis (terjangkau)

2.3.2 Persyaratan Kualitas Air Minum

Air minum selain harus bebas dari zat yang berbahaya bagi kesehatan juga harus juga tidak berasa dan tidak berbau, dan harus bebas dari kemungkinan pengotoran dan kontaminasi.

Berikut persyaratan kualitas air minum menurut beberapa sumber:

1. Persyaratan Kualitatif

Persyaratan kualitatif adalah persyaratan yang menggambarkan

mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi:

a. Syarat-Syarat Fisik

1. Air tak boleh berwarna.
2. Air tak boleh berasa.
3. Air tak boleh berbau.
4. Suhu air hendaknya di bawah sela udara (sejuk $\pm 25^{\circ}\text{C}$).
5. Air harus jernih.

Syarat-syarat kekeruhan dan warna harus dipenuhi oleh setiap jenis air minum dimana dilakukan penyaringan dalam pengolahannya. Kadar (bilangan) yang disyaratkan dan tidak boleh dilampaui adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Syarat Kadar Air

	Kadar (bilangan) yang disyaratkan	Kadar (bilangan) yang tak boleh dilampaui
Keasaman sebagai PK	7,0 – 8,5	Di bawah 6,5 dan di atas 9,5
Bahan-bahan padat	Tak melebihi 50 mg/l	Tak melebihi 1.500
Warna (skala Pt CO)	Tak melebihi kesatuan	mg/l
Rasa	Tak mengganggu	Tak melebihi 50
Bau	Tak mengganggu	kesatuan.
		-
		-

(Sumber :Totok Sutrisno, dkk, *Teknologi Penyediaan Air Bersih*)

b. Syarat-Syarat Kimia

Air minum tidak boleh mengandung racun, zat-zat mineral atau zat-zat kimia tertentu dalam jumlah melampaui batas yang telah ditentukan.

Tabel 2.2. Drinking Water Quality Criteria W. H. O.

PH	7,0 – 8,5
Alkalinity	-
NH ₃ -N ppm	0,5
NO ₂ -N ppm	-
NO ₃ -N ppm	40
CL – ppm	200
SO ₄ ppm	200
KMnO ₄ c o n s, ppm	10
T. S. Ppm	-
T, Hardness	-100-50
Ca ++ ppm	75
Mg++ ppm	50
T. Fe ppm	0,3
T. Mn ppm	0,1
T. Cu ppm	1,0
T. Pb ppm	0,1
T. Cu ppm	1,0
T. Pb ppm	0,1
T. Zn ppm	5,0
T. Cr ppm	0,05
Cr ₆₊ ppm	-
T. Mg ppm	-
T. As ppm	0,2
T. FF ppm	1,0
CN ppm	0,01
Phenol ppm	0,001
R Chlorine ppm	-
T. Cd	-
Radio	-10 ⁻⁹ c/ml
Activity	-10 ⁻⁸ c/ml
General	-
Bacteria	-
Caliform	MPN 10
Bacteria	all year

(Sumber :Totok Sutrisno, dkk, Teknologi Penyediaan Air Bersih)

c. Syarat-Syarat Biologis

Air minum tida boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit (patogen) sama sekali dan tak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan Coli melebihi batas-batas yang telah ditentukan yaitu 1 coli/100 ml.air.

Bakteri golongan Coli ini berasal dari usu besar (faeces) dan tanah. Bakteri patogen yang mungkin ada dalam air antara lain adalah:

1. Bakteri typhsum
2. Vibrio Colerae
3. Bakteri dysentriae
4. Entamoeba hystolotica
5. Bakteri enteritis (penyakit perut).

(Totok Sutrisno, 2010:21-23).

d. Syarat-Syarat Radiologis

Persyaratan radioaktivitas membatasi kadar maksimum aktivitas alfa dan beta yang diperbolehkan terdapat dalam air minum *(Joko Tri, 2010:13).*

2. Persyaratan Kuantitatif

Dalam penyediaan air bersih ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan jumlah penduduk yang akan dilayani. Kebutuhan air untuk masyarakat perkotaan adalah 150 ltr/org/hari (DPU cipta Karya). Jumlah air yang dibutuhkan sangat tergantung pada tingkat kemajuan teknologi dan sosial ekonomi masyarakat setempat.

3. Persyaratan Kontinuitas

Untuk penyediaan air bersih sangat erat hubungannya dengan kuantitas air yang tersedia yaitu air baku yang ada di alam. Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa jumlah air bersih yang direncanakan dapat memenuhi kebutuhan selama 24 jam *(Dian, 2007:23).*

2.4 Penggunaan dan Pemakaian Air

Penggunaan air untuk kota dapat dibagi menjadi beberapa kategori, antara lain:

a. Penggunaan Rumah Tangga

Penggunaan rumah tangga adalah air yang dipergunakan di tempat-tempat hunian pribadi, rumah-rumah, apartemen dan sebagainya untuk minum, mandi, penyiraman taman, saniter dan tujuan-tujuan lainnya.

b. Penggunaan Komersial dan Industri

Penggunaan komersial dan industri adalah air yang digunakan oleh badan-badan komersial dan industri.

c. Penggunaan Umum

Penggunaan umum meliputi air yang dibutuhkan untuk pemakaian di taman-taman umum, bangunan-bangunan pemerintah, sekolah-sekolah, rumah sakit, dan tempat-tempat ibadah, penyiraman jalan dan lain-lainnya

2.4.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik adalah kebutuhan air bersih yang digunakan untuk keperluan rumah tangga. Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk, dan konsumsi perkapita. Untuk menghitung jumlah penduduk diperumahan diperlukan standar penghuni yaitu 5 orang/rumah menurut SNI 03-1733-2004 tentang Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan.

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Domestik

Jenis Kebutuhan	Standar Kebutuhan
Sambungan Langsung	100-200 ltr/org/hari
Sambungan Halaman	80-100 ltr/org/hari
Sambungan Kran Umum	20-40 ltr org/hari

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum)

Tabel 2.4 Kategori Kebutuhan Air Tipe Rumah Tangga

Kategori	Tipe Rumah Tangga	Kebutuhan Air (l/org/hr)
A	Rumah Sangat Sederhana (RSS)	80
B	Rumah Sederhana (RS)	120
C	Rumah Tangga Menengah	170
D	Rumah Tangga Mewah	220
Kebutuhan Air Rata-Rata		150

(Sumber : Data PDAM Tirta Musi, Chris Ingram 2004)

2.4.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan non domestik ialah kebutuhan air bersih diluar rumah tangga antara lain sebagai berikut:

1. Penggunaan Komersil dan industri
2. Penggunaan Umum; seperti bangunan pemerintah, failitas umum (rumah sakit, sekolah, dan tempat ibadah)

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik (PU)

Jenis Kebutuhan	Standar Kebutuhan
Perkantoran	2-4 ltr/org/hari
Pendidikan	2-4 ltr/org/hari
Kesehatan	200-400 ltr/bed/hari
Pusat Perekonomian	2-5 ltr/org/hari
Peribadatan	20 ltr/m2/hari
Hotel	100-200 ltr/bed/hari
Perindustrian	2-10 ltr/bangunan/hari
Terminal/Transportasi	50-100 ltr/bus/hari
Bioskop	2-4 ltr/m2/hari
Rumah Makan	2-4 ltr/org/hari
Pusat Rekreasi	2 ltr/m2/hari
Pusat Fasilitas	2 ltr/m2/hari

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum)

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Non Domestik (PDAM)

Katagori Pemakai	Unit Pemakaian	Pemakaian Air (Liter/hari/unit)	Sumber Data
Bank	Bangunan	5.700	PDAM
Barak tentara	Orang	60	GKW <i>Consult</i>
Cucian mobil	Bangunan	6.000	GKW <i>Consult</i>
Hotel	Tempat tidur	140	GKW <i>Consult</i>
Industri	Luas	10.000	GKW <i>Consult</i>
Kantor	Pekerja	10	KIMPRASWIL: Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov,1994)
Pabrik	Bangunan	2.500	GKW <i>Consult</i>
Pasar	Luas	12.000	KIMPRASWIL: Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov,1994)
Restoran	Tempat duduk	100	KIMPRASWIL: Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov,1994)
Ruko	Bangunan	150	GKW <i>Consult</i>
Rumah sakit	Tempat tidur	200	GKW <i>Consult</i>
Salon	Bangunan	1.500	GKW <i>Consult</i>
Sekolah	Pelajar	10	KIMPRASWIL: Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov,1994)
<i>Sport Center</i>	Luas	12.000	GKW <i>Consult</i>
Supermarket	Bangunan	7.500	GKW <i>Consult</i>
Tempat Ibadah	Bangunan	2.000	KIMPRASWIL: Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov,1994)

(Sumber: PDAM Tirta Musi Palembang, Chris Ingram: 2004)

Tabel 2.7 Kriteria Kebutuhan Air Bersih

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		Kota Metropolitan	Kota Besar	Kota Sedang	Kota Kecil	Desa
		> 1.000.000	500.000 s/d 1.000.000	100.000 s/d	20.000 s/d 100.000	< 20.000
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) (liter/orang/hari)	190	170	150	130	80
2	Konsumsi unit hindran umum (HU) (liter/orang/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik (l/org/hr) (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Persentase kehilangan air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
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 (Jiwa)	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% <i>max day</i>)	15-25	15-25	15-25	15-25	15-25
12	SR : HU	50:50 s/d 80:20	50:50 s/d 80:20	80:20	70:30	70:30
13	Cakupan pelayanan (%)	90	90	90	90	70

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 2000)

2.5 Sistem Jaringan Distribusi

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, system pemompaan (bila diperlukan), dan *reservoir* distribusi.

Sistem distribusi air minum terdiri atas perpipaan, katup-katup, dan pompa yang membawa air yang telah diolah dari instalasi pengolahan menuju pemukiman, perkantoran dan industri yang mengkonsumsi air. Juga termasuk dalam sistem ini adalah fasilitas penampung air yang telah diolah (*reservoir* distribusi), yang digunakan saat kebutuhan air lebih besar dari suplai instalasi, meter air untuk menentukan banyak air yang digunakan, dan keran kebakaran.

Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

Sistem pendistribusian air ke masyarakat, dapat dilakukan secara langsung dengan gravitasi maupun dengan sistem pompa. Pembagian air dilakukan melalui pipa-pipa distribusi, seperti:

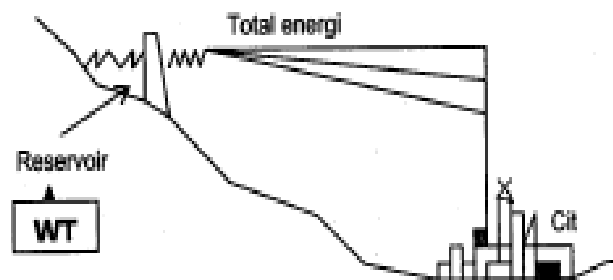
- a. Pipa primer, tidak diperkenankan untuk dilakukan tapping.
- b. Pipa sekunder, diperkenankan tapping untuk keperluan tertentu, seperti: fire hydrant, bandara, pelabuhan dan lain-lain.
- c. Pipa tersier, diperkenankan tapping untuk kepentingan pendistribusian air ke masyarakat melalui pipa kuartier.

2.5.1 Sistem Pengaliran

Distribusi air minum dapat dilakukan dengan beberapa cara, tergantung kondisi topografi yang menghubungkan sumber air dengan konsumen. Distribusi secara gravitasi, pemompaan maupun kombinasi pemompaan dan gravitasi dapat digunakan untuk menyuplai air ke konsumen dengan tekanan yang mencukupi. Berikut penjelasan dan gambar dari masing-masing sistem pengaliran distribusi air bersih (*Joko Tri, 2010:15-16*):

a. Cara Gravitasi

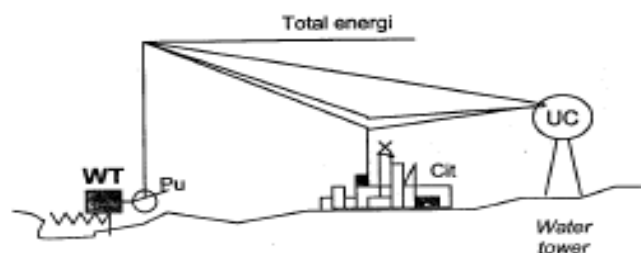
Cara gravitasi dapat digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini dianggap ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.



Gambar 2.1. Sistem Pengaliran Distribusi Air Cara Gravitasi

b. Cara Pemompaan

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari *reservoir* distribusi ke konsumen. Cara ini digunakan jika daerah pelayanan merupakan daerah yang datar, dan tidak ada daerah yang berbukit.

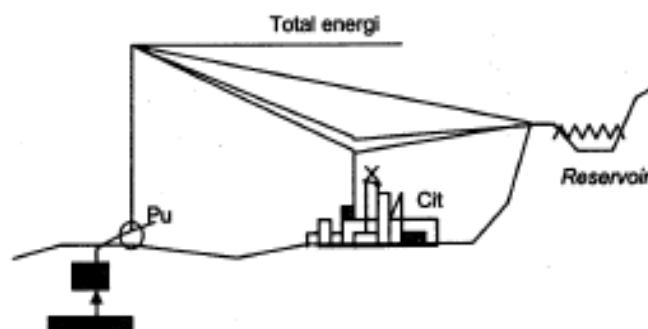


Gambar 2.2. Sistem Pengaliran Distribusi Air Cara Pemompaan

c. Cara Gabungan

Pada cara gabungan, *reservoir* digunakan untuk mempertahankan tekanan yang diperlukan selama periode

pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air dipompakan dan disimpan dalam *reservoir* distribusi. Karena *reservoir* distribusi digunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat dioperasikan pada kapasitas debit rata-rata.



Gambar 2.3. Sistem Pengaliran Distribusi Air Cara Gabungan

2.5.2 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Sistem Cabang (*branch*)

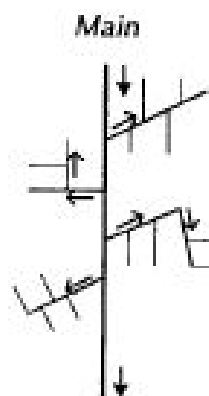
Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk utama (*primary feeders*), tersambung pipa induk sekunder (*secondary feeders*), dan pada pipa induk sekunder tersambung pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) yang terhubung dengan penyediaan air minum dalam gedung. Dalam pipa dengan jalur buntu, arah aliran air selalu sama dan suatu areal mendapat suplai air dari satu pipa tunggal.

Kelebihan:

- a. Sistem ini sederhana dan desain jaringan perpipaannya juga sederhana.
- b. Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
- c. Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
- d. Pipa dapat ditambahkan bila diperlukan (pengembangan kota).
- e. Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas.
- f. Membutuhkan beberapa katup untuk mengoperasikan sistem.

Kekurangan:

- a. Saat terjadi kerusakan, air tidak tersedia untuk sementara waktu.
- b. Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipa tunggal.
- c. Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
- d. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambalan areal ke dalam sistem penyediaan air minum.



Gambar 2.4. Bentuk Sistem Distribusi dengan Sistem Cabang

2. Sistem Gridiron

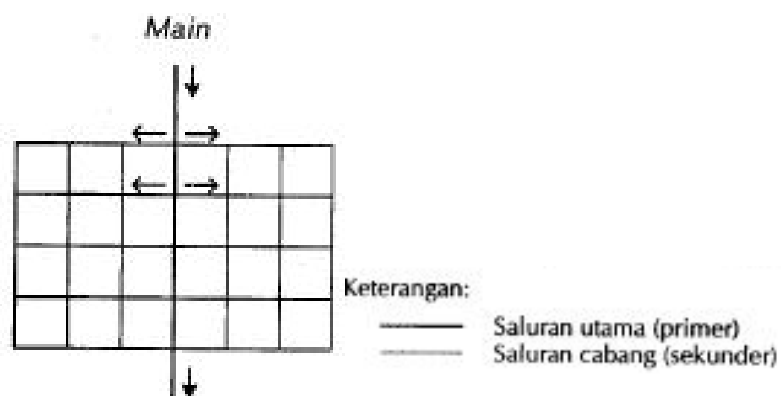
Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. Sistem ini paling banyak digunakan.

Kelebihan:

- Air dalam sistem mengalir bebas ke beberapa arah dan tidak terjadi stagnasi seperti bentuk cabang.
- Ketika ada perbaikan pipa, air yang tersambung dengan pipa tersebut tetap mendapat air dari bagian yang lain.
- Ketika terjadi kebakaran, air tersedia dari semua arah.
- Kehilangan tekanan pada semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan:

- Perhitungan ukuran pipa lebih rumit.
- Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipa sehingga lebih mahal.



Gambar 2.5. Bentuk Sistem Distribusi dengan Sistem Gridiron

3. Sistem Melingkar (*loop*)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing

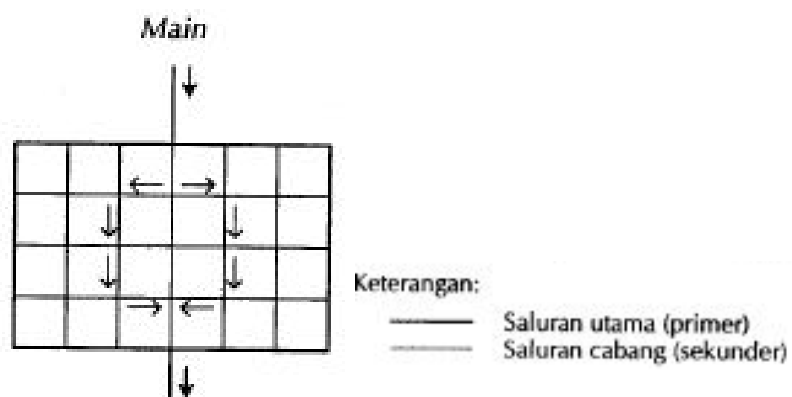
mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung (Gambar 2.3.c). Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini paling ideal.

Kelebihan:

- Setiap titik mendapat suplai dari dua arah.
- Saat terjadi kerusakan pipa, air dapat disediakan dari arah lain.
- Untuk memadamkan kebakaran, air tersedia dari segala arah.
- Desain pipa mudah.

Kekurangan:

- Membutuhkan lebih banyak pipa.
- Kurang Ekonomis



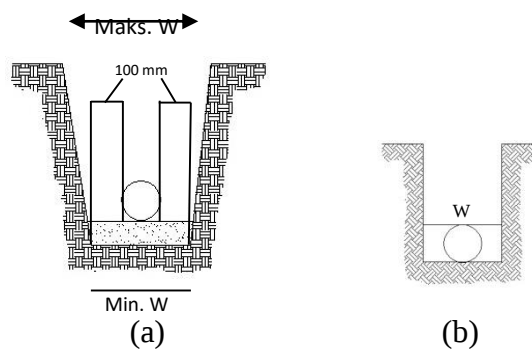
Gambar 2.6. Bentuk Sistem Distribusi dengan Sistem Loop

Hampir tidak ada sistem distribusi yang menggunakan tata letak tunggal, umumnya merupakan gabungan dari ketiganya (Joko Tri, 2010:14-19)

2.6 Perpipaan Distribusi

2.6.1 Penanaman Pipa

Penanaman pipa menurut *RSNI T-17-2004, Tata Cara Pengadaan, Pemasangan dan Pengujian Pipa PVC untuk Penyediaan Air Minum* yang harus mempunyai lebar galian (W) lebih besar dari 20cm ditambah diameter pipa atau sesuai Tabel 2.9, agar pipa dapat diletakkan dan disambung dengan baik.



Gambar 2.7 (a) Lebar Galian, (b) Galian Pada Tanah Stabil

1. Galian Tanah

a) Tanah Stabil

Tanah stabil mempunyai dinding saluran yang tidak mudah runtuh setelah penggalian. Pada kondisi ini, lebar galian sesuai gambar 2.7 (b).

Tabel 2.8 Lebar Galian

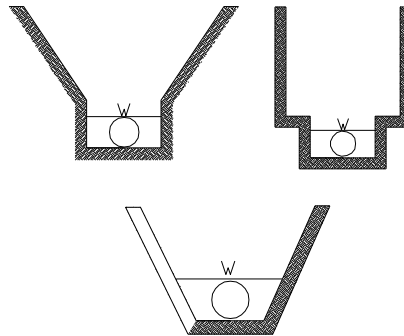
Diameter Pipa (mm)	Maksimum Lebar Galian (W) (mm)
50-100	750
150-195	850

(Sumber : *RSNI T-17-2004, Tata Cara Pengadaan, Pemasangan dan Pengujian Pipa PVC untuk Penyediaan Air Minum*)

b) Tanah Tidak Stabil

Tanah tidak stabil ditunjukkan dengan adanya kemudahan runtuh dari dinding saluran. Pada area terbuka yang luas, lebar galian dapat

dibuat lebih luas dengan galian lebih kecil pada dasar saluran. Sedangkan pada area yang sempit, penompang saluran dengan kayu dapat digunakan.



Gambar 2.8 Galian pada Tanah Tidak Stabil

2. Kedalaman Galian

Minimum kedalaman pipa adalah:

- 1) 300 mm untuk pipa yang tertanam di bawah permukaan tanah biasa
- 2) 450 mm untuk pipa yang tertanam di sisi jalan dan dibawah permukaan jalan kecil
- 3) 600 mm untuk pipa yang tertanam dibawah permukaan jalan besar dengan perkerasan
- 4) 750 mm untuk pipa yang tertanam dibawah permukaan jalan besar tanpa perkerasan

3. Pengurugan Tanah

Pengurugan pipa dengan memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Pengurugan menggunakan pasir, atau butiran tanah halus dengan ukuran lebih kecil dari 20 mm untuk dasar atau sisi dari saluran maupun atas pipa, dan jangan menggunakan tanah liat atau gambut.
- 2) Pengurugan dibawah pipa mulai dari pasir atas sampai dengan garis tengah pipa, diletakkan secara berlapis dengan ketebalan kurang lebih 10 cm, kemudian dipadatkan
- 3) Urugan diatas pipa pada kedalaman 30cm di atas puncak pipa sampai diameter 195 mm
- 4) Urugan dengan kedalaman 30 cm di atas pipa sampai permukaan.

Tabel 2.9 Standar Dimensi Galian Pipa

No.	Dimensi Galian						
	Ø (m)	H (m)	B (m)	t1 (m)	t2 (m)	t (m)	V.pipa
1	0.900	2.2	1.1	0.15	0.15	-	0.63617
2	0.800	2.0	1.0	0.15	0.15	-	0.50265
3	0.700	1.8	0.9	0.15	0.15	-	0.38484
4	0.600	1.6	0.8	0.15	0.15	-	0.28274
5	0.500	1.4	0.7	0.15	0.15	-	0.19634
6	0.400	1.2	0.6	0.15	0.15	-	0.12566
7	0.315	1.1	0.5	0.15	0.15	-	0.07789
8	0.250	1.0	0.5	0.15	0.15	-	0.04906
9	0.200	1.0	0.4	0.15	0.15	-	0.03140
10	0.160	0.9	0.4	0.15	0.15	-	0.02010
11	0.110	0.8	0.3	0.15	0.15	-	0.00950
12	0.090	0.7	0.3	0.10	0.10	-	0.00636
13	0.063	0.6	0.3	0.05	0.05	-	0.00312

(Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang)

2.6.2 Perlengkapan Pipa

Selain pipa distribusi, diperlukan juga perlengkapan tambahan untuk pengaliran air dalam sistem ini. Perlengkapan pipa distribusi antara lain:

1. Katup udara (*air valve*)

Kecuali pada jembatan pipa dan pada jalur distribusi utama yang relatif panjang, pada umumnya peralatan ini tidak diperlukan pada perpipaan distribusi. Hal ini disebabkan karena selain pada umumnya jalur pipa tidak terlalu panjang, juga sambungan rumah dapat berfungsi sebagai pelepas udara yang ada di dalam pipa.

2. Penguras

Perlengkapan penguras diperlukan untuk mengeluarkan kotoran/endapan yang terdapat di dalam pipa. Biasa dipasang di tempat yang paling rendah pada perpipaan distribusi dan pada jembatan pipa.

3. Hidran kebakaran (*fire hydrant*)

Unit ini perlu disediakan pada perpipaan distribusi sebagai tempat (sarana) pengambilan air yang diperlukan pada saat terjadi kebakaran. Biasa ditempatkan di tempat-tempat yang menjadi pusat keramaian/ kegiatan, seperti halnya pusat pertokoan, pasar, perumahan, dan lain-lain.

Hidran kebakaran juga bisa berfungsi sebagai penguras. Dalam hal ini penempatannya di tempat-tempat yang rendah, umumnya dengan interval jarak 300 m, atau bergantung kepada kondisi daerah/ peruntukan dan kepadatan bangunannya. Diameter pipa distribusi di mana unit hidran kebakaran disambungkan minimum 80 mm.

4. *Stop/ Gate Valve*

Dalam suatu daerah perencanaan yang terbagi atas blok-blok pelayanan, tergantung dari kondisi topografi dan prasarana yang ada, perlu dipasang *gate valve*. Perlengkapan ini diperlukan untuk melakukan pemisahan/ melokalisasi suatu blok pelayanan/ jalur tertentu yang sangat berguna pada saat perawatan. Biasanya *gate valve* dipasang pada setiap percabangan pipa selain itu perlengkapan ini biasa dipasang sebelum dan sesudah jembatan pipa, siphon, dan persimpangan jalan raya.

5. Perkakas (*fitting*)

Perkakas (*tee, bend, reducer*, dan lain-lain) perlu disediakan dan dipasang pada perpipaan distribusi sesuai dengan keperluan di lapangan. Apabila pada suatu jalur pipa terdapat lengkungan yang memiliki radius yang sangat besar, penggunaan perkakas belokan (*bend*) boleh tidak dilakukan selama defleksi pada sambungan pipa tersebut masih sesuai dengan yang disyaratkan untuk jenis pipa tersebut.

6. Peralatan Kontrol Aliran

Kalau dianggap perlu, pada setiap jarak 200 – 300 m pada jalur pipa distribusi harus dipasang alat kontrol untuk menanggulangi terjadinya penyumbatan (*clogging*) dalam pipa akibat kotoran yang terendapkan.

Unit peralatan ini terdiri atas *gate valve* dan perkakas tempat memasukkan alat pembersih ke dalam pipa serta tempat penggelontoran. Penempatan peralatan ini harus dipilih pada tempat yang relatif luas dan ada saluran/ tempat yang lebih rendah untuk membuang air dari penggelontoran tersebut.

7. Jalur Pipa Sekunder/ Tersier

Sambungan rumah/ sambungan ke bangunan lain tidak boleh dilakukan terhadap pipa induk distribusi yang diameternya lebih besar dari 150 mm.

Untuk itu diperlukan perpipaan sekunder/ tersier yang berdiameter 80 mm atau 50 mm yang dipasang sejajar (sesuai dengan keperluan) dengan diameter pipa induk tadi untuk tempat pemasangan sambungan rumah tersebut.

Apabila pada kedua tepi jalan posisi bangunan rumah cukup rapat, maka diperlukan pemasangan pipa sekunder/ tersier di kedua tepi jalan tersebut untuk mengurangi terjadinya penyeberangan pipa terhadap jalan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi/ menghindari kemungkinan banyaknya kebocoran yang sering/ biasa terjadi pada penyeberangan pipa akibat pecahnya pipa tersebut (*Joko Tri, 2010: 23-26*).

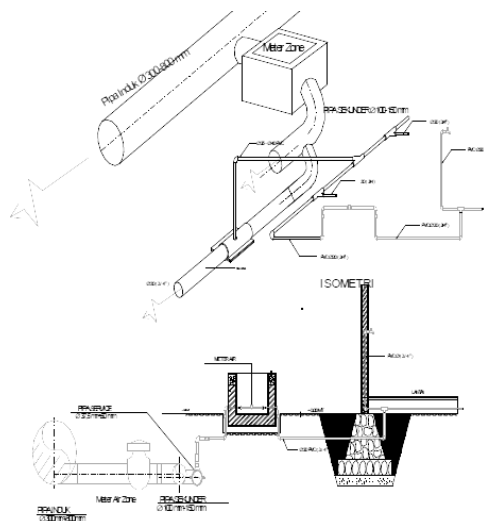
i. Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan merupakan rangkaian pipa yang menghubungkan antara reservoir dengan daerah pelayanan (konsumen). Secara hirarki disusun menurut banyak jumlah air yang dibawa. Secara umum hirarki

pipa disusun sebagai berikut:

1. Pipa induk
2. Pipa sekunder/tersier atau pipa retikulasi
3. Pipa service

Hirarki pipa ini searah hidrolis terisolasi. Hal ini berarti air dari hirarki yang lebih tinggi terkendali alirannya ke hirarki yang lebih rendah. Dengan demikian tekanan air di pipa induk akan lebih tinggi dari yang ada di pipa retikulasi dan pengaturannya antara kedua jenis pipa ini dilakukan oleh valve atau valve pengatur tekanan (pressure reducing valve). Sedangkan debit air yang mengalir di pipa mengalir secara satu arah yaitu pipa induk ke pipa retikulasi. Untuk itu antara pipa induk dan pipa retikulasi dilengkapi dengan katup (valve) pengatur debit juga dipakai check valve.



Gambar 2.9 Hirarki Sistem Perpipaan

1. Pipa Induk

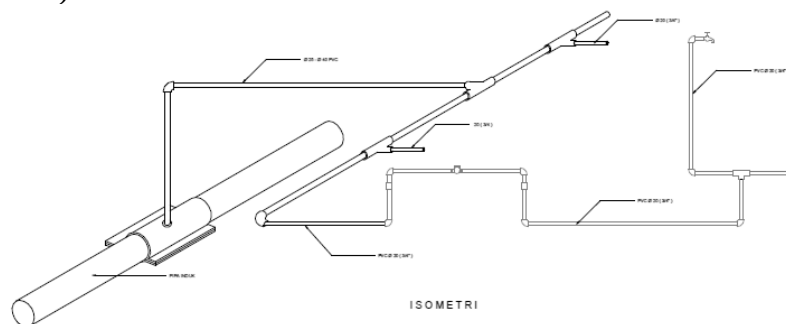
Pipa induk adalah pipa yang menghubungkan antara tempat penampungan dengan pipa tersier. Jenis pipa ini mempunyai pipa terbesar. Umumnya dirancang untuk menjangkau pelayanan sampai 10 tahun kedepan. Untuk menjaga kestabilan aliran maka pipa induk tidak diperbolehkan untuk disadap langsung oleh pipa service atau pipa yang langsung mengalirkan air ke rumah-rumah.

2. Pipa Sekunder atau Pipa Retikulasi

Pipa retikulasi adalah pipa yang menghubungkan antara pipa induk dengan pipa yang hirarkinya satu tingkat dibawahnya. Pada sistem yang besar pipa retikulasi akan berhubungan dengan retikulasi yang lebih kecil, sedangkan pada sistem yang kecil akan berhubungan dengan pipa yang melayani langsung kerumah-rumah atau pipa service. Pipa retikulasi umumnya dirancang untuk melayani kebutuhan air sampai 5 tahun kedepan.

3. Pipa Service

Pipa Service adalah pipa yang menghubungkan dari pipa retikulasi langsung kerumah-rumah. Pada pipa retikulasi dihubungkan dengan pipa service dengan menggunakan clamp saddle. Diameter pipa jenis ini adalah terkecil dari jenis pipa lainnya (Martin Dharmasetiawan, 2000: 5-8).



Gambar 2.10 Sistem Perpipaan Service

2.7 Metode Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk menghitung perkiraan jumlah penduduk dalam waktu kedepan, secara umum dapat digunakan perhitungan dengan metode perhitungan aritmatik, geometrik dan requesi eksponensial. Berikut penjelasan mengenai ketiga metode tersebut menurut Prof. Sri Moertiningsih Adioetomo, Ph.D. dan Omas Bulan Samosir dalam bukunya Dasar-Dasar Demografi (2015:227-228):

2.7.1 Metode Aritmatik

Perkiraan penduduk masa depan dengan metode arit

matik (*arithmetic rate of growth*) mengasumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Berikut ini adalah rumusan metode aritmatik.

$$P_n = P_0 (1 + rn) \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk tahun n

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal (dasar)

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)

2.7.2 Metode Geometrik

Perkiraan jumlah penduduk pada masa depan dengan metode geometrik mengasumsikan bahwa jumlah penduduk akan bertumbuh secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga-berbunga (bunga majemuk). Dalam hal ini angka pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk setiap tahun. Berikut ini adalah rumus metode geometrik.

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

P_n = Jumlah penduduk tahun n

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal (dasar)

r = Angka pertumbuhan penduduk

n = Periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)

2.7.3 Metode Requesi Eksponensial

Pertumbuhan penduduk secara geometrik mengasumsikan bahwa tambahan penduduk hanya terjadi pada satu saat selama satu kurun waktu

tertentu. Misalnya, penambahan penduduk dalam satu tahun hanya terjadi pada tiap awal tahun, pertengahan tahun, atau pada tiap akhir tahun saja. Padahal kenyataannya, penambahan penduduk dapat terjadi kapan saja sepanjang tahun (Shryock dan Siegel, 1971). Dengan demikian, diperlukan suatu rumus yang lebih menggambarkan penambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-demi sedikit sepanjang tahun. Dalam hal ini, metode eksponensial lebih tepat digunakan. Berikut adalah rumus metode eksponensial.

$$P_n = P_0 \times e^{rn} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

- P_n = Jumlah penduduk tahun n atau t
 P_0 = Jumlah penduduk tahun awal
 r = angka pertumbuhan penduduk
 n = periode waktu antara tahun dasar dan tahun n (dalam tahun)
 e = Bilangan pokok dari sistem logaritma natural yang besarnya sama dengan 2,7182818

2.7.4 Standar Deviasi dan Koefisien Korelasi

Untuk menentukan pilihan rumus proyeksi jumlah penduduk yang akan digunakan dengan hasil perhitungan yang paling mendekati kebenaran harus dilakukan analisis dengan menghitung standar deviasi atau koefisien korelasi. Rumus standar deviasi dan koefisien korelasi adalah sebagai berikut :

1. Standar deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-X_i)^2}{n-1}} \text{ untuk } n > 20 \dots\dots\dots (2.4)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X-X_i)^2}{n}} \text{ untuk } n = 20 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

s = standar deviasi

X_i = variabel independen X (jumlah penduduk)

$\bar{X}$ = rata-rata X

n = jumlah data

2. Koefisien korelasi

Metode perhitungan proyeksi penduduk yang menghasilkan koefisien paling mendekati 1 adalah metoda yang terpilih (Permen PU No.13, 2013).

2.8 Analisis Jaringan Pipa

2.8.1 Dimensi Pipa

Didalam suatu perencanaan suatu jaringan pipa distribusi pendimensian pipa sangat diperlukan, agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu sistem perencanaan. Rumus yang digunakan adalah:

$$A = Q/V \dots\dots\dots (2.6)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

Q = Debit pengaliran ($m^3/detik$)

V = Kecepatan aliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = Diameter (m)

(Bambang Triatmodjo, 2015:28)

2.9 Fluktuasi Pemakaian Air

1. Hari maksimum

Yaitu dalam periode satu minggu, bulan atau tahun terdapat hari-hari tertentu dimana pemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh musim. Pada saat pemakaian demikian disebut pemakaian hari

maksimum. Besarnya faktor hari maksimum adalah berdasarkan pengamatan karakteristik daerah tersebut adalah sekitar 110 % dikalikan debit rata rata. Kebutuhan air produksi direncanakan sama dengan kebutuhan maksimum.

2. Hari Kebutuhan Puncak

Yaitu dalam periode satu hari, terdapat jam jam tertentu dimana pemakaian airnya maksimum. Keadaan ini dicapai karena adanya pengaruh pola pemakaian air harian. Pada saat pemakaian demikian disebut pemakaian puncak. Besarnya faktor puncak adalah berdasarkan pengamatan karakteristik daerah tersebut adalah sekitar 140-170 % dikalikan debit rata rata. Kapasitas pipa induk dan retikulasi direncanakan sama dengan kebutuhan puncak (*Martin Dharmasetiawan, 2004:20-23*).

Tabel 2.10 Fluktuasi Pemakaian Air Per jam

Jam	Persentase Pemakaian (%)	Jam	Persentase Pemakaian (%)
0-1	0	12-13	5
1-2	0	13-14	3,5
2-3	0,5	14-15	3,5
3-4	3	15-16	6
4-5	6	16-17	6,5
5-6	6,5	17-18	6,5
6-7	7,5	18-19	5,5
7-8	7	19-20	5
8-9	5	20-21	4
9-10	4	21-22	3,5
10-11	4	22-23	2
11-12	4,5	23-24	1

(Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang)

2.10 Reservoir

Reservoir berfungsi untuk menjembatani pemakaian yang berfluktuasi pada jaringan pipa distribusi dan pasokan air yang konstan pada produksi. Untuk itu asumsi kebutuhan air sangat penting untuk dapat menghitung volume reservoir dengan cara grafis dan matematis (*Martin Dharmasetiawan, 2004:20-23*).

Reservoir dapat dibedakan menjadi beberapa jenis. Berikut jenis-jenis reservoir berdasar perletakannya menurut Selintung, et al, Bahan Ajar Mata Kuliah Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum:

1. Reservoir Bawah Tanah (*Ground Reservoir*)

Ground Reservoir dibangun dibawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini digunakan bila head yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan *ground reservoir* lebih dari satu.

2. Menara Reservoir (*Elevated Reservoir*)

Reservoir ini digunakan bila head yang tersedia dengan menggunakan *ground reservoir* tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. Dengan menggunakan *elevated reservoir* maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada head yang dibutuhkan.

3. Stand Pipe

Reservoir jenis ini hampir sama dengan *elevated reservoir*, dipakai sebagai alternatif terakhir bila *ground reservoir* tidak dapat diterapkan karena daerah pelayanan datar.

2.11 Kehilangan Tinggi Tekan

Setiap pipa dari sistem jaringan terdapat hubungan antara kehilangan tenaga dan debit. Secara umum hubungan tersebut dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$H_f = k \cdot Q^m \dots\dots\dots (2.9)$$

dengan :

m = tergantung pada rumus gesekan pipa yang digunakan

k = koefisien yang tergantung pada rumus gesekan dan karakteristik pipa

Sebenarnya nilai pangkat m tidak selalu konstan, kecuali bila pengaliran berada pada keadaan hidrolis kasar, yang sedapat mungkin dihindari. Akan tetapi karena perbedaan kecepatan pada masing-masing elemen tidak besar, maka biasanya nilai m dianggap konstan untuk semua elemen.

Sebagai contoh untuk rumus Darcy-weisbach :

$$h_f = kQ^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

dengan :

$$k = \frac{8fL}{g\pi^2 D^5} \dots\dots\dots (2.11)$$

keterangan :

h_f = kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan

k = koefisien gesekan

L = panjang pipa

g = gravitasi

D = diameter pipa

(Bambang Triatmodjo, 2015:92)

Berikut beberapa persamaan kehilangan tekanan pada pipa menurut Ir. Martin Dhamasetiawan dalam bukunya Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum, 2000:

1. Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William adalah yang paling umum dipakai, persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm.

Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut:

$$h_L = \left(\frac{Q}{0,2785}\right)^{1,85} \cdot C \cdot d^{2,63} \cdot L \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

L = panjang pipa

C = Koefisien Hazen William

Tabel 2.11 Koefisien Hazen William

No	Jenis (Material) Pipa	Nilai C
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinyl Chloride (PVC)	120-140
3	High Density Poly Ethylene (HDPE)	130
4	Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
5	Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)	110
6	Besi Tuang, cast Iron (CIP)	110
7	Galvanized Iron Pipe (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

(Sumber : Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum ,2000)

2. Persamaan Darcy Weisbach

Persamaan Darcy secara diturunkan secara matematis dan menyatakan kehilangan tekanan sebanding dengan kecepatan kuadrat aliran air, panjang pipa dan berbanding terbalik dengan diameter. Kemudian secara empiris ditentukan suatu faktor f.

$$h_L = f \cdot \left(\frac{L}{d}\right) \cdot \left(\frac{V_1^2}{2g}\right) \dots\dots\dots (2.13)$$

Perumusan koefisien f yang paling lazim dipakai adalah dengan metoda Colebrook.

$$1/\sqrt{f} = -2 \log \left[\varepsilon / (3,7 \cdot d) + 2,51 / (R_E \cdot \sqrt{f}) \right] \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

Re = Bilangan Reynold

ε = Ketidaksempurnaan permukaan lihat **tabel 2.12**

d = Diameter nominal

Tabel 2.12 Nilai ϵ untuk koefisien Colebrook

No	Lapisan Dalam Pipa	Nilai dalam mm	
		Nilai Ancarancar	Angka Perencanaan
1	Kuningan	0,0015	0,0015
2	Tembaga	0,0015	0,0015
3	Beton	0,3-3,0	1,2
4	Besi Tuang-tanpa pelapisan	0,12-0,61	0,24
5	Besi Tuang-pelapisan aspal	0,061-0,183	0,12
6	Besi Tuang-pelapisan semen	0,0024	0,0024
7	Galvanized Iron Pipe	0,061-0,24	0,150
8	Pipa Besi	0,030-0,024	0,061
9	Welded Steel Pipe	0,020-0,091	0,061
10	Riveted Steel Pipe	0,020-0,091	1,81
11	PVC	0,0015	0,0015
12	HDPE	0,007	0,007

(Sumber : Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum ,2000)

Perumusan ini dipakai untuk aliran yang lebih laminar sehingga lebih cocok untuk pipa dengan diameter kecil (<50mm).

3. Persamaan Strickler dengan koefisien Manning

Persamaan ini umum dipakai di saluran terbuka, tetapi dapat pula dipakai di jaringan perpipaan.

$$hgs = \frac{v^2 \cdot l}{Kst^2 \cdot R^{4/3}} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$Kst = \frac{1}{n} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana:

n = adalah koefisien Manning

Tabel 2.13 Nilai n untuk koefisien Manning

No	Lapisan Dalam Pipa	Nilai n
1	Asbestos Cement Pipe (ACP)	0,011
2	Tembaga	0,011
3	Pipa Beton	0,011
4	Besi Tuang	0,012
5	Galvanized Iron Pipe	0,012
6	Pipa Besi	0,012
7	Welded Steel Pipe	0,010
8	Riveted Steel Pipe	0,019
9	PVC	0,010
10	HDPE	0,010

(Sumber : Sistem Perpipaan Distribusi Air Minum ,2000)

2.12 Program Pelaksanaan Lapangan

2.12.1 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) yaitu perhitungan biaya bangunan berdasarkan gambar bangunan dan spesifikasi pekerjaan konstruksi yang akan dibangun, sehingga dengan adanya RAB dapat dijadikan sebagai acuan pelaksanaan pekerjaan.

Untuk menghitung RAB diperlukan data-data antara lain:

1. Gambar rencana bangunan
2. Spesifikasi teknis pekerjaan yang biasa disebut sebagai Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS)
3. Volume pekerjaan masing-masing pekerjaan yang akan dilaksanakan.
4. Daftar harga bahan dan upah pekerja saat pekerjaan dilaksanakan.
5. Analisa harga satuan pekerjaan.
6. Metode kerja pelaksanaan

(<http://www.ilmusipil.com/rencana-anggaran-biaya-bangunan>)

2.12.2 Network Planning (NWP)

Dalam kaitannya dengan waktu, seorang manager proyek harus dapat merencanakan waktu yang efektif dan efisien agar tidak terjadi keterlambatan dalam pelaksanaannya. Salah satu metode yang digunakan

dalam membuat perencanaan waktu pada pelaksanaan proyek adalah diagram jaringan kerja atau *network planning*.

Metode jaringan kerja, menurut Istimawan Dipohusodo, merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antarkegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan. Jaringan kerja ini nantinya akan sangat membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis serta akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

Ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja (Callahan 1992), yaitu:

1. menentukan Aktivitas/Kegiatan;
2. menentukan Durasi Aktivitas/Kegiatan;
3. mendeskripsikan Aktivitas/Kegiatan;
4. menentukan Hubungan yang Logis.

2.12.3 Bar chart

Barchart atau Diagram Batang atau Bagan Balok yaitu sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Callahan, 1992).

Penggunaan *Barchart* bertujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pada saat pelaporan. Penggambaran *Barchart* terdiri dari

kolom dan baris. Pada kolom tersusun urutan kegiatan yang disusun secara berurutan, sedangkan baris menunjukkan periode waktu yang dapat berupa hari, minggu, ataupun bulan.

2.12.4 Kurva S

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertikal sebagai nilai kumulatif biaya atau penyelesaian (progres) kegiatan dan sumbu horizontal sebagai waktu (Soeharto, 1997). Kurva S menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek.

Dari beberapa definisi diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kegunaan dari Kurva S adalah sebagai berikut.

1. untuk menganalisis kemajuan/progres suatu proyek secara keseluruhan
2. untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek
3. untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S aktual (*Widiasanti dan Lenggogeni, 2013: 48-49,77-79,125-126*).

