

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pengertian Air Secara Umum

Air adalah sumber daya alam yang mutlak dipergunakan 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. (*M. Daud Silalahi, 2002*).

Meningkatnya kebutuhan akan air bersih sangat bergantung pada banyaknya jumlah penduduk. Terutama kebutuhan air bersih untuk keperluan rumah tangga/domestik dan kebutuhan air bersih untuk keperluan non domestik (kantor, sekolah dan lain-lain).

Air baku untuk air minum rumah tangga, yang selanjutnya disebut air baku adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. (*Permen RI No.122 Tahun 2015*)

Air minum adalah air rumah tangga yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum. (*Permen RI No.122 Tahun 2015*).

2.1.2 Sumber Air

Air yang berada dipermukaan bumi ini dapat berasal dari berbagai sumber, berdasarkan letak sumbernya, air di bagi menjadi sebagai berikut:

a. Air Laut

Air laut memiliki rasa asin karena mengandung garam murni (*NaCl*). Kadar garam *NaCl* dalam air laut 3% dari jumlah total keseluruhan air laut. Karena rasanya yang asin, untuk menjadikan air laut sebagai air bersih diperlukan sebuah teknologi terapan untuk memfilter sekaligus destilasi (penyulingan) air untuk menghilangkan kadar garam yang tinggi (*Alamsyah, 2007*).

b. Air Hujan

Air hujan merupakan hasil proses penguapan air dipermukaan bumi akibat pemanasan oleh sinar matahari. Dalam keadaan ideal (tanpa pencemaran air), air hujan merupakan air Bersih dan dapat langsung dikonsumsi oleh manusia, namun pada saat penguapan berlangsung air yang menguap sudah tercemar. Selain itu, air hujan yang turun juga ‘tercemar’ oleh polusi udara. Akibatnya air hujan tidak bersifat netral ($pH = 7$) lagi, melainkan bersifat asam. Hujan yang bersifat asam dapat menyebabkan korosi (karat) pada benda yang berbahan logam. Selain bersifat asam, air hujan cenderung bersifat sadah karena kandungan kalsium dan magnesiumnya cukup tinggi (*Alamsyah, 2007*).

c. Air permukaan

Air permukaan adalah semua air yang terdapat di permukaan tanah, antara lain sumur, sungai, rawa, dan danau. Air permukaan berasal dari air hujan yang meresap dan membentuk mata air di gunung atau hutan, kemudian mengalir dipermukaan bumi dan membentuk sungai atau mengumpul di tempat cekung yang membentuk danau ataupun rawa. Pada umumnya, air permukaan tampak kotor dan berwarna (tidak bening). Hal itu akibat kotoran, pasir, dan lumpur yang ikut terbawa (hanyut) oleh aliran air.

Air permukaan banyak digunakan untuk berbagai kepentingan, antara lain untuk dibersih, kebutuhan rumah tangga, irigasi, pembangkit listrik, industri, dan sebagainya. Agar dapat dibersih air permukaan harus diolah terlebih dahulu, meliputi pengolahan fisika, kimia dan biologi (*Alamsyah, 2007*).

Air permukaan ada 2 macam yakni :

- 1) Air Sungai, dan
- 2) Air rawa / danau

d. Air Tanah

Air tanah merupakan air yang terdapat di dalam lapisan tanah yang berasal dari air hujan yang meresap ke dalam tanah. Dalam proses peresapan air tersebut air tanah mengalami penyaringan (filtrasi) oleh lapisan-lapisan tanah, sehingga air tanah lebih jernih dibandingkan air permukaan (*Alamsyah, 2007*).

Air Tanah terbagi atas :

- 1) Air tanah dangkal
- 2) Air tanah dalam
- 3) Mata air

2.1.3 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah kuantitas air minum yang dihasilkan harus sesuai peraturan perundang undangan dan kontinuitas yang dibutuhkan untuk keperluan rumah tangga, industri, dan lain-lain. mendapat jaminan 24 jam per hari. (*Permen RI No.122 Tahun 2015*).

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

Pada umumnya, masyarakat indonesia melakukan aktifitas penggunaan air pada pagi dan sore hari dengan konsumsi air yang lebih banyak dari pada waktu-waktu lainnya. Dari keseluruhan aktifitas dan konsumsi sehari tersebut dapat diketahui pemakaian rata- rata air. Dengan memasukkan besarnya faktor kehilangan air ke dalam kebutuhan dasar, maka selanjutnya dapat disebut sebagai fluktuasi kebutuhan air. Dan di dalam distribusi air bersih, tolak ukur yang digunakan dalam perencanaan maupun evaluasinya adalah kebutuhan air per hari maksimum dan kebutuhan air per jam maksimum dengan mengacu pada kebutuhan air rata-rata.

Untuk merumuskan penggunaan air oleh masing-masing komponen (kelompok per Sambungan Rumah) secara pasti sulit dilakukan sehingga dalam perencanaan dan perhitungan digunakan asumsi-asumsi atau pendekatan – pendekatan berdasarkan 3 hal yaitu konsumsi untuk air minum yang dibutuhkan untuk kelangsungan hidup secara fisik, higienis dan kenyamanan. Untuk memperkirakan jumlah kebutuhan air dilakukan standart kebutuhan minimum penduduk yang meliputi air untuk makan, minum, mandi, kebersihan rumah dan menyiram tanaman.

2.2 Kebutuhan Air Bersih

Besarnya kebutuhan air bersih untuk suatu daerah layanan dipengaruhi oleh karakteristik daerah itu sendiri. Faktor yang mempengaruhi besarnya kebutuhan air diantaranya : pemakaian air, perkembangan penduduk, keadaan sosial, ekonomi, budaya, tingkat kehidupan dan rencana daerah layanan.

Total kebutuhan air dengan memperhitungkan :

- a. Kebutuhan Domestik

$$QD = QSR + QHU$$

- b. Kebutuhan Non Domestik

$$QND = (15s.d.30)\% \times QD$$

- c. Kapasitas Pelayanan

$$QPly = QD + QND$$

- d. Kehilangan air

$$Qh = (15 - 50)\% \times QPly$$

e. Kapasitas rata-rata

$$QR = Q_{Ply} \times Q_h$$

f. Kapasitas hari maksimum

$$Q_{h \max} = Q_{rata-rata} \times f \cdot H_{\max}$$

g. Kapasitas jam puncak

$$Q_{peak} = Q_{rata-rata} \times f \cdot peak$$

Dimana :

Q_D	= Kebutuhan air domestik (L/hari)
Q_{SR}	= Kebutuhan air untuk sambungan rumah (L/hari)
Q_{HU}	= Kebutuhan air untuk hidran umum (L/hari)
Q_{ND}	= Kebutuhan air non domestik (L/hari)
Q_{ply}	= Kebutuhan pelayanan (L/hari)
Q_h	= Banyaknya Kehilangan air (L/hari)
Q_R	= Kapasitas rata-rata (L/hari)
$Q_{h \max}$	= Kapasitas hari maksimum (L/detik)
Q_{peak}	= Kapasitas jam puncak (L/detik)
$f \cdot H_{\max}$	= Faktor hari maksimum
$f \cdot peak$	= Faktor jam puncak

Kriteria-kriteria perencanaan sektor air bersih :

- a. HU = Konsumen : 100 jiwa/HU
 Konsumsi : 30 s.d. 60 Liter/jiwa/hari
- SR = Konsumen : antara 5 s.d. 7 jiwa/rumah

b. Kebutuhan air non domestik

$$Q_{ND} = (15 \text{ s.d. } 30)\%$$

c. Kehilangan air

$$Q_h = (15 \text{ s.d. } 50)\%$$

d. Faktor hari maksimum

$$f_m = (1,15 \text{ s.d. } 1,25)$$

Tabel 2.1 Kriteria Kebutuhan Air Domestik

No	URAIAN	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1.000.000 METRO	500.000 – 1.000.000 BESAR	100.000 – 500.000 SEDANG	20.000 – 100.000 KECIL	< 20.000 DESA
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (L/org/hari)	190	170	150	130	100
2	Konsumsi unit Hidran Umum (L/org/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit Non Domestik (L/org/hari) - %	20 -30	20 -30	20 -30	20 -30	10 – 20
4	Kehilangan Air (%)	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20 – 30	20
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	6	6	10
8	Jumlah Jiwa per HU	100	100	100	100 – 200	200
9	Sisa Tekan di Jaringan Distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir	20	20	20	20	20
12	SR : HU	50 : 50 s.d. 80 :20	50 : 50 s.d. 80 : 20	80:20:00	70:30:00	70:30:00
13	Cakupan pelayanan*	** 90	90	90	90	***70

Sumber : Sarwoko M. Ir. "Penyediaan Air Bersih I" dalam Bhaskoro, 2007

Keterangan :

*) tergantung survey proyek

**) 60 % perpipaan ; 30 % non perpipaan

***) 25 % perpipaan ; 45 % non perpipaan

Tabel 2.2 Kriteria Kebutuhan Air Non Domestik

No	URAIAN	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		> 1.000.000 METRO	500.000 – 1.000.000 BESAR	100.000 – 500.000 SEDANG	20.000 – 100.000 KECIL	< 20.000 DESA
1	Sekolah (L/murid/hari)	10	10	10	10	5
2	Rumah Sakit (L/temp.tidr/hari)	200	200	200	200	200
3	Puskesmas/BKIA (m3/hr)	2	2	2	2	1,2
4	Masjid/gereja (m3/hr)	1 – 2	1 – 2	1 – 2	1 – 2	1 – 2
5	Kantor (L/pegawai/hari)	10	10	10	10	10
6	Pasar (m3/ha/hari)	12	12	12	12	12
7	Hotel/losmen (L/temp. tdr/hari)	150	150	150	150	90
8	Rumah makan (L/temp.ddk/hari)	100	100	100	100	100
9	Komplek Militer (L/orang/hari)	60	60	60	60	60
10	Kawasan industri (L/dtk/ha)	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8	0,2 – 0,8
11	Kawasan Pariwisata (L/dtk/ha)	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3

Sumber : Dirjen Cipta Karya DPU dalam Bhaskoro 2007

2.3 Kebutuhan Jam Puncak

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

$$Q_{peak} = F_{peak} \cdot Q_{max}$$

$$F_{peak} = \frac{Q_{peak}}{Q_{av}}$$

Q_{peak} = kebutuhan air jam puncak (liter/detik)

Q_{max} = kebutuhan air harian maksimum (liter/detik)

Q_{av} = kebutuhan air rata-rata (liter/detik)

F_{peak} = kebutuhan air harian maksimum (liter/detik)

2.4 Pertumbuhan Jumlah Penduduk

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih di masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

a. Metode Geometrik

Untuk keperluan proyeksi penduduk, metode ini digunakan bila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu.

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

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

b. Metode Eksponensial

Proyeksi jumlah penduduk dengan metode eksponensial menggunakan persamaan berikut: (*Muliakusumah, 2000:255*).

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk (%)

n = periode tahun yang ditinjau (tahun)

e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

c. Metode Aritmatik

Metode ini biasanya disebut juga dengan rata-rata hilang. Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama tiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang kecil, tingkat pertumbuhan ekonomi kota rendah dan perkembangan kota tidak terlalu pesat

$$P_n = P_0 (1 + rn)$$

Dengan :

P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.5 Sistem Penyediaan Air Bersih

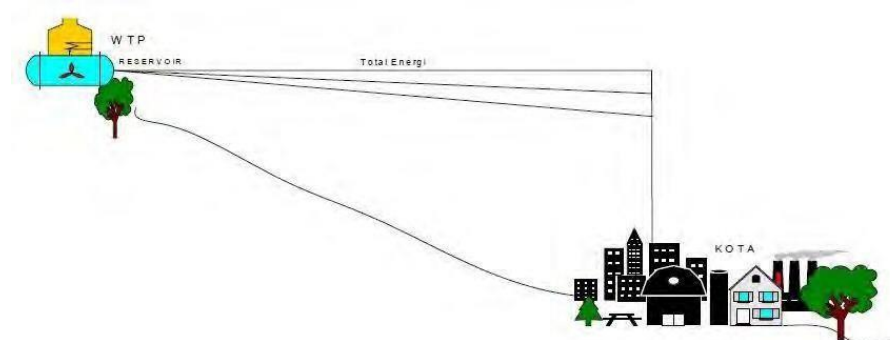
Dalam sistem penyediaan air bersih ada 2 (dua) kategori sistem penyediaan air bersih, yaitu: sistem perpipaan dan sistem non perpipaan.

2.5.1 Sistem Perpipaan Air Bersih

Sistem ini menggunakan pipa sebagai sarana pendistribusian air. Unit pelayanannya dapat menggunakan Sambungan Rumah (SR), Sambungan Halaman dan Sambungan Umum. Untuk mendistribusikan air Bersih dengan perpipaan terdapat beberapa sistem pengaliran, tergantung pada keadaan topografi, lokasi sumber air baku, beda tinggi daerah pengaliran atau daerah layanan. Sistem pengaliran tersebut antara lain :

a. Pengaliran Gravitasi

Pengaliran Gravitasi digunakan apabila sumber air memiliki elevasi yang lebih tinggi dari pada daerah pelayanan, sehingga dapat menghasilkan tekanan yang tinggi yang dapat mengalirkan air tanpa menggunakan pompa. Pengaliran gravitasi ini cukup ekonomis karena memanfaatkan ketinggian dari sumber induk ke daerah pelayanan (*Kusuma,2011*).



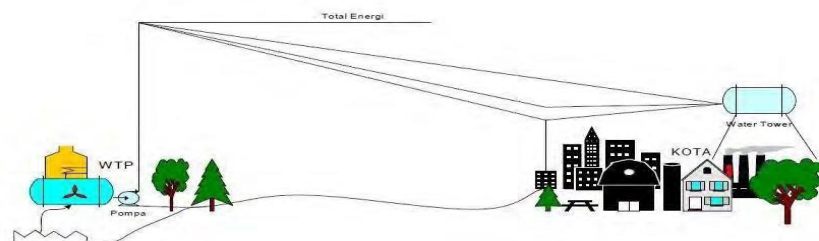
Gambar 2.1 Sistem Pengaliran Gravitasi

b. Pengaliran Pemompaan dengan Elevated Reservoir

Pengaliran Pemompaan dengan elevated reservoir dilakukan untuk menampung air kedalam reservoir yang memiliki elevasi yang lebih tinggi dari daerah pelayanan. Dimana apabila air yang sudah dipompa ke reservoir akan didistribusikan dengan memanfaatkan tekanan akibat elevasi reservoir yang lebih tinggi dari daerah pelayanannya (Rosadi,2011).

Sistem perpompaan diterapkan pada keadaan :

- 1) Kedudukan titik awal pipa distribusi lebih rendah dari titik akhir pipa distribusi (hampir mendatar).
- 2) Kedudukan titik awal pipa distribusi lebih tinggi dari titik akhir pipa distribusi, tetapi :
 - a) Beda tinggi tekanan statis yang tersedia lebih kecil dari kehilangan tekanan air sepanjang pipa distribusi.
 - b) Pada jalur pipa distribusi terdapat lokasi yang lebih tinggi dari titik awal pipa distribusi.
 - c) Pada jalur pipa distribusi terdapat titik yang mempunyai sisa tekan air lebih kecil dari syarat minimum dalam kriteria perencanaan.



Gambar 2.2 Sistem Pengaliran Perpompaan

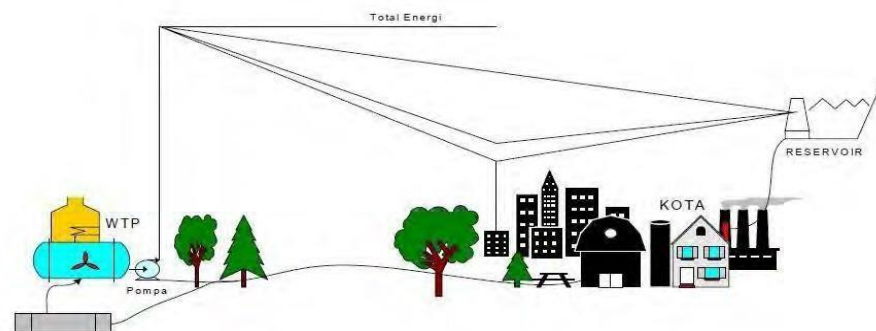
c. Pengaliran Pemompaan Langsung

Distribusi air kepada layanan dengan mengandalkan tekanan dari pompa, yang disesuaikan dengan tinggi tekanan minimum. Rangkaian pipa dalam distribusi air bersih disebut jaringan perpipaan. Pada dasarnya ada 2 sistem jaringan distribusi yaitu jaringan terbuka dan tertutup

- 1) Jaringan Terbuka adalah jaringan pipa yang tidak saling berhubungan, dimana air akan mengalir dalam satu arah dan area pelayanan disuplai melalui satu jalur pipa utama.
- 2) Jaringan Tertutup adalah jaringan pipa yang saling berhubungan, dimana air mengalir melalui beberapa jalur pipa utama sehingga konsumen disuplai dari beberapa jalur pipa (*Rosadi,2011*).

d. Sistem Gabungan

Sistem gabungan dilakukan jika fluktuasi debit dan tekanan pada jaringan distribusi meluap yaitu saat jam puncak dan saat jam pemakaian minimum. Maka dari itu dibutuhkan gabungan energi dari sistem pompa dan gravitasi.



Gambar 2.3 Sistem Pengaliran Gabungan

2.5.2 Sistem Non Perpipaan

Sistem distribusi ini tidak menggunakan pipa dan unit pelayanannya adalah Sumur Umum, Hidran Umum (HU), kendaraan tangki air (water tank/TA) serta mata air (*Rosadi,2011*).

2.6 Sistem Jaringan Pipa

Analisis jaringan pipa perlu dilakukan dalam pengembangan suatu jaringan distribusi maupun perencanaan suatu jaringan pipa baru. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kualitas aliran terpenuhi. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisis sistem jaringan pipa distribusi adalah :

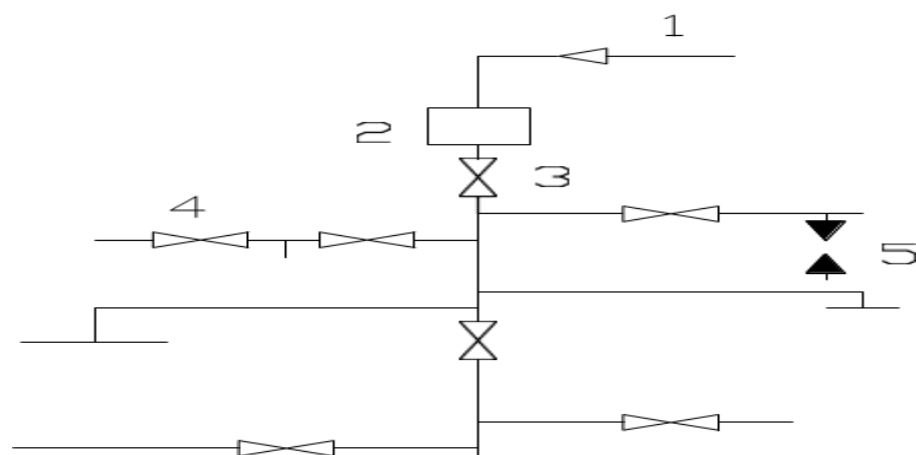
- a. Peta distribusi beban, berupa peta tata guna lahan, kepadatan dan batas wilayah. Juga pertimbangan dari kebutuhan / beban (area pelayanan).
- b. Daerah pelayanan sektoral dan besar beban. Juga titik sentral pelayanan (*junction points*).
- c. Kerangka induk, baik pipa induk primer maupun pipa induk sekunder.
- d. Untuk sistem induk, ditentukan distribusi alirannya berdasarkan debit puncak.
- e. Pendimensian dengan besar debit diketahui dan kecepatan aliran yang diijinkan dapat ditentukan diameter pipa yang diperlukan.

- f. Kontrol tekanan dalam aliran distribusi, menggunakan prinsip kesetimbangan energi. Kontrol atau analisa tekanan ini dapat dilakukan dengan beberapa metode, disesuaikan dengan rangka pendistribusian.

Dilihat dari model jaringan pipa induk/primer, sistem jaringan pipa dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

a. Sistem Cabang (*Branch*)

Sistem ini merupakan sistem jaringan perpipaan dimana pengaliran air hanya menuju ke satu arah saja dan terdapat titik akhir yang merupakan ujung jaringan pipa.



Gambar 2.4 Sistem *Branch*

Keterangan gambar:

- 1) Pipa penghantar
- 2) Reservoir
- 3) Pipa induk
- 4) Pipa induk cabang
- 5) Katup

Sistem ini biasanya digunakan pada daerah dengan sifat–sifat berikut:

- 1) Perkembangan kota kearah memanjang.
- 2) Sarana jaringan jalan induk saling berhubungan.
- 3) Keadaan topografi dengan kemiringan medan yang menuju kesatu arah.

Keuntungan sistem cabang adalah :

- 1) Sistem lebih sederhana sehingga penghitung dimensi pipa lebih mudah.
- 2) Pemasangan pipa lebih mudah dan sederhana, serta peralatan lebih sedikit.
- 3) Perpipaan lebih ekonomis karena penggunaan pipa lebih sedikit (pipa distribusi hanya dipasang pada daerah yang padat penduduknya).

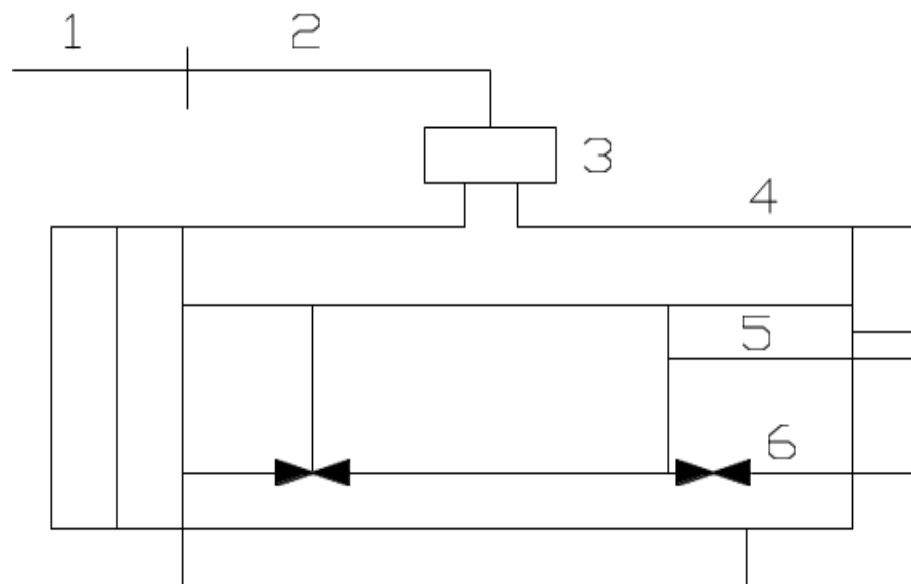
Kerugian sistem cabang adalah :

- 1) Kemungkinan terjadi penimbunan kotoran dan pengendapan diujung pipa tidak dapat dihindari, sehingga diperlukan pembersihan intensif untuk mencegah timbulnya bau dan perubahan rasa.
- 2) Bila terjadi kerusakan, pengaliran air dibawahnya akan terhenti.
- 3) Kemungkinan tekanan air yang diperlukan tidak cukup bila ada sambungan baru.

- 4) Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin, terutama terjadinya tekanan kritis pada bagian pipa terjauh.

b. Sistem Melingkar (*Loop*)

Sistem ini merupakan sistem jaringan pipa induk distribusi dimana antar pipa saling berhubungan satu dengan yang lain membentuk lingkaran, sehingga tidak ada titik mati dan bersifat bolak-balik.



Gambar 2.5 Sistem *Loop*

Keterangan:

- 1) Sumber air
- 2) Pipa penghantar air bersih
- 3) Reservoir
- 4) Pipa induk lingkaran
- 5) Pipa induk cabang
- 6) Katup

Sistem melingkar ini bisanya diterapkan pada :

- 1) Daerah yang mempunyai jaringan jalan yang berhubungan.
- 2) Daerah yang arah perkembangannya kesegala arah.
- 3) Daerah dengan topografi yang relatif datar.

Keuntungan sistem melingkar adalah :

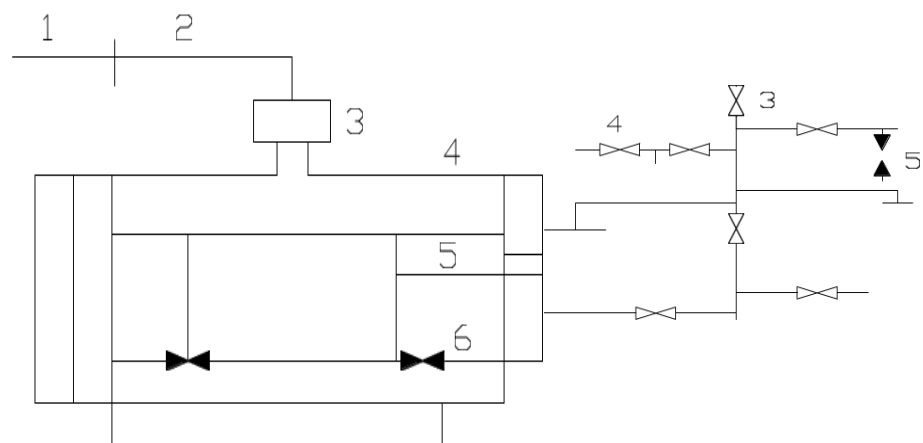
- 1) Kemungkinan genangan atau endapan dapat dihindari, karena air dapat disirkulasi secara bebas.
- 2) Keseimbangan aliran mudah dicapai

Kerugian sistem melingkar adalah :

- 1) Sistem perpipaan lebih rumit.
- 2) Penggunaan pipa relatif lebih banyak.
- 3) Perlengkapan pipa lebih jauh lebih banyak.

c. **Sistem Gabungan (*Loop and Branch Sistem*)**

Sistem ini merupakan sistem jaringan pipa induk gabungan dari sistem cabang dan sistem melingkar.



Gambar 2.6 Sistem Gabungan

2.7 Perlengkapan Jaringan Distribusi

Pemeriksaan dan pemeliharaan pada perlengkapan distribusi sangat penting untuk dilakukan secara teratur untuk air bersih biasanya di tanam dibawah tanah dan tidak dapat di *monitoring* secara langsung sehingga kelainan-kelainan tidak dapat diketahui, seperti tekanan air dan jumlah air.

Di dalam pengoperasian jaringan distribusi, diperlukan perlengkapan peralatan seperti pipa dan asesorisnya agar sistem dapat bekerja dengan baik atau bagian dari sistem distribusi dapat diisolasikan dengan baik untuk diperbaiki ataupun dibersihkan tanpa mengganggu suplai air ke konsumen. Sehingga dapat dikatakan bahwa perlengkapan pipa dan asesoris di jaringan distribusi baik dalam operasi dan pemeliharaan maupun dalam *monitoring*. Perlengkapan jaringan distribusi tersebut antara lain:

a. Pipa

Di dalam jaringan air bersih, pipa mengambil peranan yang sangat penting sebagai sarana untuk mengalirkan air bersih kepada pemakainya. Sifat dan daerah pelayanan, ditambahkan pula bahwa sistem ini mempunyai syarat-syarat umum yaitu:

- 1) Sistem distribusi harus mampu mengalirkan air bersih dalam kuantitas, kontinuitas, dan tekanan cukup ke seluruh bagian yang dilayani.
- 2) Sistem distribusi harus mampu menjaga kualitas air bersih yang disyaratkan
- 3) Sistem distribusi harus handal, efisien dan ekonomis.

Berdasarkan Klasifikasi Jaringan Perpipaan Air Bersih dapat dibedakan yaitu : Pipa induk (pipa utama/primer), Pipa cabang (pipa sekunder), Pipa pelayanan (pipa tersier).

Tujuan dan pengklasifikasian jaringan perpipaan ini adalah untuk memisahkan bagian jaringan menjadi suatu sistem hidrolis tersendiri sehingga memberikan keuntungan seperti :

- 1) Kemudahan dalam pengoperasian, sesuai dengan debit yang mengalir.
- 2) Mempermudah perbaikan jika terjadi kerusakan.
- 3) Meratakan sisa tekanan dalam jaringan perpipaan, sehingga setiap daerah pelayanan mendapatkan tekanan yang relatif sama
- 4) Mempermudah pengembangan jaringan perpipaan, sehingga jika dilakukan perluasan dan pengembangan tidak perlu mengganti jaringan yang sudah ada, dengan catatan masih memenuhi syarat kriteria hidrolis.

Jaringan perpipaan distribusi air bersih dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- 1) Pipa Hantar Distribusi (Feeder System)

Pipa hantar dalam pipa distribusi biasanya memberikan bentuk atau kerangka dasar sistem distribusi. Tidak dibenarkan sambungan rumah pada sistem pipa hantar distribusi ini. Pipa hantar distribusi dapat dibedakan menjadi sebagai berikut :

a) Pipa Induk Utama (Primary Feeder)

Pipa induk utama merupakan pipa distribusi yang mempunyai jangkauan terluas dan diameter terbesar. Pipa ini melayani dan membagikan ke tiap blok-blok pelayanan di daerah pelayanan, dan disetiap blok memiliki satu atau dua titik penyadapan (tapping) yang dihubungkan dengan pipa induk sekunder (secondary feeder). Secara fisik pipa induk utama dibatasi dengan :

- Dimensinya direncanakan untuk dapat mengalirkan air sampai dengan akhir perencanaan dengan debit jam puncak.
- Tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen
- Jenis pipa yang dipilih harus mempunyai ketahanan tinggi



Gambar 2.7 Pipa Induk Utama

b) Pipa Induk Sekunder (Secondary Feeder)

Merupakan jenis hantaran yang kedua dari suatu sistem jaringan. Pipa ini meneruskan air dari pipa induk utama ke tiap-tiap blok pelayanan. Pipa ini selanjutnya mempunyai percabangan terhadap pipa servis. Secara fisik pipa induk sekunder dibatasi sebagai berikut :

- Tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen
- Dimensi dihitung berdasarkan banyaknya sambungan yang melayani konsumen.
- Kelas pipa yang dipergunakan sama atau lebih rendah dari pipa induk utama.



Gambar 2.8 Pipa Induk Sekunder

2) Pipa Pelayanan Distribusi

Pipa pelayanan adalah pipa yang menyadap dari pipa induk sekunder dan langsung melayani konsumen. Diameter yang dipakai tergantung pada besarnya pelayanan terhadap konsumen. Sistem pipa ini dibedakan menjadi :

a) Pipa Cabang (Small Distribution Main)

Dapat mengalirkan langsung ke rumah dan dapat mengalirkan ke pipa yang lebih kecil.

b) Pipa Service (Service Line)

Pipa ini merupakan pipa sambungan rumah



Gambar 2.9 Pipa pelayanan (pipa tersier)

2.8 Analisa Hidrolika Dalam Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

2.8.1 Hukum *Bernoulli*

Aliran dalam pipa memiliki tiga macam energi yang bekerja didalamnya, yaitu :

- a. Energi Ketinggian
- b. Energi Tekanan
- c. Energi Kecepatan

Hal tersebut dikenal dengan prinsip Hukum *Bernoulli* bahwa energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

$$E_{\text{Tot}} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi Tekanan}$$

$$E_{\text{Tot}} = Z + \frac{P}{\gamma_w} + \frac{V^2}{2g}$$

Dimana:

$$\frac{P}{\gamma_w} = \text{Tinggi Tekan (m)}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \text{Tinggi Energi (m)}$$

$$Z = \text{Elevasi (m) (Putra, 2012)}$$

2.8.2 Hukum Kontinuitas

Pada aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa, sama dengan debit yang keluar pada pipa.

$$Q = A \cdot V$$

Dimana :

Q = debit yang mengalir pada suatu penampang pipa (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

V = Kecepatan aliran (m/det)

2.8.3 Kehilangan Tekanan (*Headloss*)

Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

2.8.4 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*MajorLosses*)

Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekanan mayor ini yaitu dari *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*, *Colebrook-White* dan *Swamme-Jain*. Adapun besarnya kehilangan tinggi tekan mayor dalam kajian ini dihitung dengan persamaan Hazen-Williams ialah :

$$Q = L \cdot C_{hw} \cdot D$$

Dimana:

Q = kapasitas aliran ($m^3/detik$)

L = panjang pipa(m)

C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams*

D = diameter pipa(m)

Untuk melihat nilai koefisien kekasaran pipa C_{hw} (*Hazen-William*) dapat dilihat dalam tabel :

Tabel 2.3 Nilai Koefisien Kekasaran pipa(Hazen-William)

Jenis Pipa	Nilai “C” Perencanaan
Asbes Cement (ACP)	120
UPVC	120
High HDPE	130
Medium DPE	130
Ductile (DCIP)	110
Besi tuang (CIP)	110
GIP	110
Baja	110
Pre-streessm	120

Sumber: Nilai Koefisien Kekasaran pipa pada rumusan Hazen-William

2.8.5 Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*MinorLosses*)

Ada berbagai macam kehilangan tinggi tekan minor sebagai berikut:

- Kehilangan tinggi minor karena pelebaran pipa
- Kehilangan tinggi minor karena penyempitan mendadak pada pipa
- Kehilangan tinggi minor karena mulut pipa
- Kehilangan tinggi minor karena belokan pada pipa
- Kehilangan tinggi minor karena sambungan dan katup pada pipa secara

umum rumus kehilangan tinggi tekan akibat minor losses :

$$h_f = S \times L$$

Dimana:

S = Kemiringan garis energi (m)

h_f = Kehilangan tinggi tekanan (m)

L = Panjang pipa (m)

Kehilangan minor pada umumnya akan lebih besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran didalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat adanya pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa (*Putri,dkk, 2014*).

2.8.6 Kapasitas Aliran

Menghitung Kapasitas aliran yang terjadi di dalam pipa dengan menggunakan persamaan *Hazen-William* :

$$Q = C \cdot D \cdot S \cdot L$$

Dimana:

Q=Debit aliran pada pipa (m³/detik)

C=Koefisien kekasaran pipa

D=Diameter pipa

S= Kemiringan garis energi (m)

L=Panjang pipa(m)

2.8.7 Tekanan

Analisa Perhitungan Besarnya Tekanan yang terjadi :

$$P = p \cdot g \cdot h$$

Dimana :

P = Tekanan

p =Masa Jenis air(Kg/m³)

g =Percepatan gravitasi (N)

h =Tinggi elevasi(m)

2.9 Aplikasi EPANET2.0

Program EPANET 2.0 adalah program simulasi model hidrolis sistem jaringan perpipaan (distribusi) yang dikembangkan oleh *The Water Supply and Water Resources Division of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory (Lewis, 2000)*.

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), pompa, katub, dan tangki air atau *reservoir (Wigati, dkk, 2013)*.

EPANET menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. EPANET didesain sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan nasib analisis berbagai aplikasi jaringan distribusi, sebagai contoh untuk pembuatan desain, kalibrasi model hidrolis, analisis sisa khlor dan analisis pelanggan.

EPANET adalah alat bantu analisis hidrolisis yang didalamnya terkandung kemampuan seperti :

- a. Kemampuan analisis yang tidak terbatas pada penempatan jaringan
- b. Perhitungan harga kekasaran pipa menggunakan persamaan *Hazen-Williams, Darcy Weisbach* atau *chezy manning*.
- c. Termasuk juga *minor head losses* untuk *bend, fitting, dsb*
- d. Pemodelan terhadap kecepatan pompa yang konstan maupun variabel
- e. Menghitung energi pompa dan biaya

- f. Pemodelan terhadap variasi tipe dari valve termasuk *shutoff*, *check*, *pressure regulating* dan *flow control valve*.
- g. Tersedia tangki penyimpanan dalam berbagai bentuk, termasuk diameter yang bervariasi terhadap tingginya.
- h. Memungkinkan dimasukkannya kategori kebutuhan (demand) ganda pada *node*, masing masing dengan pola tersendiri bergantung pada variasi waktu
- i. *Model pressure* yang bergantung pada pengeluaran aliran dari emitter (*sprinkler head*)
- j. Dapat dioperasikan dengan sistem dasar tangki sederhana atau kontrol waktu yang lebih kompleks (*Kusuma, 2011*).

Untuk menjalankan program aplikasi EPANET diperlukan input data yang mendukung, sehingga dihasilkan output yang menunjukkan performansi jaringan tersebut. Input yang diperlukan pada program ini yaitu:

- a. Input komponen yang mendukung sebuah sistem jaringan pipa yang meliputi pipa, pompa dan reservoir.
- b. Input berupa node yang menghubungkan masing-masing pipa sehingga membentuk sebuah sistem jaringan pipa.
- c. Input berupa nomor masing-masing komponen baik pipa, node, pompa, dan reservoir.
- d. Input persamaan yang akan digunakan yang merupakan karakteristik dari hidrolis.

e. Input yang menunjukkan karakteristik masing-masing komponen yang meliputi:

- 1) Diameter, panjang, kekasaran bahan pipa
- 2) Karakteristik pompa.

Dengan menggunakan data yang berupa input seperti diatas maka analisa hidrolis dapat dilakukan (*Rinaldy, 2013*).

2.10 Perhitungan Hidrolisis Jaringan Perpipaan Distribusi

Pada perhitungan hidrolisis jaringan perpipaan distribusi, akan ditentukan dimensi dari perpipaan dan perlengkapan yang akan digunakan pada setiap alternatif. Perhitungan yang dilakukan berdasarkan pada pemakaian air pada saat jam puncak dengan dibantu dengan menggunakan program *EPANET 2.0*. Program ini menggunakan aplikasi matematis dari persamaan *Hazen-williams*.

Data masukan yang dibutuhkan dalam perhitungan diantaranya adalah :

- a. Debit rata-rata (L/s) pada tiap *tapping*
- b. Elevasi ketinggian (m) untuk tiap *tapping*
- c. Panjang pipa(m) dan Diameter pipa (m) yang digunakan
- d. Koefisien kekasaran *Hazen-Williams* yang akan digunakan
- e. Ketinggian level muka air pada reservoir distribusi yang digunakan

Dengan menggunakan data diatas, maka hasil yang diperoleh diantaranya adalah besarnya debit aliran pada tiap pipa, arah aliran, kehilangan tekanan, serta sisa tekan pada tiap *tapping*. (*Kusuma, 2011*).

2.11 Metode Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk diperlukan dalam perancangan instalasi pengolahan air bersih yang akan digunakan dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini penting dilakukan agar bangunan tersebut dapat digunakan sesuai dengan periode desain yang telah direncanakan dan tidak menimbulkan masalah pada masa yang akan datang. Begitu juga halnya dalam mendesain instalasi pengolahan air bersih bagi penduduk di suatu wilayah studi, maka jumlah penduduk haruslah diketahui. Untuk mengetahui jumlah penduduk pada masa yang akan datang, digunakanlah metode proyeksi penduduk.

2.12 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

NO	NAMA	TAHUN	JUDUL	HASIL
1	Anastasya Feby Makawimbang Lambertus Tanudjaja, Eveline M. Wuisan	2017	Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Soyowan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Utara	sistem Penyediaan Air Bersih yang direncanakan akan dapat berfungsi dengan baik apabila operasi dan pemeliharaan instalasi dilakukan dengan baik.

Lanjutan Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

2	Ir. Lilies Widodojoko, MT	2018	Perencanaan Jaringan Air Bersih Desa Dieng Kejajar Wonosobo	Jaringan Air Bersih menggunakan perpipaan yang bisa sampai kerumah-rumah sangat membantu masyarakat Desa Dieng yang sebelumnya mengambil air Bersih dari sumur dan air tanah yang dipompa sehingga kemudahan akses masyarakat dalam mendapatkan air Bersih dapat dilakukan.
3	Hesti Kalensun, Lingkan Kawet, Fuad Halim	2016	Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih di Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan	Sistem Distribusi di alirkan dengan sistem gravitasi yang berawal dari bak pengkap mata air menuju reservoir dan kemudian dialirkan pada hidran-hidran umum yang tersebar di daerah layanan dalam hal ini Kelurahan Pangolombian Kecamatan Tomohon Selatan.

Lanjutan Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

4	Marisadiannovita dan Bowodjokomarsono	2019	Perencanaan Sistem air bersih di Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember	Sebanyak 52% responden menyatakan ingin memperoleh sambungai air dari PDAM dan sisanya tidak ingin. Sebaian besar respondennya menginginkan sambungan PDAM disebabkan karea merasa kualitas air yang digunakan saat ini masih belum teruji dengan baik yaitu masih keruh dan berbau, serta menginginkan air dengan kontinuitas dan keterjangkauan yang mudah. Penyebab responden tidak ingin menyambungkan air dengan PDAM bervariasi
---	---------------------------------------	------	--	---

Lanjutan Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

5	Ika Meicahayanti, Juli Nurdiana	2018	Analisa Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih Menggunakan EPANET 2.0 (Studi Kasus di Kelurahan Harapan Baru, Kota Samarinda)	Menunjukkan bahwa jaringan perpipaan distribusi air bersih existing di Kelurahan Harapan Baru, memiliki 7 junction yang nilai tekanan airnya dibawah batas minimum criteria pipa distribusi dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 18/PRT/M/2007 (Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, 2007) sebesar 5, 16 Meter Air dan Sebanyak 11 pipa yang nilai kecepatan alirannya di bawah batas minimum kriteria yang sama besar 0,3 m/s
6	Mohammad Furqon Azmil Umur	2020	Perencanaan Jaringan Distribusi Penyediaan Air Bersih Di Kecamatan Pangkah Kabupaten Tegal	Kebutuhan air bersih penduduk desa Pener, desa Penusupan dan desa Depok Kecamatan Pangkah meningkat dari tahun 2023 sebesar 32,94 liter/detik, tahun 2026 sebesar 64,03 liter/detik dan pada tahun 2029 adalah sebesar 101,87 liter/detik.

Lanjutan Tabel 2.4 Penelitian terdahulu

7	Yusuf Rahmat Sholeh	2018	Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Pada Pembangunan Perumnas Cibungbulang Kabupaten Bogor	Pengambilan debit air bersih di dalam kawasan dilakukan sesuai dengan tahapan pembangunan perumnas, dan harus selalu dikoordinasikan dengan pemerintah, agar debit air untuk masyarakat sekitar tidak berkurang secara signifikan.
8	Hendra Hafid Fathony	2012	Analisis Sistem Distribusi Air Bersih Pdam Karanganyar (<i>Analysis Of Distribution System For Drinking Water Of Pdam Karanganyar</i>)	Pada analisis kapasitas pipa lima tahun mendatang 2016 untuk daerah Perumnas Palur dimensi pipa masih mampu mengalirkan air dari reservoir Popongan kecuali pipa nomer satu yang perlu pembesaran pipa.

Sumber : hasil Analisis Data