

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air

Pada dasarnya air sebagai kebutuhan dasar manusia memiliki peranan penting dalam menunjang kehidupan manusia. Ketersediaan air minum adalah hal dasar yang harus dipenuhi. Ketersediaan air minum untuk kebutuhan manusia mengalami berbagai kendala dari mulai permasalahan kualitas air, kuantitas dan kontinuitas air minum. Walaupun seperti kita ketahui bahwa sudah banyak kemajuan dan pengembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang membuat sistem distribusi air minum modern yang murah dan dapat dipercaya seperti saat ini jika kita bandingkan dengan keadaan beberapa waktu ke belakang [5].

2.2 Sumber Air

Air yang berada di permukaan bumi ini berasal dari berbagai sumber. Berdasarkan letak sumbernya, air dapat dibagi menjadi [6] :

1. Air angkasa (air hujan)

Merupakan sumber utama air di bumi. Meskipun pada saat presipitasi merupakan air yang paling bersih, namun air tersebut cenderung mengalami pencemaran ketika berada di atmosfer. Pencemaran yang berlangsung di atmosfer dapat disebabkan oleh partikel debu, gas, dan mikroorganisme. Misalnya : karbondioksida, nitrogen, dan amonia.

2. Air permukaan

Merupakan sumber air dari badan-badan air semacam sungai, danau, telaga, waduk, rawa, terjun, dan sumur permukaan, sebagian besar berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan bumi. Air hujan tersebut kemudian akan mengalami pencemaran baik oleh tanah, sampah, dan lain sebagainya.

3. Air tanah (*ground water*)

Merupakan air yang terdapat dalam lapisan tanah atau batuan di bawah permukaan tanah. Air tanah merupakan salah satu sumber daya air selain air hujan dan air permukaan, air tanah mempunyai peran yang penting terutama dalam menjaga keseimbangan dan ketersediaan bahan baku air untuk

kepentingan rumah tangga maupun kebutuhan industri. Air tanah merupakan salah satu sumber air bagi kehidupan di muka bumi. Jenis-jenis air tanah antara lain [7]:

a. Air Tanah Dangkal

Air tanah dangkal ini dapat pada kedalaman 15 m. Sebagai sumur air minum, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik. Kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

b. Air Tanah Dalam

Air tanah dalam berada setelah lapisan air yang pertama, pengambilan air tanah dalam tidak sama dengan mata air tanah dangkal. Dalam hal ini harus menggunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sejauh 100 - 300 meter. Jika terkena air tanah besar air akan menjembur keluar, sehingga dalam keadaan ini disebut sumur artesis. Jika air tidak dapat keluar dengan sendirinya maka digunakan pompa untuk membuat air bisa naik ke permukaan.

4. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Sehingga, mata air yang berasal dari tanah dalam hampir tidak terpengaruh oleh musim.

2.3 Kebutuhan Air

2.3.1 Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan dasar domestik ditentukan oleh adanya konsumen domestik, yang berasal dari data penduduk, tingkat hidup dan pola kebiasaan yang didukung oleh perkembangan sosial ekonomi yang memberikan kecenderungan peningkatan kebutuhan air. Standar kebutuhan air domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari.

Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi air perkapita. Kecenderungan populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam penentuan kecenderungan laju

pertumbuhan (*growth rate trends*). Estimasi populasi untuk masa yang akan datang merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan kebutuhan air domestik. Untuk penentuan pertumbuhan dimasa yang akan datang, maka laju pertumbuhan yang ada saat ini dipakai sebagai parameter untuk dasar analisis [8]. Besarnya kebutuhan air domestik dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini:

Tabel 2.1 Kebutuhan Air Domestik [9]

No	Uraian	Kategori Kota berdasarkan Jumlah Penduduk				
		>1.000.000	500.000-1.000.0000	100.000-500.000	20.000-100.000	<20.000
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi Unit Sambungan Rumah (L/o/hari)	190	170	130	100	80
2	Konsumsi Unit Hidran Umum (L/o/hari)	30	30	30	30	30
3	Konsumsi Unit Non Domestik (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan Air (%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	Faktor Maximum (Day)	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
6	Faktor Peak (hour)	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 Jaringan Distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam Operasi	24	24	24	24	24
11	Volume Reservoir (%) (Max Demand)	20	20	20	20	20
12	SR : HU	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

2.3.2 Kebutuhan Air Non Domestik

Standar penyediaan air non domestik ditentukan oleh banyaknya konsumen non domestik yang meliputi fasilitas seperti perkantoran, kesehatan, industri, komersial, umum, dan lainnya. Konsumsi non domestik terbagi menjadi beberapa kategori yaitu :

1. Umum : tempat ibadah, rumah sakit, sekolah, terminal, kantor dan lain sebagainya
2. Komersil : hotel, pasar, pertokoan, rumah makan dan sebagainya.
3. Industri : peternakan, industri dan sebagainya.

Untuk memprediksi adanya perkembangan kebutuhan air non domestik, perlu diketahui rencana pengembangan suatu daerah serta aktifitas dari daerah tersebut. Apabila belum diketahui, maka prediksi dapat didasarkan pada suatu ekivalen penduduk, dimana konsumen non domestik dapat dihitung mengikuti perkembangan standar penyediaan air domestik. Kebutuhan air non domestik menurut kriteria dari perencanaan Dinas Pekerjaan Umum dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Non Domestik untuk Kota Kategori I, II, III, IV [10,11]

No	Sektor	Pemakaian Air	Satuan
1	Rumah Tinggal	120	Liter/penghuni/hari
2	Rumah Susun	100	Liter/penghuni/hari
3	Asrama	120	Liter/penghuni/hari
4	Taman Kanak-Kanak	10	Liter/siswa/hari
5	Sekolah Dasar	40	Liter/siswa/hari
6	SLTP	50	Liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	Liter/siswa/hari
8	Rumah Sakit	500	Liter/tempat tidur pasien/hari
9	Puskesmas	2000	Liter/unit/hari
10	Masjid	3000	Liter/unit/hari
11	Kantor	50	Liter/pegawai/hari
12	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
13	Restoran	15	Liter/kursi
14	Hotel berbintang	250	Liter/tempat tidur/hari
15	Hotel Melati/Penginapan	150	Liter/tempat tidur/hari

No	Sektor	Pemakaian Air	Satuan
16	Gd pertunjukan, bioskop	10	Liter/kursi
17	Gd serba guna	25	Liter/kursi
18	Ruko	100	Liter/penghuni dan pegawai/hari
19	Rumah Makan	100*	liter/tempat duduk/hari
20	Komplek Militer	60*	liter/orang/hari
21	Kawasan Industri	50*	liter/detik/hektar
22	Kawasan Pariwisata	0.1-0.3*	liter/detik/hektar
23	Pelabuhan/Terminal	3	Liter/penumpang tiba dan pergi

2.4 Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM)

Sistem Penyediaan Air Minum yang selanjutnya disingkat SPAM merupakan satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum baik sistem fisik (teknik) dan non fisik.

SPAM jaringan perpipaan sebagaimana dimaksud dalam Pemerintah No.122 Tahun 2015 Pasal 3 huruf a sistem penyediaan air minum (SPAM) merupakan satu kesatuan sistem fisik (teknis) dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum. Sistem Penyediaan Air Minum meliputi beberapa unit, yaitu :

a. Unit air baku

Adalah sarana dan prasarana pengambilan dan penyediaan air baku meliputi bangunan penampungan air, bangunan pengambilan atau bangunan penyadapan, pemantauan dan alat ukur, sistem pemompaan dan bangunan sarana pembawa juga perlengkapan yang dibutuhkan.

b. Unit produksi

Adalah sarana dan prasarana yang dapat digunakan dalam mengolah air baku menjadi air bersih adalah dengan melalui proses kimia, fisika, dan biologi, dalam hal ini dilengkapi dengan bangunan pengolahan air bersih dan perlengkapannya yaitu Instalasi Pengolahan Air Minum, alat pengukuran dan pemantauan, perangkat operasional dan bangunan penampungan air minum (*reservoir*).

c. Unit distribusi

Adalah sarana yang bertujuan untuk mengalirkan air minum dari reservoir sampai pada unit pelayanan.

d. Unit pelayanan.

Sarana untuk mengambil air minum oleh masyarakat yang terdiri dari sambungan rumah, hidran umum dan hidran kebakaran.

- Sambungan Rumah

Adalah jenis sambungan pelanggan yang mensuplai airnya langsung ke rumah-rumah biasanya berupa sambungan pipa-pipa distribusi air melalui meter air dan instalasi pipa di dalam rumah. Sambungan rumah terdiri dari pipa dan perlengkapannya, dimulai dari titik penyadapan sampai dengan meter air. Fungsi utama sambungan rumah adalah untuk mengalirkan air dari pipa distribusi ke rumah konsumen dan untuk mengetahui jumlah air yang dialirkan ke konsumen.

- Hidran Umum (HU)

Adalah jenis pelayanan pelanggan sistem air minum perpipaan atau non perpipaan dengan sambungan perkelompok pelanggan dan tingkat pelayanan hanya untuk memenuhi kebutuhan air minum, dengan cara pengambilan oleh masing-masing pelanggan ke pusat penampungan. Hidran Umum meliputi pekerjaan perpipaan dan pemasangan meteran air

- Hidran Kebakaran

Hidran kebakaran adalah suatu hidran atau sambungan keluar yang disediakan untuk mengambil air dari pipa air minum untuk keperluan pemadam kebakaran atau pengurusan pipa. Unit hidran kebakaran (*fire hydrant*) pada umumnya dipasang pada setiap interval jarak 300 m, atau tergantung kepada kondisi daerah atau peruntukan dan kepadatan bangunannya [12].

Tujuan adanya SPAM adalah untuk memberikan pelayanan air minum kepada masyarakat untuk memenuhi hak rakyat atas air minum, selain itu sistem ini diselenggarakan dengan tujuan :

- a. Tersedianya pelayanan air minum untuk memenuhi hak masyarakat untuk air minum.
- b. Terwujudnya pengelolaan dan pelayanan air minum yang berkualitas dengan harga terjangkau.

- c. Tercapainya kepentingan yang seimbang antara pelanggan dengan BUMN, BUMD, UPT, UPTD, Kelompok Masyarakat, dan Badan Usaha.
- d. Tercapainya penyelenggaraan air minum yang efektif dan efisien untuk memperluas cakupan pelayanan air minum.

Dalam SPAM ada bentuk pengembangan SPAM, yaitu kegiatan yang bertujuan untuk membangun, memperluas dan/atau meningkatkan sistem fisik (teknik) dan non-fisik (peran masyarakat, kelembagaan, manajemen, keuangan, dan hukum) dalam kesatuan yang utuh dan dapat melaksanakan penyediaan air minum kepada masyarakat menuju keadaan yang lebih baik. Penyelenggaraan pengembangan SPAM ini meliputi kegiatan merencanakan, melaksanakan konstruksi, mengelola, memelihara, merehabilitasi, memaantau, dan/atau mengevaluasi sistem fisik (teknik) dan non-fisik penyediaan air minum.[19]

2.5 Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM)

PDAM merupakan Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang diberi wewenang untuk menyelenggarakan pelayanan air minum yang dimanfaatkan untuk masyarakat umum. Adapun tugas yang dimiliki PDAM adalah sebagai berikut:

- a. Menyediakan pelayanan air minum bagi masyarakat.
- b. Melakukan pemeliharaan terhadap aset PDAM.
- c. Memberikan laporan kinerja secara berkala sebagai bentuk transparansi kepada masyarakat.
- d. Melaksanakan perluasan cakupan pelayanan pada wilayah.
- e. Berpartisipasi dalam upaya perlindungan dan pelestarian sumber daya air dalam rangka konservasi lingkungan.
- f. Mengatur sistem pendistribusian air minum sesuai dengan kapasitas produksi yang tersedia.
- g. Melaksanakan tugas sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Pembentukan PDAM adalah untuk mewujudkan sistem penyediaan air minum yang memenuhi ketentuan teknis, persyaratan tertib administrasi, kecepatan dan ketepatan pelayanan. Adapun tujuan pembentukan PDAM adalah untuk memenuhi kebutuhan air minum masyarakat secara berkesinambungan sesuai

standar kesehatan dengan mengutamakan pemerataan pelayanan mempertimbangkan keterjangkauan masyarakat, membantu pertumbuhan perekonomian daerah serta sebagai salah satu sumber pendapatan asli daerah [13].

Permasalahan PDAM diklasifikasikan menjadi 3 macam, yaitu permasalahan kinerja manajemen, kinerja keuangan dan kinerja teknis. Dalam hal manajemen, permasalahan ditimbulkan oleh kompetensi sumber daya manusia (SDM) yang rendah, ketidakpuasan PDAM sebagai BUMD, sistem informasi manajemen yang lemah serta peraturan pemerintah atau undang-undang yang tidak mendukung kesejahteraan pegawai. Sedangkan permasalahan kinerja teknis diantaranya adalah terjadinya :

1. Kesenjangan antara Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Masalah teknis tidak idealnya ketersediaan untuk memenuhi kebutuhan air menunjukkan kesenjangan serta diperlukannya usaha untuk menguranginya, beberapa diantaranya dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini :

Tabel 2.3 Kesenjangan antara Kebutuhan Air Minum dan Ketersediaan Air Minum serta usaha yang diperlukan. [1]

No	Parameter	Kebutuhan	Ketersediaan	Ketersediaan
1	Jumlah Air atau Volume Air	Tak terbatas, tetapi bergantung pada budaya pemakaian air sekitar 80 l/s s.d. 500 l/s	Bergantung pada lokasi setempat, suplai dari daerah yang lain yang memungkinkan	Suplai dari daerah lain atau lokasi lain yang terdekat
2	Kualitas Air	Kualitas air minum	Bergantung pada lokasi setempat, mata air, pencemaran, dan lain-lain.	Pengolahan air
3	Lokasi Sumber	Sekat-sekat sengan pelanggan	Bergantung pada alam	Mendekati dengan sistem jaringan atau kemasan
4	Energi	Paling tidak memiliki sisa tekanan 0,5 atm	Bergantung pada topografi, antara pelanggan dan sumber serta kehilangan energi dalam jaringan.	Penambahan energy dengan pompa
5	Topografi	Elevasi lokasi pelanggan secara bertahap berkurang atau lebih rendah dari sumber	Bergantung pada alam yang ada diatas atau dibawah, tetapi harus melalui daerah lebih tinggi.	Jaringan pipa pelayanan menyesuaikan, jika perlu suplesi dari sumber yang lebih memenuhi syarat.
6	Waktu	Air harus ada saat dibutuhkan (fluktuatif Harian)	Bergantung pada sumber air biasanya relatif konstan (fluktuatif musiman)	Recharge air tanah pengadaan reservoir, tangki, penjadwalan.
7	Harga Layanan	Serendah-rendahnya bergantung pada kemampuan ekonomi	Bergantung pada tindakan pelayanan.	Penghematan air, pemakaian air sesuai dengan kebutuhan

No	Parameter	Kebutuhan	Ketersediaan	Ketersediaan
		pelanggan		kuantitas
8	Keamanan Sumber	Aman dari pencemaran	Tekbuka bagi pencemaran karena usaha pertanian dan peternakan.	Implementasi peraturan, imbauan, pemasangan pagar, perawatan dan pengawasan secara rutin, serla melakukan penjagaan

Berdasarkan Tabel 2.3 diatas, dapat dilihat bahwa usaha layanan air minum perlu memperhitungkan berbagai aspek serta teknologi yang paling menguntungkan.

2. Jaringan Pipa

Investasi yang paling mahal dan paling penting dalam operasional adalah jaringan perpipaan PDAM. Kebanyakan pipa berada di bawah tanah, jaringan yang ada di dalam tanah akan sulit diperiksa. Pembongkaran tanah atau bangunan membutuhkan waktu dan juga perizinan. Dengan demikian, jaringan pipa PDAM dirancang sedemikian rupa yang bertujuan untuk mempermudah pengawasan, pemeriksaan, kontrol, perbaikan dan operasional.

Pada pembangunan jaringan, gambar *as built drawing* belum tentu ada atau tidak sesuai dengan yang sesungguhnya. Pengembangan seterusnya juga tidak dicatat dan tidak digunakan untuk memperbaharui *as built drawing* tersebut. Hal ini mengakibatkan pelacakan kebocoran tidaklah mudah dilakukan dan tidak mudah juga untuk merencanakan penambahan jaringan karena jaringan yang sebenarnya belum diketahui kapasitasnya.

Penambahan jaringan pada suatu jalur pipa (untuk menambah pelanggan) mengakibatkan penurunan tekanan di daerah layanan yang lain sehingga mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan. Dan di beberapa tempat terdapat kejadian adanya pemasangan pompa-pompa rumah tangga yang saling bersaing dalam hal kapasitas untuk menyedot air dari jaringan PDAM, hal ini tentunya menambah permasalahan di PDAM. [1]

3. Kebocoran

Permasalahan kebocoran secara teoritis merupakan salah satu penyebab utama ketidaksehatan dari PDAM. Tingkat kebocoran yang tinggi (32%) menyebabkan air akan terbuang cukup besar, sehingga menyebabkan operasional PDAM tidak efisien. Jika angka kebocoran fisik dibawah angka 20%, maka PDAM di Indonesia akan mengalami *surplus* yang berguna untuk perbaikan dan pengembangan PDAM serta konservasi sumber daya air.

4. Efisiensi Pompa

PDAM menggunakan tambahan energi pompa untuk sistem transmisi dan distribusi air. Biaya pompa sangat signifikan dalam operasional PDAM sehingga harus diperhitungkan. Meskipun demikian, sebagian PDAM tidak mengukur efisiensi instalasi pompa dengan tujuan penghematan biaya. Selain itu, penggunaan pompa dalam sistem distribusi air ke jaringan PDAM tidak signifikan pengaruhnya pada keuntungan. Namun, sebagian PDAM menggunakan sistem gravitasi untuk alirannya bahkan menggunakan sistem gabungan yaitu sistem perpompaan dan sistem gravitasi..

5. Pemasalahan lainnya

Beberapa permasalahan yang menyangkut teknis operasional PDAM antara lain contohnya adalah:

- Meter air yang sudah tidak akurat, sehingga tidak dapat digunakan pengambilan air illegal.
- Sistem jaringan air yang tidak diketahui secara pasti.
- Instalasi pengolahan Air (IPA) yang tidak mencukupi dan kualitas air yang tidak terjamin..

Dalam hal penyediaan air minum kepada masyarakat sebagaimana dimaksud pada PDAM harus mencapai cakupan 80% (delapan puluh persen) dari jumlah penduduk. Upaya yang dilakukan PDAM untuk mencapai cakupan 80 % (delapan puluh persen) adalah optimalisasi instalasi dan perluasan jaringan [1]

2.6 Sistem Transmisi

Sistem transmisi dalam penyediaan air bersih adalah pemindahan atau pengangkutan air dari sumber air bersih yang telah memenuhi syarat secara kualitas atau merupakan suatu bangunan pengumpul (reservoir), hingga memasuki jaringan pipa sistem distribusi. Kondisi fisik wilayah akan mempengaruhi bagaimana sistem penyaluran yang air baku menuju unit distribusi hingga pada sambungan rumah. Lokasi atau topografi sumber air baku seperti wilayah yang berbukit-bukit dapat mempengaruhi panjang atau pendeknya pipa serta cara pemindahan baik secara sistem gravitasi ataupun dengan sistem pemompaan. Jaringan transmisi adalah suatu jaringan yang berfungsi untuk menyalurkan air bersih dari sumber air ke reservoir. Cara penyaluran air bersih tergantung pada lokasi sumber air berada. [14].

2.7 Reservoir

Reservoir distribusi digunakan sebagai bak penampung untuk menyuplai pada kondisi fluktuasi, bak penampung untuk suplai kebakaran dan untuk menstabilkan tekanan dalam pipa distribusi [15].

Perbedaan kapasitas pada jaringan transmisi yang menggunakan kebutuhan maksimum per hari dengan kebutuhan pada jam puncak untuk sistem distribusi, menyebabkan dibutuhkannya reservoir distribusi. Saat pemakaian air berada di bawah rata-rata, reservoir akan menampung kelebihan air untuk digunakan saat pemakaian maksimum.

Reservoir distribusi merupakan komponen yang sangat penting dari jaringan distribusi. Sistem distribusi direncanakan memberikan kapasitas air berdasarkan kebutuhan air maksimum per hari, untuk mengatasi perbedaan ini diperlukan suatu tempat penampungan air yaitu reservoir distribusi. Adapun fungsi reservoir distribusi adalah [16]:

1. Ekualisasi aliran (*Equalizing Flow*)

Dimana reservoir harus mampu mengatasi fluktuasi pemakaian air dengan *inflow* yang relative konstan. Ciri adanya reservoir dengan fungsi ini

adalah naik turunnya permukaan air dalam reservoir distribusi sebagai representasi dari fluktuasi pemakaian air.

2. Ekualisasi Tekanan (*Equalizing Pressure*)

Dimana reservoir sebagai pemerat tekanan. Reservoir terletak di tengah-tengah daerah pelayanan, sehingga terdapat perbedaan tekanan air di satu lokasi dan lokasi lainnya dalam suatu daerah pelayanan tidak terlalu besar.

3. Distributor

Reservoir sebagai pendistribusian air, mencakup penyimpanan untuk melayani kebutuhan darurat, misalnya kebutuhan air jika terjadi kebakaran.

2.7.1 Jenis Reservoir

Berdasarkan elevasinya reservoir dapat dibedakan menjadi [16]:

1. *Ground Reservoir*

Jika tinggi muka air lebih rendah dari daerah pelayanan dan diperlukan pompa untuk menaikkan tekanan. Posisi diatur berdasarkan posisi instalasi.

2. *Elevated Reservoir*

Jika muka air daerah pelayanan lebih tinggi dan tekanan cukup. Elevasi reservoir diletakkan pada posisi tanah yang tinggi atau sebagai menara air.

2.8 Sistem Distribusi

Sistem distribusi adalah jaringan perpipaan untuk mengalirkan air minum dari reservoir menuju daerah pelayanan [16]. Perencanaan sistem distribusi air minum didasarkan atas dua faktor utama yaitu kebutuhan air (*water demand*) dan tekanan air, serta ditunjang dengan faktor kontinuitas dan keamanan.

Sistem distribusi sangat penting dalam upaya penyediaan air minum, karena tujuan dari sistem distribusi adalah menyalurkan air minum dari instalasi pengolahan air minum (IPAM) ke masyarakat dengan kualitas, kuantitas, kontinuitas yang diinginkan, serta tekanan yang cukup. Sistem distribusi sangat penting karena masyarakat menilai baik buruknya penyediaan air bersih dengan

melihat sistem distribusi air tersebut, selanjutnya dari sistem distribusi masyarakat akan menilai mengenai kualitas dan kuantitas air yang diperoleh warga.

Untuk kelancaran sistem pendistribusian air minum, perlu diperhatikan mengenai faktor-faktor berikut ini :

- Kuantitas air yang mencukupi kebutuhan penduduk atau/ konsumen, kualitas air bersih yang terjamin mulai dari distribusi sampai kepada konsumen dan kontinuitas air dapat melayani dari waktu ke waktu.
- Tersedianya tekanan yang cukup pada jaringan pipa distribusi, sehingga air masih bisa mengalir kepada konsumen dengan sisa tekanan yang cukup.
- Meminimalisasi terjadinya kehilangan air yang bersifat insidental seperti adanya kebocoran pada pipa dan sebagainya.

Pendistribusian air minum dapat dilakukan dengan [17]. :

a. Sistem perpipaan

Merupakan pendistribusian air minum melalui jaringan pipa distribusi hingga ke pelanggan. Untuk pendistribusian menggunakan perpipaan ini dapat dilakukan dengan pemompaan atau pengaliran secara gravitasi. Hal ini tergantung pada perbedaan elevasi antara unit produksi dengan daerah pelayanan.

b. Sistem non-perpipaan

Merupakan pendistribusian air minum yang tidak melalui jaringan pipa distribusi, melainkan menggunakan alat transportasi untuk mengangkut air dari unit produksi menuju ke pelanggan, seperti mobil tangki, gerobak dorong, dan lain-lain.

2.8.1 Metode Pengaliran Sistem Distribusi

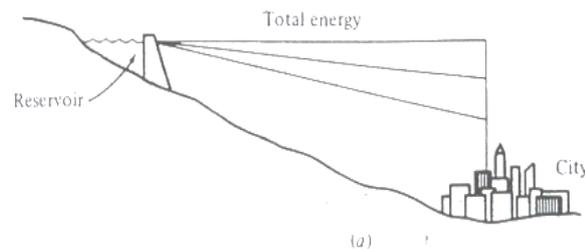
Air dapat didistribusikan ke konsumen dengan berbagai cara, bergantung pada topografi daerah pelayanan, lokasi sumber air, dan pertimbangan lainnya. Air dapat disuplai ke konsumen dengan menggunakan beberapa metode pengaliran air pada sistem pengaliran memanfaatkan gaya gravitasi,

sistem perpompaan atau sistem gabungan keduanya. Berikut merupakan sistem pengaliran air terbagi menjadi 3 (tiga), yaitu:

1. Sistem Gravitasi (*Gravitational System*)

Sistem gravitasi digunakan bila elevasi sumber air baku atau unit pengolahan berada di atas elevasi daerah pelayanan dan sistem ini dapat memberikan energi potensial yang cukup tinggi pada daerah pelayanan terjauh. Sistem ini merupakan yang paling menguntungkan karena pengoperasian dan pemeliharaannya mudah dilakukan dan sistem pengalirannya paling ekonomis.

Perancangan sistem penyediaan air minum biasanya diupayakan agar menggunakan metode gravitasi ini. Berikut merupakan gambar dari sistem gravitasi yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 :



Gambar 2.1 Sistem Pengaliran Gravitasi [18]

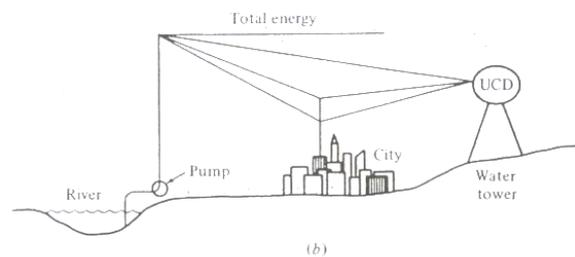
2. Pemompaan Langsung (*Pumping System*)

Sistem pompa digunakan apabila beda elevasi antara sumber air atau unit pengolahan dengan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup, sehingga air yang akan didistribusikan perlu menggunakan pompa untuk sampai kepada pelanggan wilayah pelayanan jaringan distribusi.

Kelemahan sistem ini adalah memerlukan biaya yang besar karena dibutuhkan pompa untuk pengalirannya. Apabila aliran energi terputus, maka air tidak akan mengalir. Kebutuhan konsumsi air yang bervariasi akan mempengaruhi tekanan di dalam jaringan perpipaan. Sebagai kompensasinya, sejumlah pompa dengan mempertimbangkan kapasitas

yang pas akan dipasang dan pompa-pompa tersebut harus dioperasikan sesuai kebutuhan air pada wilayah pelayanan.

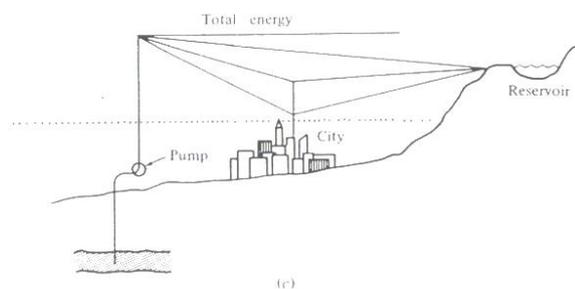
Berdasarkan hal tersebut, penggunaan pompa membutuhkan operasi dan pemeliharaan yang baik secara berkala. Keuntungan pengaliran dengan sistem ini adalah cakupan daerah pelayanan akan lebih besar. Berikut merupakan gambar dari sistem pompa yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Sistem Pengaliran Perpompaan [18]

3. Sistem Gabungan (*Grade System*)

Sistem gabungan merupakan sistem pengaliran dimana air baku dari sumber air atau unit pengolahan dialirkan ke jaringan pipa distribusi dengan menggunakan pompa atau reservoir distribusi, baik dioperasikan secara bergantian ataupun bersama-sama dan disesuaikan dengan keadaan topografi daerah pelayanan. Berikut merupakan gambar dari sistem pengaliran gabungan yang dapat dilihat pada Gambar 2.3 :



Gambar 2.3 Sistem Pengaliran Gabungan [18]

2.8.2 Hirarki Jaringan Distribusi

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18 Tahun 2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum terdapat hirarki jaringan distribusi sebagai berikut [19]:

1. Jaringan Distribusi Utama (Induk)

Jaringan Distribusi Utama atau jaringan distribusi primer (induk) adalah rangkaian pipa distribusi yang membentuk zona distribusi dalam suatu wilayah pelayanan sistem penyediaan air minum. Jaringan pipa induk merupakan pipa distribusi yang memiliki diameter terbesar, sehingga jangkauan pelayanannya luas.

Secara fisik pipa induk dapat mengalirkan air sampai akhir tahap perencanaan dengan debit jam puncak, memiliki ketahanan yang tinggi namun tidak melayani penyadapan langsung ke konsumen. Untuk menjaga kestabilan, maka pipa induk tidak boleh disadap langsung oleh pipa *service* atau pipa yang langsung mengalirkan air ke sambungan rumah.

2. Jaringan Distribusi Pembawa

Jaringan distribusi pembawa atau jaringan distribusi sekunder adalah jalur pipa yang menghubungkan antara jaringan distribusi utama (induk) dengan sel utama.

3. Jaringan distribusi pembagi

Jaringan distribusi pembagi atau jaringan distribusi tersier adalah rangkaian pipa yang membentuk jaringan tertutup sel utama.

4. Pipa Pelayanan

Pipa pelayanan merupakan pipa yang menghubungkan antara jaringan pipa distribusi pembagi dengan sambungan rumah (SR). Distribusi air minum dari pipa pelayanan dilakukan melalui *clamp saddle*.

2.8.3 Pola Jaringan Perpipaan Sistem Distribusi

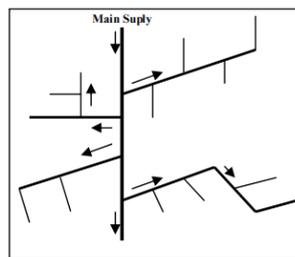
Sistem jaringan distribusi ini mempunyai pola-pola tersendiri. Pola jaringan perpipaan distribusi sebagai berikut:

1. Pola cabang (*branching pattern with dead-ends*)

Pada sistem cabang ini, air hanya mengalir dari satu arah dan pada setiap ujung pipa akhir daerah pelayanan terdapat titik akhir (*dead-end*). Pipa distribusi pola cabang tidak saling berhubungan dan area pelayanan disuplai air melalui satu jalur pipa utama. Adapun ciri-ciri dari pola cabang adalah sebagai berikut :

- a. Pola cabang seperti cabang suatu pohon.
- b. Pola cabang terdiri dari pipa induk yang disambungkan langsung ke pipa cabang dan disambungkan lagi dengan pipa cabang berikutnya.
- c. Semakin keujung semakin kecil ukuran diameternya sehingga kecepatan dan tekanan air semakin besar.

Berikut merupakan gambaran pola cabang dapat dilihat pada Gambar 2.4 :



Gambar 2.4 Sistem Perpipaan Distribusi Pola Cabang [20]

Adapun keuntungan dan kekurangan penggunaan pola cabang adalah sebagai berikut :

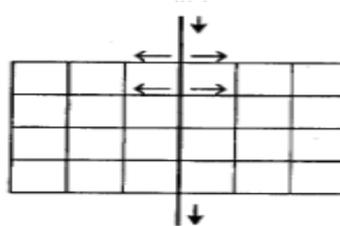
- Keuntungan
 1. Pola cabang merupakan metode paling sederhana dalam sistem distribusi.
 2. Perhitungannya mudah.
 3. Diameternya paling minimum sehingga lebih ekonomis.

- Kerugian

1. Memungkinkan terjadinya penumpukan sedimen, sehingga dikawatirkan ditemui daerah yang mati aliran.
2. Memerlukan pipa penguras dan rutin dilakukan, sehingga banyak terjadi kehilangan air.
3. Jika terjadi kerusakan pipa, daerah setelah pipa yang rusak tersebut tidak akan menerima air sampai pipa tersebut selesai diperbaiki.

2. Pola grid (*grid pattern*)

Pada pola ini, semua jaringan pipa terkoneksi dengan tidak ada ujung pipa yang mati aliran, dan air dapat mengalir ke berbagai arah. Keuntungannya adalah air akan mengalir dengan bebas ke setiap cabang dan aliran tidak akan diam, dan dalam proses perbaikan pipa aliran akan tetap berjalan dengan melalui saluran perpipaan yang lain, kerugian dapat diminimalisir karena konsumsi air yang besar. Kerugian penggunaan pola grid adalah perhitungan dimensi pipa lebih sulit dan ada penambahan pipa dan aksesoris. Pola grid dapat dilihat pada Gambar 2.5 :

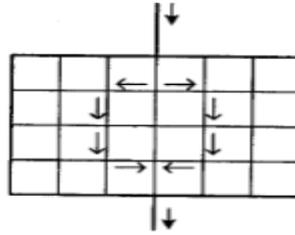


Gambar 2.5 Sistem Perpipaan Distribusi Pola *Grid* [20]

3. Pola grid dengan loop (*grid pattern with loops*)

Pola ini adalah sistem jaringan perpipaan kombinasi merupakan gabungan dari sistem jaringan perpipaan bercabang (*Branching System*) dan sistem melingkar (*Loop System*). *Loop* dapat melengkapi pola *grid* untuk memperbaiki tekanan sesuai kebutuhan di daerah pelayanan. *Loop* dapat menyiasati lokasi perletakan pipa, sehingga pada saat pengembangan daerah pelayanan tekanan air dapat dipertahankan.

Keuntungan dan kerugiannya, sama dengan pola grid. Pola *grid* dengan *loop* dapat dilihat pada Gambar 2.6 :



Gambar 2.6 Sistem Perpipaan Distribusi Pola *Grid* dengan *Loop* [20]

2.8.4 Sistem Pengaliran Pendistribusian Air

Air yang disuplai melalui jaringan pipa distribusi, sistem pengalirannya terbagi atas dua alternatif pendistribusian, yaitu :

1. Sistem Berkelanjutan (*Continuous System*)

Pada sistem ini, suplai dan distribusi air kepada pelanggan dilaksanakan secara terus-menerus selama 24 (dua puluh empat) jam. Sistem ini diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air bersih dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air di daerah pelayanan.

2. Sistem Bergilir (*Intermittent System*)

Pada sistem ini air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada pelanggan dilakukan hanya selama beberapa jam dalam satu hari, yaitu dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi. [19]

2.9 Program (*Software*) EPANET 2.0 untuk Simulasi Sistem Distribusi

Metode perhitungan hidrolis jaringan perpipaan distribusi air bersih dilakukan dengan menggunakan program komputer yaitu EPANET. Salah satu versi dari program EPANET adalah EPANET 2.0. *Software* ini dikembangkan oleh *Water Supply and Water Resources Division USEPA's National Risk Management Research Laboratory* [21].

EPANET (*Environmental Protection Agency Network*) adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecendrungan kualitas air yang

mengalir dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, *node* (titik koneksi pipa), pipa, pompa, katup dan tangki air atau reservoir. EPANET dapat terintegrasi untuk melakukan editing dalam pemasukan data, *running* simulasi dan melihat hasil *running* dalam berbagai bentuk (format), termasuk kode-kode yang berwarna pada peta, tabel data-data, grafik, serta citra kontur. EPANET di *design* sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan kandungan air minum dalam jaringan distribusi [21].

Berikut langkah-langkah dalam mensimulasikan aliran dengan menggunakan EPANET 2.0, yaitu :

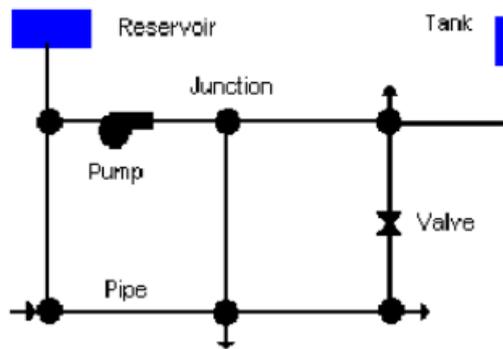
1. Membuat jaringan perpipaan yang telah direncanakan dengan memasukkan peletakan *reservoir* dan *node*.
2. Memasukkan nilai elevasi dari *reservoir* dan elevasi masing-masing *node*.
3. Memasukkan kapasitas debit yang melalui pipa yang menghubungkan satu *node* dengan *node* yang lainnya.
4. *Trial and error* pada ukuran pipa yang digunakan hingga simulasi dapat berjalan atau *success*.

Adapun *output* yang dihasilkan oleh program EPANET 2.0:

1. *Hidrolik head* masing-masing titik.
2. Tekanan dan kualitas air.
3. *Node* dan *junction* yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan *reservoir*.

2.9.1 Komponen Fisik dalam EPANET

Program EPANET memodelkan sistem distribusi air sebagai sebuah kumpulan mata rantai yang terhubung dengan *node* (titik). Penghubung dapat melambangkan pipa, pompa, dan *valve control*. *Node* adalah titik melambangkan *junction*, *tank* dan *reservoir*. Hubungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7:



Gambar 2.7 Hubungan Antar Komponen Fisik dalam EPANET [21]

Adapun komponen yang perlu dilakukan masukkan data untuk proses simulasi dapat berjalan dalam EPANET diantaranya adalah :

1. Reservoir

Reservoir adalah titik yang dilambangkan sumber air yang tidak terbatas pada jaringan. *Reservoir* yang digunakan pada model bisa seperti danau, sungai, air tanah dan lainnya. *Reservoir* juga bisa memberikan titik sumber kualitas air.

Input data yang utama pada *reservoir* adalah *hydraulic head* (level permukaan air, jika *reservoir* tidak dalam keadaan bertekanan) dan kualitas awal untuk analisa kualitas air.

Reservoir tidak menghasilkan *output* perhitungan, karena reservoir merupakan titik batas pada jaringan, maka *head* dan kualitas airnya tidak bisa dipengaruhi oleh apa yang terjadi pada jaringan. Namun *head* dapat bervariasi terhadap waktu sesuai dengan pola waktu yang telah ditetapkan. [21]

2. Tangki (*Tank*)

Tank adalah titik dengan kapasitas penyimpanan yang dimana volume air yang tersimpan dapat bervariasi berdasarkan waktu selama simulasi berlangsung. *Input* data yang utama untuk tangki adalah :

- Elevasi dasar: ketinggian permukaan tanah pada titik *node tank* berada.
- Diameter: diameter tangki untuk tangki yang berbentuk silindris. Untuk tangki yang berbentuk non silindris maka penyesuaian bentuk tangki dapat dilakukan dengan mengatur *minimum volume*, kurva *volume* (dengan menentukan kurva hubungan antara volume air pada tanki dengan ketinggian muka air).
- Level air maksimum : tinggi muka air maksimum yang diizinkan
Level air minimum : tinggi muka air maksimum yang diizinkan
- Kualitas air pada saat awal.

Hasil keluaran yang didapat dari komputasi tanki berdasarkan waktu adalah tekanan hidrolis (sebanding dengan elevasi permukaan air) dan kualitas air. *Tank* membutuhkan level minimum dan maksimum pada saat beroperasi. Program EPANET akan menghentikan aliran keluar jika *tank* pada level minimum dan menghentikan aliran kedalam pada saat level maksimum. *Tank* juga bisa memberikan titik sumber kualitas air. [21]

3. *Junction* (Sambungan)

Junction adalah titik pada jaringan dimana air akan masuk atau keluar dari jaringan atau titik pada jaringan dimana tempat pertemuan antara *link*, dimana air memasuki atau meninggalkan jaringan. Input dasar yang dibutuhkan bagi sambungan (*junction*) adalah elevasi (meter atau *feet*). Beberapa data *input* pelengkap pada *junction* adalah [21] :

- *Base Demand*, berupa kebutuhan air pada titik distribusi (*junction*) tersebut.
- *Demand Pattern*, pola pemakaian (*demand*) air yang bervariasi terhadap waktu.
- *Demand Categories*, memiliki kategori kebutuhan air (*demand*).
- *Demand negative*, memiliki harga kebutuhan air *negative* yang mengindikasikan air memasuki jaringan.

- *Emitter Coefficient*, untuk memodelkan jika terdapat *emitter* atau terjadi kebocoran. Berupa *discharge coefficient* untuk *emitter* (*sprinkler* atau *nozzle*) yang berada pada *junction*. Satuan yang digunakan adalah *flow* unit pada 1 unit of *pressure drop*.
- Menjadi sumber kualitas air dimana terdapat kandungan yang memasuki jaringan
- Memiliki lubang pengeluaran (atau *sprinkler*) yang menjadikan laju aliran bergantung kepada *pressure*.

Sedangkan *output* yang dihasilkan dari simulasi adalah *Hydrolic Head* (energi internal persatuan berat dari fluida), *pressure* (tekanan), kualitas air dan *actual demand*.

4. Katup (*Valve*)

Valve adalah *link* yang membatasi *pressure* atau *flow* pada nilai tertentu dalam sebuah jaringan, *valve* berfungsi untuk membuka dan menutup aliran air dalam pipa, dipasang pada lokasi ujung pipa tempat aliran air masuk atau aliran air keluar pada setiap percabangan, pipa *outlet*, pompa, dan pipa penguras [21].

Valve adalah elemen yang dapat dibuka dan ditutup dengan luasan yang berbeda (disebut *throtling*) untuk memvariasikan ketahanannya terhadap aliran, sehingga mengontrol pergerakan air melalui pipa. Input yang penting dimasukkan adalah *node* awal dan akhir, diameter, tipe, dan *settling*. *Output* yang dihitung bagi *valve* adalah laju aliran dan *headloss*. [21]

5. Pompa

Pompa adalah *link* yang memberi tenaga ke fluida untuk menaikkan *head* hidrolisnya. *Input* parameternya adalah *node* awal dan akhir, dan kurva pompa (kombinasi dari *head* dan aliran dimana pompa harus memproduksinya). Sebagai pengganti kurva pompa, pompa dapat direpresentasikan sebagai pompa yang memiliki energi konstan,

mensuplai konstan energi (*horsepower* atau kilowatt) kepada fluida untuk seluruh kombinasi dari aliran dan *head*.

Parameter *output* adalah aliran dan pencapaian *head*. Aliran melalui pompa adalah langsung dan EPANET tidak akan membolehkan pompa untuk beroperasi diluar *input* data dari kurva pompa. [21]

6. Pipa (*Pipes*)

Pipa atau *pipes* adalah link penghubung yang membawa air dari satu *node* ke *node* lainnya dalam jaringan perpipaan pada EPANET. EPANET mengasumsikan bahwa semua pipa berada dalam keadaan penuh berisi air setiap waktunya. Arah aliran adalah dari tekanan hidrolis tertinggi menuju tekanan yang lebih sedikit tekanan hidrolisnya. *Input* data utama untuk pipa adalah :

- Data *node* awal : titik awal atau pangkal pipa.
- Data *node* akhir : titik akhir pipa atau ujung pipa.
- *Length* (Panjang) : panjang pipa dalam meter atau feet.
- Diameter : garis tengah pipa dalam inchi atau millimeter.
- *Roughness* (Koefisien kekasaran) : untuk menghitung *headloss*.
- Status (terbuka, tertutup, atau ada *check valve*)

Status parameter pipa yang lengkap mengandung *shutoff (gate) valve*, dan *check (non-return) valve* (hanya mengalirkan air dalam satu arah). [21]

Data *output* untuk pipa termasuk antara lain :

- *Flow* (Laju aliran)
- *Velocity* (Kecepatan)
- *Unit Headloss*
- Status atau keadaan dalam pipa.

2.10 Kehilangan Tekanan Hidrolis

Kehilangan tekanan hidrolis pipa karena pengaliran pipa karena faktor gesekan pipa dapat dihitung menggunakan 3 (tiga) formula berbeda, yaitu :

1. Formula Hazen-Williams

Formula Hazen-Williams adalah formula yang umum digunakan di Amerika Serikat dan palingsering digunakan dalam analisa tekanan pipa dalam sistem distribusi air. Formula tersebut tidak dapat digunakan untuk cairan selain air dan hanya untuk aliran turbulen.

2. Formula Darcy-Weisbach

Formula Darcy-Weisbach banyak digunakan secara teoretis. Dapat diaplikasikan untuk semua kondisi cairan.

3. Formula Chezy-Manning

Formula Chezy-Manning banyak digunakan untuk aliran pada saluran terbuka.

Rumus yang dipakai untuk menghitung kerugian *head* dalam pipa yang relatif sangat panjang seperti jalur pipa penyaluran air minum. Bentuk umum persamaan dengan tiga formula dapat dilihat pada Tabel 2.4 :

Tabel 2.4 Persamaan Gesekan Dinyatakan Dalam Bentuk $hf = KQ^m$ [22]

Persamaan	m	K (BG Sistem)	K (SI System)
Darcy-Weisbach	2	$\frac{0.0252 fL}{D^5}$	$\frac{0.0826 fL}{D^5}$
Hazen Williams	1,85	$\frac{4.73 L}{D^{4.87} Chw^{1.85}}$	$\frac{10.7 L}{D^{4.87} Chw^{1.85}}$
Manning	2	$\frac{4.64n^2L}{D^{5.33}}$	$\frac{10.3 n^2L}{D^{5.33}}$

Koefisien kekasaran pipa untuk formula Hazen-Williams dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut :

Tabel 2.5 Koefisien Kekasaran Pipa Hazen-Williams (CHW) [22]

Bahan Pipa	CHW
Brass	130-140
Cast Iron (common in older water lines)	
▪ New	130
▪ 10 year old	107-113
▪ 20 year old	89-100
▪ 30 year old	75-90
▪ 40 year old	64-83

Bahan Pipa	CHW
Concrete or concrete lined	
▪ smooth	140
▪ Average	120
▪ Rough	100
Copper	130-140
Ductile Iron Pipe (cement mortar lined)	140
Glass	140
High density polyethylene (HDPE)	150
Plastic	130-150
Polyvinyl Chloride (PVC)	150
Steel	
▪ Commercial	140-150
▪ Riveted	90-110
▪ Welded (seamless)	100
Vitrified Clay	110

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu dengan topik terkait tugas akhir penulis yang merupakan referensi yang dapat digunakan untuk penelitian ini dirangkum dalam tabel jurnal yang dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini :

Tabel 2.6 Matriks Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
1	Optimalisasi Sistem Jaringan Distribusi Air Minum (Studi Kasus PDAM Tirta Patriot, Kota Bekasi)	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis tekanan jaringan pipa distribusi dalam bentuk <i>loop</i>(dibagi menjadi 4 <i>loop</i>) dilakukan dengan program EPANET 2.0, dan menggunakan aplikasi WaterGEMS dan Pipe 2000 sebagai perbandingan. Analisa bertujuan untuk membuktikan ada atau tidaknya keterkaitan antara masalah desain yang ada dengan gangguan pelayanan yang terjadi. Persentase kehilangan air 28,8 %, aksesoris kurang baik, dan kesalahan teknis pada saat pemasangan pipa. Pipa distribusi berbahan PVC, pipa pelayanan menggunakan HDPE. • Hasil yang didapat dari pengolahan data adalah terdapat beberapa permasalahan pada titik sambung dan titik distribusi yang melebihi batas tekanan maksimum, tekanan tinggi pada jaringan distribusi akibat berada pada elevasi yg rendah, dan kecepatan aliran pipa. • Bentuk modifikasi antara lain pemasangan <i>pressure reducing valve</i> untuk menurunkan tekanan pada jaringan distribusi air minum, serta pemasangan <i>gate valve</i> dan penggantian pipa bermasalah pipa berdiameter lebih kecil untuk meningkatkan aliran air dalam pipa yang bermasalah. 	Rizky,A.M. 2016 [23]
2	Permodelan Sistem Jaringan Distribusi Air Minum: Studi Kasus Distrik Majasem, Cirebon	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis tekanan jaringan pipa distribusi dilakukan dengan program EPANET 2.0. dengan 3 skenario pada simulasi. Jaringan perpipaan distribusi majasem memiliki kontur yang cukup baik untuk pengaliran secara gravitasi. • Skenario 1 : simulasi jaringan eksisting, menunjukkan pada jam puncak tekanan yang ada mendekati minimum, meskipun secara keseluruhan tekanan yang diberikan jaringan sudah pada kondisi yang cukup selama 24 jam. • Skenario 2 : menggambarkan simulasi jaringan 5 tahun ke depan dengan penyesuaian kebutuhan air minum masyarakat. Pada scenario ini diasumsikan konsumsi air minum meningkat 30% dari sebelumnya. Sehingga <i>base demand</i> di tiap <i>node</i> akan dikalikan dengan pengali 1,3. • Skenario 3 : simulasi pengembangan jaringan , menunjukkan adanya <i>negative pressure</i> pada jam puncak sehingga pada jam puncak tersebut akan terjadi ketiadaan air pada pipa-pipa yang mengalami <i>negative pressure</i>. • Untuk menghadapi permasalahan yang akan muncul perlu dilakukan tindakan preventif dengan melakukan modifikasi jaringan dan penambahan pompa dapat menjadi alternatif solusinya. 	Andika.RD dan Kamil,I.M. 2005 [3]
3	Kajian Teknis Jaringan Distribusi Air Minum Kota Bandung Tahun 2010 Menggunakan EPANET 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis tekanan jaringan pipa distribusi dilakukan dengan program EPANET 2.0. dengan 3 skenario pada simulasi. • Skenario 1 : memerlukan adjustment seperti perubahan diameter pipa serta penambahan pipa parallel. Adjustment lain yang tidak dapat dihindari dalam pengaplikasian scenario ini adalah pompa. • Skenario 2: Tetap perlu dilakukan adjustment berupa pergantian pipa dan penambahan pipa 32endon321, namun pompa tidak perlu ditambahkan, sehingga pengaliran secara gravitasi masih dapat dipertahankan. • Terdapat perubahan debit produksi air baku PDAM Kota Bandung pada IPA Cimenteng dan IPA Badaksinga yang akan mempengaruhi jaringan wilayah pelayanan reservoir. • Adanya scenario usulan PDAM berupa perluasana jaringan pipa primer ke wilayah Gedebage, dan 	Mayangsari,M.2008 [24]

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
		<p>peningkatan pelayanan, penambahan kapasitas produksi air bersih. Hal ini menyebabkan tekanan negative di beberapa titik node, dan masukan ini harus ditolak.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hasil analisis simulasi perluasan terjauh ke daerah gedebaget menunjukkan bahwa node loading maksimum yang dapat ditambahkan pada jaringan perluasan adalah 204,5 lps dengan jarak perluasan maksimum sebesar 18,39 dari IPA Cimenteng. 	
4	Evaluasi Jaringan Distribusi PDAM Way Rilau pada Blok Zone 75 (Teluk Betung-Panjang) Lampung.	<ul style="list-style-type: none"> • Jaringan pipa distribusi dibagi menjadi satu tipe yaitu tipe cabang. Kualitas sistem distribusi dilihat dari tingkat kebocoran air sebesar 26%. Pipa distribusi yang terpasang rata-rata berumur 10 tahun hingga 20 tahun. • Pengaliran air dari PDAM Way Rilau yang semula 7jam dengan debit 243,58 lt/dt melayani 6.070 langganan baik domestik maupun non domestik belum memenuhi kebutuhan air bersih pelanggan sebanyak 40,35 %. • Dengan menggunakan program EPANET 2.0 dilakukan evaluasi terhadap eksisting sistem distribusi dengan pengoptimalisasi pengoperasian menjadi 24 jam dalam sehari, debit yang mengalir sebesar 274,34 lt/dt mampu melayani 25.589 pelanggan baik domestik maupun non domestik. Jadi sambungan rumah yang dapat ditambahkan sebanyak 19.519 SR atau 70 % penduduk tahun 2004. • Untuk proyeksi 10 tahun yang akan datang tingkat pelayanan ditingkatkan menjadi 80% dari jumlah penduduk tahun 2014. Perencanaan yang akan dilakukan setelah dilakukan simulasi dengan program Epanet 2.0 dengan debit jam puncak sebesar 1351,43 lt/detik. Maka pada beberapa jaringan pipa distribusi membutuhkan penambahan pipa secara paralel terhadap sistem perpipaan yang ada dengan diameter pipa 100 mm sampai dengan 700 mm. • Untuk perencanaan 10 tahun yang akan datang sebaiknya pada beberapa jaringan dibuat tipe <i>Network loop</i>, karena kecepatan dan tekanan lebih baik dibandingkan tipe bercabang. Dan juga mempertimbangkan efisiensi biaya dan keuntungan dari tipe <i>network loop</i>. 	Handayani, Novi. 2005 [25]
5	Evaluasi Sistem Distribusi Dan Rencana Peningkatan Pelayanan Air Bersih PDAM Kota Gorontalo.	<ul style="list-style-type: none"> • Permasalahan teknis jaringan distribusi air minum PDAM kota Gorontalo antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Kurangnya aliran air di pelanggan akibat rendahnya tekanan air pada jaringan distribusi khususnya pada jam sibuk. Dari hasil <i>Running</i> Epanet diketahui pada pukul 07.00 terdapat 17,24% node memiliki tekanan 33endon331 terutama di daerah pelayanan kecamatan Kota Utara dan Duingingi. - Besarnya tingkat kebocoran yang terjadi tidak dapat diketahui secara akurat karena rusaknya meter induk distribusi. - Sulitnya mendeteksi letak pipa yang mengalami kebocoran, karena jaringan distribusi belum dibagi dalam beberapa zona distribusi. - Untuk memperbaiki kondisi eksisting, langkah pertama yang dapat dilakukan adalah melakukan pengaturan kembali jadwal pengoperasian pompa distribusi dengan memperhatikan fluktuasi pemakaian air. Setelah itu melakukan penambahan pipa distribusi sepanjang 7.567 m yang dipasang secara 33endon331. • Pembentukan daerah pelayanan ke dalam 5 (lima) Zona pelayanan. • Penambahan Reservoir dengan kapasitas 1600 m³ dan tiga buah pompa distribusi dengan kapasitas masing- 	Rivai, Yuliana.,dkk. 2006 [2]

No	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Sumber
		<p>masing 60 l/detik, head 55 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemasangan meter induk distribusi dan meter air distribusi pada masing-masing zona pelayanan. • Penambahan pipa transmisi dan distribusi sepanjang 35.451 m 	
6	Studi Evaluasi Pemanfaatan Debit Sumber Air Kali Remu Untuk Kebutuhan Air Bersih Kota Sorong.	<ul style="list-style-type: none"> • Perencanaan Jaringan Distribusi Air Bersih Kota Sorong Dengan Bantuan Program EPANET 2.0. • Pipa distribusi eksisting masih bisa mengalirkan air hingga perencanaan tahun 2026. • Debit kebutuhan air bersih guna memenuhi kebutuhan air bersih daerah layanan Kota Sorong sampai dengan tahun 2026 adalah 262,056 L/det sedangkan debit sumber dari kali remu yang Kota Sorong yaitu sebesar 300 L/det atau 25.920 m³/hari. Jadi PDAM Tirta Remu Sorong masih mampu mencukupi kebutuhan air bersih yang harus disalurkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih masyarakat dengan debit yang mampu dicapai. • Perlu penggantian dimensi pipa pada tahun 2026 seiring dengan meningkatnya kebutuhan air bersih. Pipa yang diganti yakni pipa 3, pipa 5, pipa 6, pipa 7, pipa 8, pipa 9, pipa 11, pipa 12, pipa 14, dan pipa 15 dimana kondisi eksisting diameter pipa antara 25 mm – 300 mm menjadi 100 mm – 300 mm. Kecepatan pengaliran jaringan pipa umumnya memenuhi syarat yaitu 0,2 – 2 m/det, elevasi serta ketinggian 34endon sebesar 53 meter, serta headloss yang memenuhi kriteria yaitu maksimal 10 m/km. 	Rumatarai, HM; Agus Suharyanto; Yatnanta. 2017 [26]