



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 LANDASAN TEORI

Air bersih sesuai dengan *Permenkes RI No 416/Menkes/PER/IX/1990* adalah air yang dipergunakan untuk memenuhi keperluan dan kebutuhan sehari-hari yang mana dapat diminum setelah dimasak dan menurut *Kepmenkes RI No 907/MENKES/SK/VII/2002* adalah air yang sudah melalui berbagai proses pengolahan yang memenuhi syarat Kesehatan baik uji bakteri, radioaktif dan lain sebagainya serta dapat langsung diminum.

2.2 SUMBER AIR

Sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan sehari-hari, yaitu:

2.2.1 Air Hujan

Air hujan adalah air yang sudah terkondensasi menjadi zat cair tetapi juga merupakan zat padat (hujan es ataupun salju).

2.2.2 Air Permukaan

Air permukaan dapat dibedakan menjadi:

1. Air hujan merupakan air yang mengalir ke permukaan bumi dan berkumpul pada suatu tempat lebih rendah seperti sungai, danau dan laut.
2. Air tanah merupakan air yang mengalir ke permukaan bumi, misalnya mata air yang mengalir langsung ke permukaan bumi.

2.2.3 Air Tanah

Air tanah ini dapat dibedakan menjadi:

1. Air Tanah Dangkal adalah air hujan atau air permukaan yang meresap sampai batas muka air (berada diatas lapisan kedap air, mempunyai kedalaman < 50 m).
2. Mata Air adalah air yang mengalir pada lapisan tanah yang berpasir atau kerikil melalui celah lapisan batu.

2.3 PROYEKSI PENDUDUK

Proyeksi jumlah penduduk di tahun yang ditentukan dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

2.3.1 Metode Aritmatik

Persamaan yang digunakan sesuai dengan (Pedoman Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 2002), yaitu :

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

- P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = Angka pertumbuhan penduduk setiap tahun (%)
- n = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.3.2 Metode Geomatrik

Persamaan yang digunakan sesuai dengan (Pedoman Teknik dan Manual Sistem Penyediaan Air Minum Perkotaan, 2002), yaitu:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana :

- P_n = Jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = Jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = Angka pertumbuhan penduduk setiap tahun (%)
- n = Jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.4 UJI KESESUAIAN METODE PROYEKSI MENGGUNAKAN STANDAR DEVIASI

Standar deviasi yang mana Semakin besar nilai hasil dari standar deviasi, maka data akan menjadi kurang akurat. Rumus dari metode standar deviasi, yaitu:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.3)$$

dimana :

- S = Standar deviasi
- X_i = Nilai varian (penduduk proyeksi)
- X = Nilai rata-rata
- n = Jumlah data yang diketahui

2.5 KEBUTUHAN AIR

Kebutuhan air menurut Ditjen cipta karya (2000), macam- macam kebutuhan air dibagi atas dua kelompok sebagai berikut :



2.5.1 Standar Kebutuhan Air Domestik

Kebutuhan air domestik digunakan pada tempat-tempat hunian untuk memenuhi keperluan sehari-hari seperti, memasak, mencuci dan keperluan rumah tangga lainnya, satuan yang dipakai adalah liter/orang/hari.

Tabel 2. 1 Standar Kebutuhan Air

No	Kategori	Jumlah	Penyediaan Air (l/org/hari)
1	Metropolitan	> 1.000.000	150-200
2	Kota besar	500.000-1.000.000	120-150
3	Kota sedang	100.000-500.000	100-120
4	Kota kecil	20.000-100.000	90-110
5	Semi urban (Ibu Kota Kecamatan/Desa)	< 10.000	60-90

(Sumber: SNI 6728:1:2015)

Rumus untuk menghitung kebutuhan air selama satu hari yaitu :

$$Q_{rh} \text{ domestik} = p \cdot q \dots\dots\dots$$

(2.4)

dimana :

p = Jumlah penduduk (jiwa)

q = Kebutuhan air penduduk (l/org/hari)

Q_{rh} = Kebutuhan air per hari (l/hari)

Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air Domestik

Uraian	Kota kota berdasarkan jumlah penduduk				
	Metro > 1.000.000	Besar 500.000 s/d 1.000.000	Sedang 100.000 s/d 100.000	Kecil 20.000 s/d 100.000	IKK dan Desa < 20.000
Sambungan rumah tangga (l/org/hari)	190	170	150	130	100
Jumlah jiwa / SR	5	5	5	5	5
Sambungan umum (l/org/hari)	30	30	30	30	30
Jumlah jiwa/ SU	100	100	100	100 - 200	200
Kehilangan air (%)	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30	20 - 30
Faktor harian maksimum	1,15- 1,25	1,15- 1,25	1,15- 1,25	1,15- 1,25	1,1- 1,25
Faktor jam puncak	1,65 - 2,0	1,65 - 2,0	1,65 - 2,0	1,65	1,5
Sisa tekanan di penyediaan air (mka)	10	10	10	10	10
Jam operasi	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam	24 jam

(sumber : Ditjen cipta Karya DPU)



2.5.2 Standar Kebutuhan Air Non Domestik

Kebutuhan air *non* domestik untuk Penggunaan Komersial dan Industri serta Penggunaan umum untuk bangunan-bangunan pemerintahan, rumah sakit, sekolah dan rumah ibadah.

Tabel 2.3 Pemakaian Air Non Domestik

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan Air	Satuan
1	Masjid	20	l/org/hari
2	Gereja	15	l/org/hari
3	Rumah sakit	200	l/tempat tidur/hari
4	Puskesmas	20	l/org/hari
5	Sekolah	10	l/org/hari
6	Kantor	10	l/org/hari
7	Hotel	90	l/tempat tidur/hari
8	Terminal	1	m ³ /hari
9	Pasar	12	l/org/hari
10	Rumah makan	100	l/pegawai/hari
11	Komplek militer	60	l/org/hari

(Sumber: SNI 6728:1:2015)

Tabel 2.4 Kebutuhan Air Non Domestik Untuk Kategori Kota I, II, III, IV

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan Air	Satuan
1	Sekolah	10	l/murid/hari
2	Rumah sakit	200	l/bed/hari
3	Puskesmas	2.000	l/org/hari
4	Masjid	3.000	l/org/hari
5	Perkantoran	10	l/pegawai/hari
6	Pasar	12.000	l/hektar/hari
7	Hotel	150	l/bed/hari
8	Rumah makan	100	l/tempat duduk/hari
9	Komplek militer	60	l/org/hari
10	Kawasan industri	0,2-0,8	l/dtk/hektar
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	l/dtk/hektar

(Sumber: SNI 6728:1:2015)

Tabel 2.5 Kebutuhan Air Non Domestik untuk kategori Kota V (Desa)

No	Jenis Fasilitas	Kebutuhan Air	Satuan
1	Sekolah	5	l/murid/hari
2	Rumah sakit	200	l/bed/hari
3	Puskesmas	1.200	l/pegawai/hari
4	Masjid	3.000	l/org/hari
5	Musholla	2.000	l/org/hari
6	Hotel	90	l/org/hari
7	Kawasan industri	10	l/org/hari

(Sumber: SNI 6728:1:2015)

Tabel 2. 6 Kriteria Teknis Penyediaan Air Bersih

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia.
 4. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
 5. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

No	Uraian	Kebutuhan Air	Satuan
1	Hidran Umum (HU)	30	l/org/hari
2	Lingkup Pelayanan	60 – 100%	-
3	Kehilangan air akibat kebocoran	20%	-
4	Jam operasi	12	Jam
5	Aliran Maksimum HU	3000	l/hari

(Sumber: Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih IKK Pedesaan, 1990)

2.6 PERHITUNGAN KEBUTUHAN AIR

Perhitungan dari kebutuhan air ditentukan berdasarkan pemakaian harian maksimum dan pemakaian jam maksimum dengan acuan kebutuhan rata-rata harian (Daniyal, 2019).

2.6.1 Kebutuhan Harian Rata-Rata/ Total

Kebutuhan harian rata-rata (Q_{rh}), yaitu :

$$Q_{rh} = Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}} + Q_{\text{kebocoran}} \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana :

Q_{rh} = Kebutuhan harian rata-rata (l/detik)

Q_{domestik} = Kebutuhan air domestik (l/detik)

$Q_{\text{non domestik}}$ = Kebutuhan air *non* domestik (l/detik)

$Q_{\text{kebocoran}}$ = Jumlah air yang bocor (l/detik)

2.6.2 Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum besarnya 1,1 kali kebutuhan harian rata-rata dengan rumus :

$$Q_{hm} = F_{hm} \cdot Q_{rh} \dots \dots \dots (2.6)$$

dimana :

Q_{hm} = Kebutuhan air maksimum (l/detik)

F_{hm} = Faktor kebutuhan air maksimum

Q_{rh} = Kebutuhan harian rata-rata (l/detik)

2.6.3 Kebutuhan Air Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak besarnya 1,5 kali kebutuhan harian rata-rata dengan rumus :

$$Q_{jp} = F_{jp} \cdot Q_{hm} \dots \dots \dots (2.7)$$

dimana :

Q_{jp} = Kebutuhan air jam puncak (l/detik)

F_{jp} = Faktor kebutuhan jam puncak

Q_{hm} = Kebutuhan air harian maksimum (l/detik)

2.6.4 Kebutuhan Air Untuk Kebocoran

Kehilangan air dibagi menjadi Kehilangan air rencana, Kehilangan air percuma, dan Kehilangan air *insidental* dengan rumus (2.8) :

$$Q_{kebocoran} = 20\% * Q \dots\dots\dots (2.8)$$

2.7 SISTEM TRANSMISI DAN SISTEM DISTRIBUSI

Penjelasan tentang sistem jaringan transmisi dan distribusi, yaitu

2.7.1 Sistem Transmisi Air Bersih

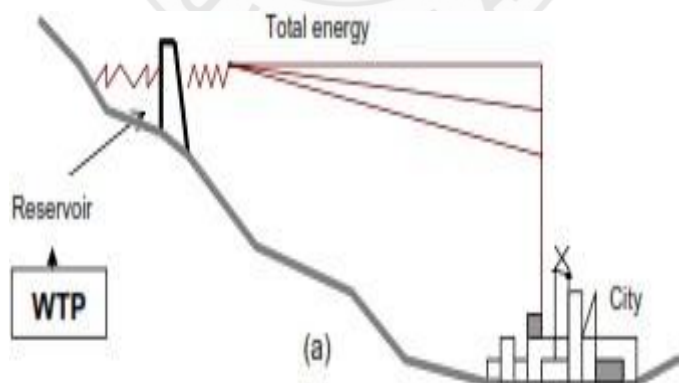
Sistem Transmisi air bersih adalah sistem perpipaan dari bangunan pengambilan air bersih ke bangunan reservoir atau langsung ke jaringan distribusi.

2.7.2 Sistem Distribusi Air Bersih

Sistem distribusi air bersih atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (reservoir) ke daerah pelayanan.

2.8 SISTEM PENGALIRAN GRAVITASI

Pengaliran secara gravitasi yang mana Elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat di pertahankan.



Gambar 2. 1 Sistem Pengaliran Gravitasi
(Sumber : Peavy *et al*, 1985)



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang.
 2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
 3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

2.9 HIDRAULIKA ALIRAN JARINGAN PIPA

Hidraulika dalam perpipaan digunakan beberapa teori pendukung untuk mengelola data, diantaranya hukum bernoulli dan kecepatan aliran, hukum kontinuitas, serta aliran laminar dan turbulen.

2.9.1 Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa yang diijinkan adalah 0,3-6 m/detik, dimana hal ini 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, Kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai headloss yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Menghitung kecepatan Aliran dengan rumus :

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.9)$$

$$Q = \frac{1}{4} \pi D^2 V \dots\dots\dots (2.10)$$

2.9.2 Hukum Bernoulli

Air pada pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi yang lebih besar ke tempat yang memiliki energi yang lebih kecil, hal tersebut dikenal dengan prinsip bernoulli.

Hukum bernoulli menyatakan bahwa tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

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

$$E_{tot} = z + \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana :

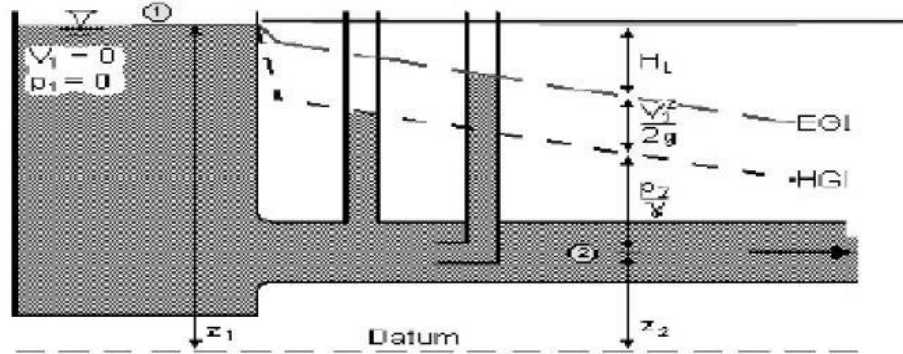
$$\frac{p}{\gamma_w} = \text{tinggi tekanan (m)}$$

$$\frac{v^2}{2g} = \text{tinggi energi (m)}$$

$$z = \text{elevasi (m)}$$

Menurut teori kekekalan energi dari hukum bernoulli jika tidak ada energi yang lolos ataupun yang diterima antara dua titik dalam satu sistem

tertutup, maka energi totalnya tetap konstan, hal tersebut dijelaskan pada gambar berikut :



Gambar 2. 2 Diagram Energi dan Garis Tekanan
(Sumber : Haestad, 2002)

Hukum kekekalan bernoulli dapat ditulis, yaitu sebagai berikut (Haestad, 2002 : 267) :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_L \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana :

$\frac{p_1}{\gamma}, \frac{p_2}{\gamma}$ = Tinggi tekanan di titik 1 dan 2 (m)

$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ = Tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)

p_1, p_2 = Tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m²)

γ = Berat jenis air (kg/m³)

v_1, v_2 = Kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)

g = Percepatan gravitasi (m/det)

z_1, z_2 = Kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

z_L = Kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Persamaan diatas digunakan jika diasumsikan tidak ada kehilangan energi antara dua titik yang terdapat dalam aliran fluida, Jika *head losses* tidak diperhitungkan maka akan menjadi masalah dalam penerapannya dilapangan.

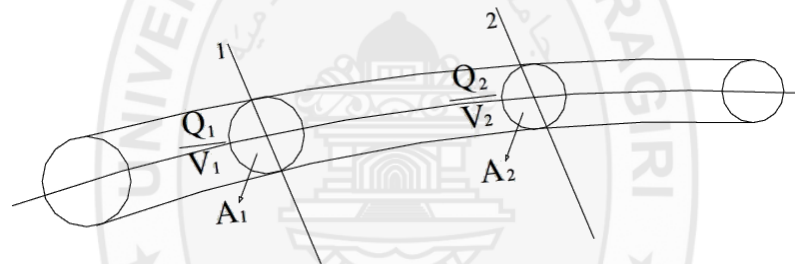
Head losses dinotasikan dengan “*h_L*” maka persamaan bernoulli diatas dapat ditulis menjadi persamaan baru dirumuskan sebagai berikut :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L + h_L \dots\dots\dots (2.13)$$

Persamaan bernoulli dapat digunakan untuk menyelesaikan banyak permasalahan tipe aliran, biasanya untuk fluida inkompresibel tanpa adanya penambahan panas atau energi yang diambil dari fluida, namun persamaan ini tidak dapat digunakan untuk menyelesaikan aliran fluida yang mengalami penambahan energi untuk menggerakkan fluida oleh peralatan mekanik, misalnya pompa, turbin, dan peralatan lainnya.

2.9.3 Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang dan kecepatan akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Persamaan hukum kontinuitas menyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar.



Gambar 2. 3 Aliran Dengan Penampang Yang Berbeda
(Sumber : Triadmodjo, B, 1996)

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \dots\dots\dots (2.14)$$

Atau,

$$Q = A \cdot V \dots\dots\dots (2.15)$$

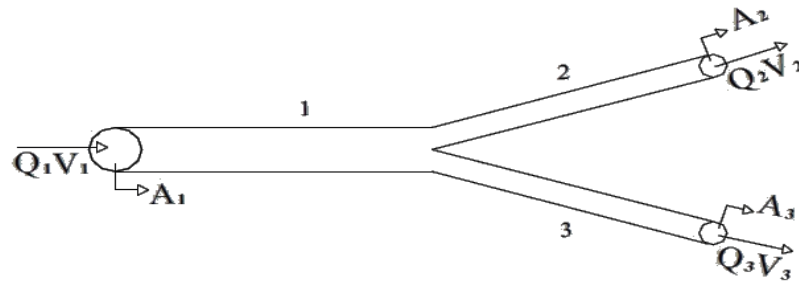
dimana :

Q = Debit yang mengalir pada suatu penampang pipa (m³/det)

A = Luas penampang (m²)

V = Kecepatan aliran (m/det)

Aliran percabangan pipa juga berlaku hukum kontinuitas dimana debit yang masuk pada suatu pipa sama dengan debit yang keluar pipa, diilustrasikan sebagai berikut :



Gambar 2. 4 Persamaan Kontinuitas Pada Pipa Bercabang
(Sumber : Triadmodjo, B, 1996)

Hukum kontinuitas pada pipa bercabang dapat diuraikan sebagai berikut :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (2.16)$$

Atau

$$A_1 \cdot V_1 = (A_2 \cdot V_2) + (A_3 \cdot V_3) \dots\dots\dots (2.17)$$

dimana :

Q_1, Q_2, Q_3 = Debit pada potongan 1, 2 dan 3 (m^3/det)

V_1, V_2, V_3 = Kecepatan pada potongan 1, 2 dan 3 (m/det)

A_1, A_2, A_3 = Luas penampang pada potongan 1, 2 dan 3 (m^2)

Hukum kontinuitas digunakan untuk menyeimbangkan kapasitas aliran dan volume untuk sebuah jaringan fluida. Asumsi kan fluida merupakan inkompresibel dengan massa jenis (ρ) konstan :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana :

ρ = Massa jenis (kg/m^3)

m = Massa (kg)

v = Volume (m^3)

2.9.4 Aliran Laminer dan Turbulen

Aliran dapat dikatakan laminer jika partikel-partikel fluida yang bergerak mengikuti garis lurus yang sejajar pipa dan bergerak dengan kecepatan sama. Aliran disebut turbulen apabila tiap partikel fluida bergerak rata-rata saja mengikuti sumbu pipa.



Hasil eksperimen diperoleh bahwa koefisien gerakan untuk pipa silinder merupakan fungsi dari bilangan *reynold* (Re). Menghitung besarnya bilangan dari *reynold* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Re = \frac{p d v}{\mu} \dots\dots\dots (2.19)$$

dimana :

μ = Viskositas dinamik (pa. dtk)

d = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran fluida (m/dtk)

P = Rapat massa (kg/m³)

Viskositas dinamik dibagi dengan massa jenis fluida merupakan viskositas kinematik (v) maka bilangan *reynold* dapat juga dinyatakan :

$$Re = \frac{v d}{\nu} \dots\dots\dots (2.20)$$

dimana :

d = Diameter dalam pipa (m)

v = Kecepatan aliran fluida (m/dtk)

ν = Viskositas kinematik (m²/dtk)

Tabel 2. 7 Viskositas Kinematik air

Suhu °C	Viskositas Kinematik	Suhu °C	Viskositas Kinematik
10	1,31 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk	25	0,89 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk
15	1,14 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk	30	0,80 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk
20	1,00 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk	35	0,72 x 10 ⁻⁶ m ² /dtk

(Sumber: Bambang Triatmojo 1996 : 15)

2.10 KEHILANGAN TINGGI TEKAN (*HEAD LOSSES*)

Air yang mengalir dalam pipa akan mengalami kehilangan energi (*energy grade line*), hilangnya energi tersebut secara garis besar dibedakan menjadi 2 bagian utama yaitu *mayor loss* dan *minor loss* (Triadmodjo, 2008).



2.10.1 Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Tegangan geser yang terjadi pada area dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*), beberapa teori untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor (Haestad, 2001).

1. Persamaan Hazen-Williams

Persamaan Hazen-Williams adalah yang paling umum dipakai, persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter besar yaitu diatas 100 mm. Persamaan Hazen-Williams yaitu

$$V = 0,85 \cdot C_{hw} R^{0,63} S^{0,54} \quad (2.21)$$

dimana :

Q = Debit aliran pada pipa (m³/det)

V = Kecepatan pada pipa (m/det)

0.85 = Konstanta

Chw = Koefisien kekasaran Hazen-Williams

A = Luas penampang aliran (m²)

R = Jari-jari hidrolis (m)

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

R = D/4

S = Kemiringan garis energi (m/m)

$$= h_f/L$$

Untuk Q = V/A, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut Hazen-Williams sebesar (Webber, 1971) :

$$hf = k \cdot Q^{1.85} \quad (2.22)$$

$$K = x = \frac{10,7L}{C_{hf}^{1,85} D^{4,87}} \quad (2.23)$$

dimana :

h = Kehilangan tinggi tekan mayor (m)

d = Diameter pipa (m)

k = Koefisien karakteristik pipa

L = Panjang pipa dari node 1 ke node 2 (m)



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

q = Debit aliran pada pipa (m^3/det)
 chw = Koefisien kekasaran Hazen-Williams

Tabel 2.8 Koefisien Kekasaran Pipa Menurut Hazen-Williams

Jenis Pipa	Nilai koefisien Hazen- Williams (chw)
Asbes Cement	120
Poly Vinyl Chloride (PVC)	120-140
Hight Density Poly Ethylene (HDPE)	120-150
Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)	110
Besi Tuang, Cast Iron Pipe (CIP)	110
Galvanized Iron Pipe (GIP)	100
Steel Pipe (Pipa Baja)	110

(Sumber : DPUD Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih, 1987)

2. Persamaan Darcy-Weisbach

Persamaan Darcy-Weisbach dengan perumusan koefisien f paling lazim adalah dengan metode colbrook, pada pipa jenis HDPE adalah 0,007. Perumusan ini dipakai untuk aliran yang laminar sehingga cocok untuk pipa berdiameter kecil yaitu diatas < 100 mm, dengan rumus:

$$H_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.24)$$

Aliran *reynold* < 2000 menggunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (2.25)$$

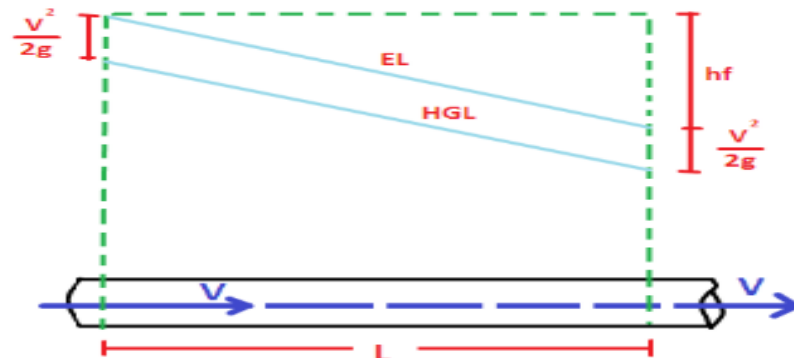
Aliran *reynold* 4000-100.000 menggunakan persamaan berikut :

$$F = \frac{0,316}{Re^{0,25}} \dots\dots\dots (2.26)$$

dimana :

h_f = Headloss akibat gesekan (m)
 f = Faktor gesek (tak berdimensi)
 l = Panjang pipa (m)
 d = Diameter pipa (m)

v = Kecepatan aliran (m/dt)
 g = Percepatan gravitasi (m/dt²)



Gambar 2. 5 Pola Darcy-Weisbach
 (Sumber : Kodoatie, Robert J., Hidrolika Terapan)

2.10.2 Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*minor losses*)

Minor Losses biasa disebabkan oleh adanya perubahan mendadak dari ukuran penampang pipa yang menyebabkan turbulensi, misalkan adanya belokan-belokan, katup dan berbagai jenis sambungan. Pipa-pipa yang panjang atau $l/d > 1000$, kehilangan tinggi tekan minor ini dapat diabaikan (Triadmodjo, 2008).

Kehilangan energi minor dapat ditulis sebagai berikut:

$$hf = k \frac{Q}{2A^2g} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$hf = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (2.28)$$

dengan :

hf = Kehilangan energi minor (m)

v = Kecepatan aliran (m/detik)

g = Percepatan gravitasi (m/detik²)

k = Koefisien kehilangan energi minor

Kerugian lokal adalah kerugian yang mana *head* yang disebabkan karena sambungan - sambungan, belokan, katup, pembesaran maupun pengecilan penampang, (messina, 1986), dirumuskan dengan :

$$h_1 = h_o + h_b + h_c \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.29)$$

1. Kerugian pada bagian pemasukan

Menghitung kerugian *head* digunakan rumus dari (Messina, 1986) :



$$h_o = k_o \frac{v^2}{2g} (m) \dots\dots\dots (2.30)$$

dimana :

k_o = Koefisien gesek pada mulut pemasukan

2. Kehilangan karena sambungan

Kerugian karena belokan digunakan rumus fuller (Gunawan, 2018):

$$h_b = f \frac{v^2}{2g} (m) \dots\dots\dots (2.31)$$

dimana :

f = Koefisien kehilangan karena sambungan

$$f = \left[0,131 + 1,84 \left(\frac{D}{2R} \right)^{3,5} \right] \left(\frac{\phi}{90} \right)^{0,5} \dots\dots\dots (2.32)$$

dimana R = jari- jari lengkungan sumbu sambungan.

3. Kerugian karena perubahan penampang

Kerugian perubahan penampang digunakan rumus (Gunawan, 2018) :

$$h_c = k_c \frac{v^2}{2g} (m) \dots\dots\dots (2.33)$$

dimana :

k_c = Koefisien perubahan penampang

Mencari harga k pada kasus pelebaran luas penampang pipa, yaitu:

$$k_c = \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2 \dots\dots\dots (2.34)$$

dimana :

K_c = Faktor percabangan

A = Luas penampang

Tabel 2.9 Nilai K Akibat Pengaruh Belokan Pipa

A	5°	10°	15°	30°	45°	60°	90°
K_b	0,002	0,008	0,028	0,076	0,375	0,790	0,980

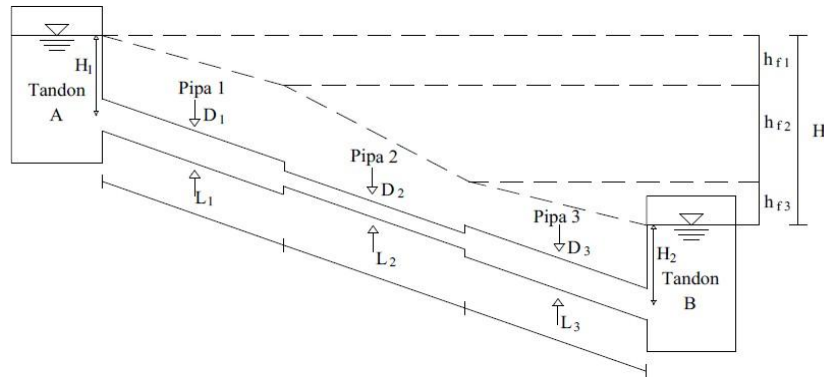
(Sumber : Triadmodjo, B, 2003)

2.11 POLA SISTEM ALIRAN PERPIPAAN

Pola sistem dalam pengaliran air dalam perpipaan dapat dibagi menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

2.11.1 Pipa Sistem Seri

Pada hubungan seri, debit aliran disemua titik adalah sama sedangkan kehilangan tekanan disemua titik berbeda.



Gambar 2. 6 Hubungan Pipa Seri
(Sumber : Triatmodjo, B, 2003)

Adapun persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003) :

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots\dots\dots (2.35)$$

Sedangkan untuk total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang secara seri dirumuskan sebagai berikut (Triatmodjo, 1996) :

$$H = H_{f1} = H_{f2} = H_{f3} \dots\dots\dots (2.36)$$

dimana :

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

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

H = Total kehilangan tekanan pada pipa terpasang secara seri (m)

H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = Kehilangan tekan pada tiap pipa (m)

2.11.2 Pipa Sistem Paralel

Pada keadaan dimana aliran melalui dua atau lebih pipa dihubungkan secara paralel seperti yang ditunjukkan pada gambar maka persamaan kontinuitasnya dapat dituliskan sebagai berikut (Triatmodjo, 2003) :

$$Q = Q_1 = Q_2 = Q_3 \dots\dots\dots (2.37)$$

Persamaan energi untuk pipa sambungan paralel :

$$H = H_{f1} = H_{f2} = H_{f3} \dots\dots\dots (2.38)$$

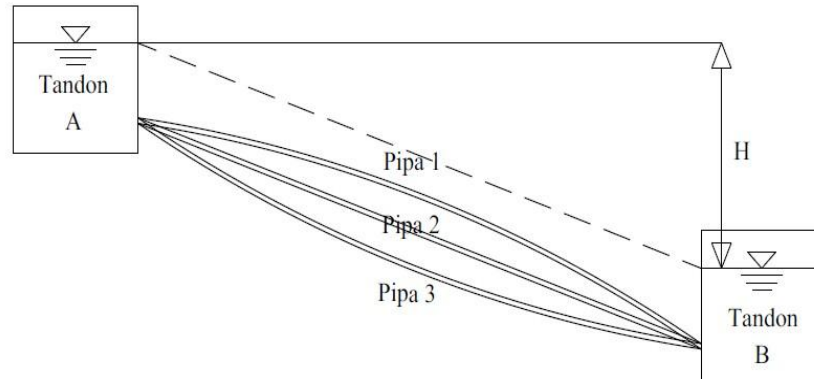
dimana :

Q = Total debit pada pipa terpasang secara paralel (m^3/det)

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

H = Total kehilangan tekanan pipa terpasang secara paralel (m)

H_{f1}, H_{f2}, H_{f3} = Kehilangan tekan pada tiap pipa (m)



Gambar 2. 7 Hubungan Pipa Paralel
(Sumber : Triatmodjo, B, 2003)

2.11.3 Sistem Jaringan Pipa Induk

Sistem jaringan induk perpipaan terdiri dari sistem bercabang (*Branch Sistem*), sistem melingkar (*Loop Sistem*) dan sistem kombinasi (*Combination Sistem*) (Puspitasari, 2019).

1. Sistem bercabang dimana pengaliran air hanya menuju kesatu arah, pipa distribusi tidak saling berhubungan.
 - a. Kelebihan Sistem Bercabang (*Dead End*)
 - 1) Lebih sederhana sehingga perhitungan dimensi pipa mudah;
 - 2) Pemasangan pipa lebih mudah;
 - 3) Perlengkapan yang digunakan efektif;
 - 4) Biaya lebih ekonomis.
 - b. Kelemahan Sistem Bercabang (*Dead End*)
 - 1) Kemungkinan terjadi endapan pada pipa,
 - 2) Kemungkinan tekanan air tidak cukup bila ada sambungan baru.
 - 3) Suplai air terganggu bila ada sambungan baru;
 - 4) Keseimbangan sistem pengaliran kurang terjamin, terutama bila terjadi tekanan kritis.
2. Sistem Melingkar (*Loop*)

Sistem ini tidak terdapat titik mati (*Dead End*) namun sistem ini mempunyai kelebihan dan kelemahan yaitu antara lain (Puspitasari, 2019) :



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Universitas Islam Indragiri

a. Kelebihan Sistem Melingkar (*Loop*)

- 1) Air dapat disirkulasikan tanpa adanya gangguan;
- 2) Keseimbangan aliran mudah tercapai;
- 3) Jika terjadi kerusakan dan perbaikan disuatu bagian, maka bagian lainnya tidak terganggu.

b. Kelemahan Sistem Melingkar (*Loop*)

- 1) Sistem perpindahan lebih rumit;
- 2) Penggunaan pipa elatif lebih banyak;
- 3) Perlengkapan pipa relatif lebih banyak;
- 4) Biaya lebih mahal.

2.12 JENIS SISTEM PERPIPAAN DISTRIBUSI

Terdapat beberapa jenis sistem pipa distribusi yang sering digunakan, yaitu:

2.12.1 Pipa Primer atau Pipa Induk (*Supply Main Pipe*)

Pipa yang berfungsi membawa air dari reservoir distribusi ke suatu daerah pelayanan. Pipa primer ini memiliki diameter yang biasa relatif besar.

2.12.2 Pipa Sekunder (*Arterial Main Pipe*)

Pipa yang disambungkan langsung pada pipa primer biasa berdiameter yang sama atau lebih kecil dari pipa primer.

2.12.3 Pipa Tersier

Pipa ini berfungsi untuk melayani pipa servis karena pemasangan langsung pipa servis

2.12.4 Pipa Servis

Pipa servis merupakan pipa yang dihubungkan langsung pada pipa sekunder atau tersier yang kemudian dihubungkan pada sambungan rumah (SR).

2.13 PERLENGKAPAN JARINGAN PIPA

Perlengkapan dalam jaringan pipa Air Bersih yang perlu diperhatikan, yaitu:

2.13.1 Pipa Jaringan Air Bersih

Pipa jaringan air bersih, beberapa diantaranya, yaitu :

1. Plastik (PVC)
Pipa ini disebut juga dengan PVC (Poly Vinyl Chloride).
- a. Kelebihan pipa PVC

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

- 1) Harga murah dan banyak tersedia di pasaran
 - 2) Ringan sehingga mudah diangkat
 - 3) Mudah dalam pemasangan dan penyambungan
 - 4) Pipa tahan karat
 - 5) Tahan terhadap zat kimia
- b. Kekurangan pipa PVC
- 1) Pipa PVC tidak tahan terhadap panas
 - 2) Mudah bocor dan pecah karena terbuat dari plastik
 - 3) Pipa yang sudah dibentuk susah untuk diubah kembali



Gambar 2. 8 Pipa PVC
(Sumber : Karwan, 2013)

2. Pipa HDPE (*High-Density Polyethylene*)

Pipa HDPE (*high-density polyethylene*) adalah pipa yang terbuat dengan bahan *polyethylene* dengan kepadatan tinggi sehingga jenis pipa yang dihasilkan dapat menahan daya tekan yang lebih tinggi, kuat, lentur/flexible dan tahan terhadap bahan kimia serta dapat digunakan di daerah berbukit, rawan gempa, dan daerah rawa.

a. Keuntungan dari pipa HDPE ini antara lain :

- 1) Tahan terhadap retak
- 2) Tahan terhadap karat
- 3) Tahan terhadap bahan kimia, karena pipa HDPE mempunyai daya tahan yang istimewa terhadap berbagai bahan kimia, baik dalam kondisi asam maupun basa kuat.
- 4) Pipa HDPE memiliki daya tahan kurang lebih 50 tahun lamanya

- 5) Tahan terhadap segala cuaca.
 - 6) Tahan abrasi dan sedimentasi karena sifat permukaan dalam pipa HDPE yang licin.
 - 7) Tidak beracun dan aman digunakan untuk instalasi air bersih.
 - 8) Tahan terhadap suhu rendah karena pipa ini memiliki *brittleness point*(titik rapuh) yang jauh di bawah 0° C.
 - 9) Bobot yang ringan, jauh melebihi pipa besi sehingga dalam proses transportasi lebih murah
- b. Kelemahan dari pipa HDPE ini antara lain :
- 1) Pipa maksimal hanya berdiameter 400 mm
 - 2) tidak dapat digunakan untuk pipa transmisi dalam skala besar.



Gambar 2. 9 Pipa HDPE
(Sumber : Karwan, 2013)

2.13.2 Alat Sambung (Aksesoris Pipa)

Keterbatasan dari panjang pipa yang dijual di pasaran, sehingga dibutuhkan kegiatan penyambungan – penyambungan. Alat sambung atau aksesoris yang digunakan pada instalasi penyediaan air bersih yaitu sebagai berikut :

1. *Tee All RR* : Berfungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. *Valve Flange* : Berfungsi untuk mengatur debit air pada pipa.
3. *Street Box* : Berfungsi untuk penutup valve agar mempermudah pada saat membuka katup dan juga digunakan sebagai titik pipa.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.

2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.

3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Universitas Islam Indragiri

4. *Flange Socket* : Berfungsi untuk menyambungkan pipa distribusi pada koneksi Tee All Flange ke pipa distribusi.
5. *Drop/ End Cap* : Digunakan untuk menutup aliran pada ujung pipa.
6. *Manometer* : Digunakan pada saat mengukur tekanan pipa pada pipa dengan satuan atm barr.
7. *Kran* : Digunakan untuk penutupan dan pengeluaran air pada pipa.
8. *Stop Kran* : Berfungsi untuk mengatur aliran dan bisa juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan (dipasang sebelum meteran).
9. *Reduser RR* : Digunakan untuk menyambungkan pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang lebih besar ke pipa yang lebih kecil.
10. *Elbow 90°* : Digunakan untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90°.

2.13.3 Pompa Air

Pompa air adalah alat mekanis yang berfungsi untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Terdapat berbagai jenis pompa, masing-masing dengan karakteristik dan kegunaan yang berbeda. Berikut beberapa jenis yang umum:

1. Pompa Sentrifugal

Pompa ini bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal. Cairan masuk ke pusat impeler yang berputar, lalu didorong ke arah luar oleh gaya sentrifugal, menghasilkan tekanan dan aliran.

2. Pompa Multistage

Pompa ini memiliki beberapa impeler yang terhubung secara seri. Setiap impeler meningkatkan tekanan cairan secara bertahap, sehingga pompa multistage mampu menghasilkan tekanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa sentrifugal tunggal. Pompa ini sering digunakan dalam sistem distribusi air jarak jauh atau di gedung-gedung tinggi.

3. Pompa Submersible

1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

Pompa ini dirancang untuk beroperasi di dalam cairan. Pompa submersible sering digunakan untuk memompa air dari sumur atau reservoir bawah tanah. Pompa ini dilengkapi dengan motor listrik yang terendam dalam cairan, sehingga tidak memerlukan sistem pendinginan tambahan.

2.13.4 Rumah Pompa

Rumah pompa berguna untuk melindungi pompa dari gangguan yang dapat menyebabkan kerusakan pompa.

2.13.5 Reservoir Menara

Reservoir menara adalah reservoir yang seluruh bagian penampung dari reservoir tersebut terletak lebih tinggi dari permukaan tanah sekitarnya. pengaliran air dapat dilakukan secara gravitasi.



Gambar 2. 10 Reservoir Menara
(Sumber : id.made-in-china.com)

2.14 ANALISIS MENGGUNAKAN EPANET

EPANET adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecenderungan kualitas air yang mengalir di dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari Pipa, Node (titik koneksi pipa), Pompa, katub, dan tangki air atau reservoir. EPANET menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran.

Output yang dihasilkan dari *Epanet* 2.2 ini antara lain debit yang mengalir dalam pipa, tekanan air dari masing-masing titik/node/junction yang dapat dipakai sebagai analisa dalam menentukan operasi instalasi, pompa dan reservoir.



1. Dilarang memperbanyak atau mendistribusikan dokumen ini untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari penulis atau pihak berwenang. Penggunaan untuk kepentingan akademik, penelitian, dan pendidikan diperbolehkan dengan mencantumkan sumber.
2. Penggunaan tanpa izin untuk kepentingan komersial atau pelanggaran hak cipta dapat dikenakan sanksi sesuai dengan UU Hak Cipta di Indonesia. Plagiarisme juga dilarang dan dapat dikenakan sanksi.
3. Universitas hanya berhak menyimpan dan mendistribusikan dokumen ini di repositori akademik, tanpa mengalihkan hak cipta penulis, sesuai dengan peraturan yang berlaku di Indonesia.

2.15 RENCANA ANGGARAN BIAYA

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk suatu proyek.

Pembuatan rencana anggaran biaya akan membuat penaksiran harga barang dan upah, Analisa harga satuan pekerjaan, perhitungan volume pekerjaan, hingga harga-harga bahan yang diperlukan dalam pekerjaan konstruksi.

Biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dengan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$RAB = \sum (VOLUME) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \dots \dots \dots (2.39)$$

Langkah-langkah yang harus diperhatikan sebelum menghitung rencana anggaran biaya, yaitu Mempersiapkan Gambar Kerja, Menghitung Volume Pekerjaan, Membuat dan Menentukan Harga Satuan Pekerjaan, Menghitung Jumlah Biaya Pekerjaan, dan Rekapitulasi