

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1 Pengertian Air**

Air adalah sumber daya alam yang mutlak digunakan bagi hidup dan kehidupan manusia dan dalam sistem tata lingkungan, air adalah unsur lingkungan. Kebutuhan manusia akan kebutuhan air selalu meningkat dari waktu ke waktu, bukan saja karena meningkatnya jumlah manusia yang memerlukan air tersebut, melainkan juga karena meningkatnya intensitas dan ragam dari kebutuhan akan air. (*Fathony Hendra, 2012*)

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kelangsungan hidup manusia, baik dalam pertanian, kehidupan rumah tangga, perkantoran hingga Industri dan kebutuhan air wajib di penuhi.

##### **2.1.2 Kebutuhan Air**

Kebutuhan air adalah banyaknya jumlah air yang dibutuhkan untuk keperluan manusia baik rumah tangga, industri, dan lain-lain. Prioritas kebutuhan air meliputi kebutuhan air domestik, industri, pelayanan umum. (*Moegijantoro, 1996*)

Untuk merumuskan penggunaan air untuk masing-masing komponen (kelompok per sambungan rumah) secara pasti sulit dilakukan sehingga dalam perencanaan dan perhitungan digunakan asumsi-asumsi atau pendekatan-pendekatan berdasarkan kategori kota seperti pada tabel 2.1

Kebutuhan air akan dikategorikan dalam kebutuhan air domestik dan non domestik. (Ditjen Cipta Karya,2000)

1. Setandar kebutuhan air domestik

Setandar Kebutuhan air domestik adalah Kebutuhan air untuk di gunakan pada tempat-tempat hunian pribadi dan berguna untuk

memenuhi kegiatan sehari-hari yaitu untuk keperluan minum, memasak, mandi, mencuci pakaian, serta keperluan lainnya.

2. Setandar Kebutuhan air non domestik

Setandar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air di luar kebutuhan rumah tangga . kebutuhan air non domestik antara lain:

1) Penggunaan Komersil dan Industri

Yaitu penggunaan air oleh badan-badan komersil dan Industri

2) Penggunaan umum

Yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan Pemerintah, Rumah Sakit, Sekolah-sekolah dan Tempat-tempat Ibadah.

Kategori kebutuhan air Non Domestik untuk kota dapat dilihat pada tabel 2.1

**Tabel 2.1 Kebutuhan air untuk kategori kota**

Kategori Kota	Keteranagn	Jumlah penduduk (orang)
I	Kota Metropolitan	>1 Juta
II	Kota Besar	500.000-1Juta
III	Kota Sedang	100.000-500.000
IV	Kota Kecil	20.000-100.000
V	Desa	<20.000

Sumber: Ditjen Cipta Kraya,2000

**Tabel 2.2 Kebutuhan air non domestik**

NO	URAIAN	KATEGORI KOTA BERDASARKAN JUMLAH JIWA				
		<1.000.000	500.000 S/D 1.000.000	100.000 S/D 500.000	<20.000 S/D 100.000	<20.000
		METRO	BESAR	SEDANG	KECIL	DESA
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR)l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umaum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h %	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilamgan Air%	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor hari maksimum	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor jam puncak	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
7	Jumlah jiwa per (SR)	5	5	5	5	5
8	Jumlah jiwa per HU	100	100	100	100	100
9	Sisa tekan di penyediaan distribusi	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoi (% max day demman)	20	20	20	20	20
12	SR:HR	50-50 s/d 80-20	50-50 s/d 80-20	80-20	70-30	70-30
13	Cakupan pelayanan (%)	*)90	90	90	90	**)70

\*) 60% perpipaan,30%non perpipan

\*\*)25%.perpipaan,45%non perpipaan

Sumber: Ditjen Cipta karya,2000

Unit konsumsi dan kebutuhan harian air rata-rata untuk sarana dan prasarana domestik dan non domestik di Desa Kowang Kecamatan Semanding Kabupaten Tuban, dalam evaluasi disesuaikan dengan standat DPU Ditjen Cipta Karya, 2000.

Kebutuhan air non domestik untuk kategori kota I ,II, III dan IV beberapa sektor lain adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.3 Kategori Kebutuhan Air Non Domestik**

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/bed/hari
8	Rumah makan	100	Liter/tempat duduk/hari
9	Kompleks militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber:Ditjen Cipta Karya,DEP PU,2000

**2.4 kebutuhan air non domestik kota kategori I, II, III dan IV**

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Sekolah	5	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/bed/hari
3	Puskesmas	1200	Liter/hari
4	Hotel/losmen	90	Liter/hari
5	Komersial/industri	10	Liter/hari

Sumber:Ditjen Cipta Karya,DEP PU,2000

**Tabel 2.5 Kebutuhan Air Bersih Kategori V**

NO	SEKTOR	NILAI	SATUAN
1	Lapangan terbang	10	Liter/det
2	Pelabuhan	50	Liter/det
3	Stasiunka-terminal bus	1200	Liter/det
4	Kawasan industri	0.75	Liter/det/ha

Sumber: Ditjen Cipta Karya, DEP PU, 2000

### 2.1.3 Proyeksi penduduk

Dalam perencanaan suatu sistem distribusi air bersih diperlukan beberapa kriteria sebagai dasar perencanaan. Kebutuhan air bersih semakin lama semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di masa yang akan datang, untuk itu diperlukan proyeksi penduduk untuk tahun perencanaan. Walaupun proyeksi ini bersifat ramalan, dimana kebenarannya bersifat subjektif, namun bukan berarti tanpa pertimbangan dan metode. Ada beberapa metode proyeksi penduduk yang digunakan antara lain:

- Metode Geometrik

Metode ini sesuai dengan daerah penduduk yang selalu meningkat secara konstan.

- Metode Aritmatik

Proyeksi dengan metode ini dianggap bahwa perkembangan penduduk secara otomatis berganda dengan penambahan penduduk. Metode ini banyak digunakan karena mudah dan hasilnya mendekati kebenaran.

- Metode Eksponensial

Proyeksi penduduk dengan metode eksponensial adalah peramalan rata-rata yang memberikan bobot secara bertingkat pada data data terbarunya.

#### 2.1.4 Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan ke daerah pelayanan (konsumen). Sistem distribusi air bersih terbagi atas reservoir dan sistem perpipaan distribusi yaitu :

##### a. Reservoir

Reservoir adalah tangki yang terletak pada permukaan tanah maupun diatas permukaan tanah yang berupa tower air untuk sistem gravitasi ataupun pemompa yang mempunyai 3 fungsi, yaitu:

1. Penyimpanan, berfungsi untuk melayani fluktuasi pemakaian per jam, cadangan air untuk pemadaman kebakaran, pelayanan dalam keadaan darurat yang diakibatkan oleh terputusnya sumber pada transmisi, ataupun terjadinya kerusakan atau gangguan pada suatu bangunan pengolahan air.
2. Pemerataan aliran dan tekanan akibat variasi pemakaian didalam daerah distribusi.
3. Sebagai distributor pusat atau sumber pelayanan dalam daerah distribusi.

Lokasi reservoir tergantung dari sumber topografi. Penempatan reservoir mempengaruhi system pengaliran distribusi, yaitu dengan gravitasi, pemompaan, atau kombinasi gravitasi pemompaan.

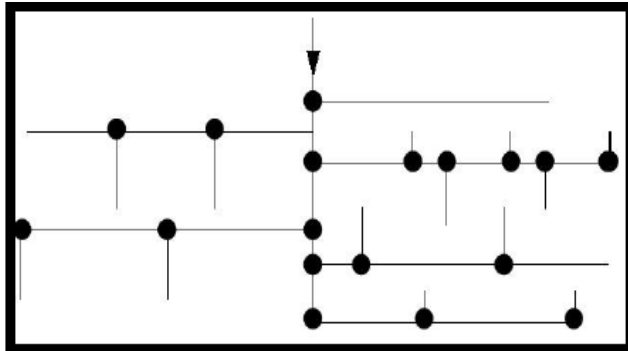
##### b. Sistem perpipaan distribusi

Sistem perpipaan distribusi adalah sistem yang mampu membagikan air pada setiap konsumen dengan berbagai cara, baik dalam bentuk sambungan langsung rumah (*house connection*) atau sambungan melalui kran (*public tap*). Pada zat cair ideal sewaktu mengalir didalam pipa tidak ada tenaga yang hilang, tetapi pada zat cair biasa yang mempunyai kekentalan terjadi gesekan antara zat cair dengan dinding pipa dan/atau antara zat cair dengan zat cair itu sendiri, sehingga terjadi kehilangan tenaga. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi

topografi daerah layanan dan lokasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Sistem cabang (branch)

Sistem ini adalah sistem jaringan perpipaan dimana pengaliran air hanya menuju ke satu arah dan pada setiap ujung akhir daerah pelayanan terdapat titik mati



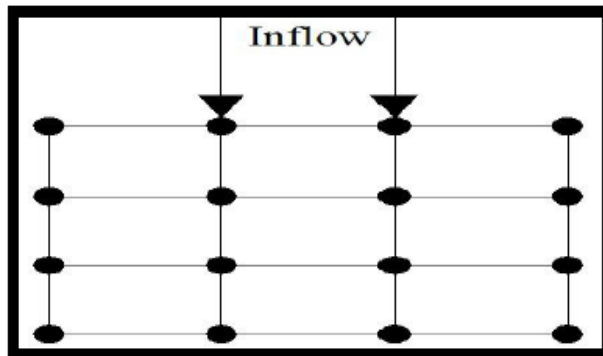
Gambar 2.1 Disistribusi model Cabang  
Sumber: jemri ifence radja udju (2014)

- A. Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat-sifat berikut
  - a. Perkembangan kota ke arah memanjang.
  - b. Sarana jaringan jalan induk saling berhubungan.
  - c. Keadaan topografi dengan kemiringan medan yang menuju ke satu arah.
- B. Keuntungan sistem cabang
  - a. Sistem lebih sederhana sehingga perhitungan dimensi pipa lebih mudah.
  - b. Pemasangan lebih mudah dan sederhana.
  - c. Peralatan lebih sedikit.
  - d. Perpipaan lebih ekonomis karena menggunakan pipa lebih sedikit (pipa distribusi hanya di pasang di daerah yang padat penduduk).

### C. Kerugian sistem cabang

- a. Kemungkinan terjadinya penimbunan kotoran dan pengendapan di ujung pipa tidak dapat dihindari, sehingga diperlukan pembersihan yang intensif untuk mencegah timbulnya bau dan perubahan rasa.
  - b. Bila terjadi kerusakan, pengaliran air dibawahnya akan berhenti.
  - c. Kemungkinan tekanan air yang diperlukan tidak cukup bila ada sambungan baru.
  - d. Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin, terutama terjadinya tekanan kritis pada bagian pipa terjauh.
  - e. Suplay air akan terganggu apabila terjadi kebakaran atau kerusakan pada salah satu bagian sistem.
2. Sistem melingkar (Loop)

Sistem melingkar (Loop) adalah sistem jaringan perpipaan dimana didalam sistem ini jaringan pipa induk distribusi saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk loop-loop, sehingga pada pipa induk tidak ada titik mati (dead end) dan saling terikat .



Gambar 2.2 Distribusi Model Lingkaran  
Sumber: jemri ifence radja udju (2014)



- A. Pada sistem melingkar biasanya digunakan pada :
  - a. Daerah yang mempunyai jaringan jalan yang berhubungan.
  - b. Daerah yang perkembangannya ke segala arah.
  - c. Daerah dengan topografi yang relatif datar.
- B. Keuntungan pada sistem melingkar :
  - a. Alirannya tersirkulasi secara bebas, sehingga genangan atau endapan dapat dihindari.
  - b. Keseimbangan aliran mudah dicapai.
- C. Kerugian pada sistem melingkar adalah :
  - a. Pipa yang digunakan relatif lebih banyak.
  - b. Jaringan perpipaan lebih rumit.
  - c. Perlengkapan yang digunakan akan lebih banyak.

Tekanan air dalam suatu sistem jaringan distribusi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, kecepatan aliran, diameter pipa, perbedaan ketinggian pipa, jenis dan umur pipa, panjang pipa. Dalam pendistribusian air bersih tekanan air juga bisa mengalami penurunan. Penyebab terjadinya penurunan tekanan adalah terjadinya gesekan antara aliran air dengan dinding pipa, jangkauan pelayanan, kebocoran pipa, dan konsumen menggunakan mesin hisap atau pompa.

### **2.1.5 Sistem pengaliran air bersih**

Untuk mendistribusikan air bersih kepada pelanggan dengan kuantitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik. Metode pendistribusian tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi konsumen berada. Sistem yang di pakai adalah sebagai berikut:

- a. Sistem Gravitasi  
Cara pengaliran gravitasi di gunakan apabila elevasi sumber air mempunyai beda tinggi yang cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang di perlukan dapat di pertahankan.

b. Sistem pemompaan

Sistem pompa di gunakan untuk meningkatkan tekanan yang di perlukan untuk pendistribusian air. Baik dari sumber air baku ke-Reservoir (Tampungan) ataupun dari resevor ke pelanggan, guna dapat memberikan tekanan yang cukup pada daerah pelayanan.

c. Sistem Gabungan

Sistem gabungan, reservoir di gunakan untuk mempertahankan tekanan yang di perlukan selama periode pemakaian tinggi dan pada kondisi darurat, misalnya saat terjadi kebakaran, atau tidak adanya energi. Selama periode pemakaian rendah, sisa air di pompakan dan di simpan dalam resevoir distribusi. Karena karena resevoir distribusi di gunakan sebagai cadangan air selama periode pemakaian tinggi atau pemakaian puncak, maka pompa dapat di operasikan pada kapasitas debit rata-rata. (Dian Vita Agustin 2004)

### 2.1.6 Kehilangan energi (*head loss*)

Salah satu faktor yang dominan untuk di perhatikan pada aliran didalam pipa adalah tinggi hilangnya tekakanan. Secara umum, tinggi kehilangan tekanan di kelompokkan menjadi dua yaitu kehilangan tekakan primer (*major loss*) akibat gesekan dengan dinding pipa dan kehilangan sekunder (*minor loss*) akibat aksesoris pipa seperti valve, elbow, dan lainnya.

a. Kehilangan tekakan akibat gesekan

Kehilangan tekanan ini terjadi akibat gesekan air dengan dinding pipa. Besarnya dapat di tentukan dengan rumus *Cezy*, rumus *Hazen William*, dan *Darcy-Weisbach*. Dalam setiap elemen pipa dari sistem jaringan, tedapat hubungan antara kehilanagn tenaga dengan debit. Persamaan *Hazen William* yang sering di pakai, persamamn ini cocok untuk menghitung kehilanagn

tekanan untuk pipa dengan diameter 100 mm. Selain itu rumus ini sering di gunakan karena mudah di pakai.

b. Kehilangan tekanan minor loss

Kehilangan tekanan ini terjadi karena adanya perubahan penampang pipa, sambungan pipa, belokan dan katup. Kehilangan tenaga akibat gesekan dengan pipa yang panjang biasanya jauh lebih besar dari pada kehilangan tekanan *minor loss*, sehingga pada keadaan tersebut biasanya kehilangan tenaga *minor loss* di abaikan. Pada pipa pendek kehilangan tenaga minor loss harus di perhitungkan. Apabila kehilangan tenaga minor loss kurang dari 5% dari kehilangan tenaga akibat gesekan maka kehilangan gesekan tersebut dapat di abaikan. Untuk memper kecil kehilangan tenaga minor loss, perubahan penampang atau belokan jangan di buat mendadak tapi berangsur-angsur. (Reonold almdya, 2017)

### 2.1.7 Kehilangan Air

Masalah kehilangan air (*Unaccounted For Water*) masih merupakan salah satu masalah yang sangat besar bagi pengelola air minum di Indonesia. Tingkat kebocoran jaringan perpipaan sulit diukur secara teliti. Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) pada umumnya menggunakan selisih antara produksi dan penjualan untuk melukiskan efektivitas pelayanan air minum dan efisiensi upaya penurunan kehilangan air. Menurut prinsip analisis pertimbangan air dari *International Water Association*, air yang terpakai tapi tidak terbayar dan air yang hilang dikategorikan sebagai air tak berekening (NRW) *Non Revenue Water*. Menurut ketentuan yang berlaku, seluruh rumah tangga atau industri yang menggunakan jasa PDAM dalam penyediaan kebutuhan akan air harus dipasang meter air, dan rekening air harus dibayar berdasarkan hasil bacaan meter air. Pemerintah kota diwajibkan memberikan kompensasi yang sewajarnya atas pemakaian air kelompok masyarakat tertentu. (Nur Puji Ekawati, 2010)

Kewajiban manajemen hanya mengontrol kehilangan air secara fisik. kehilangan air dibagi menjadi kehilangan air secara manajemen

dan kehilangan air secara fisik. Golongan tersebut terakhir terjadi di sarana berupa sambungan-sambungan pipa, dan pipa distribusi dalam kondisi operasional yang normal. Kehilangan air secara manajemen atau secara komersial adalah kehilangan air yang disebabkan oleh hal-hal lain, dan ini bisa sangat berbeda. Tetapi kebanyakan penyebab itu sangat berkaitan dengan kesalahan prosedural manajemen atau kegagalan melaksanakan prosedur manajemen secara ketat. Kehilangan air secara fisik adalah kebocoran yang nyata / *real losses* yang menyebabkan air tidak dapat disalurkan kepada pelanggan karena air keluar dari pipa oleh sebab-sebab tertentu.

1. Jenis-jenis penyebab kehilangan air secara manajemen pada umumnya:
  - a. Pendaftaran pengguna air terlambat atas sejumlah pelanggan baru, ataupun yang dikategorikan sebagai pelanggan yang berganti yang menyebabkan perusahaan air minum tak dapat menagih rekening tepat pada waktunya atau berdasarkan penggolongan tarif yang tepat.
  - b. Jenis meter air tidak cocok, tingkat akurasi rendah, atau kalibrasi, pemeliharaan dan pergantian meter air tidak terlaksana sebagaimana mestinya.
  - c. Pembaca meter main taksir, atau pelanggan tidak membayar rekening tepat waktu.
  - d. Penggunaan air di perkantoran pemerintah lokal, penyiraman kebun atau industri pemadam kebakaran tidak di takar dengan meter air, atau tidak dibayar sejalan dengan prosedur yang berlaku.
  - e. Sambungan liar atau penggunaan air tanpa meter air.
2. Penyebab kehilangan air secara fisik:
  - a. Kebocoran pada sambungan pipa, hidran dan *valve* karena penyambungan dan pemeliharaan yang sembarangan.

- b. Pipa atau tangki air bocor karena terbuat dari bahan yang tidak bermutu, pipa dan peralatan yang tua atau karena tekanan yang berlebihan.
- c. Penggunaan air pada penggelontoran pipa dengan prosedur yang tidak normal.
- d. Kebocoran karena tekanan yang terlalu tinggi pada jaringan perpipaan dan tekanan yang muncul secara tak wajar.

Penanggulangan kehilangan air yang dilakukan ada yang bersifat penanggulangan darurat (*emergency*) maupun mengarah ke sifat analisis untuk membentuk suatu metode pemeliharaan yang berkesinambungan.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Kebutuhan Air Bersih

#### 1. Klasifikasi Golongan Pelanggan PAM Sumber Makmur Desa Kowang

Pengkategorian kebutuhan air bersih menurut buku panduan PAM Sumber Makmur Desa Kowang adalah sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan sosial meliputi :
  - a. Sosial khusus :  
Seperti : tempat ibadah, sekolah negeri dan swasta
- 2) Non niaga meliputi :
  - a. Rumah tangga A :  
Seperti : rumah dengan type  $\square$  21 m<sup>2</sup> yang berlokasi di pedesaan.
  - b. Rumah tangga C :  
Seperti:Tempat tinggal dan usaha yang menguntungkan.
- 3) Niaga meliputi :
  - a. Niaga kecil  
Seperti : warung, toko
- 4) Industri meliputi :
  - a. Industri kecil  
Seperti : usaha konveksi

- 5) Sekolah  
 Seperti : Play Group, TK, SD,SMP, dll

**2. Analisis Kebutuhan Air Bersih PAM Sumber Makmur Desa Kowang**

Dalam perhitungan kebutuhan air bersih di dasarkan Pada kebutuhan air rata-rata. Kebutuhan air rata-rata dapat di bedakan menjadi dua yaitu kebutuhan air rata-rata harian dan kebutuhan harian maksimum. Kebutuhan air rata-rata harian(Qrh) adalah banyaknya air yang di butuhkan dalam satu hari. Berikut adalah rumusnya:

$$\underline{Q_{rh} = P \cdot q \dots\dots\dots(2.1)}$$

Dimana:

P : Jumlah Penduduk (jiwa)

Q : Kebutuhan Air penduduk(ltr/detk)

Kebutuhan air harian maksimum (Q<sub>hm</sub>) adalah banyaknya air yang di butuhkan terbesar dalam satu hari.

$$\underline{Q_{hm} = F_{hm} \cdot Q_{rh} \dots\dots\dots(2.2)}$$

Dimana :

F<sub>hm</sub> : faktor kebutuhan harian maksimum  
 (1,05-1,15)

Q<sub>rh</sub> : kebutuhan air rata-rata (ltr/dtk)

**3. Proyeksi penduduk**

Proyeksi penduduk pada tahun proyeksi rencana pengembangan (tahun 2025) dengan 3 metode:

- Metode Geometrik

$$P_n = P_0(1+r)^N$$

Dimana:

P<sub>n</sub> : jumlah penduduk ahir tahun ke-n (jiwa)

P<sub>o</sub> : jumlah penduduk pada tahun yang di tinjau (jiwa)

r : angka rata rata pertambahan penduduk %

n : jumlah tahun proyeksi (tahun)

- Metode Aritmatik

Rumus perhitungan:

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

Dimana:

P<sub>n</sub> : jumlah penduduk ahir tahun ke-n (jiwa)

P<sub>o</sub> : jumlah penduduk pada tahun yang di tinjau (jiwa)

a : rata rata pertambahan penduduk %

n : jumlah tahun proyeksi (tahun)

- Metode Exponensial

$$P_n = P_o \cdot e^{r N}$$

Dimana :

P<sub>n</sub> : jumlah penduduk pada ahir tahun ke-n (jiwa)

P<sub>o</sub> : Jumlah penduduk pada tahun yang di tinjau (jiwa)

r : angka pertambahan penduduk (%)

n : Periode tahun yang di tinjau (tahun)

e : Bilangan Logaritma Natural (2,718)

untuk menentukan metode yang di pakai untuk proyeksi penduduk terlebih dahulu menguji nilai koefisien korelasi paling mendekati satu di pakai untuk memproyeksikan penduduk persamam yang di gunakan adalah:

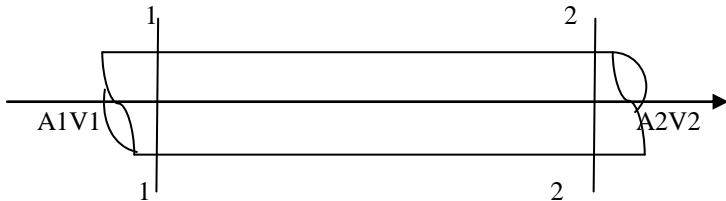
$$r = \frac{\{n \sum xy\} - (\sum y)(\sum x)}{\sqrt{[n(\sum y^2) - (\sum y)^2][n(\sum x^2) - (\sum x)^2]}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Nilai  $y$  untuk masing-masing metode berbeda, untuk metode aritmatik nilai  $y$  adalah jumlah pertumbuhan penduduk, nilai  $y$  untuk metode geometri adalah LN dari jumlah penduduk dan untuk metode eksponensial nilai  $y$  adalah jumlah penduduk.

### 2.2.2 Debit Aliran

Debit aliran air pada pengaliran dalam pipa dianggap konstan karena air dianggap fluida yang tidak dimampatkan. Oleh sebab itu berlaku hukum kontinuitas dimana air yang mengalir sepanjang pipa mempunyai luas penampang  $A$  m<sup>2</sup> dan mempunyai nilai kecepatan  $V$  m/detik selalu memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dengan kata lain, bisa dikatakan dengan jumlah air yang masuk dan jumlah air yang keluar adalah sama. Berikut adalah penjelasan tentang uraian tersebut:

1. Pipa tunggal dengan diameter tetap



Gambar 2.3. Debit Aliran Pipa diameter tetap

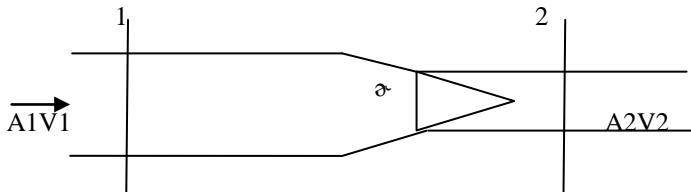
$Q_1 = Q_2$ , Sehingga berlaku hukum Kontinuitas:

$$Q_1 = Q_2 \text{ atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :  $Q_1, Q_2$  = Debit pada penampang 1 dan 2 (m<sup>3</sup>/detk)  
 $A_1, A_2$  = luas penampang (m<sup>2</sup>)  
 $V_1, V_2$  = Kecepatan pada potongan 1 dan 2 (m/detik)



2. Pipa tunggal berubah diameter



Gambar 2.4 Debit Aliran Pipa tunggal berubah diameter

$$Q_1 = Q_2 \text{ Atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan rumus :

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$$

$A_1$  tidak sama dengan  $A_2$  dan  $V_1$  tidak sama dengan  $V_2$

Sehingga:

$$V_1 = \frac{A_2 \cdot V_2}{A_1} \quad , \quad V_2 = \frac{A_1 \cdot V_1}{A_2}$$

Dimana :  $Q_1$  ,  $Q_2$  = Debit pada penampang 1 dan 2 ( $m^3/detik$ )

$A_1$  ,  $A_2$  = luas penampang potongan 1 dan 2 ( $m^2$ )

$V_1$  ,  $V_2$  = Kecepatan pada potongan 1 dan 2 ( $m/detik$ )

$\phi$  = Sudut belokan

### 3. Pipa bercabang dua

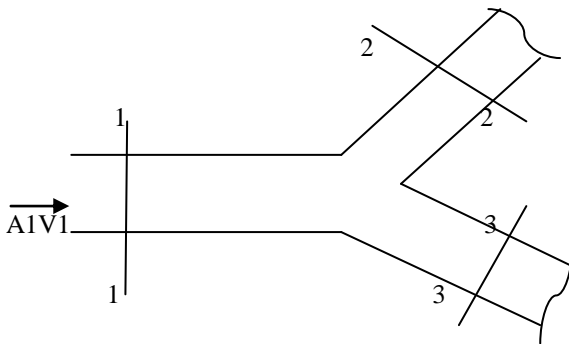
Pipa aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas diman debit yang masuk sama denagn debit yang keluar tidak ada air yang masuk lecuali dari sistem potongan 1-1,2-2 dan 3-3 maka berlaku hukum kontinuitas :

$$\text{Rumus : } Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ Atau } A_1 \times V_1 = (A_2 \times V_2) + (A_3 \times V_3) \dots (2.5)$$

Dengan :

$Q_1, Q_2, Q_3$  = debit mengalir pada penampang 1,2 dan 3 ( $\text{m}^3/\text{detk}$ )

$V_1, V_2, V_3$  = Kecepatan pada penampang 1 dan 2 ( $\text{m}/\text{dtik}$ )



Gambar 2.5 Aliran dalam pipa Bercabang dua

### 4. Menghitung kehilangan energi

Nemtuk bentuk kerugian energi dalam aliran fluida antara alain di jumpai pada aliran dalam pipa. Kerugian tersebut di akibatkan oleh adanya gesekan dengan dinding, perubahan luas penampang, sambungan, katup-katup, belokan pipa dan kerugian-kerugian khusus lainnya.

Untuk menghitung kehilangan tekanan dengan monogram Hazen William di gunakan rumus sebagai berikut:

$$h_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times d^{4,85}}$$

Dimana:

Q : debit aliran dalam pipa(liter/detik)

L : Panjang pipa (m)

C : Koefisien Hazen Wiliamz

Kecepatan suatu aliran dapat dihitung menggunakan persamaan *Hazen-Williams* sebagai berikut.

$$v = 0,849.C.R^{0,63}.S^{0,54}$$

Dengan :

C	= Koefisien kekasaran pipa
D	= Diameter suatu pipa (m)
S	= Kemiringan hidrolis (m/m)

Debit aliran dapat di hitung dengan rumus :

$$Q = 0,27853C.D^{2,63}.S^{0,54}$$

Dimana :

Q	=Debit air dalam pipa (m <sup>3</sup> /detik)
C	= Koefisien kekasaran pipa <i>Hazen Wiliam</i>
D	=Diameter pipa (m)
S	=Slop/ Kemiringan Hidrolis

Dengan menggunakan rumus diatas maka besarnya kecepatan dan debit aliran bisa dihitung.

Tabel 2.6 Koefisien C Hazen William

Jenis Pipa	Nilai C Perencanaan
<i>Asbes cemen</i> (ACP)	120
U_PVC	120
<i>Ductile</i> (DCIP)	130
Besi Tuang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
<i>Pre-stess concret</i> (PSC)	120

### 2.2.3 Aliran Air

Pengertian zat cair dalam aliran dapat dibedakan menjadi dua macam aliran menurut (*Simanjuntak, 2017*) yaitu sebagai berikut :

#### 1. Aliran Laminer

Aliran Laminer adalah aliran fluida yang ditunjukkan dengan gerak partikel-partikel fluidanya sejajar dengan garis-garis alurnya. Dalam aliran laminer, partikel-partikel fluida seolah-olah bergerak sepanjang lintasan-lintasan yang halus dan lancar, dengan satu lapisan meluncur satu arah pada lapisan yang bersebelahan. Sifat kekentalan zat cair berperan penting dalam pembentukan aliran laminer. Ciri-ciri aliran tersebut bahwa unsur-unsur zat cair yang terpisah bergerak dalam lapisan-lapisan sejajar secara beraturan, seperti aliran air dalam tanah.

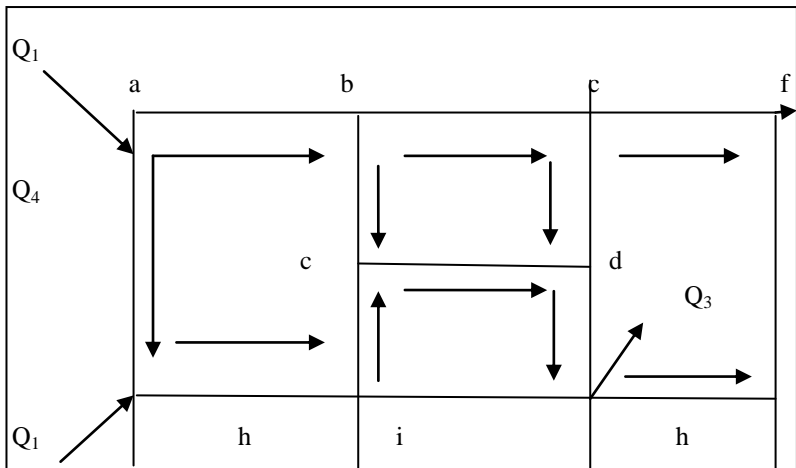
#### 2. Aliran Turbulen

Aliran Turbulen adalah kecepatan aliran yang relatif besar akan menghasilkan aliran yang tidak laminer melainkan kompleks, lintasan gerak partikel saling tidak teratur antara satu dengan yang lain. Ciri-ciri yang khusus bahwa aliran sesungguhnya yang diarahkan secara aksial timbul gerak sampingnya yang tidak beraturan dan berubah-ubah sehingga berbagai jalur aliran akan saling mempengaruhi satu sama lainnya maka akan terjadi pusaran.

### 2.2.4 Jaringan pipa

Sistem jaringan merupakan bagian yang paling mahal dari suatu perusahaan airminum. Oleh karena itu harus dibuat perencanaan yang teliti untuk mendapatkan sistem distribusi yang efisien. Jumlah atau debit air yang disediakan tergantung pada jumlah penduduk dan macam industri yang dilayani. (Fathony Hendra, 2012)

Analisis jaringan pipa ini cukup rumit dan memerlukan perhitungan yang besar, oleh karena itu penggunaan komputer dalam analisis ini akan mengurangi kesulitan. Untuk jaringan pipa kecil, maka kalkulator untuk perhitungan masih bisa dilakukan. (Fathony Hendra, 2012)



Gambar 2.6 Contoh Sistem Jaringan Pipa

Sumber: Fathony Hendra, 2012

1. Pada jaringan pipa harus dipenuhi persamaan kontinuitas dan energi yaitu :
  - a. Aliran didalam pipa harus memenuhi hukum-hukum gesekan pipa untuk aliran pipa dalam pipa tunggal.

- b. Aliran yang masuk pada tiap-tiap titik harus sama dengan aliran yang keluar ( $\sum Q = 0$ )
- c. Jumlah aljabar dari kehilangan energi dalam satu jaringan tertutup harus sama dengan nol ( $\sum 0$ )

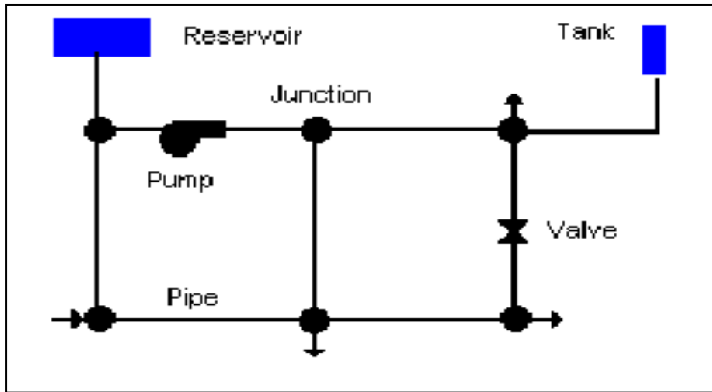
### 1.2.5 Pengenalan EPANET 2.0

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, *node* (titik koneksi), pompa, katup dan tangki atau reservoir. EPANET menajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengairan.

EPANET di design sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk berbagai analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi air bersih di dalam perpipaan. (*Lewis A. Rossman, 2000*)

#### 1. Komponen fisik

Komponen fisik dalam EPANET dapat memodelkan sistem distribusi air sebagai kumpulan garis (*line*) yang menghubungkan node-node. Garis tersebut menggambarkan pipa, pompa dan katub kontrol. *Node* menggambarkan sambungan, tangki dan resevoir. Pada gambar 2. Adalah Ilustrasi hubungan antara Node dan Garis (*line*) yang berada pada program EPANET 2.



Gambar 2.7 Komponen fisik dalam sistem distribusi air  
 Sumber: manual EPANET

- a. Sambunagn (*junction*)  
 Sambunagn (*junction*) adalah titik pada jaringan dimana garis-garis bertemu dan dimana air memasuki ataupun menigalakan jaringan.
- b. Reservoir  
 Reservoir adalah node yang mengambar kan sumber eksternal yang terus menerus mengalir ke jaraingan . digunakan untuk mengabarkan seperti Danau, sungai, air tanah dan koneksi dari sistem lain. Reservoir juga di jadiakn titik sumber kulitas air.
- c. Tanki  
 Tanki membutuhkan node dengan data kapasitas, dimana volume yang tersimpan dapat bervariasi berdasrakan waktu selama simulasi berlangsung.
- d. Pipa  
 Pipa adalah penghubung yang membawa satu poin kepoin yang laian dalam jaraingan. Mengasumsikan bahwa dalam semua pipa adalah penuh berisi air.

- e. Pompa  
Pompa adalah link yang memberi tenaga ke fluida untuk menaikkan head hidrolisnya.
- f. Valves  
Valves adalah link yang membatasi tekanan atau flow pada titik jaringan yang spesifik.  
Tipe valves dalam EPANET:
  - *Pressure Reducing Valves (PRV)*
  - *Pressure Sustaining Valves (PSV)*
  - *Pressure Breaker Valves (PBV)*
  - *Flow Control Valves (FCV)*
  - *Trottle Contor Valves (TCV)*
  - *General Purpose Valves (GPV)*

## 2. Komponen non fisisk EPANET

Komponen non fisisk EPANET adalah Sebagai tambahan komponen fisik , EPANET menyediakan tiga tipe dari objek informasi yaitu Kurva, Pola dan Kontrol.

### a. Kurva

Kurva adalah objrk yang mengandung ragkaian data yang menjekaskan tentang hubungan anatar dua besaran . tipe kurva dalam EPANET:

- Kurva Pompa
- Kurva Effisiensi
- Kurva Volume
- Kurva *head lost*

### b. Pola waktu (time pattren)

Pola waktu (time pattren) berupa kumpulan faktor penggali yang dapat di aplikasikan sebagai kuantitas yang bervariasi terhadap waktu.

### c. Kontrol

Kontrol adalah pernyataan yang menjelaskan bagaimana jarinagn di operasiakn sepanjang waktu. Seacar khusus terdiri dari setatus dari link yang terpilih sabagai fungsi waktu, level



air pada tanki, dan tekanan pada titik terpilih dalam jaringan.  
Ada dua kontrol dalam EPANET:

- Kontrol Mudah (*Simple Control*)
- Kontrol dengan aturan (*Rule-Based Control*)

### 3. Input data

Data-data yang dibutuhkan dalam Epanet sangat penting sekali dalam proses analisa, evaluasi dan runing simulasi jaringan air bersih.

Input data yang di butuhkan:

1. Peta jaringan
2. *Node/junction*/titik dari komponen distribusi
3. Elevasi
4. Panjang pipa distribusi
5. Diameter dalam pipa
6. Jenis pipa yang di gunakan
7. Umur pipa
8. Jenis sumber (mata air, sumur bor, dan lain-laian)
9. Spesifikasi pompa
10. Bentuk dan ukuran *resevoir*
11. Beban masing masing *Node*
12. Faktor fluktuasi pemakaian air
13. Konsentrasi khlor di sumber

Output yang di hasilkan:

- a. *Hidrolik head* masing-masing titik.
- b. Tekanan dan kualitas air.(user manual Epanet 2.0)

### 4. *Running* Simulasi Jaringan Pipa

Berhasilnya menjalankan simulasi ditandai dengan munculnya ikon pada bagian run status pada *Status Bar* di dasar ruang kerja EPANET. Jika proses run tidak berhasil, maka akan muncul jendela report yang mengindikasikan masalah yang terjadi. Beberapa pesan masalah yang terjadi yang muncul pada jendela *Status Report* antara lain :

- a. Pompa tidak dapat menyalurkan aliran atau *head*

Epanet akan mengeluarkan pesan peringatan dan kesalahan ketika pompa bekerja diluar kisaran kurva pompa. Jika pompa membutuhkan tenaga melebihi *head* yang ada, secara langsung EPANET akan menutup pompa. Hal ini memberikan porsi pada jaringan sehingga terputusnya aliran dari berbagai sumber.

b. Jaringan Terputus

EPANET mengklasifikasikan jaringan yang terputus jika tidak ada jalan bagi air untuk disalurkan ke sambungan pipa yang membutuhkannya. Hal tersebut dapat muncul jika tidak ada jalur terbuka diantara sambungan dengan kebutuhan air dan reservoir, tangki atau sambungan dengan kebutuhan airnya.

c. Tekanan negatif

Biasanya mengindikasikan bahwa terdapat masalah dengan yang dibuat atau dioperasikan.