

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut 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 air minum. (Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18, 2007)

Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1405/MENKES/SK/IX/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, air bersih adalah air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. (Kepmenkes RI No. 1405, 2002)

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. (Permenkes RI No. 492, 2010)

2.2 Sumber-Sumber Air

Pada dasarnya jumlah air yang ada di bumi adalah tetap dan mengikuti suatu siklus (daur ulang) yang disebut dengan siklus hidrologi. Dengan adanya penyinaran matahari, maka air mengalami penguapan atau evaporasi dan akan membentuk uap air. Uap air ini kemudian akan menyatu ditempat tinggi, yang dikenal dengan awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa semakin tinggi sehingga mencapai temperatur yang rendah, yang menyebabkan titik-titik air jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan sebagian akan mengalir ke dalam tanah, jika air ini keluar pada permukaan bumi atau tanah maka air ini akan disebut mata air. Sedangkan air hujan yang jatuh ke bumi atau tanah lalu mengalir ke tempat yang rendah (cekung), maka air tersebut akan membentuk suatu danau atau telaga.

Tetapi banyak diantaranya yang mengalir ke laut kembali. Berdasarkan sumbernya, air dapat digolongkan menjadi empat kelompok, yaitu:

1. Air Atmosfer

Air atmosfer terjadi dari proses evaporasi air permukaan dan evapotranspirasi dari tumbuh-tumbuhan oleh bantuan sinar matahari melalui proses kondensasi kemudian jatuh ke bumi dalam bentuk hujan, salju ataupun embun. Air atmosfer mempunyai sifat tanah (*soft water*) karena kurang mengandung garam-garam dan zat-zat mineral sehingga terasa kurang segar dan juga akan boros terhadap pemakaian sabun. Disamping itu, air atmosfer mempunyai sifat agresif terutama pada pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi.

2. Air Laut

Air laut mempunyai sifat asin karena mengandung garam NaCl. Kadar garam dalam air laut kurang lebih 3%. Dengan keadaan ini, maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum apabila belum diolah terlebih dahulu. Air laut jarang digunakan sebagai air baku untuk air minum karena pengolahan untuk menghilangkan kadar garamnya membutuhkan biaya yang cukup besar.

3. Air Permukaan

Air permukaan merupakan air hujan yang mengalir dipermukaan bumi. Pada umumnya air ini akan mengalami pengotoran selama pengalirannya. Beban pengotoran ini untuk masing-masing air permukaan akan berada tergantung daerah pengaliran air permukaan. Macam-macam air permukaan antara lain :

a. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum haruslah mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air mempunyai derajat pengotoran yang tinggi. Air sungai merupakan penampungan dari berbagai jenis limbah yang terdapat disekitarnya baik itu limbah domestik maupun limbah industri. Sungai yang telah tercemar oleh limbah industri yang berat akan sulit diolah serta membutuhkan proses yang lebih kompleks.

b. Air Rawa

Pada umumnya air rawa berwarna, karena adanya zat-zat organik yang telah membusuk. Dengan banyaknya zat organik menyebabkan kadar O_2 yang terlarut dalam air sedikit sehingga kadar Fe dan Mn yang terlarut dalam air menjadi tinggi. Pada permukaan air ini akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O_2 , maka untuk mengambil air ini sebaiknya pada bagian tengah agar endapan-endapan Fe dan Mn serta lumut tidak terbawa.

4. Air Tanah

Menurut Undang-undang Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, air tanah adalah air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. (Undang-undang RI No. 7, 2004)

Air tanah berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi lalu meresap ke dalam tanah dan mengalami proses filtrasi secara alamiah. Proses-proses yang telah dialami air hujan tersebut, di dalam perjalanannya ke bawah tanah, membuat air tanah menjadi lebih baik dan lebih murni dibandingkan air permukaan. Air tanah terbagi atas :

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal terjadi karena adanya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian juga dengan sebagian bakteri sehingga air tanah ini akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat-zat kimia karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Pengotoran juga masih terus berlangsung terutama pada permukaan air yang dekat permukaan tanah. Air tanah dangkal ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Untuk mengambil air ini diperlukan bor karena kedalamannya berkisar antara 100-300 meter. Jika tekanan air tanah ini besar maka air akan menyembur

kepermukaan sumur. Sumur ini disebut sumur atesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka diperlukan pompa.

c. Mata Air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruhi oleh musim dan kuantitas serta memiliki kualitas yang sama dengan air tanah dalam.

2.3 Prinsip Sumber Air Bersih

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep *3K* yaitu *kualitas, kuantitas, dan kontinuitas*. Kualitas yaitu menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Kuantitas yaitu menyangkut jumlah dan ketersediaan air yang akan diolah pada penyediaan air bersih yang dibutuhkan sesuai dengan banyaknya konsumen yang akan dilayani. Kontinuitas yaitu menyangkut kebutuhan air yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus-menerus terutama ketika musim kemarau.

2.3.1 Kualitas Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi, dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. (Permenkes RI No. 492, 2010)

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 tahun 2001 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Tabel 2.1 Kriteria Mutu Air Kelas 1

PARAMETER	SATUAN	KELAS 1	KETERANGAN
FISIKA			
Temperatur	°C	Deviasi 3	Deviasi temperatur dari keadaan alamiahnya
Residu Terlarut	mg/ L	1000	
Residu Tersuspensi	mg/ L	50	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, residu tersuspensi ≤ 5000 mg/ L
KIMIA ORGANIK			
pH		6-9	Apabila secara alamiah di luar rentang tersebut, maka ditentukan berdasarkan keadaan alamiah
BOD	mg/ L	2	
COD	mg/ L	10	
Do	mg/ L	6	Angka batas minimum

Lanjutan Tabel 2.1.

Total Fosfat sbg P	mg/ L	0,2	
NO 3 sebagian N	mg/ L	10	
NH3-N	mg/ L	0,5	Bagi perikanan, kandungan amonia bebas untuk ikan yang peka $\leq 0,02$ mg/L sebagai NH3
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 pengolahan air minum secara konvensional, Cu ≤ 1 mg/L
Besi	mg/ L	0,3	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, Fe ≤ 5 mg/L
Timbal	mg/ L	0,03	Bagi pengolahan 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 pengolahan air minum secara konvensional, Zn ≤ 5 mg/L

Lanjutan Tabel 2.1.

Khlorida	mg/ L	600	
Sianida	mg/ L	0,02	
Flourida	mg/ L	0,5	
Nitrit sebagai N	mg/ L	0,06	Bagi pengolahan 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	mg/ L	0,002	Bagi pengolahan air
H2S			minum secara konvensional, s sebagai $H_2S \leq 0,1$ mg/L
MIKROBIOLOGI			
Fecal Coliform	Jml/100 ml	100	Bagi pengolahan air minum secara konvensional, fecal coliform ≤ 2000 jml/100 ml dan total coliform ≤ 10000 jml/100 ml
-Total Coliform	Jml/100 ml	1000	
RADIOAKTIVITAS			
-Gros-A	Bq /L	0,1	
-Gros-B	Bq /L	1	
KIMIA ORGANIK			
Minyak dan LEmak	ug /L	1000	
Detergen sebagai MBAS	ug /L	200	

Lanjutan Tabel 2.1.

Senyawa Fenol	ug /L	1	
Sebagai Fenol	ug /L		
BHC	ug /L	210	
Aldrin/ Dieldrin	ug /L	17	
Chlordane	ug /L	3	
DDT	ug /L	2	
Heptachlor dan	ug /L	18	
Heptachlor epoxide	ug /L		
Lindane	ug /L	56	
Methoxyclor	ug /L	35	
Endrin	ug /L	1	
Toxaphan	ug /L	5	

Sumber : PP No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air

Keterangan :

mg = miligram

ug = mikrogram

ml = militer

L = liter

Bq = *Bequerel*

MBAS = *Methylene Blue Active 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 minimum. Arti (-) di atas menyatakan bahwa untuk kelas termasuk, parameter tersebut tidak dipersyaratkan. Tanda (\leq) adalah lebih kecil atau sama dengan. Tanda (<) adalah lebih kecil

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, kimia, biologis, dan radiologis.

Syarat-syarat tersebut berdasarkan permenkes No.416/MENKES/PER/IX/1990 tentang 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 $25^{\circ} \pm 3^{\circ}\text{C}$

a. Bau

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

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 dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tanin 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 klor dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

d. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi perlarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia di dalam saluran/pipa, mikro organisme patogen tidak mudah berkembang biak dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

e. 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.

f. 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.

2. Syarat – syarat kimia

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. Besi (Fe)

Kadar 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.

b. 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.

c. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebenarnya diperlukan pada perkembangan tubuh manusia. Tetapi untuk dosis tinggi dapat menyebabkan gejala ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, dan lainnya bahkan dapat meninggal dunia.

d. 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.

e. Seng (Zn)

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

f. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) merupakan metal kelabu-kemerahan keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam.

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 radiokativitas

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 tidak seluruh sel mati. Perubahan genetik dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

5. Syarat – syarat bakteriologis

Air minum tidak boleh mengandung bakteri-baktei penyakit dan juga tidak boleh mengandung bakteri-bakteri penyakit dan juga tidak boleh mengandung bakteri-bakteri 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* (penyakit perut)

Persyaratan air bersih secara rinci tertuang dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 907/MENKES/SK/VII/2002 tentang Syarat-Syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum. Tercantum dalam pasal 2 mengenai ruang lingkup dan persyaratan air minum Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum.

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 harus memenuhi syarat kesehatan air minum.
2. Persyaratan kesehatan air minum sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi persyaratan bakteriologis, kimiawi, radioaktif dan fisik.
3. Persyaratan kesehatan air minum sebagaimana dimaksud pada ayat (2) tercantum dalam Lampiran I Keputusan ini.

Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1.	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.coli	jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01

Lanjutan Tabel 2.2.

	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) total kromium	mg/l	0,05
	4)kadmium	mg/l	0,003
	5)Nitrit, (Sebagai No ₂)	mg/l	3
	6) Nitrat, (Sebagai No ₃)	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8)Selenium	mg/l	0,01
2.	Parameter yang tidak langsung		
	berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4)Kekerutan	NTU	5
	5)Rasa		Tidak berasa
	6)Suhu	^o C	suhu udara ±3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH	mg/l	6,5-8,5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

Lanjutan Tabel 2.2.

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
a.	KIMIAWI		
	Bahan Anorganik	mg/l	
	Air raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molybdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
b.	Bahan Organik		
	Zat Organik (KMnO ₄)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated alkanes		
	carbon tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2 Dichloroethane	mg/l	0,05
	Chlorinated ethanes		
	1,2 Dichloroethane	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatic hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01
	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		

Lanjutan Tabel 2.2.

	1,2 Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,4 Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,008
	Acrylamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hexachlorobutadiene	mg/l	0,0006
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c.	Pestisida		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT	mg/l	0,001
	1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	mg/l	0,001
	2,4 Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2 Dichloropropane	mg/l	0,04
	Isoproturon	mg/l	0,009
	Linndane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Metolachlor	mg/l	0,01
	Molinate	mg/l	0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3

Lanjutan Tabel 2.2.

	Simazine	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4 D	mg/l	
	MCPA		
	2,4-DB	mg/l	0,09
	Dichlorprop	mg/l	0,1
	Fenoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2, 4, 5 Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009
d.	Desinfektan dan hasil Sampingnya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2, 4, 6 -Trichlorophenol (2, 4, 6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3
	Chlorinated acetic acids		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetinitriles		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07

Lanjutan Tabel 2.2.

2.	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	bq/l	0,1
	Gross beta activity	bq/l	1

Sumber : Permenkes Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

2.3.2 Kuantitas Air

Secara umum penyediaan air bersih adalah berasal dari sumber air permukaan atau air dalam tanah. Untuk wilayah kota Palembang, sumber penyediaan air bersih yang dikelola oleh PDAM berasal dari air permukaan (Sungai Musi). Dimana kuantitas air yang berasal dari air permukaan ini mencukupi untuk didistribusikan. Kuantitas atau jumlah air yang mengalir dari pusat distribusi sangatlah penting dalam merencanakan jaringan distribusi. Karena tujuan utama dari perencanaan jaringan distribusi adalah agar kebutuhan masyarakat akan tersedianya air bersih dapat terlayani dengan baik. Untuk itu hal-hal yang dapat mengurangi jumlah air yang didistribusi anatara lain disebabkan oleh banyaknya sambungan pipa dan panjangnya pipa sedapat mungkin dihindarkan.

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 ($m^3/detik$)

Q_2 = Debit didaerah 2 ($m^3/detik$)

A_1 = Luas penampang didaerah 1 (m^2)

A_2 = Luas penampang didaerah 2 (m^2)

v_1 = Kecepatan rata-rata didaerah 1 ($m/detik$)

v_2 = Kecepatan rata-rata didaerah 2 ($m/detik$)

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

2.3.3 Kontinuitas Air

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

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 pemakain air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktivitas konsumen terhadap pemakaian air.

Pemakaian air dapat diprioritaskan, yaitu minimal selama 12 jam per hari pada jam – jam aktivitas 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 Penggunaan dan Jumlah Air

Penggunaan air berbeda-beda dari satu kota ke kota lainnya, tergantung pada cuaca, ciri-ciri masalah lingkungan hidup, penduduk, industrialisasi dan

faktor lainnya. Pada suatu kota tertentu, penggunaan air juga berubah dari musim ke musim, hari ke hari dan jam ke jam.

2.4.1 Penggunaan Air

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

a. Penggunaan Rumah Tangga

Adalah air yang dipergunakan di tempat-tempat hunian pribadi, rumah-rumah, apartemen dan sebagainya untuk minum, mandi, saniter, dan tujuan-tujuan lainnya.

b. Penggunaan Komersial dan Industri

Adalah air yang digunakan oleh badan-badan komersial dan industri.

c. Penggunaan Umum

Meliputi air yang dibutuhkan untuk pemakaian di taman umum, bangunan pemerintah, sekolah, rumah sakit, dan lain-lain.

2.4.2 Pemakaian Air

Secara garis besar, pemakaian air dapat dikelompokkan sebagai berikut :

a. Kebutuhan Air Domestik (Rumah Tangga)

Kebutuhan air domestik dibagi menjadi dua sistem yaitu sistem sambungan langsung dan sistem sambungan tidak langsung. Sambungan tidak langsung dibagi menjadi dua bagian yaitu sambungan halaman dan kran umum.

- Sambungan langsung (rumah permanen) adalah jenis pelayanan air bersih, dimana pipa pelayanan diizinkan masuk kedalam sampai ke plambing.
- Sambungan halaman (rumah semi permanen) adalah jenis pelayanan air bersih dimana pipa pelayanan hanya diizinkan sampai ke box meter.
- Sambungan kran umum (rumah non permanen) adalah jenis pelayanan air bersih yang dilakukan secara massal dimana kran/hidran umum mewakili 100 orang dengan radius pelayanan 1 km.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum dan PDAM Tirta Musi Palembang standar kebutuhan air domestik dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

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/or/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

b. Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air non domestik dihitung dengan asumsi yang menurut standar Departemen pekerjaan Umum dan dari PDAM Tirta Musi Palembang, yang terdapat pada tabel berikut ini:

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/m ² /hari
Hotel	100-200 ltr/bed/hari
Perindustrian	2-10 ltr/bangunan/hari
Terminal/Transportasi	50-100 ltr/bus/hari
Bioskop	2-4 ltr/m ² /hari
Rumah Makan	2-4 ltr/org/hari
Pusat Rekreasi	2 ltr/m ² /hari
Pusat Fasilitas	2 ltr/m ² /hari

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum

Tabel 2.6 Kebutuhan Air Non Domestik (PDAM)

Kategori Pemakai	Unit Pemakaian	Pemakaian Air (l/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)
Sport Center	Luas	12.000	GKW <i>Consult</i>
Supermaket	Bangunan	7.500	GKW <i>Consult</i>
Tempat Ibadah	Bangunan	2.000	KIMPRASWIL : Petunjuk Pelaksanaan Air Bersih (Nov 1994)

Sumber : PDAM Tirta Musi Chris Ingram 2004

2.4.3 Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Menurut buku Teknik Sumber Daya Air 2, ada beberapa diantara berbagai faktor yang mempengaruhi besarnya penyadapan air, antara lain:

1. Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram tanaman, pengaturan udara bagainya akan lebih besar pada iklim hangat dan kering dari pada di iklim yang dingin.

2. Ciri-ciri penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari langganan. Pemakaian air di daerah-daerah pedesaan jauh lebih rendah dari pada di daerah perkotaan.

3. Masalah lingkungan hidup

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihnya pemakaian sumber-sumber daya yang telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat dipergunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

4. Industri dan perdagangan

Jumlah penggunaan air yang sebenarnya tergantung pada besarnya pabrik dan jenis industri.

5. Iuran air dan materai

Bila harga air mahal, orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air dan industri mungkin akan mengembangkan pesediaannya sendiri dengan biaya yang lebih murah.

6. Ukuran kota

Penggunaan air per kapita pada sekelompok masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung untuk lebih tinggi di kota-kota besar daripada kota-kota kecil.

2.5 Jenis Jaringan Distribusi

2.5.1 Sistem Bercabang

Pada sistem ini ujung pipa percabangan dari pipa utama biasanya tertutup sehingga menyebabkan tertutupnya kotoran yang mengganggu pendistribusian air.

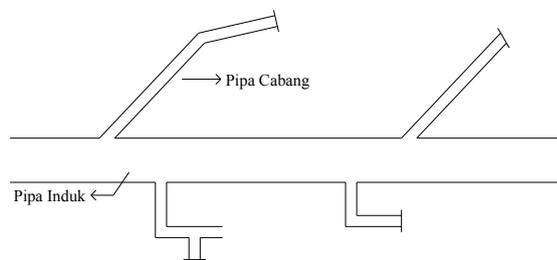
Keuntungan sistem bercabang:

- Sangat baik untuk areal menurun (pegunungan)
- Cukup ekonomis karena jalurnya relative lebih pendek sehingga pipa yang dibutuhkan lebih sedikit.
- Tekanan air cukup tinggi sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengaliran air.

- Mudah dalam operasi karena adanya titik mati kotoran yang terbawa selama pengaliran dapat dibuat pada titik akhir pengaliran.
- Mudah dalam perbaikan. Bila ada kerusakan pada satu titik tertentu untuk melakukan perbaikan cukup menutup aliran di titik di atasnya dan perbaikan dapat dilakukan.

Kerugian sistem bercabang:

- Bila aliran terputus, misalnya karena ada kerusakan pada suatu titik otomatis titik yang ada di bawahnya akan terganggu selama perbaikan
- Tidak bisa melayani peningkatan kebutuhan atau lonjakan kebutuhan air secara tiba-tiba karena tidak ada aliran dari daerah lain.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Pipa Bercabang

2.5.2 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 aliran menjadi tertutup atau stagnasi.

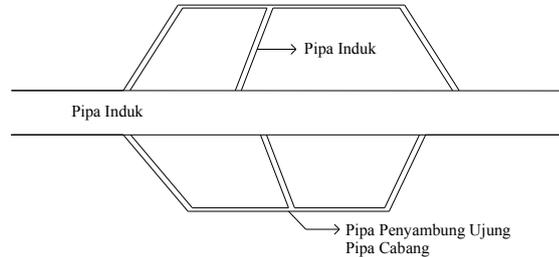
Keuntungan sistem grid:

- Sirkulasi airnya baik
- Pipa sulit tersumbat apabila terdapat kotoran karena air didalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air sehingga sulit terjadi pengendapan.

Kerugian 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 seperti sambungan elbow, tee, dan sebagainya.



Gambar 2.2 Sistem Distribusi Pipa Grid (Petak)

2.5.3 Sistem Berbingkai (Ring)

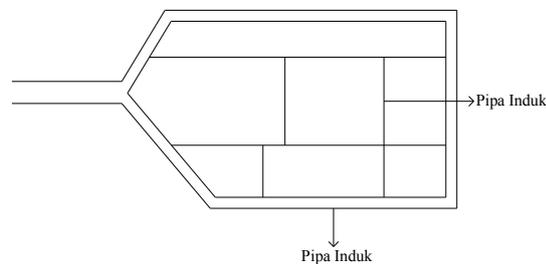
Pada sistem ini pipa induknya melingkar dibandingkan sistem yang lain, sistem ini lebih baik dan bilamana ada kerusakan pada saat perbaikan maka distribusi air tidak terhenti.

Keuntungan sistem ini:

- 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.

Kerugian sistem ini:

- 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.



Gambar 2.3 Sistem Distribusi Pipa Berbingkai (Ring)

2.6 Jenis-Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.6.1 Jenis Pipa

Dalam merencanakan jaringan distribusi bahan yang sering digunakan adalah pipa. Pipa yang digunakan untuk mengalirkan air bersih dibagi dalam beberapa jenis, yaitu :

a. Pipa Galvanis

Pipa ini terbuat dari campuran seng (Zn) dengan timah (Pb) dan pada bagian luar dilapisi dengan lapisan timah untuk mencegah karat.

b. Pipa Baja

Pipa ini dibuat dengan dinding yang tipis sehingga menghasilkan pipa yang relatif ringan dan bermutu tinggi.

Kerugian dari pipa baja ini, yaitu :

- Baja merupakan bahan yang mudah berkarat sehingga membutuhkan perlindungan yang menyeluruh.
- Pipa mudah rusak pada saat pengangkutan.

c. Pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*)

Pipa ini terbuat dari butir-butir *Poly Vinyl Chloride* yang dicampur dengan bahan tambah sampai dengan 6% dan dipanaskan.

d. 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.

2.6.2 Alat Sambung Pipa

Macam-macam alat sambung yang dapat digunakan dalam perencanaan jaringan pipa distribusi, antara lain :

- a. Tee, berfungsi untuk mengalirkan air secara menyilang.
- b. Elbow, digunakan pada arah berbingkai atau lingkaran.
- c. Socket, berfungsi sebagai penyambung dua pipa yang berdiameter sama.
- d. Valve, berfungsi untuk mengatur aliran, menutup dan membuka aliran serta mengontrol tekanan aliran.

- e. Reducer, berfungsi untuk menyambung dua pipa dengan diameter yang berbeda.

2.7 Metode Perhitungan Proyeksi Jumlah Penduduk

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang, digunakan beberapa metode antara lain metode aritmatik, metode geometrik, dan metode requesi eksponensial.

2.7.1 Metode Aritmatik

Metode ini digunakan bila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relative sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil.

Rumus :

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

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

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

T_n = Tahun ke-n (yang akan diproyeksikan)

T_o = Tahun awal

K_a = Konstanta

P_1 = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui

P_2 = Jumlah penduduk pada tahun terakhir yang diketahui

T_1 = Tahun pertama yang diketahui

T_2 = Tahun terakhir yang diketahui

2.7.2 Metode Geometrik

Metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini tepat untuk diterapkan pada kasus pertumbuhan penduduk di kota yang pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat.

Rumus :

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

$$r = P_o (1+n)^{1/n}$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

n = Jumlah interval waktu

2.7.3 Metode Requesi Eksponensial

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

Rumus :

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

Dimana :

B = Konstanta

P_o = Jumlah penduduk tahun pertama

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

e = Bilangan eksponensial ($e = 2,718281828$)

T_o = Tahun awal

T_n = Tahun ke-n

P_1 = Jumlah penduduk pada tahun pertama

P_2 = Jumlah penduduk pada tahun terakhir (kedua)

T_1 = Tahun pertama yang diketahui

T_2 = Tahun terakhir yang diketahui

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap

penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil.

Rumus Standar Deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Dimana :

SD = Standar deviasi

X = Selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

n = Jumlah tahun

(M. Iqbal Hasan, Pokok-Pokok Materi Statistik 1 Edisi Kedua)

2.8 Langkah-Langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi

2.8.1 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (Head Loss) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan manning-gauckler-strickler yaitu:

(Hidrolika 1, TEDC Bandung)

$$Hgs = \frac{v^2 \cdot l}{Kst^2 \cdot R^{4/3}} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{4/3}}{Kst^2 \cdot d^{4/3}}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \rightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 \cdot d^4}$$

$$Hgs = \frac{16Q^2 / l \cdot 4^{4/3}}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{4/3} \cdot d^4}$$

$$Hgs = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{16/3}} \cdot Q^2 \rightarrow Hgs = K \cdot Q^2$$

$$\text{Maka, } K = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 \cdot Kst^2 \cdot d^{16/3}}$$

Dimana :

l = Panjang pipa

Kst = Koefisien kekasaran saluran

d = Diameter pengaliran

$Kst = 1/n$, dimana n merupakan konstanta numerik

2.8.2 Dimensi Pipa

Dalam perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, pendimensian pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan dalam suatu sistem perencanaan. Rumus yang digunakan adalah: (Denik Sri Krinayanti, dkk, 2013:75)

$$Q = V \cdot A$$

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

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{V \pi}}$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

V = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m²)

d = Diameter (mm)

2.8.3 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.

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

2.8.4 Debit Pelayanan

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

a. Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q Domestik)

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

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

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

c. Total debit pelayanan

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

2.8.5 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 penuh dialiri cairan.

Hilang tinggi tekanan diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan dan dinyatakan dengan H_{gs}.

Persamaan Darcy – Weisbach :

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

Dimana :

- H_{gs} = Hilang tinggi tekanan akibat gesekan (m)
- λ = Koefisien gesekan Darcy (dari Diagram Moody)
- l = Panjang pipa (m)
- v = Kecepatan aliran (m/detik)
- d = Diameter pipa (m)
- g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/detik²)

Menentukan nilai λ dengan Diagram Moody :

1. Hitung bilangan Reynold

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Dimana :

- Re = Bilangan Reynold
- v = Kecepatan aliran
- d = Diameter pipa

ν = viskositas kinematik zat cair (tergantung suhu)

2. Hitung kekasaran relatif (ks/d)

Dimana :

Ks = Kekasaran mutlak (tergantung bahan)

d = Diameter pipa

3. Tentukan nilai λ dengan Diagram Moody

Persamaan Manning-Gauckler-Strickler :

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

$$Q = v \cdot A$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³ / detik)

K_{st} = Koefisien gesekan pipa strickler

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter (m)

n = Konstanta Numerik

H_{gs} = Kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan

v = Kecepatan aliran

R = Jari-jari Hidrolik → d = 4R

Tabel 2.7 Harga n Untuk Saluran Terbuka

No	Bahan Saluran	n
1.	Plastik, PVC, Gelas, Tabung halus	0,009
2.	Semen yang baik, logam yang bagus	0,010
3.	Papan kayu, pipa asbes	0,011
4.	Besi kasar, baja las, kanvas	0,012
5.	Beton, aspal, besi cor	0,013
6.	Tanah liat	0,014
7.	Pipa-pipa besi	0,015
8.	Paku baja, brick	0,016
9.	Tembok	0,017
10.	Tanah yang halus	0,018
11.	Pasir	0,023
12.	Pipa baja beralur	0,022
13.	Saluran biasa dalam keadaan baik	0,025
14.	Saluran biasa dengan batu dan rumput	0,035
15.	Saluran biasa yang tak berarti	0,060

Sumber : *Water Resource and Environment Engineering(1981)*

Dalam saluran pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan.

b. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

- a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba
- b. Perubahan arah/tikungan pipa
- c. Pipa bercabang

2.8.6 Fluktuasi Pemakaian Air

Adalah kondisi dimana pemakaian air per jam ada pada kondisi minimal, rata-rata dan jam puncak (maksimal). Fluktuasi pemakaian air berpengaruh dalam perhitungan reservoir.

- a. Pemakaian Maksimum Perhari ($Q_{maks}/hari$)

$$Q_{maks}/hari = Q_{rata-rata}/hari \times f_m$$

- b. Pemakaian Maksimum Perjam (Q_{maks}/jam)

$$Q_{maks}/jam = Q_{rata-rata}/hari \times f_p$$

Besar faktor maks/hari (f_m) = 1,1 – 1,7

Besar faktor maks/jam (f_p) = 1,5 – 3,0

Tabel 2.8 Fluktuasi Pemakaian Air

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

Sumber : *Water Supply Engineering Design, Aan Science (1998)*

2.9 Reservoir

Sistem distribusi air minum terdiri dari jaringan perpipaan berikut reservoir distribusi. Dalam distribusi, reservoir memiliki tiga fungsi pokok, yaitu :

1. Sebagai penyeimbang aliran
2. Sebagai penyeimbang tekanan
3. Sebagai distributor

Menurut konstruksinya, dikenal dua macam reservoir, yaitu :

- a. Reservoir di permukaan tanah (ground tank)

Reservoir ini dapat dibuat dengan volume yang sangat besar dan biasanya berupa konstruksi beton.

- b. Reservoir diatas kaki (menara air water tower/elevated tank)

Reservoir ini dibuat dengan volume terbatas dan biasanya berupa konstruksi baja atau beton.

Sedangkan menurut cara pengalirannya, juga dikenal dua macam reservoir, yaitu :

1. Reservoir tinggi

Yaitu reservoir yang cara pengalirannya kesehatan perpipaan distribusi adalah secara gravitasi. Reservoir yang termasuk jenis ini, tidak bergantung pada letaknya diatas tanah. Ground reservoir dapat saja merupakan reservoir tinggi jika terletak didaerah dengan elevasi tinggi sehingga memungkinkan pengaliran secara gravitasi.

2. Reservoir rendah

Yaitu reservoir yang pengaliran airnya ke sistem perpipaan distribusi memerlukan pemompaan. Reservoir jenis ini biasanya memerlukan reservoir di permukaan tanah (ground tank). Volume reservoir dihitung berdasarkan selisih antara suplai dan pemakaian air per jam. Dalam penentuan volume reservoir digunakan cara analisa dengan menghitung persen tiap jam pemakaian berdasarkan tabel fluktuasi pemakaian air.

2.10 Metode Distribusi

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

2.10.1 Metode Gravitasi

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.

2.10.2 Distribusi Pompa Dengan Menggunakan Reservoir

Metodenya cukup ekonomis karena pemompaannya tidak berlangsung secara terus-menerus. Air yang dipompakan akan mengalir ke seluruh reservoir,

jika kebutuhan air memuncak maka air yang berada dalam reservoir akan mengalir ke daerah pelayanan.

2.11 Perhitungan Hardy Cross

Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran masuk dan meninggalkan jaringan pipa diketahui dan akan dihitung debit pada setiap elemen dari jaringan tersebut. Jika tekanan pada seluruh jaringan juga dihitung maka tinggi tekanan pada satu titik harus diketahui.

Prosedur perhitungan dengan metode Hardy Cross adalah sebagai berikut :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas.
2. Hitung kehilangan tinggi tekanan ($H_{gs} = K \cdot Q^2$) di tiap pipa.

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

Keterangan :

K = Koefisien hilang tekan

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

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

3. Bagi jaringan pipa menjadi beberapa jaringan tertutup sehingga tiap jaringan termasuk dalam paling sedikitnya satu jaringan.
4. Hitung jumlah hilang tinggi tekanan sekeliling tiap jaringan ($\sum H_{gs} = 0$).
5. Hitung nilai $\sum H_{gs}/Q$ untuk tiap jaringan.
6. Pada tiap jaringan diadakan koreksi debit Q , supaya kehilangan tinggi tekanan dalam jaringan seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{\sum K \cdot Q^2}{2 \cdot \sum K \cdot Q_0^2}$$

7. Debit yang telah dikoreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q$, prosedur dari 1 sampai 4 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q \approx 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit yang dimisalkan dan ΔQ adalah debit hasil koreksi.

(Y.P. Pangaribuan dan Endang P Tachyan, Hidrolika Teknik Edisi Kedua)

2.12 Dasar-Dasar Pengelolaan Proyek

2.12.1 Dokumen Tender

Dokumen tender merupakan dokumen yang terdiri dari kumpulan pedoman dan peraturan yang dibuat oleh konsultan perencana atas permintaan klien/owner.

Dokumen ini diperuntukan bagi para kontraktor yang akan mengikuti pelelangan pada suatu proyek, dimana dokumen tender akan memberikan penjelasan kepada para peserta lelang. Isi dokumen lelang terdiri dari syarat-syarat atau ketentuan sehingga peserta lelang akan mendapatkan dan mengerti informasi yang ada pada pelaksanaan proyek.

Syarat-syarat peserta lelang :

1. Pelelangan ini dapat diikuti oleh semua penyedia jasa pelaksanaan konstruksi (pemborong) yang memenuhi persyaratan pelelangan umum dengan pasca kualifikasi atau lulus pra kualifikasi.
2. Peserta lelang harus mengutamakan penggunaan bahan, peralatan dan jasa produksi dalam negeri.
3. Peserta lelang harus menyerahkan dokumen penawaran yang sesuai dengan bentuk-bentuk yang ditentukan dalam bentuk surat penawaran dan lampiran.
4. Penyedia jasa yang ditunjuk oleh pengguna jasa untuk melaksanakan layanan jasa konsultasi dalam perencanaan atau yang akan mengawasi pelaksanaan pekerjaan dengan peserta lelang tidak diperkenankan menjadi peserta lelang.

Dokumen tender sangat penting bagi semua pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek, sebab dokumen tender ini juga digunakan sebagai pedoman pada waktu pelaksanaan dan pertanggungjawaban kontraktor kepada pemberi tugas sewaktu melaksanakan pekerjaan. Adapun yang termasuk dalam dokumen tender adalah :

1. Rencana kerja dan syarat-syarat (RKS)
 - a. Syarat-syarat umum

Berisikan tentang penjelasan pihak-pihak yang berkaitan dengan pelaksanaan, penjelasan umum pekerjaan yang akan dilaksanakan, persyaratan penentuan pemenang, persyaratan gambar kerja, serta sistem

pengawasan pengendalian pekerjaan secara umum di lapangan.

b. Syarat-syarat administratif

Meliputi jangka waktu pelaksanaan pekerjaan, persyaratan pembayaran denda atas keterlambatan pekerjaan, besarnya jaminan pelelangan dan penawaran serta besarnya jaminan pelaksanaan.

Syarat-syarat administratif meliputi :

- Jaminan penawaran
- Suart referensi bank
- Neraca keuangan perusahaan
- Tanda daftar rekanan
- NPWP (Nomor Pokok Wajib Pajak)
- Akte pendirian perusahaan
- Keanggotaan asosiasi
- Data direksi (*curriculum vitae*)
- Daftar pengalaman perusahaan

c. Syarat-syarat teknis

Secara umum teknis pekerjaan harus disesuaikan dengan spesifikasi yang telah ditentukan yang digunakan sebagai pedoman atau standar kerja. Apabila harus dilakukan pengantiannya misalnya dalam hal bahan yang harus disesuaikan dengan mutu dan persyaratan yang telah direncanakan dan ditetapkan.

Syarat-syarat teknis meliputi :

- Daftar harga satuan (upah, bahan, dan alat)
- Analisa harga satuan pekerjaan
- Jadwal pelaksanaan
- Alat yang digunakan

2. Gambar-gambar pekerjaan

Gambar bestek adalah gambar konstruksi yang dilengkapi dengan detail dan ukuran-ukuran dari setiap item pekerjaan. Biasanya gambar kerja ini merupakan salah satu bagian dari dokumen tender yang mendapat perhatian besar. Gambar yang baik adalah gambar yang dapat di mengerti oleh peserta lelang,

sehingga mereka dapat mengajukan penawaran dengan teliti dan benar.

2.13 Perhitungan Volume Pekerjaan

Dalam menghitung anggaran biaya, harus dilakukan seteliti mungkin. Untuk menghitung biaya konstruksi, kontraktor harus berpedoman pada gambar kerja, spesifikasi, mutu bahan, alat-alat kerja dan kondisi lapangan.

Langkah-langkah untuk menghitung analisa biaya antara lain :

a. Menghitung Kuantitas Pekerjaan

Perhitungan kuantitas adalah hal yang sangat penting dalam konstruksi untuk mengetahui berapa banyak bahan, tenaga kerja dan alat-alat kerja yang dibutuhkan atau kendaraan yang dibutuhkan. Biasanya perhitungan kuantitas pekerjaan dibuat dalam bentuk sebuah daftar, dalam pelaksanaan lelang daftar kuantitas merupakan salah satu syarat yang harus ada. Kegunaan lain dari data kuantitas ini adalah untuk menghitung kebutuhan bahan, tenaga kerja dan peralatan. Apabila daftar ini digabungkan dengan jadwal pelaksanaan, maka akan diperoleh jadwal bahan, jadwal tenaga kerja dan jadwal peralatan. Ditinjau dari kemungkinan memperoleh pekerjaan, kontraktor wajib memiliki kemampuan membuat daftar atau tabel kuantitas yang baik dan benar. Hanya daftar yang baik yang akan membantu kontraktor untuk memenangkan lelang dengan hasil yang memuaskan.

b. Membuat Daftar Harga Bahan Dan Upah

Daftar harga bahan dan upah yang standar dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Tingkat I. Dalam suatu provinsi daerah yang satu dengan daerah yang lainnya berbeda harga bahan dan upahnya. Hal ini dikarenakan pada daerah tertentu, terdapat bahan dan material yang dibutuhkan untuk suatu jenis pekerjaan maka harga bahan tersebut akan lebih rendah atau lebih murah dibandingkan daerah lainnya. Begitu pula dengan tenaga kerja, tetapi upah minimum tenaga kerja ini sudah ditentukan oleh pemerintah. Jadi kemungkinan terjadinya selisih harga tidaklah terlalu besar dibandingkan dengan harga bahan pada suatu daerah dengan daerah lainnya.

c. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan biaya dalam bentuk dan faedah penggunaannya, peserta biaya yang dikeluarkan dan susunan saat pelaksanaan kerja dalam bidang administrasi maupun saat pelaksanaan kerja dalam bidang sipil. Dari buku dasar-dasar penyusunan anggaran biaya, berarti menaksir anggaran dan mengira harga dari satuan bahan bangunan atau benda yang dibuat dengan teliti sebagai rencana anggaran biaya yang sederhana. Rencana anggaran biaya itu perlu dilampirkan analisa bahan dari tiap pekerjaan jelas jenis pekerjaan apa dan arti dari bahan yang digunakan. Pada pekerjaan pembuatan jaringan pipa distribusi air bersih ini yang perlu kita hitung adalah besar biaya untuk pekerjaan galian, timbunan, harga pipa dan peralatan pelengkap yang digunakan serta upah tenaga kerja.

d. Rekapitulasi Biaya Pekerjaan

Untuk mengetahui besarnya rencana anggaran biaya pekerjaan yang dihitung, maka setelah kuantitas dihitung dan mengalikan dengan harga satuan sehingga harga atau biaya yang direncanakan untuk masing-masing elemen pekerjaan diperoleh, kemudian besarnya harga masing-masing elemen tersebut dijumlahkan, maka didapat rekapitulasi atau penjumlahan biaya dari masing-masing elemen.

2.14 Persiapan Rencana Pelaksanaan

1. Network Planning

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi diperlukan suatu perencanaan waktu untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang akan dilaksanakan. Dalam network planning dapat diketahui juga hubungan antara pekerjaan-pekerjaan tersebut. Kegiatan suatu pekerjaan dapat dilihat atau dilukiskan dengan diagram panah, sehingga didapat hubungan saling ketergantungan dan dapat pula diketahui lamanya pelaksanaan pekerjaan tersebut.

Net Work Planning memiliki beberapa tipe, yaitu sebagai berikut :

- a. Preseden/PDM (*Pecendence Diagram Method*)
- b. Metode Jalur Kritis/*Critical Path Method*(CPM).

- c. *Diagram Evaluation and Review Technique* (PERT).
- d. *Grafiz Evaluation and Review Technique* (GERT).

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

- a. Masukan informasi yang tetap.
- b. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan.
- c. Sumber daya dalam keadaan siap pakai
- d. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya.

Kegunaan dari *Net Work Planning* adalah :

- a. Mengkoodinasikan berbagai pekerjaan.
- b. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
- c. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses situ sendiri

Proses penyusunan *Net Work Planning* yaitu :

- a. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
- b. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
- c. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
- d. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang)
- e. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan menimbulkan fruktifikasi pemakaian sumber daya.

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

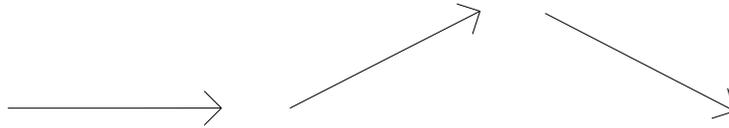
- a. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
- b. Urutan-urutan jenis kegiatan tersebut.
- c. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
- d. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
- e. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan).
- f. Buat NWP nya.

Critical Path Method (CPM)

Simbol-simbol CPM :

1. Arrow (panah, anak panah)

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



Gambar 2.4 Simbol – Simbol CPM

2. Node (lingkaran kecil)

- a. Menunjukkan Event (kejadian).
- b. Node adalah pehubung antara kegiatan.



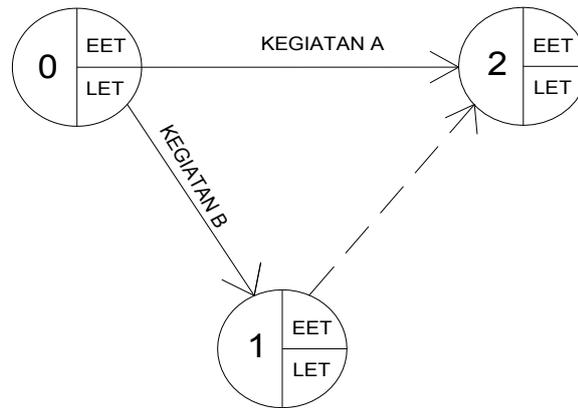
Gambar 2.5 CPM dengan 2 Node

Keterangan :

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

3. Kegiatan Semu (*Dummy*).

- a. Kegiatan apa yang mengikuti.
- b. Kegiatan apa yang mendahului.
- c. Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.
- d. Kegiatan apa yang selesai bersamaan.

Gambar 2.6 *Dummy*

4. Jalur Kritis

- Kegiatan yang jika ditunda akan menyebabkan tertundanya proyek secara keseluruhan.
- Penyelesaian proyek secara keseluruhan akan dapat dipercepat apabila pekerjaan-pekerjaan yang menjadi bagian dari luar jalur kritis dapat dipercepat penyelesaiannya.
- Jalur yang memiliki waktu terpanjang dari semua jalur yang dimulai dari peristiwa awal hingga peristiwa yang terakhir.



Gambar 2.7 Jalur Kritis

2. Kurva S

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 di dapat dari perbandingan antar harga penawaran tanpa pajak kontigensi dan keuntungan dari kontraktor yang dikalikan dengan 100%.

Kurva S merupakan suatu kurva yang berfungsi sebagai patokan untuk standar yang menggambarkan persentase dari suatu kegiatan yang telah dilaksanakan yang selanjutnya digunakan dalam pembayaran termin atau pembayaran atas kerja tersebut. Apabila antara perencanaan dan pelaksanaan di lapangan terjadi suatu kegiatan terlalu cepat, maka disarankan untuk memperlambat kegiatan tersebut dan kembali pada perencanaan semula. Begitu pula bila terjadi keterlambatan pada suatu kegiatan.

Teknik penyusunan Kurva S adalah Sebagai berikut :

- a. Proyek harus diselesaikan sesuai waktu / jadwal dan spesifikasi yang telah direncanakan bersama
- b. Diperlukan adanya prosedur untuk menentukan dan memakai sistem pencatatan serta mengikuti kemajuan proyek, biaya dan anggaran.
- c. Perbedaan perkiraan semula, jalannya kemajuan dan biaya
- d. Perkiraan pada waktu penyelesaian

3. Diagram Batang (*Barchart*)

Pada umumnya pelaksanaan suatu aktivitas akan memberikan peralatan dan tenaga kerja dari waktu ke waktu akan berbeda. Pada suatu waktu jumlah penggunaan akan sangat tinggi sedangkan waktu lainnya akan sangat rendah. Berhubungan dengan hal tersebut, maka setelah NWP dan Kurva S akan dapat dibuat diagram batang (*barchart*) yang berfungsi untuk mengetahui kapan diperlukan tenaga kerja, bahan dan peralatan.