

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Penyediaan Air Bersih

Air adalah salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya, tanpa air tidak akan ada kehidupan di bumi ini. Sedangkan yang dimaksud air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari – hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi sistem penyediaan air minum.

Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas fisik, kimia, biologi, dan radiologis sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping.

Air merupakan suatu sarana utama untuk meningkatkan kesehatan. Fungsi terpenting dari sistem penyediaan air bersih adalah pencegahan penyebaran penyakit melalui air.

Tujuan sistem penyediaan air bersih adalah agar dapat menyalurkan/mensuplai air bersih kepada konsumen dalam jumlah yang cukup. Bagian terpenting dalam sistem penyediaan air bersih adalah sumber air baku.

2.2 Sumber-Sumber Air

Di bumi ini ada beberapa sumber air yang sangat penting bagi kehidupan manusia yang dapat dimanfaatkan untuk penyediaan air bersih. Peradaban sumber air juga berpengaruh pada perbedaan sifat fisik, kimiawi, dan bakteriologi.

Dalam sistem penyediaan air bersih, sumber air merupakan satu komponen yang mutlak dan harus ada, karena tanpa sumber air sistem penyediaan air bersih tidak akan berfungsi. Dengan mengetahui karakteristik masing – masing sumber air serta faktor – faktor yang mempengaruhinya, diharapkan dapat membantu di dalam pemilihan air baku untuk suatu sistem penyediaan air bersih, serta mempermudah tahapan selanjutnya di dalam pemilihan tipe dari pengolahan untuk menghasilkan

air yang memenuhi standar kualitas secara fisik, kimiawi dan bakteriologis. Secara umum sumber air adalah sebagai berikut :

1. Air permukaan

Air permukaan adalah air yang sudah tersedia di alam contohnya sungai, rawa, danau, laut. Pada umumnya air permukaan ini akan mendapat pengotoran selama pengalirannya, misalnya oleh lumpur, batang-batang kayu, daun-daun, kotoran industri dan sebagainya. Kekeruhan air permukaan cukup tinggi karena banyak mengandung lempung dan substansi organik.. sehingga ciri air permukaan yaitu memiliki padatan terendap (*dissolved solid*) rendah, dan bahan tersuspensi (*suspended solid*) tinggi.

a. Air Sungai

Air Sungai adalah air hujan yang jatuh kepermukaan bumi dan tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir secara gravitasi searah dengan kemiringan permukaan tanah dan mengalir melewati aliran sungai. Sebagai salah satu sumber air minum, air sungai harus mengalami pengolahan secara sempurna karena pada umumnya memiliki derajat pengotoran yang tinggi.

b. Air Danau

Air danau adalah air permukaan yang berasal dari hujan atau air tanah yang keler ke permukaan, terkumpul pada suatu tempat yang relative rendah/cekung. Termasuk kategori supaya adalah air rawa, air tendon, air waduk/dam.

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air bersih adalah :

- Air waduk yang berasal dari air hujan
- Air sungai yang berasal dari air hujan, air sungai, atau mata air.

Di daerah hulu pemenuhan kebutuhan air secara kuantitas dan kualitas dapat disuplai oleh air sungai, tetapi di daerah hilir pemenuhan kebutuhan air sudah tidak dapat disuplai secara kualitas lagi karena pengaruh lingkungan seperti sedimentasi serta kontaminasi oleh zat – zat pencemar seperti *Total Suspended Oil (TSS)* yang berpengaruh pada kekeruhan dan limbah industri yang telah banyak tercemar di lingkungan.

2. Air Tanah

Air tanah (*Ground Water*) merupakan air yang mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melewati lapisan tanah dan juga air yang berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan bumi lalu meresap ke dalam tanah dan mengisi rongga – rongga atau pori – pori dalam tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang baik karena zat – zat pencemar air tertahan oleh lapisan tanah.

Bila ditinjau dari kedalaman air tanah maka air tanah dibedakan menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal mempunyai kualitas lebih rendah dibanding kualitas air tanah dalam. Hal ini disebabkan air tanah dangkal lebih mudah terkontaminasi dari luar dan fungsi tanah sebagai penyaring lebih sedikit. Air tanah terbagi atas :

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah lebih banyak mengandung zat kimia berupa garam – garam terlarut meskipun kelihatan jernih karena sudah melewati lapisan tanah yang masing – masing mempunyai unsur – unsur kimia tertentu.

Meskipun lapisan tanah di sini berfungsi sebagai saringan namun pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Air tanah dangkal umumnya mempunyai kedalaman kurang dari 50 meter.

b. Mata Air

Mata air menurut segi kualitasnya adalah yang sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan tanah akibat tekanan sehingga belum terkontaminasi oleh zat – zat pencemar.

Dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Begitu pula bila mata air tersebut terus – menerus diambil maka lama kelamaan akan habis.

3. Air Laut

Air laut adalah salah satu sumber air walaupun tidak termasuk kategori yang biasa dipilih sebagai sumber air baku untuk air bersih atau air minum, karena memiliki kandungan garam (NaCl) yang cukup besar.

4. Air Hujan

Air hujan dapat menjadi air minum akan tetapi untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran. Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa – pipa penyalur maupun bak – bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi atau karatan.

Air hujan juga mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun. Sifat – sifat air hujan :

Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat – zat mineral. Air hujan umumnya bersifat bersih. Dapat bersifat korosif karena mengandung zat – zat yang terdapat di udara seperti NH₃, CO₂ Agresif, ataupun SO₂ dan adanya konsentrasi SO₂ yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (*acid rain*).

Dari segi kuantitas air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung dengan musim di Indonesia.

2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu :

1. Kualitas air bersih

Air bersih di pengaruhi oleh bahan baku air itu sendiri atau mutu air tersebut baik yang langsung berasal dari alam atau yang sudah melalui proses pengolahan.

2. Kuantitas air

Tergantung jumlah dan ketersediaan air yang akan diolah pada penyediaan air bersih yang dibutuhkan sesuai dengan banyaknya konsumen yang akan dilayani.

3. Kontinuitas air

Menyangkut kebutuhan air yang terus menerus digunakan karena air merupakan kebutuhan pokok manusia apalagi air sangat dibutuhkan pada musim kemarau tiba.

2.3.1 Kualitas air

Air baku yang digunakan menghasilkan air bersih yang telah memenuhi syarat yang tertuang dalam peraturan pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian pencemaran air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan kriteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas :

1. Kelas I yaitu air yang diperuntukan untuk air baku air minum yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaannya.
2. Kelas II yaitu air yang diperuntukan untuk (prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan tawar, peternakan, untuk mengaliri tanaman.
3. Kelas III yaitu air yang digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar peternakan, untuk mengaliri tanaman. Atau untuk peruntukan lainnya yang sama jenis kegunaannya.
4. Kelas IV yaitu air yang digunakan untuk mengaliri tanaman atau untuk peruntukan lainnya yang mempersyaratkan mutu yang sama kegunaannya.

Tabel 2.1
Kriteria Mutu Air Kelas 1

PARAMATER	SATUAN	KELAS 1	KETERANGAN
FISIKA			
Temperatur	⁰ C	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari keadaan alamiah
Residu Terlarut	Mg/L	1000	
Residu Tersuspensi	Mg/L	50	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 Mg/L
KIMIA ORGANIK			
Ph	Mg/L	6-9	Apabila secara alamiah diluar rentang konvensional tersebut, maka ditentukan berdasarkan kondisi ilmiah
BOD	Mg/L	2	
COD	Mg/L	10	
DO	Mg/L	16	Angka batas minimum
Total Fosfat sbg P	Mg/L	0,2	
NO ₃ sebagai N	Mg/L	10	
NH ₃ - N		0,5	Bagi perikanan, kandungan amoniak bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ Mg/L sebagai NH ₃
Arsen	Mg/L	0,05	

Kobalt	Mg/L	0,2	
Barium	Mg/L	1	
Boron	Mg/L	1	
Selenium	Mg/L	0,01	
Kadmium	Mg/L	0,01	
Khrom(VI)	Mg/L	0,05	
Tembaga	Mg/L	0,02	Bagi pengolah air minum secara konvensional, $Cu \leq 1$ Mg/L
Besi	Mg/L	0,3	Bagi pengolah air minum secara konvensional, $Fe \leq 5$ Mg/L
Timbal	Mg/L	0,03	Bagi pengolah air minum secara konvensional, $Pb \leq 0,1$ Mg/L
Mangan	Mg/L	0,1	
Air raksa	Mg/L	0.001	
Seng	Mg/L	0,05	Bagi pengolah air minum secara konvensional, $Zn \leq 5$ Mg/L
Khlorida	Mg/L	600	
Sianida	Mg/L	0,02	
Fluorida	Mg/L	0,5	
Nitrit sebagai N	Mg/L	0,06	Bagi pengolah air minum secara konvensional, $NO_2_N \leq 1$ Mg/L
Sulfat	Mg/L	400	
Khlorin bebas	Mg/L	0,03	Bagi ABAM tidak dipersyaratkan

Belerang sebagai H ₂ S	Mg/L	0,002	Bagi pengolah air minum secara konvensional, H ₂ S < 0,1 Mg/L
MIKROBIOLOGI			
-Total colifon	Jml/100ml	1000	
-RADIOKTIVITAS			
-Gross-A	Bg/L	0,1	
-Gross-B	Bg/L	1	
KIMIA ORGANIK			
Minyak dan lemak	Ug/L	1000	
Detergen sebagai MBAS	Ug/L	200	
Senyawa fenol sebagai fenol	Ug/L	1	
BHC	Ug/L	210	
Aldrin/Dieldrin	Ug/L	17	
Chlordane	Ug/L	3	
DDT	Ug/L	2	
Heptachlor dan heptachlor epoxide	Ug/L	18	
Lindane	Ug/L	56	
Methoxychlor	Ug/L	35	
Ndrin	Ug/L	1	
Toxamphan	Ug/L	5	

(Sumber : PP No 82 tahun 2001 tentang pengolahan kualitas air dan pengendalian perencanaan air)

Keterangan :

Mg = miligram

Ug = microgram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

MBAS = Methylene blue aktif substance

ABAM = Air baku untuk air minum

Logam berat merupakan logam terlarut, nilai di atas merupakan batas maksimum, kecuali untuk pH dan DO. Bagi pH merupakan nilai rentang yang tidak boleh kurang atau lebih dari nilai yang tercantum. Nilai DO merupakan batas maksimum. Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan. Tanda (\leq) lebih kecil atau sama dengan tanda $<$ adalah lebih kecil.

Kualitas atau mutu air yang mengalir dalam suatu jaringan pipa distribusi air sangat penting, tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air bersih yaitu agar para konsumen pengguna distribusi air bersih terhindar dari berbagai macam penyakit. Perjalanan air langsung berhubungan dengan dinding pipa yang mempengaruhi kebersihan air.

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan biologis dan persyaratan radiologis. Syarat – syarat tersebut berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990 dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut :

1. Syarat – syarat fisik

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih 25°C , dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah $25^{\circ} \text{C} \pm 3^{\circ} \text{C}$.

- a. Bau

Air yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air.

b. Rasa

Air yang bersih biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan.

c. Warna

Air sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetis dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urin, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena khlor dapat membentuk senyawa – senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

d. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat organik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga merupakan sumber kekeruhan.

e. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi – reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembangbiak dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

f. Jumlah Zat Padat Terlarut

Jumlah Zat Padat Terlarut (TDS) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka keadaan akan naik pula. Selanjutnya, efek TDS ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

2. Syarat – syarat kimia

Dari segi parameter kimia, air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat – zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain air raksa (Hg), Alumunium (Al), Arsen (As), barium (Ba), besi (Fe), flourida (F), tembaga (Cu), derajat keasaman (pH), dan zat kimia lainnya.

Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari – hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990.

Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat – zat kimia lainnya yang melebihi ambang batas berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya antara lain sebagai berikut :

a. pH

Air sebaiknya tidak memiliki keasaman dan tidak basa untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5 – 9.

b. Besi (Fe)

Kada besi (Fe) yang melebihi ambang batas (1,0 mg/l) menyebabkan berkurangnya fungsi paru–paru dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

c. Klorida

Klorida adalah senyawa halogen klor (Cl), dalam jumlah yang banyak klor (Cl) akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air panas. Sebagai desinfektan, residu klor (Cl) dalam penyediaan air sengaja dipelihara, tetapi (Cl) ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen – hidrokarbon (Cl – HC) banyak diantaranya dikenal

sebagai senyawa – senyawa karsinogenik. Kadar maksimum klorida yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 600 mg/l.

d. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebenarnya diperlukan pada perkembangan tubuh manusia. Tetapi untuk dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI, SSP, ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, dan lainnya bahkan dapat meninggal dunia. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa, sambungan, dan peralatan dapur.

e. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan Metal kelabu – kemerahan. Keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf : insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng. Bila pemaparan berlanjut maka bicaranya melambat dan monoton, terjadi hyperrefleksi, clonus pada patella dan tumit, dan berjalan seperti penderita parkinsonism.

f. Seng (Zn)

Seng (Zn) pada air minum akan menimbulkan rasa kesat dan dapat menyebabkan gejala muntaber. Seng (Zn) dapat menimbulkan warna air menjadi *opalescent* dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Kadar maksimum seng (Zn) yang diperbolehkan di dalam air bersih adalah 15 mg/l,.

3. Syarat – syarat Mikrobiologis

Pada umumnya sumber – sumber air yang terdapat di alam bumi ini mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri bermacam – macam dan berbeda – beda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu, air yang digunakan untuk keperluan sehari – hari haruslah

bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coli tidak merupakan bakteri golongan patogen, namun bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

4. Syarat – syarat Radiktivitas

Apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama dilihat dari segi parameternya, yakni dapat menimbulkan kerusakan pada sel – sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian, dan juga perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti kembali apabila sel dapat beregenerasi dan apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetis dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

5. Syarat – syarat Bakteriologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit dan juga tidak boleh mengandung bakteri-bakteri golongan coli yang telah melebihi batas tertentu yaitu 1 coliper 100 ml air. Bakteri golongan ini berasal dari usus besar dan tanah. Bakteri patogen yang mungkin terdapat didalam air. Misalnya :

- a. Bakteri Typosium
- b. Vibrio Colerae
- c. Bakteri Dysentriae
- d. Entamoeba Hystolotica
- e. Bakteri Enteristis (prnyakit perut)

Persyaratan air bersih secara rinci tertuang dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/VII/2002 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum. Dalam pasal 2 mengenai ruang lingkup dan persyaratan air minum tercantum.

1) Jenis air minum meliputi :

- a. Air yang didistribusikan melalui pipa untuk keperluan rumah tangga
- b. Air yang didistribusikan melalui tangki air
- c. Air kemasan

- d. Air yang digunakan untuk produksi bahan makanan dan minuman yang disajikan kepada masyarakat
- 2) Persyaratan kesehatan air minum sebagai dimaksud pada ayat (1) meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik.
- 3) Persyaratan air minum sebagaimana dimaksud pada ayat tercantum pada ayat (2) tercantum dalam lampiran 1 keputusan ini.

2.3.2 Kuantitas

Secara umum penyediaan air bersih berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Untuk wilayah kelurahan pipa reja, sumber penyediaan air yang dikelola oleh PDAM berasal dari air sungai. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik. Untuk hal-hal yang dapat mengurangi jumlah air yang didistribusikan antara lain disebabkan oleh banyaknya sambungan pipa dan panjangnya jalur pipa sedapat mungkin dihindarkan.

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih dapat ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani.

Persyaratan kuantitas juga bisa ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Dan kuantitas adalah syarat yang terpenting dalam melayani konsumen agar kebutuhannya sehari – hari berjalan sesuai dengan kemampuan konsumen masing – masing.

Untuk membuktikan kondisi tersebut menggunakan rumus kontinuitas :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2$$

Dimana :

Q_1 = debit didaerah 1 (m^3/det)

Q^2 = debit didaerah 2 (m^3/det)

A_1 = luas penampang didaerah 1 (m^2)

A_2 = luas penampang didaerah 2 (m^2)

V_1 = kecepatan rata-rata didaerah 1 (m/det)

V_2 = kecepatan rata-rata didaerah 2 (m/det)

Pemakaian air oleh suatu masyarakat bertambah besar dengan kemajuan masyarakat tersebut, sehingga pemakaian air sering kali di pakai sebagai salah satu tolak ukur tinggi rendahnya kemajuan suatu masyarakat.

2.3.3 Kontinuitas

Dalam penyediaan air bersih tidak hanya berhubungan dengan kualitas dan kuantitas air saja, tetapi dari segi kontinuitas juga harus mendukung. Kontinuitas adalah di mana air harus bisa tersedia secara terus-menerus meskipun dimusim kemarau selama umur rencana. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi air adalah agar kebutuhan masyarakat akan terpenuhi secara terus-menerus walaupun musim kemarau. Salah satu cara menjaga agar kontinuitas air tetap tersedia adalah dengan membuat tempat penampungan air (reservoir) untuk menyimpan air sebagai persediaan air musim kemarau.

Persyaratan kontinuitas juga sangat penting untuk menghitung aliran kelanjutan pemakaian air baku untuk air bersih secara terus – menerus setiap harinya. Kontinuitas aliran dapat ditinjau dari dua aspek yaitu aspek kebutuhan konsumen dan aspek reservoir pelayanan air. Aspek kebutuhan konsumen, sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak dapat ditentukan. Karena itu diperlukan aspek ini pada waktu yang tidak ditentukan. Dan aspek pelayanan reservoir diperlukan karena fasilitas energi reservoir yang siap setiap saat.

Sistem pada 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 dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air harus tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap pemakaian air.

Pemakaian air dapat diprioritaskan, yaitu minimal selama 12 jam per hari pada jam – jam aktifitas kehidupan . jam aktifitas di Indonesia adalah pukul 06.00 sampai dengan 18.00. Sistem jaringan perpipaan dirancang untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh lebih dari 0,6 – 1,2 m/dt. Ukuran pipa pun harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi.

Dengan analisis jaringan pipa distribusi, maka dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kualitas aliran terpenuhi.

2.4 Pencegahan Pencemaran Air Bersih

Dalam penyediaan air dapat meliputi beberapa peralatan seperti tangki air bawah tanah dan dapat juga tengki air di atas atap pompa-pompa, perpipaan dan lain-lain dalam peralatan yang digunakan yaitu, air minum akan di alirkan ke tempat-tempat yang akan di alirkan ke para konsumen tanpa mengalami pencemaran. Hal – hal yang dapat menyebabkan pencemaran antara lain adalah masuknya kotoran – kotoran tikus, serangga ke dalam tangki air dan dapat terjadi karat, lumutan atau rusak bahan tangki, pipa ditribusi, terhubungnya pipa air minum dangan pipa lainnya dan tercampurnya air minum dengan air kualitas lainnya.

2.5 Jaringan Distribusi

Jaringan distribusi bertujuan untuk mengalirkan air ke berbagai tempat pemakaian dengan aman tanpa mengurangi kualitas dan kuantitas air. Dua hal yang perlu dipertimbangkan dalam merencanakan jaringan distribusi adalah mempertimbangkan keuntungan dan kerugian memilih salah satu jenis pendistribusian dan membagi jaringan distribusi dalam zona tekanan bila diperlukan.

2.5.1 Jenis Jaringan Distribusi

Jenis – jenis jaringan distribusi, antara lain :

- a. Sistem percabangan

Pada sistem ini ujung pipa dari pipa utama biasanya tertutup sehingga menyebabkan tertumpuknya kotoran yang dapat mengganggu pendistribusian air. Kerugian dari pipa percabangan ini antara lain apabila terjadi kebocoran pada salah satu pipa, maka pipa – pipa yang lain alirannya akan terhenti, bila pipa yang bocor tersebut diperbaiki. Keuntungan dari pipa percabangan antara lain dari segi perhitungan lebih mudah, lebih ekonomis, dan lebih mudah dilaksanakan.

b. Sistem Grid (Petak)

Pada sistem ini ujung – ujung pipa cabang disambungkan satu sama lain, sistem ini lebih baik dari sistem pipa bercabang. Karena sirkulasinya lebih baik dan kecil kemungkinan menjadi tertutup atau stagnasi.

Kerugian dari sistem Grid :

- Agak sulit dalam pelaksanaannya, karena pada akhir sambungan terdapat dua sambungan yang saling terbalik arah ataupun membuka.
- Tidak ekonomis, karena banyak menggunakan sambungan – sambungan.

Keuntungan dari sistem Grid :

- Sirkulasi air baik
- Pipa sulit tersumbat apabila terdapat kotoran, karena air di dalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air. Sehingga sulit terjadi pengendapan.

c. Sistem Berbingkai

Pada sistem ini pipa iduknya dibuat melingkar dibandingkan sistem yang lain. Sistem ini lebih baik dan bila ada kerusakan pada saat perbaikan, maka distribusi air tidak terhenti.

Kerugian sistem berbingkai :

- Agak sulit dalam pelaksanaannya, prinsipnya sama dengan sistem petak. Karena terdapat dua sambungan yang terbalik arah pada pipa yang paling luar atau pipa pembentuk lingkaran.

- Tidak ekonomis, karena jaringan sistem berbingkai untuk perumahan yang besar. Sehingga banyak menggunakan pipa dan sambungan – sambungan.
- Dari segi perhitungan cara ini lebih sulit.

Keuntungan sistem berbingkai :

- Tidak terjadi penghentian aliran pada saat perbaikan pipa yang bocor, karena air masih dapat mengalir melalui pipa cabang yang lainnya.
- Tidak terjadi penyumbatan pada pipa.

2.5.2 Metoda Distribusi

Metode distribusi adalah proses pendistribusian air ke konsumen dengan berbagai tujuan tergantung dari kondisi lokal dan lainnya.

1. Metode Gravitasi

Metoda ini merupakan suatu proses pendistribusian air, dimana sumber penyediaan air berada pada tempat yang lebih tinggi dari daerah yang akan dilayani sehingga pengaruh tekanannya dapat memenuhi keperluan untuk domestik dan kran – kran umum. Metode ini paling baik pengalirannya jika dari sumber penyediaan air ke tempat pelayanan memungkinkan menggunakan pipa berukuran seekonomis mungkin dan pengalirannya dengan lancar dan baik.

2. Distribusi pompa dengan menggunakan reservoir

Metode ini cukup ekonomis, karena pemompaannya tidak berlangsung secara terus menerus. Air yang dipompakan yang akan mengalir ke seluruh reservoir, jika kebutuhan air memuncak maka air yang berada dalam reservoir akan mengalir ke daerah pelayanan.

2.5.3 Aliran melalui Pipa

1. Jenis – jenis aliran melalui pipa dibagi beberapa jenis antara lain :

a. Aliran mantap

Aliran fluida disebut mantap jika banyaknya fluida yang mengalir tiap sewaktu waktu tetap.

- b. Aliran tak mantap
Aliran fluida disebut tak mantap jika banyaknya fluida yang mengalir tiap satuan waktu tidak tetap.
- c. Aliran Beraturan
Aliran fluida disebut beraturan apabila kecepatan partikel – partikel fluida di semua potongan itu sama.
- d. Aliran tak beraturan
Aliran fluida disebut tak beraturan apabila kecepatan partikel – partikel fluida tidak sama di semua potongan.
- e. Aliran laminar
Aliran fluida disebut aliran laminar jika setiap partikel fluida menempuh jalan tertentu dan jalan – jalan partikel tidak saling memotong.
- f. Aliran turbulen
Aliran fluida disebut aliran turbulen apabila masing – masing partikel fluida tidak mempunyai jalan tertentu dan jalan – jalan partikel itu saling memotong.
- g. Aliran yang dimampatkan
Aliran fluida yang dimampatkan apabila kerapatan fluida yang mengalir tidak berubah sewaktu mengalir.
- h. Aliran yang tak dimampatkan
Aliran fluida tak dimampatkan apabila kerapatan fluida yang mengalir tidak berubah sewaktu mengalir.
- i. Aliran berdimensi satu
Aliran fluida disebut berdimensi satu apabila kecepatan di semua titik fluida sama besarnya dan arahnya pun sama.
- j. Aliran berdimensi dua
Aliran fluida disebut berdimensi dua apabila kecepatan aliran berubah – ubah dari titik satu ke titik lain dan aliran itu mempunyai komponen kecepatan dalam dua arah yang tegak lurus satu dengan yang lainnya.

k. Aliran berdimensi tiga

Aliran fluida disebut berdimensi tiga apabila kecepatan aliran berubah – ubah dari titik satu ke titik lain dan aliran itu mempunyai komponen kecepatan dalam tiga arah yang tegak lurus satu dengan yang lainnya.

2. Jenis – jenis garis aliran

a. Garis Jalan

Garis jalan adalah garis yang dilalui partikel fluida yang bergerak selama interval waktu tertentu.

b. Garis Arus

Garis arus adalah garis khayal yang garis singgungnya di tiap titik menunjukkan arah gerak partikel fluida di titik itu.

Sifat – sifat aliran garis arus adalah sebagai berikut :

- 1) Jarak antara garis – garis arus berbanding terbalik dengan kecepatan.
- 2) Garis – garis arus tidak saling berpotongan kecuali di titik – titik perhentian dan titik – titik dimana kecepatannya terbatas.
- 3) Akan ada penurunan kecepatan dan sebaliknya untuk garis – garis arus.

c. Garis Lintasan (*Streak Line*)

Garis Lintasan adalah garis – garis yang terbentuk oleh semua partikel yang telah melalui titik – titik tertentu yang diketahui pada suatu saat. Garis ini disebut juga garis benang (*flament line*)

d. Garis Ekipotensial

Garis Ekipotensial adalah garis dengan potensial kecepatan yang sama dan selalu tegak lurus pada garis arus. Garis ini diperoleh dengan menghubungkan titik – titik yang akan mempunyai nilai potensial kecepatan sama.

2.6 Penyalahgunaan dan Pencemaran Air Bersih

Sumber – sumber air bersih ini biasanya terganggu akibat penggunaan dan penyalahgunaan sumber air sebagai berikut :

1. Industri

Walaupun industri menggunakan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan bidang pekerjaan lain, namun penggunaan air oleh bidang industri mungkin membawa dampaknya yang lebih parah dipandang dari dua segi. Pertama, penggunaan air bagi industri sering tidak diatur dalam kebijakan sumber daya air nasional, maka cenderung berlebihan. Kedua, pembuangan limbah industri yang tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran bagi air permukaan atau air bawah tanah, sehingga menjadi terlalu berbahaya untuk dikonsumsi.

Air buangan dari industri biasanya dibuang langsung ke sungai dan saluran-saluran sehingga mencemari dan pada akhirnya juga mencemari lingkungan laut bukan hanya lingkungan di sekitar tempat industri itu sendiri, atau kadang – kadang limbah tersebut dibiarkan meresap ke dalam sumber air tanah tanpa melalui proses pengolahan apapun.

Kerusakan yang diakibatkan oleh limbah atau buangan ini sudah melewati proporsi volumenya. Banyak bahan kimia modern begitu kuat sehingga sedikit kontaminasi saja sudah cukup membuat air dalam volume yang sangat besar tidak dapat digunakan untuk minum tanpa proses – proses pengolahan khusus.

2. Rumah tangga

Pada salah satu negara berkembang di negara bagian Tamil Nadu di India bagian selatan yang tidak memiliki hukum yang mengatur pemasangan penyedotan sumur pipa atau yang membatasi penyedotan air tanah, permukaan air tanah anjlok 24 hingga 30 meter selama tahun 1970-an sebagai akibat dari tak terkendalinya pemompaan atau pengairan.

Pada sebuah konferensi air di tahun 2006 wakil dari suatu negara yang kering melaporkan bahwa 240.000 sumur pribadi yang dibor tanpa mengindahkan kapasitas jaringan sumber air mengakibatkan kekeringan dan peningkatan kadar garam. Lalu pada negara maju seperti Amerika Serikat seperlima dari seluruh tanah irigasi di AS tergantung hanya pada jaringan sumber air (*Aquifer*) Agallala yang hampir tak pernah menerima pasokan air secara alami. Selama 4 dasawarsa terakhir terhitung dari tahun 2006, sistem jaringan yang tergantung pada sumber air meluas dari 2 juta hektar menjadi 8 juta, dan kira – kira 500 kilometer kubik air telah tersedot.

3. Pertanian

Penghamburan air akibat ketiadaannya penyaluran air yang baik pada lahan yang dialiri dengan irigasi dapat berakibat terjadinya kubangan dan pengatraman yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya produktivitas air dan tanah.

2.7 Pemakaian Air

Proyeksi jumlah kebutuhan air bersih dapat dilakukan berdasarkan perkiraan kebutuhan air untuk berbagai macam tujuan ditambah perkiraan kehilangan air. Adapun kebutuhan air untuk berbagai macam tujuan pada umumnya dapat dibagi dalam kebutuhan domestik dan kebutuhan non domestik.

1. Kebutuhan domestik

- Sambungan rumah
- Sambungan kran umum

2. Kebutuhan non domestik

- Sarana peribadahan
- Sarana pendidikan
- Sarana perkantoran
- Sarana kesehatan
- Sarana perekonomian

Secara umum pemakaian air dapat dikelompokkan dalam beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

a. Kebutuhan Air Domestik (Rumah Tangga)

Menurut Kindler dan Russel (1984), kebutuhan air untuk tempat tinggal meliputi semua kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga, seperti kebutuhan air untuk makanan, mencuci pakaian, mandi, toilet, menyiram tanaman dan mencuci kendaraan.

Tingkat kebutuhan air bervariasi berdasarkan keadaan alam di wilayah pemukiman, banyaknya penghuni rumah, karakteristik penghuni, serta ada atau tidaknya perhitungan pemakaian air.

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air bersih untuk sarana peribadahan, sarana pendidikan, sarana perkantoran, sarana kesehatan, sarana perekonomian serta sarana pelayanan jasa lainnya.

Tabel 2.2 Pemakaian Air Bersih

No	Uraian	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah tinggal	120	Liter/penghuni/air
2	Rumah susun	100	Liter/penghuni/air
3	Asrama	120	Liter/penghuni/air
4	Rumah sakit	500	a
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/air
6	Sekolah Menengah Pertaman	50	Liter/siswa/air
7	Sekolah Menengah Atas dan sederajat	0	Liter/siswa/air
8	Ruko/rukan	100	Liter/penghuni dan pegawai /air

9	Kantor/pabrik	50	Liter/pegawai /air
10	Gedung serbaguna	25	Liter/kursi
11	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur/air
12	Hotel/penginapan	150	Liter/tempat tidur/air
13	Gedung pertunjukan, bioskop	10	Liter/kursi
14	Restoran	15	Liter/kursi
15	Toserba/toko pengecer	5	Liter / m ²
16	Terminal	5	Liter/ orang
17	Stasiun	3	Liter/ penumpang tiba dan pergi

2.8 Jenis – Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.8.1 Jenis Pipa

Dalam pemilihan jenis pipa untuk penyaluran air bersih tergantung pada beberapa faktor antara lain :

- a. Daya tahan pipa terhadap gaya luar dan gaya dalam
- b. Karakteristik tanah seperti kesamaan dan korositas
- c. Standar panjang pipa
- d. Diameter pipa, hal ini menyangkut kapasitas air yang dialirkan
- e. Kemudian dalam pelaksanaan

Pada proses pemasangan pipa air bersih di PDAM Tirta Musi Instalasi Rambutan Palembang menggunakan beberapa macam bahan dan material yang digunakan pada proyek ini mengikuti aturan – aturan dan standar mutu yang berlaku.

Adapun peraturan yang digunakan PDAM Tirta Musi Palembang adalah sebagai berikut :

1. Pipa PVC

Poly Vinyl Chloride (PVC) merupakan pipa yang terbuat dari plastik dan dengan kombinasi vinyl lainnya mempunyai karakteristik pipa yang tahan lama dan mudah perawatannya.

Pipa PVC juga tidak berkarat atau membusuk. Di samping itu, pipa PVC ini sering digunakan dalam sistem irigasi atau perairan dan pelindung kabel. Di Indonesia standar ukuran yang dipakai untuk sistem perairan rumah tangga atau lainnya adalah standar JIS (*Japanese Industrial Standard*), sedangkan untuk PDAM biasanya memakai Standar Nasional Indonesia (SNI).



Gambar 2.1 Pipa PVC

Keuntungan pipa PVC yaitu sebagai berikut :

- Tidak berkarat
- Permukaan licin
- Elastisitas tinggi

- Beratnya hanya 1/5 kali berat pipa galvanis
- Tahan terhadap zat kimia
- Mudah dibongkar
- Dapat sebagai isolasi yang baik

Kerugian pipa PVC yaitu sebagai berikut :

- Mudah pecah
- Tidak tahan panas
- Pipa yang mudah dibentuk sulit untuk diubah

2. Pipa HDPE

Pipa HDPE adalah pipa dengan daya lentur yang tinggi pada luar dan dalam permukaan pipa, serta dapat digunakan di daerah berbukit, rawan gempa, dan daerah rawa.



Gambar 2.2 Pipa HDPE

Kelebihan Pipa HDPE adalah sebagai berikut :

- Tahan terhadap retak, karena Pipa HDPE terbuat *polyethylene* yang memiliki sifat *crack resistance* yang tinggi.

- Tahan terhadap karat, karena pipa ini dari material *polyethlene* yang bersifat *non corrosive*.
- Tahan terhadap bahan kimia, karena pipa HDPE mempunyai daya tahan yang istimewa terhadap berbagai bahan kimia, baik dalam kondisi asam maupun basa kuat.
- Ketahanan masa pakai, pipa HDPE memiliki daya tahan sampai dengan kurang lebih 50 tahun lamanya.
- Tahan terhadap segala cuaca, pipa ini memiliki ketahanan terhadap cuaca yang ekstrim.
- Tahan abrasi dan sedimentasi karena sifat permukaan dalam pipa HDPE yang licin, sehingga tidak memungkinkan terjadinya abrasi dan sedimentasi.
- Tidak beracun dan aman digunakan untuk instalasi air bersih.
- Tahan terhadap suhu rendah karena pipa ini memiliki *brittleness point* (titik rapuh) yang jauh di bawah 0° C, sehingga tidak ada masalah dalam pemasangan atau penggunaan pada suhu rendah.
- Pipa HDPE mempunyai bobot yang ringan, jauh melebihi pipa besi sehingga dalam proses transportasi lebih murah.

2.8.2 Alat Sambung

Alat sambung (aksesoris) atau penyambungan pipa adalah keterbatasan panjang dan pipa yang dijual di pasaran, sehingga dalam pekerjaan suatu instalasi tidak bisa terlepas dari kegiatan penyambungan – penyambungan.

Adapun macam – macam alat sambung atau aksesoris yang digunakan pada instalasi penyediaan air bersih yaitu sebagai berikut :

1. Tee All RR
Berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. Valve Flange
Digunakan untuk mengatur debit air pada pipa.
3. Single Air Valve

Berfungsi untuk membuang udara di dalam pipa melalui jembatan pipa.

4. Street Box

Berfungsi untuk penutup valve agar mempermudah pada saat membuka katup dan juga digunakan sebagai titik pipa.

5. Flange Socket

Digunakan untuk menyambungkan pipa distribusi pada koneksi Tee All Flange ke pipa distribusi.

6. Drop

Digunakan untuk menutup aliran pada ujung pipa.

7. Giboult Joint

Berfungsi untuk menyambungkan pipa existing ke pipa yang baru terpasang.

8. Manometer

Digunakan pada saat mengukur tekanan pipa pada pipa dengan satuan atm barr.

9. Kran

Digunakan untuk penutupan dan pengeluaran air pada pipa.

10. Stop Kran

Berfungsi untuk mengatur aliran dan bisa juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan (dipasang sebelum meteran).

11. Reduser RR

Digunakan untuk menyambungkan pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang lebih besar ke pipa yang lebih kecil.

12. Meteran air

Berfungsi untuk mencatat air dari permukaan yang dilakukan oleh PDAM.

13. Bend Flange 90°

Digunakan untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90°.

(Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang, 2013)



Gambar 2.3 Alat Sambung

2.9 Sistem Distribusi dan Sistem Pengaliran Air Bersih

2.9.1 Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan dengan konsumen yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan, menurut Damanhuri (1981). Sistem ini meliputi unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem pemompaan 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 dengan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan. Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang didambakan oleh para konsumen adalah ketersediaan air setiap waktu.

Penyediaan air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem menurut Kamala (1999) adalah sebagai berikut :

a. *Continuous system*

Air minum disuplai kepada konsumen sistem pengaliran terus menerus selama 24 jam. Keuntungan sistem ini adalah konsumen setiap waktu dapat memperoleh air bersih dari jaringan pipa distribusi di posisi pipa manapun. Sedangkan kerugiannya adalah pemakaian air akan cenderung lebih boros dan bila terjadi sedikit kebocoran saja, maka jumlah air yang akan hilang sangat besar.

b. *Intermittent system*

Pada sistem ini air bersih disuplai 2 – 4 jam pada pagi hari dan 2 – 4 jam pada sore hari. Kerugiannya adalah pelanggan atau konsumen tidak bisa setiap saat mendapatkan air dan perlu menyediakan tempat penyimpanan air dan bila terjadi kebocoran maka air untuk *fire fighter*(pemadam kebakaran) akan sulit didapat.

Dimensi pipa yang digunakan akan lebih besar karena kebutuhan air untuk 24 jam hanya disuplai dalam beberapa jam saja. Sedangkan keuntungannya adalah pemborosan air dapat dihindari dan juga sistem ini cocok untuk daerah dengan sumber air yang terbatas.

2.9.2 Sistem Pengaliran Air Bersih

Pengaliran atau pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kualitas, kuantitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan peralatan yang lain. Metode pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Menurut Howard, S.P., et.al (1985) sistem pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut :

a. Cara gravitasi

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

b. Cara pemompaan

Cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

2.10 Langkah – langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi

2.10.1 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Seiring dengan perkembangan penduduk di kota Palembang, menyebabkan semakin banyak kebutuhan masyarakat terhadap air bersih. Dan banyak faktor yang menyebabkan keterbatasan produksi air bersih. Untuk pencapaian target penyediaan air bersih tersebut, dan juga terjaminnya pemanfaatan sarana air bersih oleh masyarakat sebaik-baiknya, maka pihak PDAM selaku pengelola haruslah meningkatkan kegiatan operasional dan pemeliharaan sarana – sarana yang menunjang pelayanan air bersih.

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun – tahun mendatang digunakan beberapa metode antara lain Metode Aritmatik, Metode Geometrik, dan Metoden Requesi Eksponensial.

1. Metode Aritmatik

Metode aritmatik didasarkan pada angka kenaikan penduduk rata – rata setiap tahunnya. Metode ini digunakan jika data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama setiap tahunnya. Metode ini juga merupakan metode proyeksi dengan regresi sederhana.

Rumus metode aritmatik adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$$

$$K_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

Keterangan :

P_n = jumlah penduduk tahun ke – n

P_o = jumlah penduduk tahun awal

- Tn = tahun ke – n
- To = tahun awal / pertama
- T1 = tahun pertama yang diketahui
- T2 = tahun terakhir yang diketahui
- P1 = jumlah penduduk tahun pertama yang diketahui
- P2 = jumlah penduduk tahun terakhir yang diketahui
- Ka = konstanta

2. Metode Geometrik

Metode geometrik didasarkan pada rasio pertambahan penduduk rata – rata tahunan. Sering digunakan untuk meramalkan data yang perkembangannya melaju sangat cepat.

Rumus metode geometrik adalah sebagai berikut :

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

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{1/n} - 1$$

Keterangan :

- Pn = jumlah penduduk tahun ke – n
- Po = jumlah penduduk tahun awal tahun
- n = jumlah interval tahun
- r = tingkat pertumbuhan

3. Metode Requesi Eksponensial

Metode Requesi Eksponensial hampir sama dengan metode geometrik hanya pemberdaannya dengan metode ini menggunakan bilangan e :

Rumus metode Requesi Eksponensial adalah sebagai berikut :

$$P_n = P_o \times e^{B(T_o - T_n)}$$

$$B = \frac{\ln(P_2 : P_1)}{(T_2 - T_1)}$$

Harga e = 2, 71281828

Keterangan :

- Pn = jumlah penduduk tahun ke – n
- Po = jumlah penduduk tahun awal tahun
- B = konstanta
- P1 = jumlah penduduk tahun ke – 1
- P2 = jumlah penduduk tahun ke – 2
- Tn = tahun ke – n

4. Uji Korelasi

Untuk mengetahui metode apa yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan yang ideal sesuai dengan standar deviasi.

Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil. Perbandingan kecenderungan penduduk dengan metode Aritmatik, Metode Geometrik, dan Metoden Requesi Eksponensial menggunakan rumus sebagai berikut :

Rumus Standar Deviasi :

$$\text{Standar Deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{(\sum X)^2 - \frac{\sum x^2}{n}}{n}}$$

Dimana :

SD = Standar Deviasi

X = Selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

n = Jumlah Tahun

Adapun rumus nilai koefisien korelasi tersebut sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{\{n (\sum x^2) - (\sum x)^2\} \{n (\sum y^2) - (\sum y)^2\}}}$$

Dimana :

r = koefisien korelasi

- n = ukuran sampel
- x = nilai variabel bebas
- y = nilai variabel terikat

2.10.2 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (*Head Loss*) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan Manning-Gauckler-Strickler, yaitu :

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 R^{3/4}}$$

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{3/4}}{K_{st} D^{3/4}}$$

$$v = Q / A = \frac{4Q}{\pi d^2}$$

$$v^2 = \frac{16 Q^2}{\pi^2 d^4} \pi r^2$$

$$H_{gs} = \frac{16 Q^2 4^{3/4}}{\pi^2 K_{st}^2 D^{3/4} d^4}$$

$$H_{gs} = \frac{101,61}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}} * Q^n \text{ karena, } H_{gs} = K \cdot Q^n$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,61}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}}$$

Dimana :

- I = Panjang Pipa
- K_{st} = Koefisien kekasaran saluran
- d = Diameter pengaliran
- K_{st} = 1/n, dimana n merupakan konstanta numeric

2.10.3 Dimensi Pipa

Dimensi perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, pendimensionan pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu perencanaan. Rumus yang dipergunakan adalah :

$$Q = v \cdot A$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}}$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³ / detik)

v = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = Diameter (mm)

2.10.4 Debit Penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas umum per detiknya dapat dihitung dengan cara :

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum :

$$= \frac{\text{kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata / hari}}$$

2.10.5 Debit Pelayanan

Untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dapat di hitung dengan cara :

1. Debit pelayanan sambungan rumah (Q Domestik)

$$= \sum \text{Sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah}$$

2. Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non Domestik)

$$= \sum \text{Fasilitas umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum}$$

3. Total debit pelayanan

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}$$

2.10.6 Fluktuasi Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun yang hampir sama secara terus menerus. Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem yang penyediaan air bersih maka terdapat 2 pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu :

1. Fluktuasi kebutuhan air pada hari maksimum ($F^{\text{hari}} \text{ maks} = 1.25$)
 Kebutuhan air pada hari maksimum = Keb.Air x $F^{\text{hari}} \text{ maks}$
2. Fluktuasi kebutuhan air pada jam maksimum ($F^{\text{jam}} \text{ maks} = 2.5$)
 Kebutuhan air pada jam maksimum = Keb.Air x $F^{\text{jam}} \text{ maks}$

2.10.7 Perhitungan Volume Reservoir

Perhitungan volume reservoir ini digunakan untuk mengetahui persen tiap jam pemakaian air sehingga dapat ditentukan berapa volume reservoir dengan cara sebagai berikut :

Produksi Air Kumulatif	= $\frac{\text{kebutuhan air}}{1000} \times 3600$
Pemakaian Air	= Produksi Air x 24 x % pemakaian air
Pemakaian Kumulatif	= Pemakaian Air + Pemakaian Air Selanjutnya
Sisa Air	= Produksi Kumulatif – Pemakaian Air
Volume Reservoir	= Jumlah sisa air terbesar – Jumlah sisa air tercukupi

2.10.8 Perhitungan Hilang Tinggi Tekanan

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi juga oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energi dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan Hgs.

- a. Persamaan Darcy – Weisbach

$$H_{gs} = \lambda \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

Dimana :

Hgs	= Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)
	= Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

- = Panjang pipa (m)
- v = Kecepatan aliran (m/det)
- d = Diameter pipa (m)
- g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/

(Sumber : Hidrolika I Edisi Pertama)

b. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 R^{4/3}}$$

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

- Q = Debit pengaliran (m³ / det)
- K_{st} = Koefisien gesekan pipa strickler
- = Panjang pipa (m)
- d = Diameter (m)
- n = Konstanta Numerik
- H_{gs} = Kehilangan tinggi tekanan (m)
- v = Kecepatan aliran (m/det)
- R = Radius hidrolis

c. Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William yang paling umum dipakai. Persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter lebih besar yaitu diatas 100mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) dinyatakan sebagai kehilangan tekanan (h_L) dibagi dengan panjang pipa (L) atau $S = (h_L / L)$. Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan

kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785.C.d^{2,63} . S^{0,54}$$

Dimana :

$$S = (h_L / L)$$

L = Panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau h_L yang akan dihitung, maka :

$$h_L = (Q/0,2785.C. d^{2,63} . S^{0,54})^{1,85} . L$$

C = Koefisien Hazen William

Tabel 2.3 Koefisien Hazen William

No	Jenis 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 (CIP)	110
6	Besi Tuang Cast Iron (CIP)	110
7	Galvanized Cast Iron (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan. Persamaan dasar untuk menghitung hilang tinggi tekanan kecil adalah :

$$hL = C \frac{v^2}{2g}$$

Dimana :

hL = Hilang tinggi tekanan kecil (m)

C = Koefisien hilang tinggi tekanan

v = Kecepatan aliran fluida (m/dt²)

g = Gravitasi (m/dt)

(Sumber : Ir.Martin Dharmasctiawan, Msc)

2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba

$$hL = C.1 - \frac{A2}{A1}$$

Nilai C untuk pembesaran tiba-tiba adalah 1,0 – 1,2 sedangkan nilai C untuk penyempitan tiba-tiba adalah 0,4 – 0,5.

Keterangan :

$A1$ = Luas pipa awal (m^2)

$A2$ = Luas pipa akhir (m^2)

b. Perubahan arah/tikungan pipa

Tabel 2.4 Harga Untuk Tikungan Pipa

Dinding	A				
	15°	30°	45°	60°	90°
Halus	0,042	0,130	0,236	0,471	1,129
Kasar	0,062	0,165	0,320	0,684	1,265

Sumber : PEDC,(1982)

c. Pipa Bercabang

Koefisien hilang tinggi tekanan karena percabangan dengan sudut tajam dan diameter tajam $d = da$.

Tabel 2.5 Harga Untuk Pipa Bercabang

$\frac{Qa}{Q}$	A			
	90°		45°	
0	0,95	0,04	0,09	-0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06
0,4	0,89	-0,05	0,50	-0,04
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20
1	1,28	0,35	0,48	0,33

Sumber : PEDC,(1982)

Untuk sistem jaringan melingkar, dalam menentukan hilang tinggi tekanan dapat menggunakan cara Hardy Cross yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Menghitung hilang tinggi tekanan (H_{gs}) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan :

$$H_{gs} = K \times Q^2$$

$$K = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 K_s t^2 d^{16/3}}$$

Dimana :

- K = Koefisien hilang tekanan
- Q = Debit pengaliran (m³/det)
- l = Panjang pipa (m)
- d = Diameter pipa (m)

2. Membagi jaringan menjadi beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
3. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekanan dalam tiap keliling $\sum H_{gs}$ dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimisalkan itu kebetulan benar, $\sum H_{gs}$ tidak sama dengan nol maka debit yang dimisalkan tersebut harus dikoreksi kembali.

4. Perbaiki debit dengan menggunakan koreksi ΔQ yang diperoleh sebagai berikut :

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Dimana :

ΔQ = Koreksi debit

$$\text{Sehingga Hgs} = K \cdot Q^2 = K (Q_0 + \Delta Q)$$

Untuk keliling pipa yang tertutup maka ΔQ adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = - \frac{\Sigma K \cdot Q_0^2}{2 \Sigma K \cdot K_0}$$

5. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol.

(Sumber : Sumber Daya Air Edisi Ketiga Jilid I)

2.10.9 Sisa Tekanan

Mencari sisa tekanan dengan elevasi muka tanah daerah tersebut. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan rumus :

$$\text{Residual Head} = \text{Available Head Ruas Pipa} - \text{Elevasi Ruas Pipa}$$

Dimana :

$$\text{Available Head Ruas Pipa} = \text{Available Head Awal} - \text{Total Hgs Ruas Pipa}$$

2.11 Net Work Planning (NWP)

Net Work Planning merupakan suatu cara atau teknik baru didalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek . Disamping itu *Net Work Planning* juga merupakan salah satu bentuk yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Proyek yang dihasilkan dari *Net Work Planning* ini dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek.

Net Work Planning memiliki beberapa tipe, yaitu sebagai berikut :

1. *Preseden/PDM (Precedence Diagram Method)*.
2. *Metode Jalur Kritis/Critical Path Method (CPM)*.

3. *Diagram Evaluation and Review Technique (PERT)*.

4. *Grafic Evaluation and Review Technique (GERT)*.

Adapun dalam penggunaan *Net Work Planning* pada penyelenggaraan proyek diperlukan :

1. Masukan informasi yang tetap.
2. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan.
3. Submer daya dalam keadaan siap pakai.
4. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya.

Kegunaan dari *Net Work Planning* adalah :

1. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan.
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri.

Proses penyusunan *Net Work Planning* yaitu :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang).
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fruktuasi pemakaian sumber daya.

Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Net Work Planning*, yaitu :

1. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
2. Urutan-urutan enis kegiatan tersebut.
3. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan).
6. Buat NWP nya.

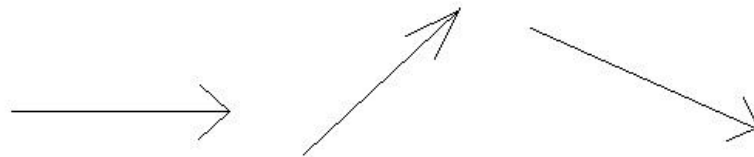
Critical Path Method (CPM)

Simbol-simbol di CPM :

1. Arrow (panah, anak panah)

- a. Dari kiri ke kanan.
- b. Hanya menunjukkan arah.
- c. Menunjukkan kegiatan.

Gambar :



Gambar 2.4 Simbol – simbol CPM

2. Node (lingkaran kecil)
 - a. Menunjukkan event (kejadian)
 - b. Node adalah pennghubung antara kegiatan.

Gambar :



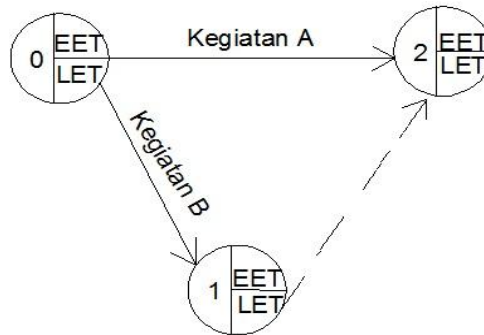
Gambar 2.5 Gambar CPM dengan 2 node

Keterangan :

- EET = Waktu Penyelesaian paling awal
 LET = Waktu penyelesaian paling akhir
 0 = Urutan kejadian

3. Kegiatan Semu (Dummy)
 - a. Kegiatan apa yang mendahului.
 - b. Kegiatan apa yang mengikuti.
 - c. Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.
 - d. Kegiatan apa yang selesai bersamaan.

Gambar :



Gambar 2.6 Gambar CPM dengan Dummy (Kegiatan Semu)

Keterangan :

- EET = Waktu penyelesaian paling awal
- LET = Waktu penyelesaian paling akhir
- 0 = Urutan kejadian

2.12 Barchat

Barchat adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memanager proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Hal-hal yang di tampilkan dalam barchat adalah :

1. Jenis pekerjaan
2. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
3. Alur pekerjaan

2.13 Kurva S

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai kumulatif biaya atau jam – orang (man hours) yang telah digunakan atau persentase penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian kurva s dapat menggambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek.

Kurva S dapat dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya proyek. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga penawaran tanpa pajak kontigensi dan keuntungan dari kontraktor yang dikalikan dengan 100%.

Teknik Penyusunan Kurva S adalah sebagai berikut :

1. Proyek harus diselesaikan sesuai waktu/jadwal dan spesifikasi yang telah direncanakan bersama.
2. Diperlukan adanya prosedur untuk menentukan dan memakai sistem pencatatan serta mengikuti kemajuan proyek, biaya dan anggaran.
3. Perbedaan dari perkiraan semula, jalannya kemajuan dan biaya
4. Perkiraan pada waktu penyelesaian.