

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Perkembangan Penduduk

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dipergunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Pada umumnya banyak diperlukan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Agar dapat menentukan kebutuhan air bersih pada masa mendatang perlu terlebih dahulu diperhatikan keadaan yang ada pada saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di masa mendatang. Beberapa faktor yang mempengaruhi proyeksi penduduk adalah:

1. Jumlah populasi dalam suatu wilayah
2. Kecepatan pertumbuhan penduduk
3. Kurun waktu proyeksi

Hasil analisa ini selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan pengembangan penyediaan air bersih. Metode yang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu:

1. Metode Geometrik
2. Metode Aritmatik
3. Metode Eksponensial

2.1.1 Metode Geometrik

Dengan menggunakan metode geometrik, maka perkembangan penduduk suatu daerah dapat dihitung dengan formula sebagai berikut (Muliakusumah, 2000:115). Metode ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_n = P_o (1+r)^n \quad (2-1)$$

dengan:

P_n = jumlah penduduk dalam tahun ke-n (jiwa)

P_o = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)

r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)

n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.1.2 Metode Aritmatik

Jumlah perkembangan penduduk dengan menggunakan metode ini dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 2000:115):

$$P_n = P_0(1 + rn) \quad (2-2)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)
- n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.1.3 Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dengan persamaan berikut (Muliakusumah, 2000:115):

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \quad (2-3)$$

dengan:

- P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = angka pertambahan penduduk (%)
- n = periode tahun yang ditinjau (tahun)
- e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

Dalam studi ini, metode yang akan digunakan adalah metode eksponensial, hal tersebut didasari karena metode eksponensial menggambarkan pertambahan penduduk yang terjadi secara sedikit-sedikit sepanjang tahun, berbeda dengan metode geometrik dan aritmatik yang mengasumsikan bahwa pertumbuhan penduduk terjadi dengan jumlah yang sama setiap tahunnya. Sehingga, metode eksponensial merupakan metode yang lebih mendekati keadaan sebenarnya.

2.2 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

2.2.1 Standar Deviasi

Standar deviasi dapat diartikan sebagai nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata. Jadi, semakin besar nilai standar deviasi, maka data menjadi kurang akurat. Berikut merupakan rumusan dari perhitungan standar deviasi dengan data $n < 20$:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (2-4)$$

dengan:

S = standar deviasi

X_i = nilai varian (penduduk proyeksi)

\bar{X} = nilai rata-rata

2.2.2 Koefisien Korelasi

Pemilihan metode proyeksi pertumbuhan penduduk di atas berdasarkan cara pengujian statistik yakni berdasarkan pada nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Adapun rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut (Dajan, 1986:350):

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}} \quad (2-5)$$

dengan:

r = koefisien korelasi

X = tahun proyeksi

Y = jumlah penduduk hasil proyeksi

2.3 Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dipergunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Pada umumnya banyak diperlukan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Pemakaian air oleh masyarakat tidak terbatas pada keperluan domestik, namun untuk keperluan industri dan keperluan perkotaan. Besarnya pemakaian oleh masyarakat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tingkat hidup, pendidikan, tingkat ekonomi dan kondisi sosial. Dengan demikian, dalam perencanaan suatu sistem penyediaan air, kemungkinan penggunaan air dan variasinya haruslah diperhitungkan secermat mungkin (Linsley, 1996:91).

Macam kebutuhan air bersih umumnya dibagi atas dua kelompok yaitu:

1. Kebutuhan Domestik
2. Kebutuhan Non Domestik

2.3.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum. Besar kebutuhan domestik yang diperlukan dihitung rerata kebutuhan air per satuan orang perhari. Kebutuhan air perorang perhari disesuaikan dengan dimana orang tersebut tinggal. Setiap kategori kota tertentu mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda satu sama lainnya. Semakin besar suatu kota maka tingkat kebutuhan air juga akan semakin besar.

Menurut Linsley (1996) kebutuhan air untuk keperluan domestik digunakan di tempat-tempat hunian pribadi, rumah-rumah apartemen, dan sebagainya untuk minum, mandi, penyiraman tanaman, saniter, dan tujuan-tujuan yang lain. Kebutuhan domestik akan air berbeda-beda dari satu kota ke kota yang lain, dipengaruhi:

1. Iklim, kebutuhan air disaat cuaca atau suhu yang tinggi cenderung meningkat disbanding kebutuhan air ketika cuaca atau suhu relatif lebih rendah.
2. Karakteristik penduduk, penduduk yang berkarakter secara ekonomi kuat atau kaya maka penggunaan airnya jauh lebih besar dibandingkan dengan orang-orang yang kurang mampu secara ekonomi.
3. Permasalahan lingkungan hidup, peningkatan permasalahan lingkungan hidup akhir-akhir ini mengakibatkan adanya penemuan-penemuan alat baru yang membuat penghematan penggunaan air sehingga jumlah kebutuhan air juga berubah.
4. Harga air, dengan naiknya harga pemakaian air maka mendorong orang-orang untuk melakukan penghematan air.
5. Kualitas air, peningkatan kualitas air mendorong orang untuk meningkatkan pemakaian airnya, tetapi sebaliknya penurunan kualitas air yang terjadi mengakibatkan keengganan orang untuk memakai air.

Tabel 2. 1. Kebutuhan Air Bersih berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk

Kategori kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air (ltr/org/hr)
I	Kota Metropolitan	Diatas 1 juta	190
II	Kota Besar	500.000 - 1 juta	170
III	Kota Sedang	100.000 - 500.000	150
IV	Kota Kecil	20.000 - 100.000	130

Kategori kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air (ltr/org/hr)
V	Desa	10.000 - 20.000	100
VI	Desa Kecil	3.000 - 10.000	60

Sumber: Pedoman Kebijakan Program Pembangunan Prasarana Kota Terpadu (P3KT)
Ditjen Cipta Karya PU, 1994.

2.3.2 Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan air selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air untuk sarana sosial, tempat ibadah, sekolah, rumah sakit, asrama dan juga untuk keperluan komersil seperti industri, hotel, perdagangan serta untuk pelayanan jasa umum. Adapun besarnya kebutuhan non domestik berdasarkan Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik.

Tabel 2. 2. Kebutuhan Air non Domestik Kota Kategori I, II, III dan IV

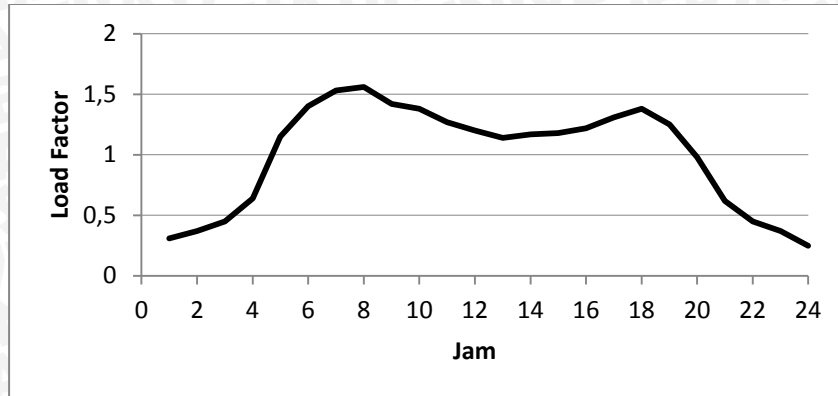
No	Sektor	Kebutuhan Air
1	Sekolah	10 L/orang/hari
2	Rumah Sakit	200 L/tempat tidur/hari
3	Puskesmas	2000 L /hari
4	Masjid	3000 L/hari
5	Kantor	10 L/orang/hari
6	Pasar	12000 L/hektar/hari
7	Hotel	150 L/tempat tidur/hari
8	Rumah Makan	100 L/tempat duduk/hari
9	Kompleks Militer	60 L/orang/hari
10	Kawasan Industri	0,2-0,8 L/detik/hari
11	Kawasan Pariwisata	0,1-0,3 L/detik/hari

Sumber: Ditjen Cipta Karya PU, 1994.

2.4 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pada umumnya masyarakat/pelanggan di Indonesia melakukan aktifitas penggunaan air pada pagi dan sore hari, dengan tingkat pemakaian air lebih banyak daripada jam-jam lainnya. Dan pada malam hari, pemakaian air yang relatif kecil. Dari keseluruhan aktifitas dan konsumsi selama sehari (24 jam) dapat diketahui konsumsi rata-rata dan koefisien jam puncak untuk hari yang dimaksud.

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidaklah berlangsung konstan, namun terjadi fluktuasi antara waktu yang satu dengan waktu yang lain. Dengan memasukkan faktor kehilangan air ke dalam kebutuhan dasar, maka selanjutnya disebut sebagai fluktuasi kebutuhan air.



Gambar 2.1. Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Harian
Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU(1994:24)

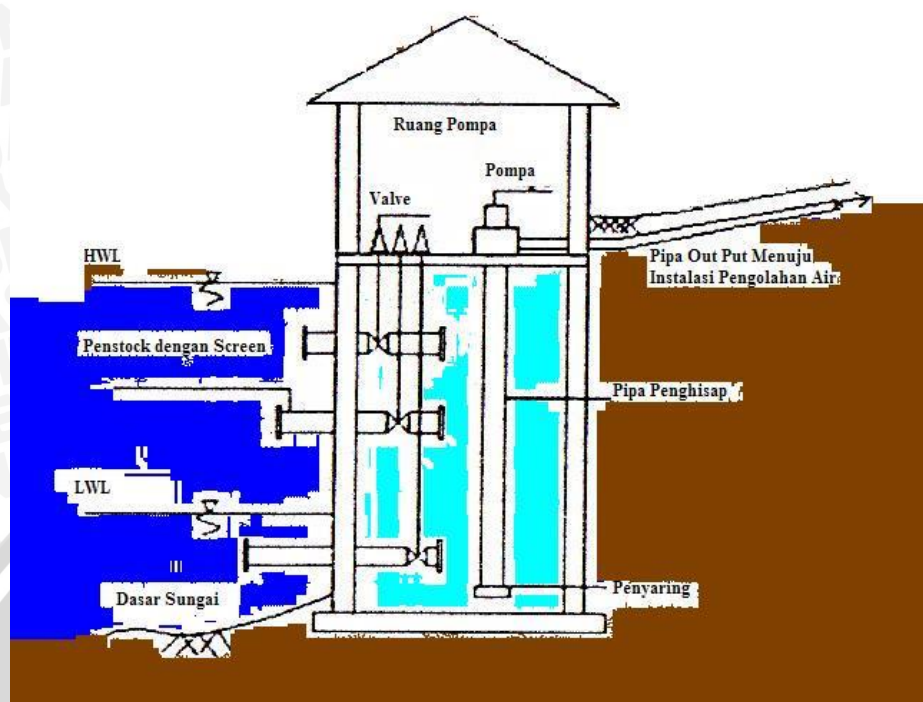
Tabel 2. 3. Faktor Pengali (*Load Factor*) Terhadap Kebutuhan Air Bersih

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,31	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

Sumber: Ditjen Cipta Karya Departemen PU, 1994.

2.5 Bangunan Penangkap Pada Bendung

Sebelum air dari sungai masuk ke unit penyaringan diperlukan suatu bangunan penangkap (*intake*) untuk mengambil air dari sumber air di permukaan tanah. Pada studi ini digunakan *river intake* karena pengambilan air permukaan berasal dari debit sungai. *River intake* terdiri atas sumur beton berdiameter 3-6 m yang dilengkapi 2 atau lebih pipa besar yang disebut *penstock*. Pipa-pipa tersebut dilengkapi dengan katup sehingga memungkinkan air memasuki *intake* secara berkala. Air yang terkumpul dalam sumur kemudian dipompa dan dikirim ke instalasi pengolahan, dimana pada studi ini adalah saringan pasir lambat. Desain rencana *river intake* yang akan digunakan dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. River Intake

Sumber : <http://pengolahanairbaku.blogspot.co.id/> (diakses tanggal 6 Oktober 2015)

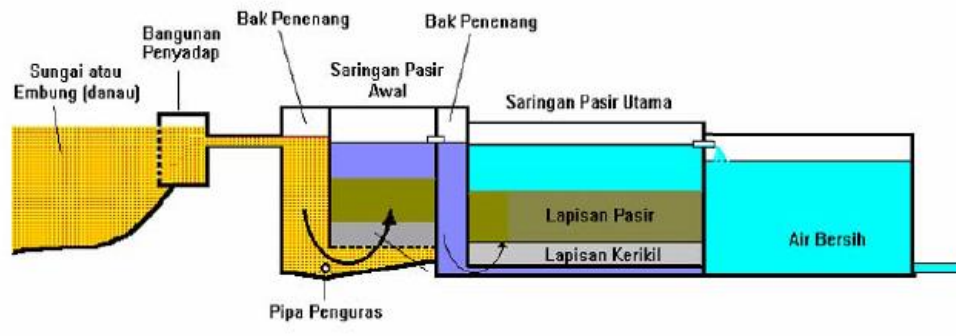
2.6 Saringan Pasir Lambat *Up Flow*

Teknologi saringan pasir lambat yang banyak diterapkan di Indonesia biasanya adalah saringan pasir lambat konvensional dengan arah aliran dari atas ke bawah (*down flow*), sehingga jika kekeruhan air baku naik, terutama pada waktu hujan, maka sering terjadi penyumbatan pada saringan pasir, sehingga perlu dilakukan pencucian secara manual dengan cara mengeruk media pasirnya dan dicuci, setelah bersih dipasang lagi seperti semula, sehingga memerlukan tenaga yang cukup banyak. Ditambah lagi dengan faktor iklim di Indonesia yakni ada musim hujan air baku yang ada mempunyai kekeruhan yang sangat tinggi. Hal inilah yang sering menyebabkan saringan pasir lambat yang telah dibangun kurang berfungsi dengan baik, terutama pada musim hujan.

Dengan sistem penyaringan dari arah bawah ke atas (*up flow*), jika saringan telah jenuh atau buntu, dapat dilakukan pencucian balik dengan cara membuka kran penguras. Dengan adanya pengurasan ini, air bersih yang berada di atas lapisan pasir dapat berfungsi sebagai air pencuci media penyaring. Dengan demikian pencucian media penyaring pada saringan pasir lambat *up flow* tersebut dilakukan tanpa mengeluarkan atau mengeruk media penyaringnya, dan dapat dilakukan kapan saja.

Saringan pasir lambat *up flow* ini mempunyai keunggulan dalam hal pencucian media saringan (pasir) yang mudah, serta hasilnya sama dengan saringan pasir yang konvensional.

Kapasitas pengolahan dapat dirancang dengan berbagai macam ukuran sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.



Gambar 2.3. Diagram proses pengolahan dengan sistem saringan pasir lambat *up flow*
 Sumber : <http://www.kelair.bppt.go.id/Publikasi/BukuAirMinum> (diakses tanggal 6 Oktober 2015)

Untuk merancang saringan pasir lambat, beberapa kriteria perencanaan yang harus dipenuhi antara lain :

- Kecepatan penyaringan antara 5-10 m³/m²/hari
- Tinggi lapisan pasir 70-100 cm
- Tinggi lapisan kerikil 25-30 cm
- Tinggi muka air di atas media pasir 40-120 cm
- Tinggi ruang bebas antara 25-40 cm
- Diameter pasir yang digunakan kira-kira 0,2-0,4 mm
- Jumlah bak penyaring minimal dua buah.

Unit pengolahan air dengan saringan pasir lambat merupakan suatu paket, air baku yang digunakan yakni air sungai atau air danau yang tingkat kekeruhannya tidak terlalu tinggi. Jika tingkat kekeruhan air bakunya cukup tinggi misalnya pada waktu musim hujan, maka agar supaya beban saringan pasir lambat tidak terlalu besar, maka perlu dilengkapi dengan peralatan pengolahan pendahuluan misalnya bak pengendapan awal atau saringan *up flow* dengan media kerikil atau batu pecah.

Secara umum, proses pengolahan air bersih dengan saringan pasir lambat *up flow* terdiri atas unit proses :

- Bangunan penyadap

- Bak penampung
- Saringan awal
- Saringan pasir utama
- Bak air bersih
- Perpipaian, kran, sambungan dll.

2.7 Hidraulika Aliran Pada Sistem Jaringan Pipa Air Bersih

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya, yaitu (Priyantoro, 1991:6):

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
2. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
3. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis referensi (*datum line*).

2.7.1 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa berbeda-beda tergantung jenis pipa yang digunakan, hal ini juga akan disesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari adanya pemompaan. Kecepatan tidak boleh terlalu kecil sebab dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, selain itu juga diameter pipa jadi berkurang karena adanya endapan itu, dan itu akan membebani biaya perawatan. Sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai headloss yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Untuk menghitung kecepatan digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = A.V \quad (2-6)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi . D^2 . V \quad (2-7)$$

2.7.2 Hukum Bernoulli

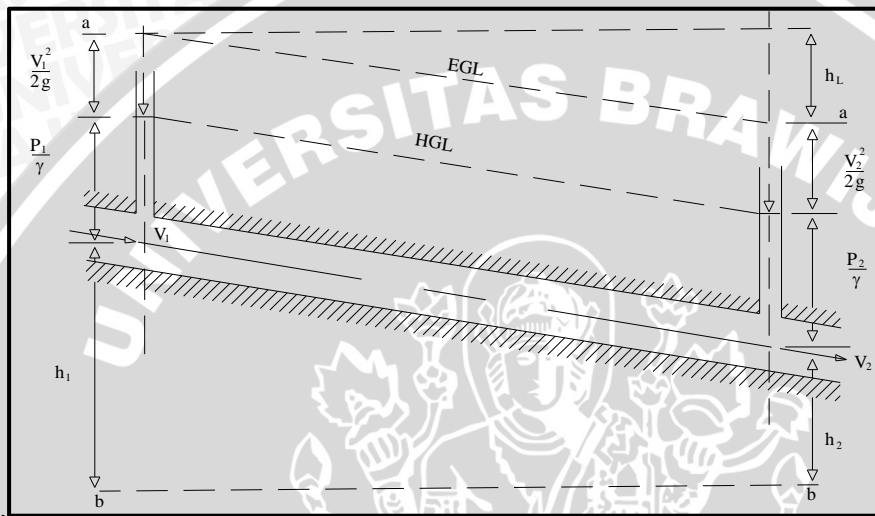
Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Hal tersebut dikenal dengan prinsip Bernoulli, bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah

jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut:

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

$$E_{\text{Tot}} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \quad (2-8)$$

Menurut teori Kekekalan Energi dari Hukum Bernoulli apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dapat dijelaskan pada Gambar 2.2. berikut :



Gambar 2.4. Garis Tenaga dan Tekanan pada Zat Cair
Sumber: Priyantoro (1991:7)

Adapun persamaan Bernoulli dalam gambar diatas dapat ditulis sebagai berikut (Priyantoro, 1991:8):

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad (2-9)$$

dengan:

$$\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w} = \text{tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)}$$

$$\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g} = \text{tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)}$$

$$p_1, p_2 = \text{tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m}^2\text{)}$$

$$\gamma_w = \text{berat jenis air (kg/m}^3\text{)}$$

$$V_1, V_2 = \text{kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)}$$

$$g = \text{percepatan gravitasi (m/det}^2\text{)}$$

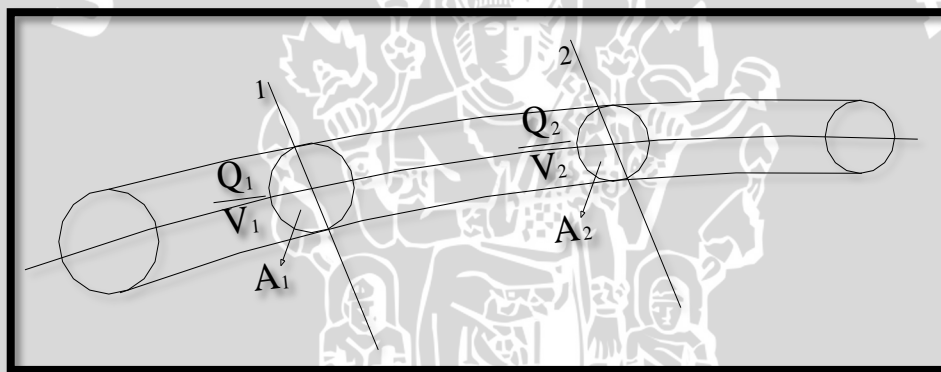
h_1, h_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

H_f = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada Gambar 2.4. tampak garis yang menunjukkan besarnya tekanan air pada penampang tinjauan. Garis tekanan ini pada umumnya disebut garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan garis gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Pada gambar juga tampak adanya perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 merupakan kehilangan energi (*head loss*) yang terjadi sepanjang antara penampang 1 dan 2.

2.7.3 Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang A m² dan kecepatan v m/det akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dalam persamaan Hukum Kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.5.



Gambar 2.5. Aliran dengan Penampang Pipa yang Berbeda
Sumber: Triatmodjo (1996:137)

Hubungan antara Hukum Kontinuitas dengan ketiga bagan pada Gambar 2.5. dapat ditunjukkan dengan dua persamaan berikut (Priyantoro, 1991:8):

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (2-10)$$

dengan:

Q = debit yang mengalir (m³/detik)

A = luas penampang (m²)

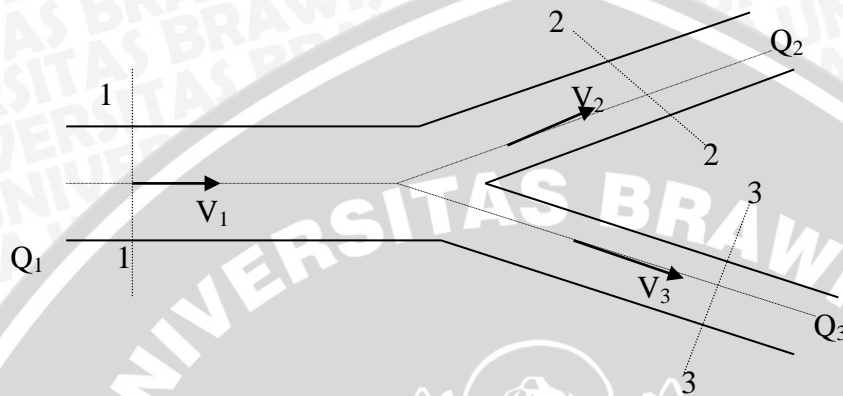
V = kecepatan (m/detik)

Hal ini juga berlaku pada pipa bercabang. Hukum Kontinuitas pada pipa bercabang, dimana debit yang masuk ke dalam pipa akan sama dengan penjumlahan dari debit-debit yang keluar dari percabangan pipa.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (2-11)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3$$

Hukum Kontinuitas pada pipa bercabang seperti diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Pipa Bercabang
Sumber: Linsley (1996:276)

Pada jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa berfungsi sebagai sarana mengalirkan zat cair dari suatu titik simpul ke titik simpul yang lain. Aliran dalam pipa timbul bila terjadi perbedaan tekanan pada dua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa.

2.7.4 Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Pada perencanaan jaringan pipa air tidak mungkin dapat dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama air mengalir melalui pipa tersebut. Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

2.7.4.1 Kehilangan Tinggi Mayor (*Major Losses*)

Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung juga pada jenis pipa. Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini yaitu dari *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*, *Colebrook-White* dan *Swamme-Jain*. Adapun besarnya kehilangan tinggi tekan mayor dalam kajian ini dihitung dengan persamaan *Hazen-Williams* (Priyantoro, 1991:21):

$$Q = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-12)$$

$$V = 0.85 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-13)$$

dengan:

V = kecepatan aliran pada pipa (m/det)

C_{hw} = koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams* (Tabel 2.4)

A = luas penampang aliran (m²)

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

S = kemiringan hidraulik

$$= h_f / L$$

R = jari-jari hidrolis (m)

$$= \frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D}$$

$$= D / 4$$

Untuk $Q = V / A$, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut *Hazen-Williams* sebesar (Joko,2010:28):

$$h_f = k \cdot Q^{1.85} \quad (2-14)$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (2-15)$$

dengan:

h_f = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

D = Diameter pipa (m)

k = koefisien karakteristik pipa

L = panjang pipa (m)

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

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

Tabel 2.4. Koefisien Kekasaran Dinding Pipa

Bahan	Nilai k (mm)	Nilai C	
		Pipa baru	>10 tahun
Pipa PVC	0,20	150	100-110
Pipa AC	0,25	120	110
Pipa Steel	0,50	130	100
Pipa baja yang telah tua dan berkarat	1-2	130	100

Sumber:Unit Air Baku dalam Sistem Penyediaan Air Minum(2010:35)

Adapun penggunaan metode *Hazen-Williams* ini disebabkan karena metode *Hazen-Williams* ini paling sering digunakan oleh para teknisi dalam merencanakan sistem perpipaan (Priyantoro, 1991:20). Selain itu penentuan nilai koefisien kekasaran pada masing-masing jenis bahan pipa juga lebih mudah karena tidak dalam bentuk grafik seperti pada metode yang lain sehingga kesalahan dalam penentuan nilai kekasaran dapat lebih diminimalisir.

2.7.4.2 Kehilangan Tinggi Minor (*Minor Losses*)

Kehilangan energi minor diakibatkan oleh perubahan penampang pipa, sambungan, belokan, dan katup. Kehilangan tenaga akibat gesekan pada pipa panjang biasanya jauh lebih besar daripada kehilangan tenaga sekunder, sehingga pada keadaan tersebut biasanya kehilangan tenaga sekunder diabaikan. Pada pipa pendek kehilangan tenaga harus diperhitungkan. Apabila kehilangan tenaga sekunder kurang dari 5% dari kehilangan tenaga akibat gesekan maka kehilangan tenaga tersebut dapat diabaikan (Joko, 2010:29)

Untuk memperkecil kehilangan tenaga sekunder, perubahan penampang atau belokan jangan dibuat mendadak tapi berangsur-angsur.

Adapun kehilangan tinggi tekan minor dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$h_f = k \frac{Q}{2A^2 g} \quad (2-16)$$

Atau

$$h_{Lm} = k \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (2-17)$$

dengan:

h_{Lm} = kehilangan tinggi minor (m)

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det²)

K = koefisien kehilangan tinggi tekan minor (Tabel 2.5)

Besarnya nilai koefisien K sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik pengecilan, pembesaran, belokan, dan katup. Namun nilai K ini masih merupakan pendekatan karena dipengaruhi bahan, kehalusan sambungan, dan umur sambungan. Adapun nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
<i>Bell mounth</i>	0,03 – 0,05	R/D = 4	0,16-0,18
<i>Rounded</i>	0,12-0,25	R/D = 2	0,19-0,25
<i>Sharp Edged</i>	0,50	R/D = 1	0,35-0,40
<i>Projecting</i>	0,80	Belokan Tertentu	
Pengecilan Tiba-tiba		$\theta = 15^\circ$	0,05
$D_2/D_1 = 0,80$	0,18	$\theta = 30^\circ$	0,10
$D_2/D_1 = 0,50$	0,37	$\theta = 45^\circ$	0,20
$D_2/D_1 = 0,20$	0,49	$\theta = 60^\circ$	0,35
Pengecilan Mengerucut		$\theta = 90^\circ$	0,80
$D_2/D_1 = 0,80$	0,05	T (Tee)	
$D_2/D_1 = 0,50$	0,07	Aliran searah	0,03-0,04
$D_2/D_1 = 0,20$	0,08	Aliran bercabang	0,75-1,80
Pembesaran Tiba-tiba		Persilangan	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,16	Aliran searah	0,50
$D_2/D_1 = 0,50$	0,57	Aliran bercabang	0,75
$D_2/D_1 = 0,20$	0,92	45° Wye	
Pembesaran Mengerucut		Aliran searah	0,30
$D_2/D_1 = 0,80$	0,03	Aliran bercabang	0,50
$D_2/D_1 = 0,50$	0,08		
$D_2/D_1 = 0,20$	0,13		

Sumber:Haestad(2001)

2.8 Komponen Sistem Jaringan Pipa Air

2.8.1 Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dan sumber air ke tandon, maupun dari tandon ke konsumen. Pipa tersebut memiliki bentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam-macam.

2.8.1.1 Jenis Pipa

Pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa digunakan untuk mengalirkan fluida dengan tampang aliran penuh, apabila zat cair dalam pipa tidak penuh maka aliran termasuk dalam aliran saluran terbuka (Triatmodjo, 2008:25). Dalam pemilihan pipa yang akan dipakai sangat dipengaruhi pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:

1. Kondisi yang digunakan:

- Tekanan (tersebut saat pengoperasian dan pemindahan)
- Beban tanah, kapasitas tanah dan potensi daerah yang digunakan
- Potensi korosi dari tanah
- Potensi korosi dari air

2. Ketersediaan:

- Ketersediaan bahan pipa dan pengalaman ahli dalam menginstalasi pipa
- Ukuran dan ketebalan
- Potensi korosi dari air

3. Karakteristik pipa:

- Kekuatan pipa (khususnya jika terjadi pukulan air)
- Bentuk
- Ketahanan terhadap korosi
- Ketahanan terhadap gesekan air

4. Ekonomi:

- Biaya (biaya instalasi termasuk pekerjaan dan bahan)
- Usia pipa yang dibutuhkan
- Biaya perbaikan dan pemeliharaan

Dalam studi ini, digunakan jenis pipa PVC (*polyvinyl chloride*). Tipe Pipa PVC yg digunakan adalah Pipa PVC Swallow Standard SNI 06-0084-2002. Tipe Pipa PVC Swallow S-16 dengan diameter hingga 16 inchi, mampu menahan tekanan kerja hingga 8 bar. Hal itu disebabkan karena kekakuan pipa PVC adalah tiga kali kekakuan pipa *polythene* biasa.

Pipa PVC tahan terhadap asam organik, alkali dan garam, senyawa organik, serta korosi. Pipa ini banyak digunakan untuk penyediaan air dingin di dalam maupun di luar sistem penyediaan air minum, sistem pembuangan, dan drainase bawah tanah..

2.8.1.2 Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih

Dalam perencanaan jaringan pipa harus memenuhi kriteria-kriteria agar pada saat pengoperasian dapat berjalan sesuai dengan standar yang ada.

Tabel 2. 6. Kriteria Jaringan Pipa

Perubahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecepatan 0,1-2,5 m/detik <ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan kurang dari 0,1 m/detik <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkan pompa c. Elevasi hulu pipa hendaknya lebih tinggi (d disesuaikan di lapangan) - Kecepatan lebih dari 2,5 m/detik <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir 2. <i>Headloss Gradient</i> 0 – 15 m/km <ul style="list-style-type: none"> - <i>Headloss Gradient</i> lebih dari 15 m/km <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa 3. Tekanan 16 Bar (163,2 mH₂O) <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan kurang dari 0 Bar <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Ditambahkan pompa c. Pemasangan pipa yang kedua di bagian atas, sebagian atau keseluruhan dari panjang pipa - Tekanan lebih dari 16 Bar (163,2 mH₂O) <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkan bangunan bak pelepas tekan c. Pemasangan <i>Pressure Reducer Valve</i> (PRV)
-----------	--

Sumber: SNI 06-4829-2005

Tabel 2. 7. Diameter Pipa Distribusi

Cakupan Sistem	Pipa Distribusi Utama	Pipa Distribusi Pembawa	Pipa Distribusi Pembagi	Pipa Pelayanan
Sistem Kecamatan	≥ 100 mm	75-100 mm	75 mm	50 mm
Sistem Kota	≥ 150 mm	100-150 mm	75 mm	50-75 mm

Sumber: Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum (2007:62)

Dalam perencanaan dimensi pipa harus memenuhi ketentuan teknis sebagai berikut:

- Pipa harus direncanakan untuk mengalirkan debit maksimum harian;
- Kehilangan tekanan dalam pipa tidak lebih 30% dari total tekanan statis (head statis) pada sistem perpipaan dengan pemompaan. Untuk sistem gravitasi, kehilangan tekanan maksimum 5 m/1000 m.

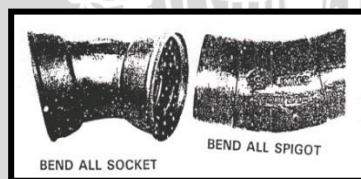
2.8.2 Sarana Penunjang

Pipa yang bisa digunakan dalam distribusi air minum harus dilengkapi dengan alat bantu agar bisa berfungsi dengan baik, seperti :

1. Sambungan antar pipa

- Mangkok (*bell*) dan Lurus (*spigot*)

Spigot dari suatu pipa dimasukkan ke dalam *bell (socket)* pipa lainnya untuk menghindari suatu kebocoran.



Gambar 2.7. Socket dan Spigot

- *Flange Joint*

Biasanya digunakan untuk pipa yang bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dengan pompa perlu disiapkan *packing* diantara *flange* untuk mencegah kebocoran.



Gambar 2.8. Flange Joint

- *Increaser* dan *Reducer*

Increaser digunakan untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke pipa yang berdiameter lebih besar. Sedangkan *reducer* digunakan untuk menyambung pipa dari diameter besar ke diameter yang lebih kecil.



Gambar 2.9. Increaser



Gambar 2.10. Reducer

- Perlengkapan “T”

Untuk pipa sekunder dipasang tegak lurus (90°) pada pipa primer berbentuk T. Pada ujung-ujungnya perlengkapan dapat terdiri dari kombinasi *spigot*, *socket* dan *flens*.



Gambar 2.11. Sambungan T

- Perlengkapan “Y”

Digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang, misalnya sambungan untuk pipa sekunder yang dipasang pada primer dengan sudut 45° .



Gambar 2.12. Sambungan Y

- Belokan (*bend/elbow*)

Belokan (*Bend*) digunakan untuk mengubah arah dari lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar adalah $11\ 1/4^\circ$, $22\ 1/2^\circ$, 45° dan 90°



Gambar 2.13. Belokan 45°

2. Katup (*valve*)

- PRV (*Pressure Reducin Valve*) atau katup penurun tekanan.

Digunakan untuk menanggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup. Jika tekanan naik melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.



Gambar 2.14. Katup Penurun Tekanan

- PSV (*Pressure Sustaining Valve*) atau katup penstabil tekanan.

Digunakan untuk menanggulangi penurunan secara drastis pada tekanan di hulu dari nilai yang telah ditetapkan. Jika tekanan di hulu lebih rendah dari batas minimumnya, maka katup akan menutup.



Gambar 2.15. Katup Penstabil Tekanan

- GPV (*General Purpose Valve*) atau katup biasa.

Katup biasa (GPV) dapat digunakan untuk menyatakan sebuah ikatan jika hubungan antara aliran dan kehilangan tinggi dapat disediakan oleh penggunaan, sebagai pengganti dari salah satu rumus standar hidrolika.



Gambar 2.16. Katup Biasa

- Katup Penguras (BO)

Katup penguras dipasang pada pipa transmisi yang elevasinya paling rendah pengurasan / pencucian pipa agar kotoran – kotoran yang mengendap pada pipa dapat dibuang dengan mudah. Katup penguras ini modelnya sama dengan katup pengatur debit yang membedakan hanya fungsi penggunaannya.



Gambar 2.17. Katup Penguras

- *Air Relief Valve/BR* (Katup Udara)

Katup udara dipasang pada jaringan pipa transmisi pada bagian elevasi tertinggi misalnya pada jembatan – jembatan pipa dimaksudkan guna membuang udara

yang ada di dalam pipa hal ini guna menjamin kelancaran aliran air. Katup udara ini yang umum digunakan adalah model tunggal dan model ganda yang biasa dikenal dengan nama *air vent valve*.



Gambar 2.18. Katup Udara

3. Meter Air

Meter air digunakan untuk mengetahui debit atau jumlah aliran yang mengalir dalam pipa. Salah satu manfaat penggunaan meter air pada sistem jaringan penyediaan air bersih adalah untuk mengetahui jumlah air yang mengalir ke konsumen.

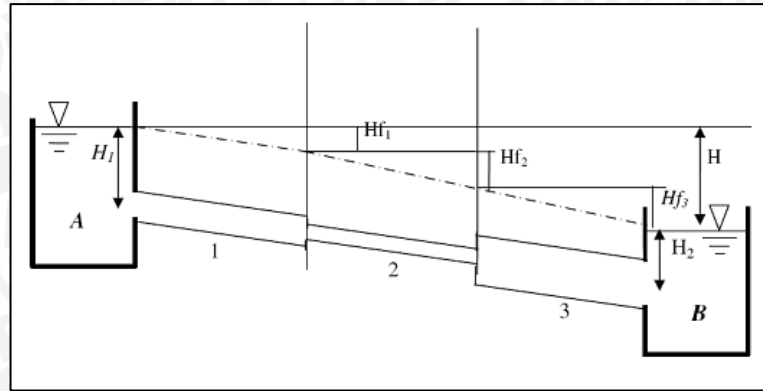


Gambar 2.19. Meter Air

2.9 Sistem Pemipaan

2.9.1 Pipa Hubungan Seri

Apabila dalam suatu saluran pipa terdiri dari pipa dengan ukuran yang berbeda-beda yang tersambung dengan diameter yang sama, maka pipa tersebut dalam hubungan seri, pemasangan pipa secara seri akibat adanya dari perbedaan ukuran akan menimbulkan beberapa kehilangan tinggi (Triatmodjo, 2008:73)



Gambar 2.20. Pipa Hubungan Seri
Sumber: Triatmodjo (2008:74)

Persamaan Kontinuitas (Triatmodjo, 1996:74):

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (2-19)$$

dengan:

Q = total debit pada pipa yang terpasang seri (m^3/det)

Q_1, Q_2 = adalah debit pada pipa 1 dan 2 (m^3/det)

Sedangkan untuk total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang seri (Triatmodjo, 1996:74):

$$H = hf_1 + hf_2 \quad (2-20)$$

dengan:

H = Total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang seri (m)

hf_1, hf_2 = Kehilangan pada tiap pipa (m)

2.9.2 Pipa Hubungan Paralel

Apabila dua pipa atau lebih yang terletak sejajar dan pada ujungnya dihubungkan oleh satu simpul maka pipa tersebut dipasang dalam kondisi paralel. Debit total dalam pemasangan seri merupakan hasil dari penjumlahan debit aliran tiap pipa, sedangkan kehilangan tekanan pada tiap pipa adalah sama.

Persamaan garis energi pada pipa paralel:

$$H = hf_1 = hf_2 = hf_3 \quad (2-21)$$

dengan:

hf_1, hf_2 dan hf_3 = Kehilangan tekan tiap pipa (m)

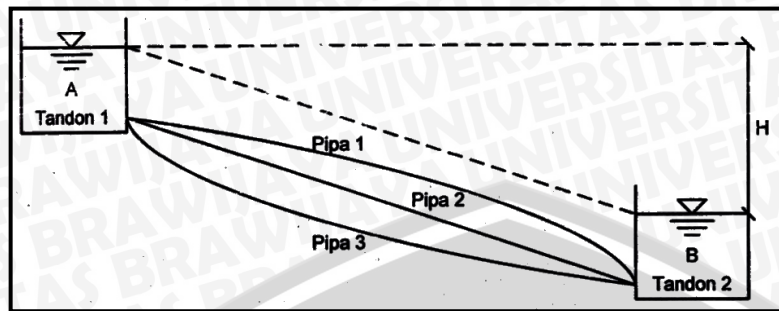
Sedangkan persamaan kontinuitasnya:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2-22)$$

dengan:

Q = Total debit pada pipa paralel (m^3/dt)

Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada tiap pipa (m^3/dt)



Gambar 2.21. Pipa Hubungan Paralel
Sumber: Triatmodjo (2008:79)

2.10 Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan *WaterCAD*

Analisis sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang rumit. Penyebab utama rumitnya analisis dikarenakan banyaknya jumlah proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih jaringan tersebut.

Pada saat ini program-program komputer di bidang perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sudah demikian berkembang dan maju sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dapat diatasi dengan menggunakan program tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya.

Beberapa program komputer di bidang rekayasa dan perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih diantaranya adalah program *Loops*, *Wadiso*, *Epanet 1.1*, *Epanet 2.0*, *WaterCAD*, dan *WaterNet*. Dalam studi ini digunakan program *WaterCAD V8i Series5* karena program ini tergolong baru dan belum banyak diketahui dalam fungsinya untuk menganalisis sistem jaringan distribusi air bersih.

2.10.1 Deskripsi Program *WaterCad*

Program *WaterCAD* yang digunakan adalah *WaterCAD V8i Series5* merupakan produksi dari *Bentley* dengan jumlah pipa yang mampu dianalisis yaitu lebih dari 250 buah pipa sesuai pemesanan spesifikasi program *WaterCAD V8i Series5* pada *Bentley*. Program ini dapat bekerja pada sistem *Windows7* serta *Windows NT 4.0*. Program ini memiliki tampilan *interface* yang memudahkan pengguna untuk menyelesaikan lingkup perencanaan dan pengoptimalisasian sistem jaringan distribusi air baku, seperti (*Bentley*):

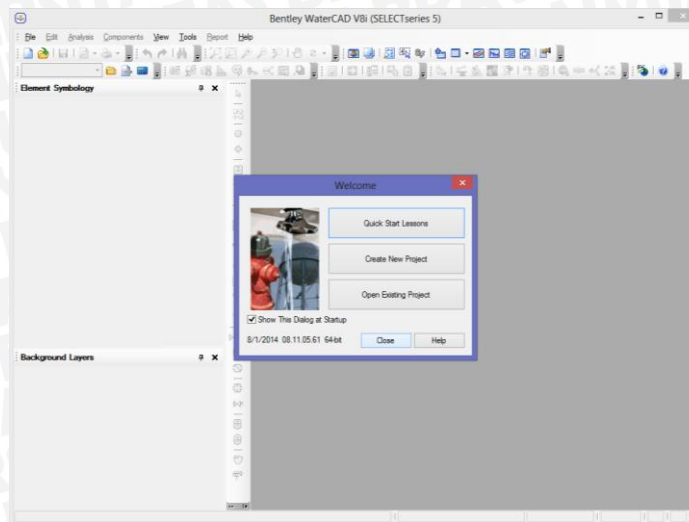
- Menganalisis sistim jaringan distribusi air pada satu kondisi waktu (kondisi permanen).
- Menganalisis tahapan-tahapan atau periodisasi simulasi pada sistim jaringan terhadap adanya kebutuhan air yang berfluktuatif menurut waktu (kondisi tidak permanen).
- Menganalisis skenario perbandingan atau alternatif jaringan pada kondisi yang berlainan pada satu file kerja.
- Menganalisis kondisi jaringan pada saat kondisi ekstrim untuk keperluan pemadam kebakaran atau *hydrant (fire flow analysis)*.
- Menganalisis kualitas air pada sistim jaringan distribusi air baku.
- Menghitung konstruksi biaya dari sistim jaringan distribusi air baku yang dibuat.

Adapun kelebihan program *WaterCADV8i Series5* dibandingkan dengan program lain adalah (*Bentley*):

- Mendukung *GIS database connection* (Sistim Informasi Geografis) pada program *ArcView*, *Arinfo*, *ArcCAD*, *MapInfo* dan *AutoCAD* yang memudahkan untuk penggabungan model hidrolis *WaterCad* dengan database utama pada program tersebut.
- Mendukung program *Microsoft Office*, *Microsoft Excel* dan *Microsoft Access* untuk *sharing* data pada file *WaterCad*.
- Mendukung program *Epanet* versi *Windows* dan *Kypipe* sehingga dapat mengubah *file* jaringan pipa program tersebut ke dalam bentuk *file WaterCad (.wtg)*.

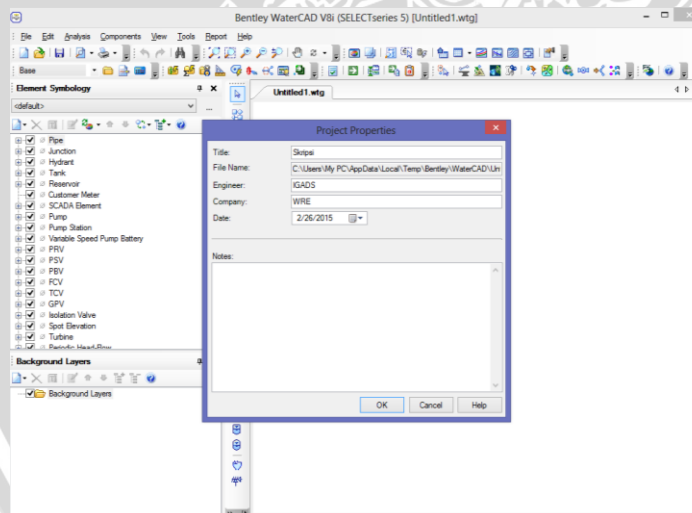
2.10.2 Tahapan-tahapan dalam Penggunaan Program *WaterCAD*

Pada setiap pembukaan awal program *WaterCADV8i Series5*, akan diperlihatkan sebuah *dialog box* yang disebut *welcome dialog*. Kotak tersebut memuat *Quick Start Lesson*, *Create New Project*, *Open Existing Project* serta *Open from Project Wise* seperti terlihat pada gambar di bawah. Melalui *welcome dialog* ini pengguna dapat langsung mengakses ke bagian lain untuk menjalankan program ini.



Gambar 2.22. Tampilan *Welcome Dialog* pada *WaterCADV8i Series5*

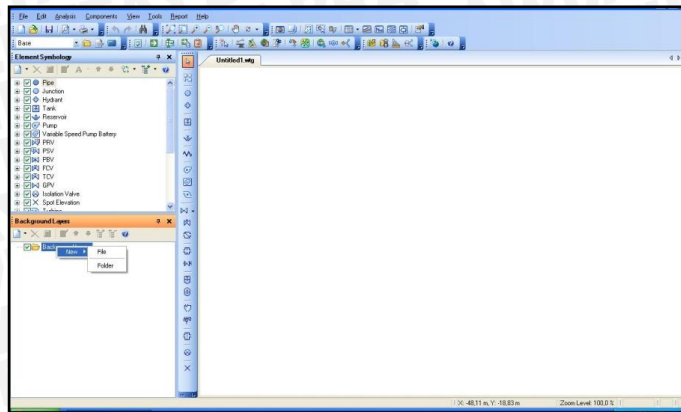
Quick Start Lesson, digunakan untuk mempelajari program dengan melihat contoh jaringan yang telah disediakan. *WaterCADV8i Series5* akan menuntun kita memahami cara menggunakan program ini. Untuk membuka *Quick Start Lesson* dilakukan dengan mendouble klik kotak *Quick Start Lesson* dan *Create New Project* digunakan untuk membuat lembar kerja baru.



Gambar 2.23. Tampilan *Project Properties* pada *WaterCADV8i Series5*

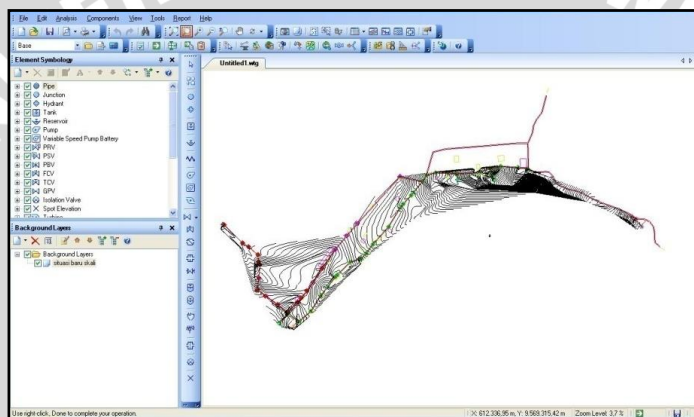
Pembuatan lembar kerja baru atau *Create New Project* pada program *WaterCADV8i Series5* ini dapat dilakukan dengan mendouble klik *Create New Project* pada *Welcome Dialog*. Setelah masuk ke dalam lembar kerja baru tampilkan *Background Layers* dengan cara mengklik kanan *Background Layers–New–File* dan pilih *file dxf*.

Setelah file *dxf* terpilih masuk dalam *dxf. Properties* dan unit diganti dalam m (meter). Setelah itu klik OK dan *zoom extents*.



Gambar 2.24. Tampilan Lembar Kerja pada *WaterCADV8i Series5*

Setelah *Background Layers* muncul dalam tampilan maka perencanaan atau penggambaran jaringan bisa dilakukan.



Gambar 2.25. Tampilan *Background Layers* pada *WaterCADV8i Series5*

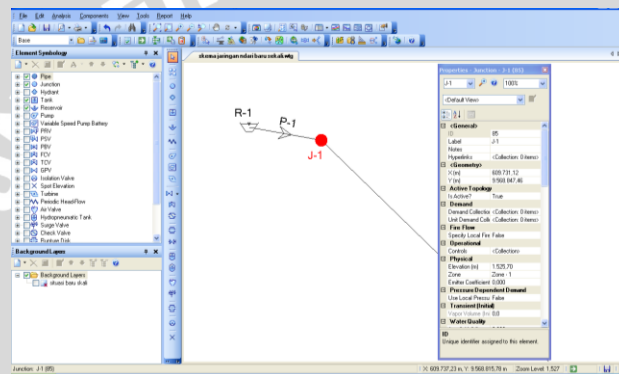
Setelah penggambaran jaringan dilakukan adalah pengisian data-data teknis dan pemodelan komponen-komponen sistim jaringan distribusi air baku yang akan dipakai dalam penggambaran yang memudahkan untuk pengecekan. Komponen tersebut terdiri dari *reservoir*, pipa, titik simpul (*junction*), tandon, dan lain-lain.

Dalam *WaterCADV8i Series5*, komponen-komponen sistim jaringan distribusi air baku seperti titik reservoir, pipa, titik simpul (*junction*), tandon tersebut dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen tersebut di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, *WaterCADV8i Series5* telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistim jaringan distribusi air baku dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen

tersebut dalam *WaterCADV8i Series5*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistim jaringan distribusi air baku dalam *WaterCADV8i Series5* adalah sebagai berikut:

A. Pemodelan titik-titik simpul (*junction*)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air baku. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Jenis aliran yang berupa kebutuhan air baku digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran masuk digunakan bila pada titik simpul tersebut ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air baku pada titik simpul tersebut.



Gambar 2.26. Tampilan Pengisian Data Teknis *Junction* pada *WaterCADV8i Series5*

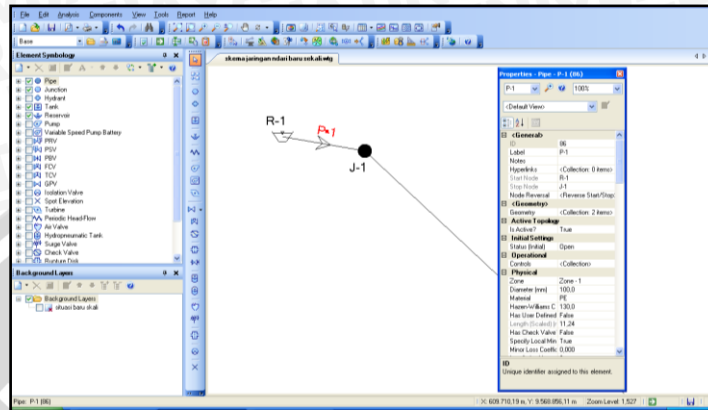
B. Pemodelan kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut *WaterCADV8i Series5* dibagi menjadi dua yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan berubah atau berfluktuatif adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

C. Pemodelan Pipa

Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti jenis bahan, diameter dan panjang pipa, kekasaran (*roughness*) dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterCADV8i Series5* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang

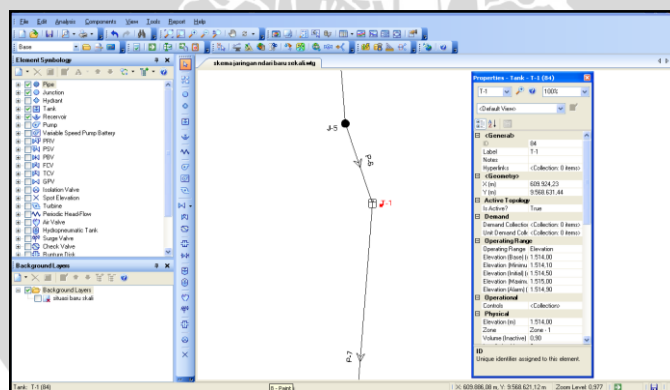
digunakan di lapangan. Sedangkan diameter dan panjang pipa dapat dirancang sesuai dengan kondisi di lapangan. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.



Gambar 2.27. Tampilan Pengisian Data Teknis Pipa pada *WaterCAD V8i Series 5*

D. Pemodelan tandon (*watertank*)

Untuk pemodelan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran bentuk dan elevasi tandon. Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja (*initial elevation*) dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.

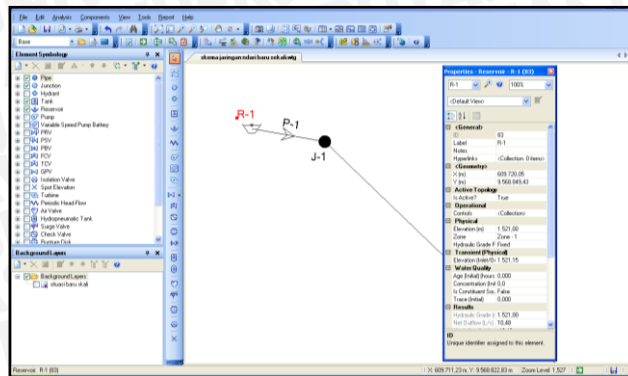


Gambar 2.28. Tampilan Pengisian Data Teknis Tandon pada *WaterCAD V8i Series 5*

E. Pemodelan mata air (*reservoir*)

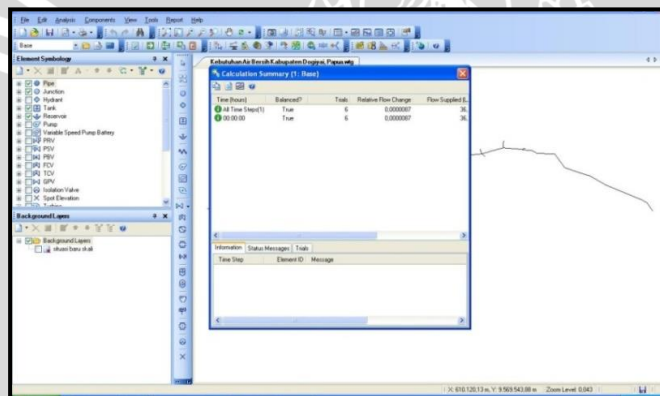
Pada program *WaterCAD V8i Series 5*, *reservoir* digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini *reservoir* dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan

pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



Gambar 2.29. Tampilan Pengisian Data Teknis Reservoir pada *WaterCAD V8i Series 5*

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertata sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculate)*.



Gambar 2.30. Tampilan Hasil *Running (Calculate)* pada *WaterCAD V8i Series 5*