

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Gedung perkuliahan atau kampus adalah salah satu pusat aktivitas manusia dan akademisi untuk melakukan beberapa kegiatan yang beragam secara kontinyu dan biasanya dengan waktu yang lama. Dalam suatu gedung fakultas misalnya, pihak akademisi yang terlibat didalamnya baik mahasiswa, dosen, pegawai, dan lain sebagainya akan terus menerus melakukan pekerjaan dan tugasnya masing-masing dengan memanfaatkan fasilitas serta sumber daya yang ada. Sehingga masing-masing individu dapat menyelesaikan pekerjaannya atau memenuhi kebutuhannya secara tepat tanpa merasa terganggu oleh kendala apapun. Salah satu fasilitas atau sumber daya yang sering dimanfaatkan pada sebuah gedung perkuliahan adalah air.

Selain oksigen, air adalah hal lain yang merupakan kebutuhan pokok bagi kelangsungan hidup manusia. Manusia selalu membutuhkan air dalam kualitas dan kuantitas tertentu untuk melakukan aktivitas dan menopang kehidupannya. Meningkatnya kebutuhan akan air bersih ada kalanya tidak diikuti dengan peningkatan kapasitas jaringan, penyediaan, dan pelayanan air dengan baik. Bahkan di beberapa kondisi ketersediaan air yang ada tidak dimanfaatkan dengan bijak oleh pengguna. Hal tersebut akan menimbulkan suatu kesulitan di mana air bersih yang tersedia tidak cukup bagi manusia lain yang membutuhkannya.

Pendistribusian air bersih pada setiap gedung di universitas berbeda-beda. Gedung satu lantai berbeda dengan gedung bertingkat, atau meskipun sama-sama berlantai satu, jika gedung berdiri pada elevasi tanah yang berbeda maka pendistribusiannya juga tidak sama. Gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh ruangan pada gedung. Perbedaan tinggi tiap lantai gedung dari permukaan tanah pada gedung bertingkat tidak sama, ini menyebabkan besarnya tekanan air bersih yang keluar dari alat *plumbing* pada tiap lantai tidak sama. Dibutuhkan perancangan dan instalasi yang baik untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang optimal ke seluruh ruangan.

Untuk mengatasi keadaan seperti ini, diperlukan perencanaan dan pembangunan sistem distribusi air yang baik untuk menjamin ketersediaan air bersih. Selain itu evaluasi juga dapat dilakukan terhadap sistem penyediaan air bersih yang ada sekarang ini, terutama sistem distribusi jaringan pipanya. Evaluasi dan analisa dilakukan untuk memproyeksikan atau mengetahui kendala-kendala yang beresiko terjadi pada jaringan pipa distribusi, sehingga hal tersebut menyebabkan ketidaklancaran pendistribusian air bersih ke setiap lantai.

Sistem distribusi air bersih umumnya merupakan suatu jaringan perpipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa dan perlengkapan lainnya. Karena pasokan air ke setiap ruangan dalam suatu gedung umumnya dilakukan melalui jaringan pipa distribusi air yang biasanya sangat kompleks. Kompleksitas dari jaringan perpipaan ini menghadirkan masalah dalam distribusi debit dan tekanan yang berkaitan dengan kriteria hidrolis yang harus terpenuhi dalam sistem pengaliran air bersih. Maka diperlukan suatu model sistem jaringan pipa distribusi air yang tepat untuk menyelesaikan masalah tersebut.

Salah satunya dengan model sistem jaringan pipa distribusi air yang melibatkan pengetahuan yang menyangkut persamaan-persamaan dalam hidrolika pada saluran tertutup. Persamaan dasar yang terkait dengan hidrolika ini adalah persamaan kontinuitas dan kekekalan energi. Di samping itu diperlukan juga persamaan lain, yaitu persamaan kehilangan tekanan (*headloss*). Dengan menggabungkan persamaan-persamaan tersebut dapat dibangun suatu sistem persamaan yang menggambarkan sistem jaringan pipa distribusi air bersih.

Dalam perencanaan suatu gedung perkuliahan yang beragam dan memiliki jarak, elevasi, serta lantai yang bertingkat diperlukan suatu rancangan hidrolika tersendiri untuk menganalisis tercapainya kebutuhan air yang merata pada setiap lantai atau ruangan dengan elevasi dan tekanan yang berbeda. Penulis melakukan studi pada gedung Universitas Pasir Pengaraian untuk menganalisis sistem *plumbing* sesuai dengan bangunan yang sudah ada. Dibutuhkan koreksi yang tepat dan ketelitian dalam analisis sistem pendistribusian air pada gedung yang beragam, agar kontinuitas kebutuhan air setiap lantai dapat terpenuhi. Untuk mempermudah analisa sistem *plumbing*, penulis menggunakan *software* E-PANET 2.0.

E-PANET 2.0 adalah sebuah *software* yang dapat melakukan simulasi model sistem distribusi air pada sebuah jaringan perpipaan. E-PANET 2.0 memodelkan sistem distribusi air sebagai kumpulan *node*, dimana setiap *node* dihubungkan oleh *link*. *Link* yang dimaksud adalah pipa, pompa, dan katup (*valve*). Dengan menggunakan E-PANET 2.0, dapat terlihat secara menyeluruh gambaran aliran air yang terjadi pada jaringan perpipaan distribusi pada waktu yang berkelanjutan. Sehingga dengan demikian dapat dilakukan evaluasi yang komprehensif terhadap sistem distribusi pada jaringan pipa. Untuk dapat menjalankan simulasi dengan *software* E-PANET 2.0 diperlukan data-data pendukung seperti: peta jaringan, posisi aksesoris, diameter, panjang dan jenis pipa, jenis-jenis katup (*valve*), dan kebutuhan debit pada tiap *node*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang penelitian tugas akhir ini, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Berapa jumlah besaran kebutuhan penggunaan air bersih di Universitas Pasir Pengaraian?
2. Apakah hasil pemodelan jaringan distribusi air bersih pada area kampus Universitas Pasir Pengaraian dengan menggunakan *software* E-PANET 2.0 dapat mewakili kondisi aliran distribusi yang ada?

## **1.3 Tujuan dan Manfaat**

### **1.3.1 Tujuan Penelitian**

Tujuan penyusunan dari penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui besaran jumlah pemakaian air bersih di Universitas Pasir Pengaraian.
2. Mengetahui nilai *head* (energi persatuan berat air) dan *pressure* atau tekanan air pada masing-masing titik.
3. Menentukan kapasitas dan kebutuhan air bersih dalam suatu gedung berdasarkan kondisi eksisting gedung.
4. Menjadi acuan agar pendistribusian air bersih tetap terjaga sesuai dengan ketersediaan dan kebutuhan distribusinya.

### **1.3.2 Manfaat Penelitian**

Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat berupa:

1. Menambah pengetahuan dan wawasan akan ketersediaan, pengelolaan, dan jaringan perpipaan air bersih di Universitas Pasir Pengaraian.
2. Meningkatkan kesadaran diri baik sebagai teknisi maupun pengguna akan pentingnya pengelolaan dan penggunaan air bersih secara tepat.
3. Menjadi pedoman atau bahan pertimbangan Universitas Pasir Pengaraian dalam melakukan optimasi jaringan distribusi untuk meningkatkan pelayanan.

### **1.4 Batasan Masalah**

Pada penelitian ini penulis akan membatasi beberapa hal mengenai analisa sistem jaringan perpipaan air bersih di Universitas Pasir Pengaraian. Adapun ruang lingkup yang akan dibahas pada penelitian ini, yaitu:

1. Menghitung kebutuhan akan pemakaian air bersih di Universitas Pasir Pengaraian.
2. Menghitung kebutuhan tekanan aliran air bersih pada tiap gedung.
3. Menghitung *headloss* yang terjadi pada pipa tiap-tiap gedung.
4. Pemodelan jaringan distribusi air bersih diproyeksikan dengan menggunakan *software* E-PANET 2.0.
5. Hasil pemodelan yang dihasilkan *software* E-PANET 2.0 tidak divalidasi dengan kondisi eksisting.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

##### **1. Kadri Daud (2016)**

Dengan judul “Analisis Penyediaan Air Bersih di Universitas Khairun dengan Sistem Pompa Transmisi”. Dalam sistem penyediaan air minum di kampus Universitas Khairun (Unkhair) belum dapat berjalan dengan baik. Dikarenakan beberapa permasalahan yang timbul dalam proses penyediaan air selama ini, adapun permasalahan yang timbul yaitu, Penelitian ini dimulai dengan pengambilan data-data, yaitu data denah/gambar lokasi dan jaringan instalasi pipa dari sumur bor yang berada di Fakultas Ekonomi ke *reservoir* yang berada di Fakultas Teknik Unkhair. Analisis ini adalah memilih pompa yang sesuai untuk distribusi air minum dari sumur bor ke *reservoir* dengan menghitung *head*, daya pompa dan menghitung kebutuhan air berdasarkan kebutuhan konsumen.

Dari hasil penelitian didapatkan perbandingan antara pompa yang dianalisa dengan pompa yang terpasang diperoleh nilai, debit aliran ( $Q = 10,8 \text{ m}^3/\text{jam}$ ), *head* ( $H = 93,430 \text{ m}$ ) dan daya pompa ( $P = 4,77 \text{ kW}$ ) sedangkan untuk nilai dari pompa eksisting yaitu debit aliran ( $Q = 10,8 \text{ m}^3/\text{jam}$ ), *head* ( $H = 115 \text{ m}$ ) dan daya pompa ( $P = 7,5 \text{ kW}$ ).

##### **2. Aditya Cahyadiputra dan Bagus Satrio Imranto (2015)**

Dengan judul Analisis Sistem Pendistribusian Air Bersih Pada Bnagunan Blok A Asrama Mahasiswa UNNES dengan *Software* E-PANET 2.0. Dalam Tugas Akhir tersebut ditinjau yaitu bangunan Blok A Asrama Mahasiswa UNNES (Universitas Negeri Semarang). Sistem distribusi air bersih umumnya merupakan suatu jaringan perpipaan yang tersusun atas sistem pipa, pompa, dan perlengkapan lainnya. Pendistribusian air bersih pada gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh tempat pada gedung.

Dalam penulisan Tugas Akhir ini analisa yang digunakan dalam perancangan ini menggunakan perhitungan manual secara *step by step* dengan rumus *Darcy - Weisbach* dengan kajian pembandingan *software* E-PANET 2.0. Perhitungan yang dilakukan merupakan analisa nilai *head* pada masing- masing pipa. Dimana kebutuhan air pada gedung adalah 30.000 liter per hari. Dengan pipa yang digunakan adalah pipa jenis *PVC* dengan diameter 3 inci, 2 inci, 2 1/2 inci, 1 inci, 1 1/2 inci, 3/4 inci, 1/2 inci. Dan menganalisa jenis pompa sesuai spesifikasinya. Hasil perhitungan manual dibandingkan dengan output *software* E-PANET 2.0 dengan jumlah ralat - 0,231.

Berdasarkan perhitungan maka didapat persen ralat rata-rata yaitu sebesar 0,0568 %. Maka hal ini menunjukkan bahwa pada perhitungan secara manual menggunakan rumus *Darcy-Weisbach* dan *software* E-PANET 2.0 tidak jauh berbeda.

### 3. **Fadwah Magfurah, Munzir Qadri, dan Sulis Yulianto (2013)**

Pendistribusian air bersih pada gedung-gedung bertingkat memerlukan suatu instalasi pendistribusian yang mampu memenuhi kebutuhan akan air bersih secara merata ke seluruh lantai pada gedung. Perbedaan tinggi tiap lantai gedung dari permukaan tanah pada gedung bertingkat tidak sama, ini menyebabkan besar tekanan air bersih yang keluar dari alat *plumbing* pada tiap lantai tidak sama.

Untuk menghasilkan tekanan dan debit air yang optimal dibutuhkan perancangan instalasi yang baik. Untuk itu dirancang suatu sistem pendistribusian air bersih pada suatu gedung bertingkat untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada gedung tersebut.

Dimana perancangan ini meliputi Perhitungan kebutuhan tekanan aliran air bersih pada tiap lantai, Menghitung *headloss* yang terjadi pada tiap pipa serta menghitung spesifikasi pompa yang dibutuhkan, dimana pada tiap tingkat diperlukan tekanan air yang sama, untuk itu diperlukan tambahan alat pengatur tekanan atau *pressure regulator* untuk ditempatkan pada beberapa tingkat dengan menggunakan metoda rumus *Darcy-Weisbach*.

#### 4. **Deki Susanto (2007)**

Dengan judul Analisa Distribusi Air Pada Pipa Jaringan Distribusi di Sub-zone Sondakan PDAM Kota Surakarta dengan *Simultaneous Loop Equation Method*. Analisis yang dilakukan meliputi karakteristik aliran air pada masing-masing pipa, karakteristik pada masing-masing *node*, besar kebocoran air pada jaringan, dan jeda keseimbangan antara *supply* dan *demand*. Analisis jaringan dilakukan dengan menggunakan *simultaneous loop equation method*. Yaitu suatu metode penyelesaian persamaan-persamaan aliran air dalam sistem jaringan bercabang dan tertutup dengan mempertimbangkan hukum kekekalan massa dan kekekalan energi.

Dengan metode ini akan dilakukan perbaikan nilai-nilai aliran awal dengan menyelesaikan persamaan-persamaan *loop* secara simultan sehingga diperoleh nilai aliran yang optimal yang menggambarkan kondisi aliran yang sesungguhnya. Dari hasil evaluasi yang dilakukan disimpulkan aliran air untuk Wilayah Sondakan telah mampu memenuhi kebutuhan air di wilayah tersebut dengan rata-rata aliran 2,15 liter/detik dengan kecepatan aliran rata-rata 8.84 cm/detik. *Head* air dapat terdistribusi merata pada seluruh bagian jaringan dengan rata-rata *headloss* selama air melau jalur pipa sebesar 0.41 feet per 1000 *feet*. Kebocoran untuk wilayah Sondakan sebesar 13.031,81 liter perhari atau 7 % dari keseluruhan air yang didistribusikan di wilayah ini.

#### 5. **Andry Sudirman (2012)**

Dengan judul Analisa Pipa Jaringan Distribusi Air Bersih di Kabupaten Maros Dengan Menggunakan *Software* E-PANET 2.0. Penelitian dilakukan dengan simulasi jaringan pipa distribusi air bersih di Kabupaten Maros dengan menggunakan *software* E-PANET 2.0, dan membandingkan hasil simulasi jaringan pipa distribusi air bersih dengan menggunakan *software* E-PANET 2.0 dengan hasil perencanaan sistem jaringan pipa distribusi kondisi eksisting saat ini.

Dari hasil perhitungan diperoleh kebutuhan rata-rata harian sebesar 116,926 liter/detik masih dibawah produksi air IPA Bantimurung dan Patontongan sebesar 130 liter/detik. Berdasarkan hasil simulasi diperoleh

nilai tekanan untuk jam puncak pemakaian air yaitu pada pukul 06.00 WITA sebesar 68,3 m untuk tekanan tertinggi sedangkan tekanan terendah sebesar 1,08 m. Selain itu dilakukan pula perbandingan nilai tekanan hasil simulasi dengan hasil pengukuran lapangan di Perumahan Tumalia. Dari perbandingan tersebut diperoleh nilai tekanan hasil simulasi sebesar 6,06 m sedangkan nilai tekanan pengukuran lapangan yang dilakukan oleh tim NRW PDAM Maros di perumahan ini sebesar 6,11 m. Adanya perbedaan nilai tekanan disebabkan oleh faktor umur pipa, kebocoran air, dan data penelitian yang terbatas.

#### **6. Titiek Ujjanti Karunia (2013)**

Dengan judul Analisis Sistem Distribusi Air Bersih di Perumahan Taman Yasmin Sektor Enam Bogor, Jawa Barat telah dilakukan Analisis berdasarkan hasil kuesioner dan E-PANET 2.0. Berdasarkan uji kualitas diketahui bahwa air bersih yang disalurkan sesuai dengan baku mutu Permenkes No. 492/Menkes/Per/IV/2010. Demikian pula berdasarkan hasil wawancara mengenai aspek kualitas fisik air, lebih dari 40 responden menyatakan air yang diterima layak. Debit air yang masuk ke inlet sebesar 7,05 l/dt sehingga total kebutuhan air sebesar 2,67 l/dt dapat terpenuhi. Tetapi dari hasil wawancara responden menyatakan bahwa debit air pada pagi dan sore hari kecil. Tekanan rata-rata sebesar 1,9 bar dan tekanan di inlet sebesar 3,56 bar, sesuai dengan peraturan PDAM bahwa besarnya tekanan untuk pipa primer dan sekunder sebesar 2-4 bar.

Berdasarkan simulasi menggunakan aplikasi E-PANET 2.0 terdapat 4 *node* yang memiliki tekanan lebih dari 2 bar pada pipa tersier. Untuk itu dibutuhkan pemasangan *PRV* untuk mengurangi tekanan pada keempat *node* tersebut karena pada pipa tersier besar tekanan maksimum adalah 2 bar. Dapat disimpulkan bahwa sistem distribusi air bersih di perumahan Taman Yasmin sektor enam cukup baik dan PDAM Tirta Pakuan perlu mengatasi masalah debit pada pagi dan sore hari.

#### **7. Andi Ade Putra Siregar (2011)**

Dengan judul Analisa Distribusi Air Bersih pada Komplek Perumahan Karyawan PT. Chevron Pacific Indonesia Distrik Dumai dari Wtp-Dumai Menggunakan *software* E-PANET 2.0 . Data yang dibutuhkan baik primer dan sekunder dikumpulkan untuk kemudian dihitung banyaknya penduduk yang ada di area perumahan tersebut. Dari data yang ada dan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, kemudian dilakukan pemodelan dan analisa dengan menggunakan *software* E-PANET 2.0. Setelah itu hasil analisa tersebut di evaluasi dengan metode *Hardy-Cross* dengan mengambil sampel *loop* dalam jaringan perpipaan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapat bahwa total kebutuhan air untuk seluruh area perumahan sebesar 184.56 liter/menit. Besarnya kebutuhan pada saat jam puncak terjadi pada pukul 06.00 sebesar 350.664 liter/menit berdasarkan pola penggunaan air selama 24 jam pada pemodelan menggunakan *software* E-PANET 2.0. pipa yang dipakai adalah jenis pipa *PVC* dengan diameter pipa utama 8 inchi dan diameter pipa sekunder 6 inchi. Sedangkan kualitas air dari hasil pengujian di laboratorium milik PT. Chevron Pacific Indonesia menunjukkan kualitas air hasil produksi sudah cukup baik dimana kadar *chlorine* sebesar 1.86, nilai pH sebesar 8.30, kadar kekeruhan (*turbidity*) sebesar 0.37 NTU dan nilai warna air sebesar 1.00 Pt Co. Dari penelitian ini disimpulkan bahwa hasil analisa menggunakan *software* E-PANET 2.0 sudah dapat mewakili perhitungan secara manual.

## **2.2 Keaslian Penelitian**

1. Penelitian ini berjudul Analisa Sistem Jaringan Perpipaan Air Bersih Menggunakan Aplikasi E-PANET 2.0 Studi Kasus Di Universitas Pasir Pengaraian
2. Dalam penelitian ini yang menjadi objek penelitian adalah Jaringan Perpipaan Distribusi Air Bersih di Universitas Pasir Pengaraian, kecuali Program Studi Kebidanan.
3. Aplikasi yang digunakan untuk analisa dalam penelitian ini adalah E-PANET 2.0.
4. Penelitian ini dibuat di Universitas Pasir Pengaraian, Kabupaten Rokan Hulu, Provinsi Riau.

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Model Pendistribusian Air**

Di dalam pendistribusian air diperlukan suatu metode pendistribusian agar air dapat mengalir dari sumber air ke semua pemakai air. Adapun metode pendistribusian air terdiri dari tiga tipe sistem yaitu Sistem Gravitasi, Sistem Pemompaan, dan Sistem Gabungan.

##### **3.1.1 Sistem Gravitasi**

Metode pendistribusian dengan sistem gravitasi bergantung pada topografi sumber daya air yang ada dan daerah pendistribusiannya. Biasanya sumber air ditempatkan pada daerah yang lebih tinggi dari daerah distribusinya, agar air yang didistribusikan dapat mengalir dengan sendirinya tanpa pompa. Adapun keuntungan dengan sistem ini yaitu energi yang dipakai tidak membutuhkan biaya dan sistem pemeliharaannya murah.

##### **3.1.2 Sistem Pemompaan**

Metode ini menggunakan pompa dalam mendistribusikan air menuju lokasi pemakaian air. Pompa langsung dihubungkan dengan pipa yang menangani pendistribusian. Dalam pengoperasiannya pompa terjadwal untuk beroperasi sehingga dapat menghemat pemakaian energi. Keuntungan dari metode ini yaitu tekanan pada daerah distribusi dapat terjaga.

##### **3.1.3 Sistem gabungan keduanya**

Metode ini merupakan gabungan antara metode gravitasi dan pemompaan yang biasa digunakan untuk daerah distribusi yang berbukit-bukit dan pendistribusian air di gedung bertingkat.

#### **3.2 Kebutuhan Air Bersih**

##### **3.2.1 Pemanfaatan Air bersih**

Penyediaan air bersih bertujuan untuk memenuhi salah satu kebutuhan dasar manusia, di samping peningkatan derajat kesehatan, kesejahteraan serta kualitas hidup masyarakat. Air yang tersedia di permukaan bumi ini seolah-olah dapat diperoleh dengan cuma-cuma.

Padahal pada saat air sulit didapat, maka nilai air itu akan naik dan harus dibayar dengan harga mahal. Oleh karena itu air yang ada harus dikelola dengan baik, sehingga air dapat dipergunakan secara optimal.

Berdasarkan UU No. 11 tahun 1974 tentang pengairan, terdapat urutan prioritas pemanfaatan air, yaitu sebagai berikut:

1. Air minum (kebutuhan air rumah tangga dan perkotaan)
2. Pertanian (pertanian rakyat dan usah pertanian lainnya)
3. Peternakan
4. Perkebunan
5. Perikanan
6. Ketenagaan
7. Industri
8. Pertambangan
9. Lalu lintas air
10. Rekreasi

Pada saat ini umumnya penggunaan air tidak mempertimbangkan kebutuhan air nyata, melainkan hanya menyediakan sejumlah air yang diminta pengguna air dengan asumsi mereka akan menggunakan air tersebut secara efisien. Pengalaman menunjukkan bahwa sistem irigasi maupun sistem air minum hanya berorientasi pada pasok (*supply oriented*) air saja yang banyak memboroskan air. Untuk itu perlu pemikiran lebih lanjut bagaimana penggunaan air agar lebih efisien. Salah satu caranya dengan melakukan pendekatan orientasi kebutuhan (*demand oriented*) yang memperhatikan kebutuhan nyata akan air yang dapat diukur.

Ada beberapa sebab mengapa pengelolaan air pada setiap tingkat (nasional, provinsi, dan setempat) harus mengedalikan kebutuhan air:

1. Penggunaan air selalu meningkat, sedangkan sumber daya air terbatas.
2. Sumber daya air mudah rusak atau tercemar, baik secara kuantitas maupun kualitas.
3. Biaya untuk mengembangkan sumber daya air selalu meningkat.
4. Keterbatasan dana menjadi kendala investasi.
5. Kekurangan air telah terjadi di seluruh dunia.

Sedangkan yang menjadi sasaran dalam manajemen kebutuhan adalah:

1. Membatasi kebutuhan air (*limit demand*).
2. Menjamin pemerataan dan keadilan dalam alokasi air.
3. Memaksimalkan nilai secara ekonomi dari hasil produk yang berkaitan dengan air.
4. Meningkatkan efisiensi penggunaan air.
5. Melindungi kelestarian lingkungan.

Upaya yang berorientasi pada kebutuhan mencakup antara lain:

1. Teknis dan operasional; konservasi air, pengaturan pola, dan penjadwalan.
2. Ekonomi; pajak, kebijaksanaan harga, tarif air.
3. Administratif; peraturan dan kebijaksanaan.

### **3.2.2 Jenis Kebutuhan Air Bersih**

Kebutuhan air yang dimaksud adalah kebutuhan air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, secara garis besar dibedakan menjadi:

1. Kebutuhan Air Domestik, merupakan kebutuhan air yang digunakan sebagai keperluan rumah tangga. Kebutuhan air ini sangat ditentukan oleh jumlah penduduk dan konsumsi perkapita. Kecenderungan populasi dan sejarah populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam penentuan kecenderungan laju pertumbuhan (*Growth Rate Trends*).
2. Kebutuhan Air Non-Domestik, meliputi pemanfaatan komersial, kebutuhan institusi, dan kebutuhan industri. Kebutuhan air komersil untuk suatu daerah cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tataguna lahan. Kebutuhan institusi antara lain meliputi kebutuhan- kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain.

### **3.2.3 Standar Kebutuhan Air Bersih**

Dalam menghitung kebutuhan air bersih di suatu daerah, dapat digunakan beberapa cara yaitu dengan menghitung luas lantai atau dengan

menghitung banyaknya jumlah penghuni bangunan yang dikalikan dengan standar kebutuhan air per orang tiap hari berdasarkan jenis bangunan. Sebagai contoh dapat dilihat standar kebutuhan air bersih pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1. Rata-rata kebutuhan air per orang per hari

No	Jenis Gedung	Pemakaian Air Rata-rata Sehari	Jangka Waktu Pemakaian	Perbandingan Luas Lantai Efektif
1	Rumah biasa	160-250	8 - 10	50 - 53
2	Apartemen	200-250	8 - 10	45 - 50
3	Asrama	120	8	
4	Rumah sakit	mewah >1000	8-10	45-48
		Menengah 500-1000		
		Umum 350-500		
5	SD	40	5	58-60
6	SLTP	50	6	58-60
7	SLTA dan PT	80	6	
8	Toko	100	8	
9	Pabrik	wanita 100	8	
		pria 60	8	
10	Stasiun/terminal	3	15	
11	Restoran	100	5	
12	Kantor	100	8	60-70

SNI 19-6728.1-2002

### 3.3 Sistem Produksi Air Bersih

#### 3.3.1 Proses Pengolahan Air Bersih

Pengolahan air adalah usaha-usaha teknis yang dilakukan untuk mengubah sifat-sifat suatu zat. Hal ini penting artinya bagi penyediaan air bersih, karena dengan adanya pengolahan ini, maka akan didapatkan suatu air bersih yang memenuhi standar air bersih yang telah ditentukan. Proses pengolahan air ini pada lazimnya dikenal dua cara yakni:

1. Pengolahan Lengkap

Air baku akan mengalami pengolahan lengkap baik secara fisik, kimiawi, dan biologi. Pada pengolahan dengan cara ini, biasanya dilakukan terhadap air sungai yang kotor/keruh. Pengolahan lengkap ini dibagi dalam tiga tingkatan pengolahan, yaitu:

- a. Pengolahan fisik; suatu tingkat pengolahan yang bertujuan untuk mengurangi/ menghilangkan kotoran-kotoran yang kasar, penyisihan lumpur dan pasir, serta mengurangi kadar zat-zat organik yang ada dalam air yang akan diolah (air baku).
- b. Pengolahan kimia; suatu tingkat pengolahan dengan menggunakan zat-zat kimia untuk membantu proses pengolahan berikutnya. Misalnya dengan pembubuhan kapur dalam proses pelunakan.
- c. Pengolahan bakteriologik; suatu tingkat pengolahan untuk membunuh/memusnahkan bakteri-bakteri yang terkandung dalam air, yakni dengan cara membubuhkan kaporit (*zat desinfektant*).

## 2. Pengolahan Sebagian

Air baku hanya mengalami pengolahan kimiawi dan bakteriologik saja. Pengolahan ini lazimnya dilakukan pada mata air bersih dan air dari sumur yang dangkal maupun dalam.

### 3.4 Sistem Distribusi Air bersih

#### 3.4.1 *Plumbing* dan Peralatan Sistem Distribusi Air bersih

*Plumbing* adalah seni dan teknologi perpipaan dan peralatan untuk menyediakan air bersih ke tempat yang dikehendaki (baik dalam hal kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yang memenuhi syarat) dan juga membuang air limbah dari tempat-tempat tertentu tanpa mencemari bagian penting lainnya untuk menjaga kondisi higienis dan kenyamanan yang diinginkan.

Jadi sistem *plumbing* dapat dibedakan menjadi dua yaitu sistem penyediaan air bersih dan sistem pembuangan air kotor. Fungsi peralatan *plumbing* dalam sistem penyediaan air bersih adalah untuk menyediakan air bersih ke tempat-tempat yang dikehendaki dengan tekanan yang cukup.

Dahulu tujuan utama dari sistem penyediaan air bersih adalah untuk menyediakan air yang cukup berlebih, namun saat ini ada pembatasan dalam jumlah air yang bisa diperoleh karena pertimbangan penghematan energi dan adanya keterbatasan sumber air.

Pada proses distribusi air bersih dibutuhkan beberapa peralatan yang memadai agar air yang didistribusikan dapat sampai ke konsumen dengan baik secara kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Beberapa peralatan *plumbing* yang harus ada dalam distribusi air bersih ini antara lain pipa transmisi, pipa distribusi, *reservoir*, pompa, *valve*, bak kontrol, dan lain-lain. Berikut ini peralatan yang ada dalam distribusi air bersih:

1. Pipa transmisi. Jaringan pipa transmisi ini menghubungkan tampungan air bersih ke jaringan distribusi. Di wilayah dengan topografi curam, air dalam jaringan transmisi mengalir secara gravitasi dengan kecepatan tergantung dengan kemiringan tanah. Semakin terjal maka kecepatan air akan semakin tinggi dan tekanannya juga semakin kuat, sehingga perlu dilengkapi dengan katup pelepas tekanan dan bak kontrol untuk mengurangi kecepatan dan tekanan dalam pipa. Pada wilayah yang landai jaringan transmisi dilengkapi dengan pompa yang disebut stasiun pompa *booster*. Fungsinya untuk meningkatkan kecepatan dan tekanan sehingga air bisa mengalir sampai di daerah pengguna air yang paling hilir. Jaringan transmisi bisa langsung dihubungkan dengan jaringan distribusi dan dapat pula dialirkan ke bak penampungan (*reservoir*) untuk dipompakan lagi ke jaringan distribusi. Kerusakan jaringan transmisi dan sambungannya dapat disebabkan beberapa hal, antara lain adalah umur pipa yang terlalu tua, tekanan air yang terlalu besar/ berlebihan, korosif, beban berat di atas jaringan, tekanan udara yang terperangkap dalam pipa yang menimbulkan kavitasi, dan lain-lain.
2. Pipa distribusi. Jaringan pipa distribusi merupakan jaringan pipa yang langsung tersambung kepada pelanggan. Dalam pengoperasiannya, tekanan air yang mengalir melalui pipa distribusi diatur sesuai dengan konsumsi pelanggan. Sewaktu konsumsi air meningkat pada siang hari tekanan aliran air ditingkatkan di keran pelanggan. Sebaliknya, waktu

penggunaan air rendah pada malam hari tekanannya diturunkan untuk melindungi jaringan pipa dari tekanan yang berlebihan.

3. Pengatur tekanan (*pressure regulator*), dipasang untuk menjaga tekanan berada pada daerah yang aman dan untuk melindungi pipa dan sambungannya terhadap tekanan yang tinggi. Peralatan ini pada dasarnya dapat dipasang pada pipa transmisi maupun distribusi, dan *surge tank*.
4. Bak kontrol, dibuat untuk mengetahui kecepatan dan tekanan air, debit air, kondisi air (bersih atau kotor).
5. Katup udara (*air valve*), dipasang untuk mengeluarkan udara dari air (tekanan udara yang berlebihan di dalam pipa dapat menyebabkan kebocoran) dan melancarkan aliran air di dalam pipa. *Air valve* dipasang pada titik tertinggi dari jaringan pipa dapat dipasang pada *surge tank*, dan tangki air.
6. Penangkap pasir (*sand trap*), dapat dipasang untuk menangkap pasir yang terbawa oleh air. Pasir dan kotoran pada umumnya terkumpul pada sambungan yang berbentuk “T” dan “Y”. secara berkala pasir dan kotoran dibersihkan untuk mengeluarkan dari pipa. Sand trap dipasang sebelum meteran air utama.
7. *Surge tank*, dipasang untuk mengatur tekanan air di dalam pipa, mendistribusikan air sesuai dengan permintaan, mengeluarkan udara yang terperangkap, dan juga untuk menangkap pasir. Pasir yang terperangkap di dalam *surge tank* akan dikeluarkan melalui katup yang terdapat di bagian bawah *surge tank*.

### **3.4.2 Jenis Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih**

Pipa-pipa yang saling berhubungan yang menjadi laluan aliran ke suatu lubang keluar tertentu yang dapat datang dari beberapa rangkaian disebut jaringan pipa (Streeter dan Wylie 1991). Ada beberapa jenis jaringan pipa distribusi air yang biasa diterapkan (Mulyani 2009) yaitu:

1. Sistem percabangan, pada sistem ini ujung pipa dari pipa utama biasanya tertutup sehingga menyebabkan tertumpuknya kotoran yang dapat mengganggu pendistribusian air. Kerugian dari pipa percabangan ini

antara lain apabila terjadi kebocoran pada salah satu pipa, maka pipa-pipa yang lain alirannya akan terhenti bila pipa yang bocor tersebut diperbaiki. Keuntungan dari pipa percabangan antara lain dari segi perhitungan lebih mudah, lebih ekonomis, dan lebih mudah dilaksanakan.

2. Sistem *grid* (petak), pada sistem ini ujung – ujung pipa cabang disambungkan satu sama lain, sistem ini lebih baik dari sistem pipa bercabang karena sirkulasinya lebih baik dan kecil kemungkinan aliran menjadi tertutup atau staguasi. Kerugian dari sistem *grid* yaitu agak sulit dalam pelaksanaannya karena pada akhir sambungan terdapat dua sambungan yang saling terbalik arah ataupun membuka dan sistem ini tidak ekonomis karena banyak menggunakan sambungan seperti sambungan *elbow*, *tee*, dan sebagainya. Keuntungan dari sistem *grid* adalah sirkulasi airnya baik dan pipa sulit tersumbat apabila terdapat kotoran karena air di dalam pipa terus mengalir dan selalu terjadi pergantian air sehingga sulit terjadi pengendapan.
3. Sistem berbingkai (*ring*), pada sistem ini pipa induknya dibuat melingkar dibandingkan sistem yang lain, sistem ini lebih baik dan bilamana ada kerusakan pada saat perbaikan maka distribusi air tidak terhenti. Kerugian sistem ini agak sulit dalam pelaksanaannya dan tidak ekonomis karena banyak menggunakan pipa dan sambungan-sambungan. Dari segi perhitungan juga sulit, namun keuntungan dari sistem ini adalah tidak terjadi penyumbatan pada pipa dan juga tidak terjadi penghentian aliran pada saat perbaikan pipa.

### **3.4.3 Sistem Distribusi Air Bersih Di Dalam Bangunan/ Gedung**

Saat ini sistem penyediaan air bersih yang banyak digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Sistem sambungan langsung, dalam sistem ini pipa distribusi dalam gedung disambung langsung dengan pipa utama penyediaan air bersih. Karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran pipa cabang dari pipa utama tersebut, maka sistem ini terutama dapat diterapkan untuk perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah.

2. Sistem tangki atap, dalam sistem ini air ditampung terlebih dahulu dalam tangki bawah (dipasang pada lantai terendah bangunan atau di bawah permukaan tanah), kemudian dipompakan ke suatu tangki atas yang biasanya dipasang di atas atap atau di lantai tertinggi bangunan. Dari tangki ini air didistribusikan ke seluruh bangunan. Hal terpenting dalam sistem tangki atap ini adalah menentukan letak “tangki atap” tersebut. Apakah dipasang di langit-langit, atau di atas atap (misalnya untuk atap dari beton), atau dengan suatu konstruksi menara khusus.
3. Sistem tangki tekan, seperti halnya sistem tangki atap, sistem ini diterapkan dalam keadaan di mana oleh karena suatu alasan tidak dapat digunakan sistem sambungan langsung. Prinsip kerja sistem yaitu air yang telah ditampung dalam tangki bawah (seperti halnya pada sistem tangki atap), dipompakan ke dalam suatu bejana (tangki) tertutup sehingga udara di dalamnya terkompresi. Air dari tangki tersebut dialirkan ke dalam sistem distribusi bangunan. Pompa bekerja secara otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan, yang menutup atau membuka saklar motor listrik penggerak pompa. Pompa tersebut akan berhenti bekerja kalau tekanan tangki telah mencapai suatu batas maksimum yang ditetapkan dan bekerja kembali setelah tekanan telah mencapai suatu batas minimum yang telah ditetapkan pula. Dalam sistem ini udara yang terkompresi akan menekan air ke dalam sistem distribusi dan setelah berulang kali mengembang dan terkompresi lama kelamaan akan berkurang, karena larut dalam air atau ikut terbawa air keluar tangki. Sistem tangki tekan biasanya dirancang agar volume udara tidak lebih dari 30% terhadap volume tangki dan 70% volume tangki berisi air. Untuk melayani kebutuhan air yang besar maka akan diperlukan tangki tekanan yang besar.
4. Sistem tanpa tangki, dalam sistem ini tidak digunakan tangki apapun, baik tangki bawah, tangki tekan, atau pun tangki atap. Air dipompakan langsung ke sistem distribusi bangunan dan pompa menghisap air langsung dari pipa utama.

### 3.5 Analisis Teknis Jaringan Air bersih

Sistem jaringan pipa merupakan komponen utama dari sistem distribusi air bersih suatu perkotaan. Desain dan analisis sistem jaringan distribusi air berdasarkan dua faktor utama yaitu kebutuhan air dan tekanan (Brebba dan Ferrante 1983 dalam Kodoatie dan Sjarief 2005). Pada sistem jaringan distribusi sistem bercabang persamaan rumus perhitungan hidrolisnya dapat menggunakan persamaan *Darcy-Weisbach*.

#### 3.5.1 Hidrolika Pipa Bertekanan

Suatu pipa bertekanan adalah pipa yang dialiri air dalam keadaan penuh. Bila air langka untuk didapat, maka pipa bertekanan dapat digunakan untuk menghindari kehilangan air akan rembesan dan penguapan yang dapat terjadi pada saluran terbuka. Pipa bertekanan lebih disukai untuk pelayanan air umum, karena kemungkinan tercemarnya lebih sedikit. Di dalam hidrolika pipa bertekanan dapat membahas mengenai kehilangan energi atau *head loss* akibat adanya gesekan pipa, aliran pada pipa bercabang, aliran dalam sistem rangkaian pipa, jaringan pipa, dan juga daya dalam aliran fluida.

Energi diperlukan untuk mengalirkan air dalam pipa, baik itu menanjak, menurun, ataupun mendatar. Rancangan pipa yang baik harus dapat mengkonversi energi sehingga memungkinkan jumlah air yang ingin dialirkan, karena aliran air di dalam pipa pasti akan mengalami kehilangan energi atau *head loss*. Selanjutnya untuk mencari besarnya daya yang dibutuhkan oleh pompa agar mampu mengatasi kehilangan energi yang terjadi dapat digunakan persamaan:

$$P = \frac{\rho g h_p Q}{1000} \dots\dots\dots(3.1)$$

Di mana P adalah daya pompa (kw),  $\rho$  adalah massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>), g adalah percepatan gravitasi,  $h_p$  adalah *head* pompa (m), dan Q adalah debit air (m<sup>3</sup>/s).

### **3.5.2 Kebocoran Air**

Kebocoran air merupakan salah satu faktor utama untuk penentuan kebutuhan air, karena definisi dari kebocoran air adalah perbedaan antara jumlah air yang diproduksi oleh produsen air dan jumlah air yang terjual konsumen sesuai dengan yang tercatat di meter-meter air pelanggan (Kodoatie dan Sjarief 2005).

Kebocoran air pada sistem suplai air bersih mulai dari WTP sampai pemakai dibedakan menjadi dua yaitu (PERPAMSI dkk. 1999 dengan elaborasi dan modifikasi di dalam Kodoatie dan Sjarief 2005):

1. Kebocoran Fisik: kehilangan air secara fisik yang disebabkan oleh berbagai hal, seperti bocornya sumber air akibat kerusakan bangunannya, kebocoran pipa baik pada pipa transmisi maupun distribusi, air dalam *reservoir* yang melimpas keluar, dan penguapan.
2. Kebocoran Administrasi: jumlah air yang bocor secara administrasi terutama disebabkan meter air tanpa registrasi, juga termasuk kesalahan di dalam sistem pembacaan, dan jumlah air yang diambil tidak sesuai dengan peruntukannya.

### **3.6 Penyediaan Kebutuhan Air Bersih**

Kebutuhan air bersih suatu bangunan meliputi air yang dipergunakan oleh penghuni dari bangunan tersebut ataupun oleh keperluan-keperluan lain yang berhubungan dengan fungsi dan fasilitas bangunan (Tjouwardi, 2015). Berdasarkan keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 13 1405/MENKES/SK/XI/2002, bahwa air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak. Besarnya kebutuhan air bersih suatu bangunan meliputi (BSN, 2005):

1. Kebutuhan air bersih sehari-hari yang ditentukan dengan memperkirakan penggunaan nilai kebutuhan air bersih per hari per orang dengan memperkirakan jumlah waktu pemakaian yang sesuai dengan fungsi dan fasilitas gedung yang direncanakan.

2. Kebutuhan air untuk peralatan dan mesin yang memerlukan penambahan air secara teratur dan harus diperhitungkan sendiri
3. Kebutuhan air untuk menjaga kedalaman atau ketinggian muka air kolam, baik untuk air mancur maupun kolam renang yang harus dihitung dengan memperkirakan besarnya kehilangan air yang terjadi karena penguapan dan pelimpahan.

Standar kebutuhan air bersih dibedakan menjadi dua macam, yaitu (Ditjen Cipta Karya, 2000) :

1. Standar kebutuhan air domestik yang terdiri dari kebutuhan air yang digunakan pada tempat-tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti memasak, minum, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya.
2. Standar kebutuhan air non domestik yang terdiri dari kebutuhan air bersih di luar keperluan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik antara lain :
  - a. Penggunaan komersil dan industri, yaitu penggunaan air oleh badan - badan komersil dan industri.
  - b. Penggunaan umum, yaitu penggunaan air untuk bangunan-bangunan pemerintah, rumah sakit, sarana pendidikan dan tempat-tempat ibadah.

Kebutuhan air non domestik dapat dibagi dalam beberapa kategori, antara lain:

- a. Kota kategori I (metro)
- b. Kota kategori II (kota besar)
- c. Kota kategori III (kota sedang)
- d. Kota kategori IV (kota kecil)
- e. Kota kategori V (desa)

Berikut adalah tabel pemakaian air bersih per hari per orang secara umum untuk beberapa gedung sesuai dengan penggunaannya (Ditjen Cipta Karya, 2000):

Tabel 3.2. Kebutuhan air bersih non domestik untuk kota kategori I, II, III, IV

No	Sektor	Pemakaian Air	Satuan
1	Pendidikan/Sekolah	10	liter/murid/hari
2	Rumah Sakit	200	liter/bed/hari

3	Puskesmas	2000	liter/unit/hari
4	Mesjid	3000	liter/unit/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

No.	Sektor	Pemakaian Air	Satuan
9	Komplek militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hektar
11	Kawasan Pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hektar

Ditjen Cipta Karya Dinas PU (2000)

Dalam menentukan kebutuhan air bersih suatu gedung perlu melihat beberapa faktor, diantaranya jenis gedung dan jumlah penghuni. Berdasarkan tabel 3.2 di atas, besarnya pemakaian air bersih pada lingkungan perguruan tinggi termasuk ke dalam kategori pendidikan/sekolah sebesar 10 liter/murid/hari. Volume kebutuhan air bersih didapat berkaitan dengan kapasitas *reservoir* bawah dan tangki atas.

### 3.6.1 Perhitungan Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air bersih suatu gedung adalah jumlah air bersih yang akan digunakan dalam gedung tersebut. Untuk mengetahui besarnya jumlah kebutuhan air dalam gedung, perlu diperhitungkan terlebih dahulu jumlah pemakai air pada gedung, banyaknya alat-alat *plumbing* yang ada dan kebutuhan tambahan yang diakibatkan oleh kebocoran maupun hal-hal yang tak terduga lainnya sebagai *safety factor*. Kebutuhan air bersih suatu bangunan ditentukan dengan persamaan berikut ini (Morimura dan Noerbambang, 2000):

$$Q_d = P_g \times R \dots \dots \dots (3.2)$$

Atau bila dinyatakan dalam liter per jam digunakan persamaan berikut :

$$Q_h = Q_d / \text{hrate} \dots \dots \dots (3.3)$$

Kebutuhan air bersih dalam gedung berfluktuasi terhadap waktu. Ada pada saatnya kebutuhan air bersih pada gedung berada pada posisi puncak atau maksimum. Pemakaian air bersih pada jam puncak dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{h \text{ maks}} = C_1 \times Q_h \dots \dots \dots (3.4)$$

Sedangkan kebutuhan air pada saat menit puncak ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Q_{m \text{ maks}} = C_2 \times (Q_h / 60) \dots \dots \dots (3.5)$$

Pada bangunan bertingkat, besarnya kebutuhan air bersih pada setiap lantai dapat berbeda. Hal tersebut bergantung pada banyaknya penghuni di setiap lantai dan peralatan *plumbing* yang ada di dalamnya.

### 3.6.2 Perhitungan Kapasitas Tangki

Tangki atau *reservoir* adalah media penyimpan air bersih dalam sistem *plumbing*. Berdasarkan tata letaknya, *reservoir* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *reservoir* bawah (*ground reservoir*) dan tangki atas (*roof tank*). *Reservoir* bawah dibuat sebagai tempat penyimpanan air bersih sementara sebelum air dialirkan ke tangki atas untuk melayani kebutuhan air bersih per harinya. Kapasitas *reservoir* bawah suatu sistem *plumbing* tergantung pada besarnya kebutuhan air bersih per hari. Volume *ground reservoir* dapat diambil dari 100 % kebutuhan air bersih per hari, sesuai dengan persamaan berikut : (Morimura dan Noerbambang, 2000) :

$$V_{GR} = Q_d \dots \dots \dots (3.6)$$

Sedangkan peran dari tangki atas adalah sebagai pengantisipasi untuk menampung kebutuhan air puncak, dimana tersedianya kapasitas yang

cukup dalam jangka waktu 30 menit. Untuk mengantisipasi kejadian kebutuhan puncak pada saat muka air terendah dalam tangki atas, perlu diperhitungkan jumlah air yang dapat dimasukkan dalam waktu 10 sampai 15 menit oleh pompa. Kapasitas tangki atas ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut ini (Morimura dan Noerbambang, 2000):

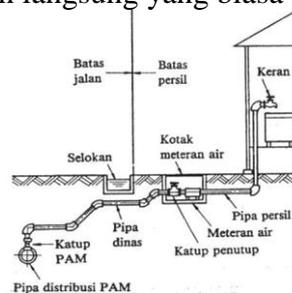
$$V_{RT} = (Q_{m \text{ maks}} \times T_p) - (Q_{pu} \times T_{pu}) + (Q_{h \text{ maks}} \times T_{p \text{ maks}}) \dots (3.7)$$

### 3.7 Sistem Penyediaan Air Bersih

Sistem penyediaan air bersih dikelompokkan menjadi 3 jenis, yaitu (Morimura dan Noerbambang, 2000):

#### 1. Sistem Sambungan Langsung

Dalam sistem ini pipa distribusi air bersih dalam gedung langsung tersambung dengan pipa utama penyedia air bersih. Karena terbatasnya tekanan dalam pipa utama dan dibatasinya ukuran dimensi pipa serta cabang dari pipa tersebut, maka sistem ini hanya dapat dipakai untuk perumahan dan gedung-gedung kecil dan rendah. (Wanggay, 2013). Gambar 3.1 berikut menunjukkan sketsa dari sistem sambungan langsung yang biasa diinstal pada perumahan.



Gambar 3.1. Sistem sambungan langsung (Morimura T dan Noerbambang 2005).

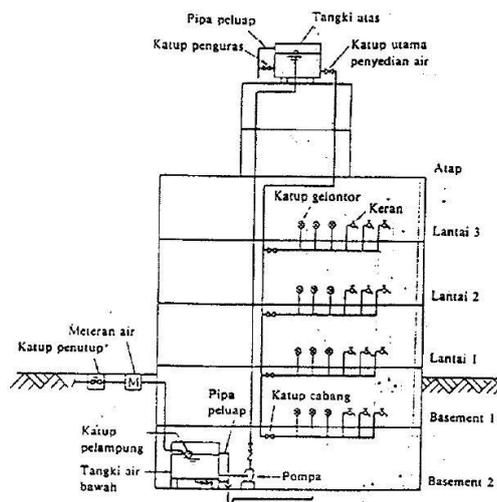
#### 2. Sistem Tangki Atap

Pada sistem ini, air ditampung terlebih dahulu di dalam *reservoir* bawah yang berada di lantai paling bawah dari bangunan maupun di bawah muka tanah yang tidak jauh dari bangunan. Kemudian air dipompakan ke atas menuju tangki atas yang telah terinstalasi di atap bangunan maupun pada lantai paling atas bangunan. Sistem tangki atap digunakan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Fluktuasi tekanan yang terjadi pada alat *plumbing* tidaklah besar atau bahkan tidak berarti. Perubahan tekanan yang mungkin terjadi adalah akibat perubahan tinggi dari muka air di dalam tangki.

- b. Pompa pengisi pada sistem tangki atap dapat bekerja secara otomatis. Pompa biasanya dijalankan dengan alat yang dapat mendeteksi muka air dalam tangki atap secara otomatis.
- c. Perawatan tangki atap sangat sederhana dan mudah untuk dilakukan.

Menentukan tata letak tangki atas pada sistem ini adalah salah satu hal terpenting yang harus diperhatikan. Secara umum, tangki atas dapat dipasang di dalam langit-langit bangunan, pada atap bangunan yang menggunakan beton atau bahkan dipasang pada suatu konstruksi menara khusus. Penentuan letak tangki ini berdasarkan jenis alat *plumbing* yang akan dipasang pada lantai tertinggi bangunan dan tekanan kerja yang tinggi. Sistem tangki atap ditunjukkan seperti pada gambar 3.2 berikut ini.



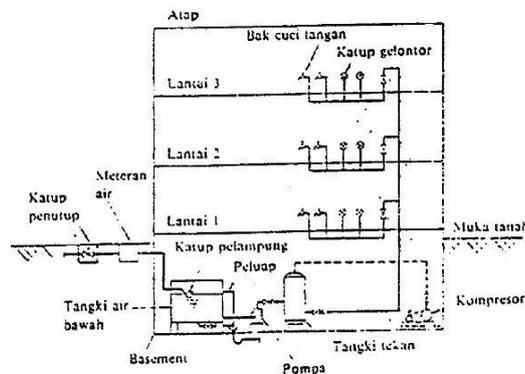
Gambar 3.2. Sistem tangki atap (Morimura T dan Noerbambang 2005).

### 3. Sistem Tangki Tekan

Di dalam sistem tangki tekan, air yang ditampung pada *reservoir* bawah dipompakan dalam suatu bejana tertutup, untuk kemudian dialirkan ke dalam sistem distribusi. Secara rinci prinsip kerja dari sistem ini adalah air yang ditampung pada *reservoir* bawah dipompakan ke dalam suatu bejana tertutup, sehingga udara yang berada di dalam tangki terkompresi. Air dalam bejana tersebut disambungkan ke dalam sistem distribusi air dalam bangunan yang bersangkutan. Pompa yang bekerja pada sistem ini diatur secara otomatis oleh alat

detektor tekanan. Dimana pompa akan berhenti bekerja bila tekanan bejana telah sampai pada kondisi maksimum yang ditentukan. Daerah fluktuasi tekanan ini biasanya berkisar antara 1,0 sampai 1,5 kg/cm<sup>2</sup> untuk gedung 2 lantai sampai 3 lantai.

Pada sistem tangki tekan ini, udara yang terkompresi akan menekan air ke dalam sistem distribusi. Tetapi setelah proses yang sama dilakukan berulang kali, udara pengompresi dapat berkurang. Untuk mengatasi hal tersebut maka tekanan awal udara dalam tangki dibuat lebih besar dari tekanan atmosfer dengan menggunakan kompresor. Sketsa dari sistem tangki tekan ditunjukkan pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Sistem tangki tekan (Morimura T dan Noerbambang 2005).

Dalam merencanakan dan merancang suatu sistem penyediaan air bersih harus memperhatikan beberapa hal yang menjadi ketentuan dan persyaratan umum yang ada. Ketentuan umum pada sistem penyediaan air bersih meliputi (BSN, 2005):

1. Kapasitas *reservoir* air bawah diperhitungkan berdasarkan pada kebutuhan air per hari
2. Kapasitas tangki air atas diperhitungkan berdasarkan fluktuasi pemakaian air per hari
3. Pemanas air langsung (*instantaneous water heater*) harus diperhitungkan kapasitasnya berdasarkan kebutuhan maksimum alat *plumbing* yang akan dilayani

4. Pemanas air dengan tangki ditentukan kapasitas tangkinya agar mampu menyediakan kebutuhan air selama jangka waktu penggunaan air panas dalam alat *plumbing* yang dilayani, dan kapasitas pemanasnya ditentukan untuk menaikkan temperatur air dalam tangki tersebut dengan waktu tidak lebih dari 3 jam.

Dengan kecepatan aliran air pada tinggi jatuh bebas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Fox, 2004) :

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \dots \dots \dots (3.8)$$

Dengan demikian untuk mendapatkan kecepatan aliran air yang sesuai dengan ketentuan-ketentuan tersebut, maka ketinggian statis air sebelum didistribusikan ke seluruh bagian gedung perlu diperhatikan.

### 3.8 Pipa Air Bersih

Sebagai media pendistribusi air antar alat-alat *plumbing*, keberadaan pipa menjadi hal yang mutlak untuk diperlukan. Jenis pipa yang biasa digunakan untuk mendistribusikan air bersih adalah pipa *PVC* sch. 40. Diameter pipa ditentukan dengan menyesuaikan debit dan kecepatan aliran fluida di dalam pipa. Diameter dalam pipa dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan berikut (Susilo, 2014).

Debit air bersih (Q) diketahui dengan melihat terlebih dahulu unit beban alat *plumbing* yang bersangkutan. Unit beban alat *plumbing* adalah angka yang menunjukkan besarnya beban kebutuhan air dari alat-alat *plumbing* pada berbagai keadaan pelayanan (BSN, 2005). Tabel 3.3 berikut menunjukkan besarnya nilai unit beban alat *plumbing*.

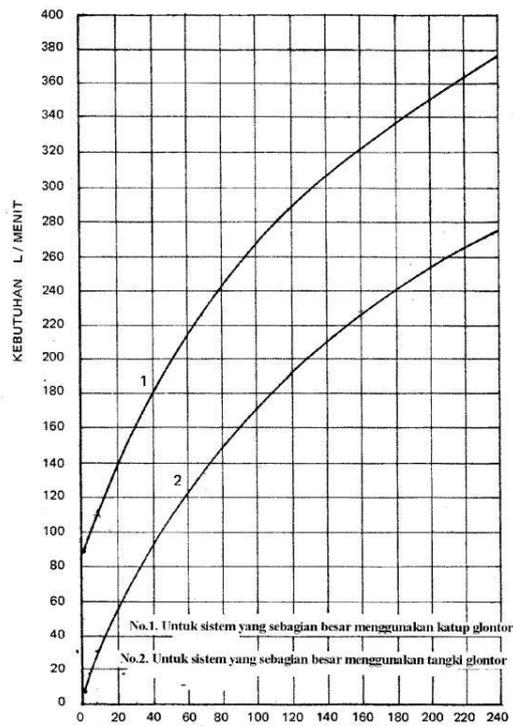
Tabel 3.3. Nilai unit beban alat *plumbing*

No.	Jenis alat <i>plumbing</i>	UBAP pribadi	UBAP Umum
1	ak Mandi	2	4
2	edpan Washer	-	10
3	idet	2	4
4	ancaran air minum	1	2
5	ak cuci tangan	1	2
6	ak cuci dapur	2	2
7	ervice sink	2	4
8	eturasan pedestial berkaki	-	10
9	eturasan, wall lip	-	5

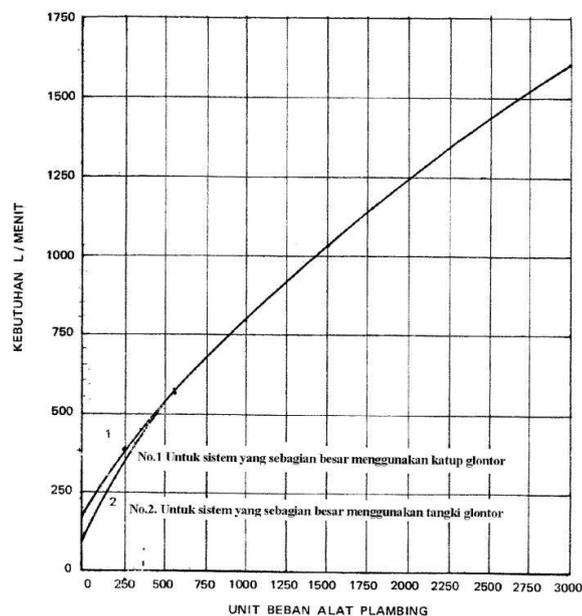
10	eturasan, palung	-	5
11	eturasan dengan tangki penggelontor	-	3
12	ak cuci, bulat atau jamak (setiap kran)	-	2
13	loset dengan katup penggelontor	6	10
14	loset dengan tangki penggelontor	3	5

Sumber : Badan Standardisasi Nasional (2005)

Nilai beban kebutuhan air bersih alat *plumbing* berdasarkan besarnya nilai beban unit alat *plumbing* secara keseluruhan dapat diketahui dengan melihat kurva perkiraan beban kebutuhan air seperti berikut (BSN, 2005) :



Gambar 3.4. Kurva perkiraan beban kebutuhan air *plumbing* (sampai 240).



Gambar 3.5. Kurva perkiraan beban kebutuhan air (sampai 3000).

### 3.9 Head Losses

*Head Losses* adalah kerugian didalam sistem yang terdiri dari kerugian mayor ( $h_f$ ), yaitu akibat gesekan dalam aliran berkembang penuh dalam luas pipa yang konstan. Kerugian minor ( $h_m$ ) adalah kerugian akibat bentuk dari lubang masukan dan keluaran, penggunaan jenis katup, adanya belokan siku, sambungan T, dan sebagainya.

#### 3.9.1 Rugi-rugi Mayor

Rugi mayor adalah rugi yang terjadi akibat adanya gesekan aliran fluida dengan dinding pipa. Sebelum menghitung kerugian mayor, terlebih dahulu hitung besaran bilangan *Reynold* untuk mengetahui jenis aliran fluida yang mengalir didalam pipa. Besarnya bilangan *Reynold* ditentukan dengan persamaan berikut (Fox, 2004) :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots(3.9)$$

Re = Bilangan *Reynold*

$\rho$  = Massa jenis fluida ( $\text{kg/m}^3$ )

v = Viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

d = Diameter pipa (m)

$\mu$  = Viskositas dinamik ( $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ )

Dengan nilai  $\mu$  dan v diketahui melalui grafik sifat fluida yang diketahui seperti jenis dan temperatur fluida. Jika Bilangan Re pada rentang <2300, maka aliran tersebut bersifat laminar. Sedangkan untuk bilangan Re yang berada direntang >4000 aliran yang dihasilkan adalah aliran turbulen. Namun, untuk bilangan Re yang berada diantara 2300-4000, maka aliran tersebut dinamakan aliran transisi. Aliran dapat bersifat laminar, transisi,

atau turbulen, bergantung pada kondisi pipa dan laju aliran. Untuk mengetahui kecepatan suatu aliran dapat ditentukan dengan persamaan :

$$V = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dengan : Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/s)

A = Luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

Setelah mengetahui jenis aliran, langkah selanjutnya adalah dapat menghitung rugi mayor yang disebabkan oleh gesekan aliran dalam pipa. Perhitungan rerugi mayor yang digunakan dalam penelitian ini adalah persamaan *Darcy-Weibasch* seperti berikut :

$$H_f = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2g} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana : hf = Rerugi mayor (m<sup>2</sup>/s<sup>2</sup>)

f = koefisien faktor gesek

L = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan aliran air (m/s)

D = Diameter pipa (m)

G = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

Untuk aliran jenis laminar, nilai koefisien *f* diperoleh dengan persamaan . Sedangkan untuk aliran jenis turbulen, hubungan antara bilangan *Reynold*, faktor gesekan dan kekasaran relatif menjadi lebih kompleks.

Berikut adalah nilai nilai kekasaran relatif dinding pipa komersial ke (e/D), (Ram S. gupta 1989).

Tabel 3.4. Nilai kekasaran relative dinding pipa komersial K (eD).

Nilai Kekasaran Realtif (K) dalam Satuan mm	
<i>Nature of interior surface</i>	<i>index roughness K</i>
<i>Copper, ead, brass, stainless</i>	0.001 - 0.002
<i>PVC pipe</i>	0
<i>stainless steel</i>	0.015
<i>steel comercial pipe</i>	0.045 a 0.09
<i>stretched steel</i>	0.015
<i>weld steel</i>	0.045
galvanized steel	0.15
rusted steel	0.1 - 1

Sumber : Ram S. Gupta, 1989

Dari tabel 5.10 dapat dilihat bahwa nilai kekasaran untuk dinding pipa komersial dengan pipa jenis *PVC* kekasaran dinding pipanya bernilai 0. Jadi, untuk rugi mayor atau rugi-rugi akibat gesekan fluida dengan dinding pipa dapat diabaikan.

### 3.9.2 Rugi rugi minor

Selain rugi mayor atau rerugi yang diakibatkan oleh gesekan yang terjadi dibagian dalam pipa, pada sebuah sistem perpipaan juga terdapat rugi rugi yang yang kecil atau biasa disebut rugi minor. Rugi rugi minor terjadi disebabkan oleh beberapa faktor berikut :

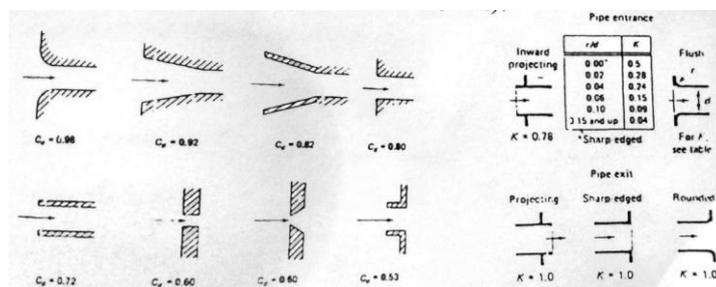
1. Bentuk lubang masukan dan keluaran

Kerugian tinggi tekan dilubang masuk sebuah pipa dari tangki biasanya menggunakan  $0,5 V^2/2g$  Jika Kondisi lubang bertepi siku siku. Jika Kondisi lubang masuk dibulatkan secara Baik, besarnya angel kerugian yang

digunakan adalah  $0,01 \frac{v^2}{2g}$  atau Bisa juga diabaikan. Sedangkan, untuk lubang masuk balik seperti pipa yang menembus ke dalam tangki melalui dinding, angka kerugian yang digunakan berkisar  $1,0 \frac{V^2}{2g}$  untuk dinding pipa yang tipis (Streeter, Victor L, 1985).

$$h_e = K \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (3.12)$$

Untuk nilai koefisien hambatan Dari bentuk lubang dan keluaran dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.6. Nilai koefisien bentuk lubang masukan dan keluaran.

2. Rugi akibat katup (*Gate Valve*).

Katup *gate valve* ini mempunyai bentuk penyekat berupa piringan atau bisa digerakan keatas dan bawah untuk membuka dan menutup. Bisa juga digunakan untuk posisi buka atau tutup sempurna dan tidak disarankan untuk posisi sebagian terbuka.

Kehilangan energi karena adanya katup dapat ditentukan dengan persamaan :

$$H_v = K_v \frac{V^2}{2g} \times n \dots \dots \dots (3.13)$$

Dimana :  $H_v$  = Rugi pada katup

$K_v$  = Koefisien tinggi hilang di katup

$N$  = Jumlah katup

Nilai K ini sangat tergantung pada jenis katup dan bukaannya, tabel dibawah ini menunjukkan besarnya hambatan yang terjadi pada katup.

Tabel 3.5. Nilai koefisien hambatan jenis katup dan sambungan (Sullivan, 1989).

No	Katup - Sambungan	Nilai K
1	<i>Swing</i>	2,50
2	<i>Globe</i>	10,0
3	<i>Gate Valve</i> - terbuka penuh	0,19
	-1/4 tertutup	1,15
	-1/2 tertutup	5,60
	-3/4 tertutup	24,0
4	<i>Cockv</i>	0,26
5	<i>Close pattern return head</i>	2,20
6	Standar	1,80
7	Belokan standar 90°	0,90
8	Belokan standar 45°	0,42

Sumber : Sullivan, 1989

### 3. Rugi *head* akibat sambungan pipa.

Rugi-rugi *head* pada aliran pipa tertutup sangat tergantung pada jenis pipa dan komponen pemipaan yang digunakan. Salah satu komponen pemipaan yang dapat menyebabkan terjadinya rugi *head* adalah fitting atau sambungan pada pipa.

Jenis-jenis *fitting* yang sering digunakan pada sistem pemipaan adalah *elbow*, *flange*, sambungan cabang empat dan sambungan T. Persamaan yang digunakan untuk mencari rugi *head* ini sama dengan rugi karena katup hanya yang membedakan adalah nilai konstanta tahanan K.

$$H = K \frac{v^2}{2g} \times n \dots \dots \dots (3.14)$$

Tabel 3.6. Koefisien K sebagai fungsi sudut belokan.

Sudut	20°	45°	60°	80°	90°
K	0.05	0.14	0.36	0.74	0.98

Tabel 3.7. Nilai tahanan K pada sambungan T.

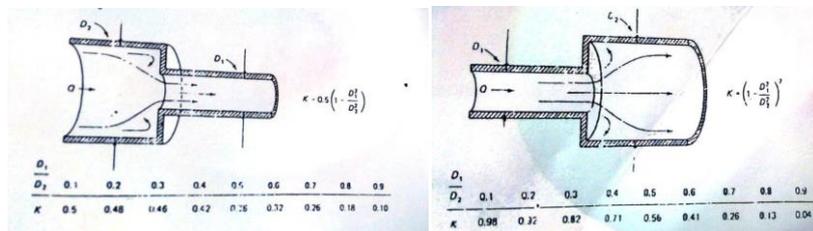
Arah Aliran	Diameter Pipa				
	2-Jan	1	2	3	4
Aliran Utama	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
Aliran Sisi	2.4	1.8	1.4	1.3	1.1

4. Rugi akibat penyempitan dalam sistem pemipaan

Kerugian tinggi-tekan  $H_e$  yang disebabkan oleh penyempitan pipa pada penampang pipa dapat di cari dengan persamaan :

$$H_c = K_c \frac{v^2}{2g} \dots \dots \dots (3.15)$$

Untuk nilai koefisien hambatan penyempitan pada sistem perpipaan yang merupakan perbandingan diameter antara diameter besar dan diameter kecil dapat dilihat dari gambar berikut.



Gambar 3.7. Nilai koefisien untuk pembesaran dan penyempitan (Streeter Victor L dan Wylie E. Benjamin, 1985).

### 3.10 Pengenalan E-PANET 2.0

EPANET 2.0 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, katup, dan tangki air atau *reservoir*. E-PANET 2.0 dikembangkan oleh *Water Supply and Water Resources Division USEPA'S National Risk Management Research Laboratory* dan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 dan versi yang baru diterbitkan pada tahun 1999.

E-PANET 2.0 didesain sebagai alat untuk mencapai dan mewujudkan pemahaman tentang pergerakan dan karakteristik kandungan air minum dalam jaringan distribusi. Juga dapat digunakan untuk berbagai analisa berbagai aplikasi jaringan distribusi. Sebagai contoh untuk pembuatan *design*, kalibrasi model hidrolis, analisa sisa khlor, dan analisa pelanggan.

E-PANET 2.0 dapat membantu dalam *me-manage* strategi untuk merealisasikan kualitas air dalam suatu sistem. Semua itu mencakup:

1. Alternatif penggunaan sumber dalam berbagai sumber dalam suatu sistem.
2. Alternatif pemompaan dalam penjadwalan pengisian atau pengosongan tangki.
3. Penggunaan *treatment*, misal khlorinasi pada tangki.
4. Pentargetan pembersihan pipa dan pengantiannya.

Dijalankan dalam lingkungan Windows, EPANET 2.0 dapat terintegrasi untuk melakukan editing dalam pemasukan data, *running* simulasi dan melihat hasil *running* dalam berbagai bentuk (format), Sudah pula termasuk kode-kode yang berwarna pada peta, tabel data-data, grafik, serta citra kontur.

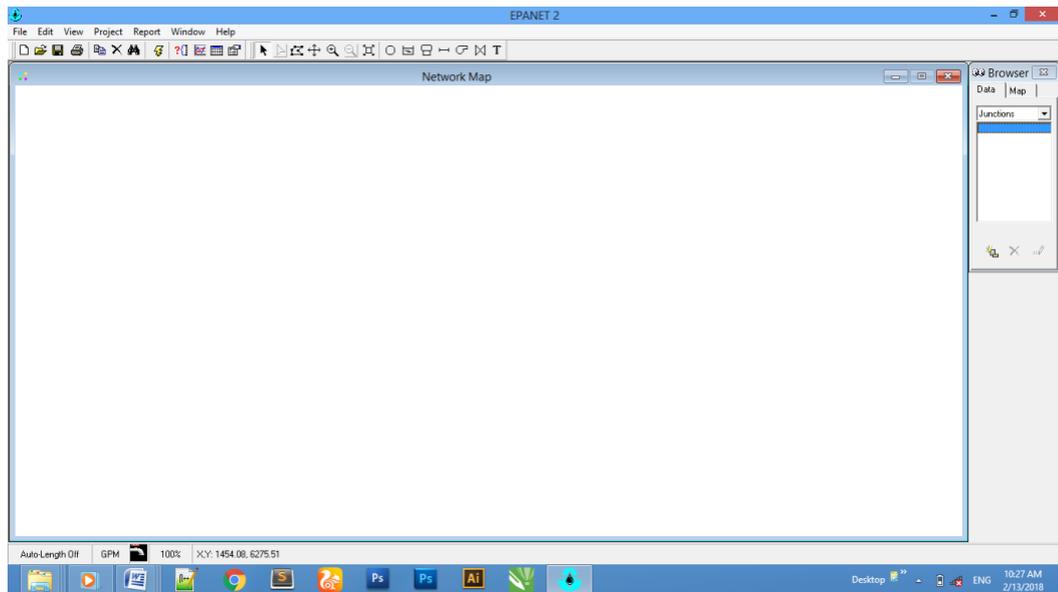
Hasil yang didapat dari simulasi hidrolis dan performansi jaringan menggunakan EPANET 2.0 yaitu keseimbangan jaringan, arah aliran, *head* yang terjadi. Selain itu, analisa sebuah jaringan pipa dengan menggunakan EPANET 2.0 dapat membantu kita untuk memecahkan beberapa masalah diantaranya:

1. Analisa terhadap jaringan baru
2. Analisa terhadap energi dan biaya
3. Optimalisasi dari penggunaan air, kualitas air dan tekanan

Setiap formula menggunakan persamaan untuk menghitung kehilangan tekan diantara permulaan dan akhir pada sebuah pipa, yaitu:

$$hl = Aq^B \dots\dots\dots(3.16)$$

Dimana  $hl$  = *headloss* (dlm satuan panjang),  $q$  = laju aliran (Volume/waktu),  $A$  = Koefisien resistan, dan  $B$  = Faktor eksponen aliran.



Gambar 3.8 Tampilan EPANET 2.0

Tampilan E-PANET 2.0. dapat dilihat pada Gambar 3.4. Untuk menjalankan program ini diperlukan input data yang mendukung, sehingga dihasilkan output yang menunjukkan performansi jaringan tersebut. Input yang diperlukan pada program ini yaitu:

1. Input komponen yang mendukung sebuah sistem jaringan pipa yang meliputi pipa, pompa dan *reservoir*.
2. Input berupa *node* yang menghubungkan masing-masing pipa sehingga membentuk sebuah sistem jaringan pipa.
3. Input berupa nomor masing-masing komponen baik pipa, *node*, pompa, dan *reservoir*.
4. Input yang menunjukkan karakteristik masing-masing komponen yang meliputi:
  - Diameter, panjang, kekasaran bahan pipa.
  - Karakteristik pompa.