

BAB II

LANDASAN TEORI

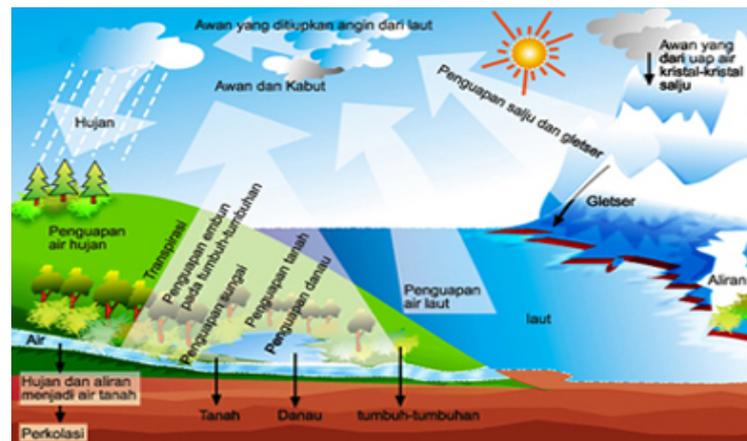
2.1 Pengertian Air

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

2.2 Sumber-sumber Air

Jumlah air di bumi ini pada dasarnya tidak berkurang dan tidak bertambah. Pemanasan air laut oleh sinar matahari merupakan kunci proses siklus hidrologi tersebut dapat berjalan secara terus menerus. Air berevaporasi, kemudian jatuh sebagai presipitasi dalam bentuk hujan, salju, hujan batu, hujan es dan salju (*sleet*), hujan gerimis atau kabut.

Pada perjalanan menuju bumi beberapa presipitasi dapat berevaporasi kembali ke atas atau langsung jatuh yang kemudian diintersepsi oleh tanaman sebelum mencapai tanah (Totok.S, 1996). Setelah mencapai tanah, siklus hidrologi terus bergerak secara terus menerus (kontinu).



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi Air

Berdasarkan sumbernya air dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok, yaitu :

a. Air laut

Air laut adalah air dari laut atau samudera. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 gram garam (terutama, namun tidak seluruhnya, garam dapur/NaCl). Walaupun kebanyakan air laut di dunia memiliki kadar garam sekitar 3,5 %, air laut juga berbeda-beda kandungan garamnya. Yang paling tawar adalah di timur Teluk Finlandia dan di utara Teluk Bothnia, keduanya bagian dari Laut Baltik. Yang paling asin adalah di Laut Merah, dimana suhu tinggi dan sirkulasi terbatas membuat penguapan tinggi dan sedikit memasukan air dari sungai-sungai. Kadar garam di beberapa danau dapat lebih tinggi lagi (Chandra, 2002) .

b. Air Permukaan

Air permukaan adalah air yang terdapat pada permukaan tanah. Pada perinsipnya air permukaan terbagi menjadi (Depkes, 1995) :

- Air rawa

Pada umumnya air rawa bewarna karena adanya zat-zat organik yang telah membusuk. Dengan banyaknya zat organik menyebabkan kadar O₂ yang terlarut dalam air menjadi tinggi. Pada permukaan air ini akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar

matahari dan oksigen (O₂). Untuk mengambil air ini, sebaiknya pada bagian tengah agar endapan-endapan besi (Fe) dan mangan (Mn) serta lumut tak terbawa.

- Air Danau

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

c. Air Tanah

Air tanah adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh dipermukaan tanah/bumi dan meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori didalam tanah. Air tanah terbagi atas :

- Air Tanah Preatis

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 disini berfungsi sebagai saringan namun pengotoran juga masih berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Air tanah dangkal umumnya mempunyai kedalaman kurang lebih 50 meter.

- Air Tanah Artesis

Air tanah dalam terdapat setelah lapisan rapat air yang pertama. Untuk mengambil air ini diperlukan bor karena kedalamannya yang cukup dalam (100-300 m). Jika tekanan air tanah ini besar, maka air akan menyembur ke permukaan sumur. Sumur ini

disebut sumur atesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka di perlukan pompa.

d. Air Sungai

Air sungai adalah air hujan yang jatuh kepermukaan bumi dan tidak meresap kedalam tanah akan mengalir secara gravitasi searah dengan kemiringan permukaan tanah 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.

2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih

Dalam merencanakan penyediaan air bersih harus memenuhi konsep 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas. Kualitas menyangkut mutu air, baik air baku maupun air hasil pengolahan yang siap didistribusikan. Kuantitas menyangkut jumlah atau ketersediaan air baku yang akan diolah. Perlu pertimbangan apakah sumber air baku tersebut dapat memenuhi kebutuhan air baku selama umur rencana. Kontinuitas menyangkut kebutuhan air terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus menerus terutama ketika musim kemarau.

2.3.1 Persyaratan Kualitas Air Minum

Untuk menjamin bahwa suatu sistem penyediaan air bersih air minum adalah aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat menginfeksi para pemakai air maka haruslah terpenuhi suatu persyaratan kualitasnya.

Air minum selain harus bebas dari zat yang berbahaya bagi kesehatan, juga harus menarik rasa dan baunya. Dalam perencanaan pelaksanaan fasilitas penyediaan air bersih (sumber, waduk, jaringan distribusi) harus bebas dari kemungkinan pengotoran dan kontaminasi. Berdasarkan SK Menkes No. 907/Menkes/SK/VII/2002 tentang syarat-syarat dan

Pengawasan Kualitas Air Minum pada Lampiran 1 Persyaratan Kualitas Air Minum adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan Bakteriologis

Parameter persyaratan bakteriologis adalah jumlah maksimum eceria coli atau fecal coli dan total bakteri coliform per 100 ml sampel. Persyaratan tersebut harus di penuhi oleh air minum, air yang masuk sistem distribusi.

2. Persyaratan Kimiawi

Dalam hal ini yaitu tidak adanya kandungan unsur zat atau zat kimia yang berbahaya bagi manusia. Keberadaan zat kimia yang berbahaya harus ditekan seminimal mungkin. Sedangkan zat-zat tertentu yang membantu terciptanya kondisi air yang aman dari mikroorganisme harus tetap di pertahankan keberadaanya dalam kadar tertentu. Parameter dalam persyaratan ini terbagi menjadi dua yaitu bahan kimia yang berpengaruh langsung pada kesehatan dan yang mungkin dapat menimbulkan keluhan pada konsumen. Bahan-bahan kimia yang termasuk di dalam parameter ini adalah bahan-bahan anorganik, organik, pestisida, serta desinfektan dan hasil sampingannya.

3. Persyaratan Radioaktivitas

Persyaratan radioaktivitas membatasi kadar maksimum aktivitas alfa dan beta yang diperbolehkan terdapat air minum.

4. Persyaratan Fisik

Parameter dalam persyaratan fisik untuk air minum yaitu warna, rasa dan bau, temperatur, serta kekeruhan. (*sumber : Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 12,13*)

Tabel 2.1 Data Kualitas Air Bersih

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
A. FISIKA				
1	Bau	-	-	Tidak
2	Jumlah Zat Padat	Mg/L	1000	-
3	Kekeruhan	NTU	5	-
4	Rasa	-	-	Tidak Berasa
5	Suhu	°X	Suhu Udara 3°C	-
6	Warna	TCU	15	-
B. KIMIA				
a. Kimia Anorganik				
1	Air Raksa	mg/L	0.001	
2	Alumunium	mg/L	0.2	
3	Arsen	mg/L	0.0	
4	Barium	mg/L	0.7	
5	Besi	mg/L	0.3	
6	Fluorida	mg/L	1.5	
7	Kadmium	mg/L	0.0	
8	Kesadahan (CaCO ₃)	mg/L	500	
9	Khlorida	mg/L	250	
10	Kromium, val 6	mg/L	0.0	
11	Mangan	mg/L	0.1	
12	Natrium	mg/L	200	
13	Nitrat, sebagai N	mg/L	50	
14	Nitrit, sebagai N	mg/L	3	

Lanjutan Tabel 2.1

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
15	Perak	mg/L	0,05	Batas Min & Max
16	pH	mg/L	6.5 - 8.5	
17	Selenium	mg/L	0,01	
18	Seng	mg/L	3,0	
19	Sianida	mg/L	0,07	
20	Sulfat	mg/L	250	
21	Sulfida	mg/L	0,05	
22	Tembaga	mg/L	1,0	
23	Timbal	mg/L	0,01	
b. Kimia Organik				
1	Aldrin dan Dieldrin	$\mu\text{m/L}$	0,03	
2	Benzene	$\mu\text{m/L}$	10	
3	Benzo(a)pyrene	$\mu\text{m/L}$	0,7	
No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
4	Chlorodane	$\mu\text{m/L}$	0,2	
5	Chloroform	$\mu\text{m/L}$	200	
6	2,4-D	$\mu\text{m/L}$	30	
7	DDT	$\mu\text{m/L}$	2	
8	Detergen	$\mu\text{m/L}$	50	
9	1.2 Dicholorothane	$\mu\text{m/L}$	30	

Lanjutan Tabel 2.1

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
10	1,2 Dichloroethane	$\mu\text{m/L}$	30	
11	Heptachlor dan Heptachlor Epoxide	$\mu\text{m/L}$	0,03	
12	Hexachlorobenzene	$\mu\text{m/L}$	1	
13	Gamma – HCH (Lindane)	$\mu\text{m/L}$	2	
14	Methoxychlor	$\mu\text{m/L}$	20	
15	Pentachlorophenol	$\mu\text{m/L}$	9	
16	2,4,6 - Trichlorophenol	$\mu\text{m/L}$	2	
17	Zat Organik (KMnO ₄)	$\mu\text{m/L}$	10	
C. MIKROBIOLOGI				
No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Keterangan
1	Koliform Tinja	jml/100 ml	0	
2	Total Coliform	jml/100 ml	0	
D. RADIOAKTIVITAS				
1	Aktivitas Alpha			
2	(Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
3	Aktivitas Beta			
4	(Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Sumber : Kepmenkes RI No. 907/Menkes/SK/VII/2002

1. Parameter Fisik

Adapun syarat-syarat fisik air minum adalah sebagai berikut :

1. Air tidak boleh bewarna
2. Air tidak boleh berasa
3. Air tidak boleh berbau
4. Suhu air hendaknya dibawah suhu udara sejuk ($\pm 25^\circ$)
5. Air harus jernih

- Warna

Air minum sebaiknya tidak bewarna, bening dan jernih untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Pada dasarnya dalam air dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu warna semu (*apparent colour*) yang disebabkan oleh unsur tersuspensi dan warna sejati (*true colour*) yang disebabkan oleh zat koloidal. Air yang telah mengandung senyawa organik seperti daun, potongan kayu, rumput akan memperlihatkan warna kuning kecoklatan, oksida besi akan menyebabkan air bewarna kemerah-merahan, dan oksida mangan akan menyebabkan air bewarna kecoklatan atau kehitaman.

- Rasa

Syarat air bersih adalah air tersebut tidak boleh berasa. Air yang berasa dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan. Efeknya tergantung penyebab timbulnya rasa tersebut. Sebagai contoh rasa asam organik maupun anorganik sebagai rasa asin dapat disebabkan oleh garam terlarut dalam air.

- Bau

Bau disebabkan oleh adanya senyawanya lain yang terkandung dalam air seperti gas H₂S, NH₃, senyawa fenol, klorofenol dan lain-lain. Pengukuran biologis senyawa organik dapat menghasilkan bau pada zat cair dan gas. Bau

yang disebabkan oleh senyawa organik ini selain mengganggu dari segi estetika, juga beberapa senyawa dapat bersifat karsinogenik.

- Suhu

Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), dengan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, suhu yang normal mencegah terjadinya pelarutan zat kimia pada pipa, menghambat reaksi biokimia pada pipa dan mikroorganisme tidak dapat tumbuh. Jika air suhu tinggi maka jumlah oksigen terlarut dalam air akan berkurang juga akan meningkatkan reaksi dalam air.

(Sumber : Tri Joko, *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Hal : 8 & 9)

Tabel 2.2 Syarat-Syarat Fisik Air Kualitas Air Minum

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang diperbolehkan	Keterangan
1	2	3	4
Parameter Fisik			
Warna	TCU	15	
Rasa dan Bau	-	-	Tidak berbau dan berasa
Temperatur	$^{\circ}\text{C}$	Suhu Udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
Kekeruhan	NTU	5	

(Sumber : Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 907/MENKES/VII/2002, tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air minum)

2. Parameter Kimiawi

Air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah tertentu yang melampaui batas. Bahan kimia yang dimaksud tersebut adalah bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan. Beberapa persyaratan kimia tersebut antara lain :

a. pH

pH merupakan faktor penting bagi air minum, pada $\text{pH} < 6,5$ dan $> 8,5$ akan mempercepat terjadinya korosi pada pipa distribusi air bersih.

b. Zat padat Total (Total Solid)

Total solid merupakan bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu $103-105\text{ }^{\circ}\text{C}$

c. Zat Organik sebagai KmnO_4

Zat organik dalam air berasal dari alam (tumbuh-tumbuhan, alkohol, selulosa, gula dan pati), sintesa (proses-proses produksi) dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan dalam air mengakibatkan timbulnya bau tak sedap.

d. CO_2 Agresif

CO_2 yang terdapat dalam air berasal dari udara dan hasil dekomposisi zat organik. CO_2 agresif yaitu CO_2 yang dapat merusak bangunan, perpipaan dalam distribusi air bersih.

e. Kesadahan Total (Total Hardness)

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi misalnya Mg^{2+} , Ca^{2+} , Fe^{+} , dan Mn^{+} . Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} secara bersama-sama. Air sadah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa.

f. Besi

Keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organik, juga digunakan untuk mengikat besi, akibatnya sisa klor menjadi lebih banyak pada proses pengolahan air. Dalam air minum kadar

maksimum besi yaitu 0,3 mg/l, sedangkan untuk nilai ambang rasa pada kadar 2 mg/l. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun dalam dosis yang berlebihan dapat merusak dinding halus.

g. Mangan

Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk MnO_2 . Kadar mangan dalam air maksimum yang di perbolehkan adalah 0,1 mg/l. Adanya mangan yang berlebihan dapat menyebabkan flek pada benda-benda putih oleh deposit MnO_2 , menimbulkan rasa dan menyebabkan warna (ungu/hitam) pada air minum, serta bersifat toksit.

h. Tembaga (Cu)

Pada kadar lebih besar dari 1mg/l akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala ginjal, muntaber, lemah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa.

i. Seng (Zn)

Tubuh memerlukan seng untuk metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat racun. Pada air minum kelebihan kadar $Zn > 3$ mg/l dalam air minum menyebabkan rasa kesat/pahit dan bila dimasak timbul endapan seperti pasir dan menyebabkan muntaber.

j. Klorida

Klorida mempunyai tingkat toksisitas yang tergantung pada gusut senyawanya. Klor biasanya digunakan sebagai disinfektan dalam penyediaan air minum. Kadar klor melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.

k. Nitrit

Kadar nitrit dapat menyebabkan *methemoglobinemia* terutama pada bayi yang mendapat konsumsi air minum yang mengandung nitrit.

l. Flourida

Kadar F < 2 mg/l menyebabkan kerusakan pada gigi, sebaliknya bila terlalu banyak juga akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.

m. Logam – logam berat (Pb, As, Se, Cd, Hg, CN)

Adanya logam-logam berat dalam air menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen, dan kanker.

(Sumber : Tri Joko, Unit produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum Hal : 10-13)

3. Parameter Mikrobiologi

Persyaratan mikrobiologis yang harus di penuhi oleh air adalah sebagai berikut :

- a. Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya bakteri golongan *coli*, *samonellatyphi*, *vibrichlotera*, dan lain-lain. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air (transmitted bywater)
- b. Tidak mengandung bakteri non patogen seperti *actinomycetes*, *phytoplanktoncoliform*, *caldocera*, dan lain-lain. Standar mutu air minum atau air untuk kebutuhan rumah tangga di tetapkan berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor : 01/Birhukmas/1/1975 tentang syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum. Standar baku air minum tersebut disesuaikan dengan standar internasional yang ditetapkan WHO. Standarisasi kualitas air tersebut bertujuan untuk memelihara, melindungi, dan mempertinggi derajat kesehatan masyarakat, terutama dalam pengolahan air atau kegiatan usaha mengolah dan mendistribusikan air minum untuk masyarakat umum

Seperti kita ketahui jika standar mutu air sudah diatas standar atau sesuai dengan standar tersebut maka yang terjadi adalah menentukan besar kecilnya

investasi dalam pengadaan air bersih tersebut, baik instalasi penjernihan air dan biaya operasi serta pemeliharannya. Sehingga semakin jelek kualitas air semakin berat beban masyarakat untuk membayar harga jual air bersih. Dalam penyediaan air bersih yang layak untuk dikonsumsi oleh masyarakat banyak mengutip Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 173/Men.Kes/Per/VII/1977. (Sumber : <http://www.kamusilmiah.com/kesehatan/seperti-apa-standar-air-bersih/>)

4. Parameter Bakteriologis

Air yang sehat kita minum seharusnya bebas dari segala bakteri sumber penyakit. Cara memeriksa air adalah dengan pemeriksaan laboratorium. Apabila pemeriksaan dari 100 CC air terdapat kurang dari 4 bakteri E. Coli maka air tersebut sudah memenuhi syarat kesehatan.

5. Parameter Biologi

Air minum tidak boleh mengandung kuman-kuman patogen dan parasit seperti kuman-kuman thypus, kolera, dysentri, dan gastroensitris. Untuk mengetahui adanya bakteri patogen dapat dilakukan dengan pengamatan terhadap ada tidaknya bakteri *Ecercia Coli* yang merupakan bakteri indikator pencemar air. Parameter ini terdapat pada air yang tercemar oleh tinja manusia dan dapat menyebabkan gangguan pada manusia berupa penyakit perut (diare) karena mengandung bakteri patogen. Proses penghilangannya dilakukan dengan desinfeksi.

Selain ketiga parameter tersebut, ada syarat lagi untuk parameter tersebut yaitu syarat radiologis. Air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radio aktif, seperti sinar alfa, beta, dan gamma. (Sumber : Tri Joko, *Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum*, Hal : 13)

2.3.2 Persyaratan Kuantitas (Debit)

Setelah persyaratan kualitas terpenuhi maka air bersih juga harus mampu melayani daerah pelayanan. Banyaknya penduduk yang ada dalam suatu wilayah harus mampu terpenuhi secara kuantitasnya. Persyaratan kuantitatif ini sangat dipengaruhi sekali dengan jumlah air baku yang tersedia, serta kapasitas produksi dari instalasi pengolahan air. Pada umumnya debit air dari tiap sumber air akan mengalami perubahan-perubahan dari suatu waktu ke waktu yang lain. Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah di tinjau 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 dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya. Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang.

(Sumber : Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 13)

2.3.3 Persyaratan Kontinuitas Air

Arti kontinuitas disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada musim hujan maupun musim kemarau.

Sehingga persyaratan kontinuitas ini erat sekali hubungannya dengan persyaratan kuantitas. Beberapa contoh fluktuasi debit sumber air adalah sebagai berikut :

1. Pada musim hujan aliran sungai mungkin mencapai bibir dinding sungai tetapi pada musim kemarau sungai tersebut sama sekali tidak berair. Demikian juga sumur dangkal pada musim hujan akan mengandung air yang cukup banyak dan pada waktu musim kemarau yang tidak terlalu panjang mungkin tidak berair sama sekali.
2. Pada waktu musim hujan debit mata air cukup besar dan debit ini akan mengecil pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena air tanah pada musim hujan lebih banyak daripada musim kemarau, sehingga permukaan air tanah pada musim hujan lebih tinggi daripada musim kemarau. Dengan demikian debit air pada musim hujan akan lebih besar. *(Sumber : Tri Joko, Graha Ilmu, Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 13)*

2.4 Penyalahgunaan dan Pencemaran Air Bersih

Sumber air yang berada di sekeliling kita, biasanya terganggu akibat penggunaan dan penyalahgunaan sumber air bersih seperti :

a. Pertanian

Penghamburan air akibat ketiadaannya penyaluran air yang baik pada lahan yang diairi irigasi (untuk penghematan dalam jangka pendek) dapat berakibat terjadinya kubangan dan penggaraman yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya produktivitas air dan tanah.

b. Industri

Walaupun industri menggunakan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan irigasi pertanian, 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 di konsumsi. Air buangan industri sering dibuang langsung kesungai dan saluran-saluran, mencemarinya, dan pada akhirnya juga mencemari lingkungan laut, atau kadang-kadang buangan tersebut dibiarkan saja meresap kedalam sumber air tanah tanpa melalui proses pengolahan apapun. Kerusakan yang diakibatkan oleh 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 pengolahn khusus.

c. Eksploitasi sumber-sumber air secara masal oleh rumah tangga

Di negara berkembang beberapa tempat 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 satu negara yang kering melaporkan bahwa 240.000 sumur pribadi yang dibor tanpa mengindahkankapasitas jaringan sumber air mengakibatkan kekeringan dan peningkatan kadar garam.

(Sumber : www.hydro.co.id/2013/01/02/penyalahgunaan-dan-pencemaran-sumberair/)

2.5 Kontroversi Air Bersih

Walaupun air meliputi 70% permukaan bumi dengan jumlah kira-kira 1,4 ribu juta kilometer kubik, namun hanya sebagian kecil saja dari jumlah ini yang dapat benar-benar dimanfaatkan, yaitu kira-kira 0,003%. Sebagian

besar air, kira-kira 97% ada didalam samudera atau laut, dan kadar garamnya terlalu tinggi untuk kebanyakan keperluan. Dari 3% sisanya yang ada hampir semuanya, kira-kira 87 persennya tersimpan dalam lapisan kutub atau sangat dalam di bawah tanah.

2.6 Pemakaian Air

Secara umum, pemakaian air dapat dibagi menjadi sebagai berikut :

A. Standar Kebutuhan Air Domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air bersih yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi hajat hidup sehari-hari, seperti pemakaian air untuk minum, mandi, mencuci. Satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

Tabel 2.3 Pemakaian Air

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

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum)

B. Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Standar kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air bersih diluar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :

1. Penggunaan Komersial dan Industri

Yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersial dan industri-industri.

2. Penggunaan Umum

Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan atau fasilitas umum, misalnya rumah sakit, sekolah, dan rumah ibadah.

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter/hari)	Jangka waktu Pemakaian Air (jam)	Keterangan
1	Rumah biasa	60-250	8-10	
2	Rumah mewah	250 atau lebih	8-10	
3	Rumah susun (apartemen)	100-250	8-10	Bujangan 120 liter Kelas menengah 180 liter Kelas mewah 250 Liter
4	Asrama	120	8	Bujangan
5	Rumah Sakit	Umum 350-500 Menengah 500-1000 Mewah > 1000	8-10	Pasien luar 8 liter Pegawai 120 liter Keluarga pasien 160 liter
6	Sekolah Dasar	40	5	Guru 100 liter
7	SLTP	50	6	Guru 100 liter
8	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	6	Guru/Dosen 160 liter
9	Ruko/Rukan	100-200	8	Per penghuni 160 liter
10	Kantor	100	8	Perkaryawan

Lanjutan Tabel 2.4

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter/hari)	Jangka waktu Pemakaian Air (jam)	Keterangan
11	Toserba (dept. Store)		7	Perorang pengunjung dan karyawan, hanya untuk kakus umum tidak termasuk restoran
12	Toko Pengecer	40	6	Pedagang besar 30 L/tamu 150 L/karyawan
13	Restoran Umum	15	7	Penghuni 160 L, pelayanan 70 liter darai tamu perlu 15 L/org untuk kakus dan cuci tangan
No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter/hari)	Jangka waktu Pemakaian Air (jam)	Keterangan
14	Bar	30	6	Setiap tamu
15	Kelab malam	120-350	6	Setiap tempat duduk
16	Hotel	250-300	10	Setiap tamu Staf 100-120 L/org
17	Penginapan	200	3-5	Setiap tamu Staf 100-150 L/org

Lanjutan Tabel 2.4

No	Penggunaan Gedung	Pemakaian Air (Liter/hari)	Jangka waktu Pemakaian Air (jam)	Keterangan
18	Gd.Perkumpulan (membership)	150-200	10	Setiap tamu
19	Pabrik Industri Proyek	Pria : 60 Wanita : 100	8	Setiap tamu
20	Peribadatan	10-20	2	Per jamaah per hari
21	Laboraturium	100-200	8	Per staf, tidak termasuk pemakaian air untuk proses

(Sumber : Dihitung berdasarkan satuan tempat tidur pasien, hasil Penelitian Puslitbang Permukiman PU)

2.7 Sistem Distribusi

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani

Daerah layanan ini meliputi wilayah IKK (Ibukota Kecamatan) atau wilayah kabupaten/kotamadya. Jumlah penduduk yang akan dilayani tergantung pada kebutuhan, kemauan (minat), dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi masyarakat. Sehingga dalam suatu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.

2. Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.

3. Letak topografi daerah layanan

Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai

4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi

- a. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk / pipa utama ke tiap-tiap rumah atau halaman.
- b. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa distribusi dari pipa induk / pipa utama ke masing-masing utilitas rumah tangga.
- c. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum.
- d. Terminal air adalah distribusi air melalui pengiriman tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah rawan air bersih
- e. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya satu kran umumnya dipakai untuk melayani lebih dari 20 orang.

2.7.1 Pipa Distribusi

Pipa distribusi adalah pipa yang membawa air ke konsumen yang terdiri dari :

1. Pipa Induk

Yaitu pipa utama pembawa air yang menghubungkan antara tempat penampungan dengan pipa tersier. Untuk menjaga kestabilan pipa induk tidak diperbolehkan untuk disadap langsung oleh pipa dinas atau pipa langsung mengalirkan air kerumah

2. Pipa Cabang

Yaitu pipa penghubung antara pipa induk dan pipa yang hirankinya satu tingkat dibawahnya.

3. Pipa Dinas

Yaitu pipa pembawa air yang langsung melayani konsumen.

2.7.2 Pemilihan Jenis Pipa Distribusi

Pemilihan jenis pipa didasarkan oleh faktor-faktor diantaranya adalah :

- a. Kemampuan pipa dalam mengalirkan air.
- b. Lamanya periode perencanaan.
- c. Fleksibilitas terhadap kondisi tanah terutama menyangkut ketahanan terhadap korosi.
- d. Kekuatan dan daya tahan pipa terhadap tekanan dari dalam seperti tekanan statis dan water hammer, dan tekanan dari luar seperti tekanan geologis tanah, tekanan air tanah, dan tekanan lalu lintas.
- e. Daya tahan terhadap kualitas air yang dialirkan.
- f. Ketersediaan diameter maksimum dan minimum di pasaran
- g. Kemudahan pengadaan, pengangkutan, dan pemasangan pada daerah pelayanan.
- h. Harga pipa dan biaya pemeliharaan.

2.7.3 Jaringan Distribusi

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

1. Sistem Cabang

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) mempunyai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk utama (*primary feeders*), tersambung pipa induk

skunder (*secondary feeders*), dan pada pipa induk skunder tersambung pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) yang terhubung dengan penyediaan air minum dalam gedung. Dalam pipa dengan jalur buntu, arah aliran air selalu sama dan suatu areal mendapat suplai air dari satu pipa tunggal.

Kelebihan :

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

Kekurangan :

- a. Saat terjadi kerusakan, air tidak tersedia untuk sementara waktu.
- b. Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipa tunggal.
- c. Pada jalan buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
- d. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambahan areal kedalam sistem penyediaan air minum. (*sumber : Tri Joko Graha Ilmu. Unit Produksi dalam Sitem Penyediaan Air Minum, Hal : 17&18*)

2. Sistem Gridion

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

Kelebihan :

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

Kekurangan :

- a. Perhitungan ukuran pipa lebih rumit
- b. Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipa sehingga lebih mahal. (*sumber : Tri Joko Graha Ilmu. Unit Produksi dalam Sitem Penyediaan Air Minum, Hal : 18*)

3. Sistem Melingkar (Loop)

Pipa induk utama terletak untuk mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali diujung. Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa induk utama. Didalam daerah pelayanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama. Sistem ini paling ideal.

Kelebihan :

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

2.8 Jenis Pipa dan Alat Sambung

2.8.1 Jenis Pipa

1. *Cast-Iron Pipe*

Pipa CI tersedia untuk ukuran panjang 3,7 dan 5,5 dengan diameter 50-900 mm, serta dapat menahan tekanan air hingga dapat menahan tekanan air hingga 240 m tergantung besar diameter pipa.

Kelebihan :

- a. Harga tidak terlalu mahal
- b. Ekonomis karena berumur panjang (bisa mencapai 100 tahun)
- c. Kuat dan tahan lamatahan korosi jika dilapisi
- d. Tahan korosi jika dilapisi
- e. Mudah disambung
- f. Dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan

Kekurangan :

- a. Bagian dalam pipa lama kelamaan menjadi kasar sehingga kapasitas pengangkutan berkurang
- b. Pipa diameter besar dan tidak ekonomis
- c. Cenderung patah selama pengangkutan atau penyambungan

2. *Concrete Pipe*

Pipa beton biasa digunakan jika tidak berada dalam tekanan dan kebocoran pada pipa tidak terlalu dipersoalkan. Diameter pipa beton mencapai 610 mm. Pipa RCC digunakan untuk diameter lebih dari 2,5 m dan bisa didesain untuk tekanan 30 m.

Kelebihan :

- a. Bagian dalam pipa halus dan kehilangan akibat friksi paling sedikit
- b. Tahan lama, sekurangnya 75 tahun
- c. Tidak berkarat atau berbentuk lapisan di dalamnya
- d. Biaya pemeliharannya murah

Kekurangan :

- a. Pipa berat dan sulit digunakan
- b. Cenderung patah selama pengangkutan
- c. Sulit diperbaiki

3. *Steel Pipe*

Pipa baja digunakan untuk memenuhi kebutuhan pipa yang berdiameter besar dan bertekanan tinggi. Pipa ini dibuat dengan ukuran dan diameter standar. Pipa baja kadang-kadang dilindungi dengan lapisan semen mortar.

Kelebihan :

- a. Kuat
- b. Lebih ringan daripada pipa CI
- c. Mudah dipasang dan disambung
- d. Dapat menahan tekanan hingga 70 mka (meter kolam air)

Kekurangan :

- a. Mudah rusak karena air asam dan basah
- b. Daya tahan hanya 25 - 30 tahun kecuali dilapisi dengan bahan tertentu

4. *Asbestos-Cement Pipe*

Pipa ini dibuat dengan mencampur serat asbes dengan semen pada tekanan tinggi. Diameternya berkisar antara 50 - 900 mm dan dapat menahan tekanan antara 50 - 250 mka tergantung kelas dan tipe pembuatan.

Kelebihan :

- a. Ringan dan mudah digunakan

- b. Tahan terhadap air yang asam dan basa
- c. Bagian dalamnya halus dan tahan terhadap korosi
- d. Tersedia untuk ukuran yang panjang sehingga sambungannya lebih sedikit
- e. Dapat dipotong menjadi bagian ukuran panjang dan disambung seperti CI

Kekurangan :

- a. Rapuh dan mudah patah
- b. Tidak dapat digunakan untuk tekanan tinggi

5. *Galvanised-Iron Pipe*

Pipa GI banyak digunakan untuk saluran dalam gedung. Tersedia untuk diameter 60 – 750 mm

Kelebihan :

- a. Murah
- b. Ringan, sehingga mudah digunakan dan diangkut
- c. Mudah disambung
- d. Bagian dalamnya halus sehingga kehilangan tekanan akibat gesekan kecil

Kekurangan :

- a. Umurnya pendek, 7 - 10 tahun
- b. Mudah rusak karena air yang asam dan basa serta mudah terbentuk lapisan kotoran didalamnya
- c. Mahal dan sering digunakan untuk kebutuhan pipa berdiameter kecil

6. *Plastic Pipe*

Pipa plastik banyak memiliki kelebihan, seperti bahan tahan terhadap korosi, ringan, dan murah. Pipa polythene tersedia dalam warna hitam.

Pipa ini lebih tahan terhadap bahan kimia, kecuali asam nitrat dan asam kuat, lemak, dan minyak.

Pipa plastik terdiri atas 2 (dua) tipe :

1. *Low-Density Polythene Pipe*

Pipa ini lebih fleksibel, diameter yang tersedia mencapai 63 mm, digunakan untuk jalur panjang, dan tidak cocok untuk penyediaan air minum dalam gedung.

2. *High-Density Polythene Pipe*

Pipa ini lebih kuat dibandingkan *Low-Density Polythene Pipe*. Diameter pipa berkisar antara 16 – 400 mm tetapi pipa berdiameter besar hanya digunakan jika terdapat kesulitan menyambung pipa berdiameter kecil. Pipa ini juga bisa dipakai untuk mengangkut air dalam jalur panjang.

7. *PVC Pipe (Unplasticed)*

Kekakuan pipa PVC (*polyvinyl chloride*) adalah tiga kali kekakuan pipa polythene biasa. Pipa PVC lebih kuat dan dapat menahan tekanan lebih tinggi. Sambungan lebih mudah dibuat dengan cara las.

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin dalam maupun diluar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah. (Sumber : Tri Joko Graha Ilmu. Unit Produksi dalam Sistem Penyediaan Air Minum, Hal : 154, 155, 156, 157)

2.8.2 Alat Sambung (*Fitting*)

Alat sambung (*fitting*) berguna untuk pemasangan instalasi pipa karena dapat diketahui pemasangan instalasi pipa yang terlalu panjang melebihi pipa yang ada dipasaran. Jenis-jenis alat sambung yang dapat digunakan adalah :

- a. *Elbow* digunakan untuk membelokan aliran.

- b. *Reducing elbow* digunakan untuk memperkecil arah aliran yang dibelokan.
- c. *Side outlet elbow* digunakan untuk membagi arah aliran pada belokan.
- d. *Bend* digunakan untuk membelokkan arah aliran.
- e. *Tee* digunakan untuk membagi aliran menjadi dua bagian.
- f. *Cross* digunakan untuk membagi aliran menjadi tiga bagian.
- g. *Side outlate Tee* digunakan untuk membagi aliran menjadi empat bagian.
- h. *Socket* digunakan untuk penyambungan pipa lurus.
- i. *Cap/Dop* digunakan untuk menutup arah aliran.
- j. *Barrel Union* digunakan untuk bagian pipa mati.
- k. *Plain nipple, barrel nipple, hexagonal nipple, flange, locnut, bushis, dan long screw* Raswani (2010).

2.9 Langkah-langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa

2.9.1 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Dalam menganalisis pertambahan jumlah penduduk dimasa yang akan datang. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk antara lain :

1. Metode Geometrik

Metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini diterapkan pada kasus pertumbuhan penduduk di kota yang pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat (Soewarno, 1995).

Rumus :

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

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{1/n} - 1 \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah penduduk ke-n
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal
 r = Tingkat pertumbuhan %
 n = Jumlah interval tahun

2. Metode Aritmatik

Metode geometrik ini banyak digunakan karena mudah dan mendekati kebenaran. Digunakan bila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil (Soewarno, 1995). Berikut rumus yang digunakan pada metode geometrik :

$$P_n = P_o + Ka (T_n - T_o) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$Ka = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

- P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n
 P_o = Jumlah penduduk pada tahun awal
 T_n = Tahun ke-n
 T_o = Tahun awal
 Ka = Konstanta
 P_1 = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui
 P_2 = Tahun terakhir yang diketahui
 T_1 = Tahun pertama yang diketahui
 T_2 = Tahun terakhir yang diketahui

3. Metode Regresi Eksponensial

Hampir sama dengan metode geometrik, perbedaannya pada metode ini menggunakan bilangan e (Soewarno, 1995). Rumus yang digunakan pada metode eksponensial adalah :

$$P_n = P_o \times e^{B(T_o - T_n)} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$B = \frac{\ln(P_2;P_1)}{(T_1-T_2)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Harga e = 2,718281828

Dimana :

- B = konstanta
- Pt = jumlah penduduk tahun pertama
- Po = Jumlah penduduk tahun awal
- Tn = Tahun ke-n
- P1 = Jumlah penduduk tahun ke-1
- P2 = Jumlah penduduk tahun ke-2

2.9.2 Uji Korelasi

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan pertambahan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil

Rumus standar deviasi

$$(SD) = \sqrt{\frac{(\sum X)^2 - (\sum X^2)/n}{n}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- SD = standar deviasi
- X = selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya
- n = jumlah tahun

2.9.3 Perhitungan Hidrolis

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

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{3/4}} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{4/3}}{K_{st}^2 \cdot R^{3/4}} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi^2 \cdot d^2} \rightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 \cdot d^4} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$H_{gs} = \frac{16Q^2 / L \cdot 4^{4/3}}{\pi^2 K_{st}^2 \cdot d^{4/3} d^4} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$H_{gs} = \frac{101,61 l}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}} \cdot Q^2 \rightarrow H_{gs} = K \cdot Q^2 \dots\dots\dots(2.11)$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,6 l}{\pi^2 K_{st}^2 d^{16/3}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

l = Panjang pipa (m)

K_{st} = Koefisien kekasaran saluran (m³/det)

d = Diameter pengaliran (m)

$K_{st} = 1/n$, dimana n merupakan konstanta numerik

2.9.4 Dimensi Pipa

Dimensi pipa perencanaan suatu jaringan pipa distribusi pendimestan pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan di dalam suatu perencanaan. Rumus yang digunakan adalah

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.13)$$

$$A = 1/4 \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(2.14)$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

V = Kecepatan pengaliran (m/detik)

A = Luas penampang (m)

d = diameter (mm)

2.9.5 Debit Penyadapan

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

$$= \frac{\text{kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata/hari}} \dots\dots\dots(2.16)$$

2.9.6 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

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

2.9.7 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 tekanan besar terutama karena gesekan dan dinyatakan dengan HGS

a. Persamaan *Darcy-Weisbach*

$$H_{gs} = \lambda \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana :

H_{gs} = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)

λ = Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

l = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

d = Diameter pipa (m)

g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det²)

b. Persamaan *Manning-Gauckler-Stickler*

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{k_{st}^2 \cdot R^{4/3}} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Q = v \cdot A \longrightarrow v = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana :

Q = Debit Pengaliran (m³/det)

K_{st} = Koefisien gesekan pipa stickler

l = Panjang pipa (mm)

n = Konstanta Numerik

H_{gs} = Kehilangan tinggi tekanan (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

R = Radius Hidrolik (m)

c. Persamaan *Hazen William*

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

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

$$Q = 0,2785.C.d^{2,630}.S^{0,54} \dots\dots\dots(2.20)$$

Dimana :

$$S = (hL/L)$$

Dimana :

L = panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau hL yang dihitung maka:

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