

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Bersih

Air bersih merupakan air yang dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari sebagai kebutuhan sehari-hari yang dapat diminum setelah dimasak dan memenuhi kualitas berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku [8]. Sistem jaringan air bersih merupakan sistem yang mengalirkan atau menyalurkan atau mengalirkan air bersih dari sumber air hingga pelanggan sebagai air bersih yang standar kualitas airnya terpenuhi [33].

2.2 Sumber Air Baku

Air baku merupakan air yang dapat berasal dari cekungan, air tanah, air permukaan, atau pun air hujan yang baku mutunya terpenuhi sebagai air baku [18]. Sumber air baku dipilih berdasarkan kajian dan waktu yang lama, acuan dapat berasal dari landasan maupun aturan yang telah ditetapkan pemerintah [19].

1. Sumber Air Permukaan

Air permukaan merupakan seluruh air yang berasal dari atas permukaan tanah [36]. Air permukaan dapat tercemar selama pengalirannya, diantaranya oleh daun-daun, lumpur, kotoran industri kota, dan sebagainya. Dalam masing-masing air permukaan akan berbeda-beda jenis pengotorannya bergantung pada daerah pengaliran air permukaannya.

2. Sumber Air Tanah

Air tanah merupakan air yang berasal dari batuan di bawah permukaan tanah bagian dalam lapisan tanah [36]. Air tanah dibagi menjadi air tanah dangkal, air tanah dalam, dan mata air.

3. Sumber Air Hujan

Air hujan dapat tersedia dapat berpotensi untuk mengurangi tekanan terhadap pemakaian sumber air bersih (*fresh water sources*) dan tersedia pada musim hujan [2]. Sifat kualitas air hujan antara lain:

- a. Air hujan murni yaitu air yang menguap dan terkondensasi menjadi hujan. Hal ini, karena air hujan yang jatuh ke bumi mengandung mineral yang relatif rendah dan bersifat lunak;
- b. Air hujan yang terkontaminasi oleh gas-gas di atmosfer. Air hujan yang bereaksi dengan gas SO_2 akan menghasilkan senyawa asam yang disebut hujan asam.

4. Sumber Air Laut

Air laut merupakan campuran dari 96,5% air murni dan 3,5% material lainnya seperti gas, garam, partikel tak terlarut, dan zat organik. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5% sehingga berasa asin. Setiap laut kandungan air garanya berbeda. Kadar garam berada dalam air laut dikarenakan bumi dipenuhi tanah dan batu-batuan yng mengandung garam mineral, sehingga memerlukan pengolahan khusus dalam memanfaatkan air laut [23].

5. Mata Air

Mata air merupakan air tanah yang muncul ke permukaan tanah. Pemanfaatan mata air diantaranya sebagai keperluan air bersih, perikanan, obyek wisata, dan irigasi. Mata air memiliki kualitas yang baik tetapi debitnya terbatas, hal ini sering kali menjadi konflik dalam pemanfaatan. Beberapa mata air pada musim kemarau sebagai sumber air satu-satunya di suatu tempat, sehingga perlu dilakukan pengelolaan secara baik [30]. Kondisi alamiah air pada mata air, hutan lindung, dan akuifer air tanah dalam secara umum kualitasnya sangat baik. Oleh karena itu perlu adanya pemeliharaan kualitas sebagaimana pada kondisi alamiahnya [39].

Beberapa penelitian kualitas mata air yang telah dilakukan diantaranya kualitas air pada sumber mata air Oelmela, Betmanu, dan Oelekam memiliki sumber mata air yang memiliki kualitas baik untuk dikonsumsi sesuai dengan standar baku mutu air

bersih [12]. Kualitas mata air Motonuno berdasarkan 3 (tiga) parameter yaitu parameter kimia, fisika, dan biologi tidak ada yang melampaui standar maksimum baku mutu air bersih sehingga layak untuk digunakan oleh warga [32]. Kualitas Air pada mata air Sumber Asem Kabupaten Wonosobo berdasarkan hasil analisis pengujian sampel mata air secara fisika berada dibawah ambang batas maksimum baku mutu kelas 1 (satu) sesuai dengan [14].

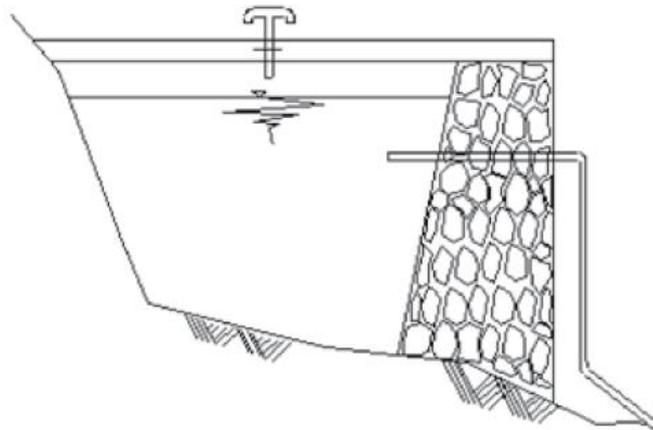
Dengan kualitas air yang bagus, maka prioritas pemanfaatan air mata air adalah untuk keperluan rumahtangga, sebagai air bersih. Penggunaan air untuk keperluan lainnya merupakan urutan selanjutnya seperti penggunaan untuk perikanan dan pertanian [30]. Jenis-jenis mata air dibagi menjadi [25]:

- a. Aliran artesis terpusat merupakan air yang keluar dari tanah karena adanya tekanan hidrolis secara terpusat.
- b. Aliran artesis tersebar merupakan air yang keluar dari tanah karena adanya tekanan hidrolis secara tersebar.
- c. Aliran artesis vertikal merupakan air yang keluar dari tanah karena adanya tekanan hidrolis melalui celah tegak lurus lapisan kedap air.
- d. Aliran gravitasi kontak merupakan air yang keluar dari tanah karena terhalang lapisan kedap air sehingga mengalir naik ke permukaan.

2.3 Bangunan Penangkap Mata Air (*Broncaptering*)

Bangunan penangkap mata air (*broncaptering*) adalah bangunan untuk menangkap sekaligus melindungi mata air terhadap pencemaran dan dapat dilengkapi dengan bak penampung. Bangunan penangkap mata air digunakan untuk mata air yang muncul secara horizontal [16]. mata air yang ditampung dari bangunan air yang dibentuk bak ini, kemudian dialirkan ke bangunan reservoir yang ada [37].

Bangunan penangkap mata air yang tertutup dapat memudahkan untuk menampung dan menyalurkannya ke daerah hilir. Selain berfungsi untuk menampung air sebelum disalurkan ke konsumen bangunan ini berfungsi juga untuk melindungi air dari pencemaran [30]. Contoh gambar *broncaptering* dapat dilihat pada **Gambar 2.1.**



Gambar 2.1 Gambar Potongan *Broncaptering*

Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum, 2011

2.4 Kebutuhan Air Bersih

Air bersih sebagai hygiene sanitasi digunakan untuk pemeliharaan keperluan sehari-hari seperti mandi, keperluan cuci bahan pangan, pakaian, dan peralatan makan [40]. Dalam memenuhi kebutuhan air bersih, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, di antaranya kebutuhan air domestik dan non-domestik, fluktuasi penggunaan air, dan proyeksi penduduk.

2.4.1 Proyeksi Jumlah Penduduk

Kebutuhan air bersih sangat bergantung pada besarnya jumlah penduduk di area pelayanan. Dalam menentukan kebutuhan air bersih, diperlukan proyeksi penduduk untuk menentukan jumlah penduduk pada masa mendatang. Proyeksi penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk beberapa tahun ke belakang.

Metode pendekatan yang digunakan untuk proyeksi penduduk untuk penyelenggaraan sistem penyediaan air bersih menurut [16], terdiri dari metode *least square*, metode aritmatik, dan metode geometrik.

1. Metode *Least Square*

Metode *least square* dilakukan dengan menarik garis lurus dari data-data pertumbuhan jumlah penduduk tersebut. Metode *least square* pada proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = a + bx \dots \dots \dots (2.1)$$

Di mana :

- a = konstanta;
- b = koefisien arah regresi linier;
- P_n = Jumlah penduduk pada tahun ke-n;
- x = variabel independen (selisih tahun proyeksi).

Nilai a dan b dapat dicari berdasarkan rumus:

$$a = \frac{[\sum y \sum x^2] - (\sum x)(\sum x \cdot y)}{n[\sum x^2 - (\sum x)^2]}$$

$$b = \frac{[n \sum x \cdot y] - (\sum x)(\sum y)}{n[\sum x^2 - (\sum x)^2]}$$

Di mana:

- n = jumlah data.

2. Metode Aritmatik

Metode Aritmatik didasarkan pada laju pertumbuhan penduduk yang konstan. Metode Aritmatik pada proyeksi pertumbuhan penduduk dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_0 (1 + rt) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan laju pertumbuhan penduduk:

$$r = \frac{1}{T_a - T_b} \left(\frac{P_2}{P_0} - 1 \right)$$

Di mana:

- P_n = jumlah penduduk pada tahun ke-n;
- P₀ = jumlah penduduk pada tahun awal;
- T_a = Tahun awal;
- T_b = Tahun akhir;
- P₂ = Jumlah penduduk pada tahun akhir.
- r = laju pertumbuhan penduduk;

t = Periode waktu antara tahun t dan tahun dasar;

3. Metode Geometrik

Metode Geometrik didasarkan dengan asumsi bahwa perkembangan penduduk meningkat secara berganda. Metode Geometrik dalam proyeksi pertumbuhan penduduk dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_n = P_t (1 + r)^x \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan laju pertumbuhan penduduk:

$$r = \left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}}$$

Di mana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun ke- n;

P_0 = jumlah penduduk awal;

r = angka pertambahan penduduk per tahun;

x = kurun waktu proyeksi.

P_t = jumlah penduduk pada tahun terakhir;

Penentuan metode terpilih dapat dipilih menggunakan koefisien korelasi yaitu dengan nilai paling mendekati 1. Analisis yang akan dipilih pada koefisien korelasi ditentukan dengan nilai berkisar antara 0 sampai 1. Koefisien korelasi dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$r = \frac{n(\sum x.y) - (\sum x)(\sum y)}{\{n[\sum y^2] - (\sum y)^2\} [n[\sum x^2] - (\sum x)^2]}^{0,5} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana:

n = jumlah data;

metode aritmatik, y = jumlah pertumbuhan penduduk;

metode geometrik, y = ln dari jumlah penduduk;

metode *least square*, y = jumlah penduduk.

Selain itu, untuk menentukan metode perhitungan yang terpilih dapat berdasarkan standar deviasi. Standar deviasi dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$S = \frac{\sum(X_i - X)^2}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

Di mana:

- S = standar deviasi;
- X_i = jumlah penduduk;
- n = jumlah data;
- X = rata-rata jumlah penduduk.

Metode proyeksi jumlah penduduk terpilih yaitu berdasarkan metode dengan nilai standar deviasi terkecil.

2.4.2 Kebutuhan Air Domestik

Air domestik adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan pokok sehari-hari air [15]. Kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari rumah tangga antara lain, masak, mandi, mencuci, pengangkutan air buangan, dan menyiram tanaman. Kebutuhan air domestik dipengaruhi oleh iklim atau kondisi lingkungan, ketersediaan air, dan budaya [21]. Kriteria dan standar kebutuhan air domestik dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Kriteria dan Standar Kebutuhan Air Domestik

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000 – 1.000.000	100.000 – 500.000	20.000 - 100.000	< 20.000
		Metropolitan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1.	Konsumsi unit Sambungan Rumah (SR) (l/o/h)	>150	150 – 120	90 – 120	80 – 120	60 – 80
2.	Konsumsi unit Hidran Umum (HU) (l/o/h)	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40
3.	Faktor maksimum (hari)	1,15*	1,15*	1,15*	1,15*	1,15*
4.	Faktor puncak (jam)	1,5 – 1,7*	1,5 – 1,7*	1,5 – 1,7*	1,5 – 1,7*	1,5 – 1,7*
5.	Jumlah jiwa per SR (jiwa)	5	5	5	5	5
6.	Jumlah jiwa per HU (jiwa)	100	100	100	100 – 200	200

No.	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jumlah Penduduk (Jiwa)				
		>1.000.000	500.000 – 1.000.000	100.000 – 500.000	20.000 - 100.000	< 20.000
		Metropo- litan	Besar	Sedang	Kecil	Desa
7.	Sisa tekan di jaringan distribusi (meter)	10	10	10	10	10
8.	Jam operasi (jam)	24	24	24	24	24
9.	SR : HU	50 : 50 s/d 80 :20	50 : 50 s/d 80 :20	50 : 50 s/d 80 :20	50 : 50 s/d 80 :20	50 : 50 s/d 80 :20
10.	Cakupan Pelayanan (%)	90	90	90	90	70

Sumber: Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 1996

*Dirjen Cipta Karya, 2007

Kebutuhan air domestik dapat dihitung menggunakan rumus:

1. Jumlah Pengguna Sambungan (jiwa)

Jumlah pengguna SR = jumlah penduduk terlayani x % pengguna SR

Jumlah pengguna HU = jumlah penduduk terlayani x % pengguna HU

2. Kebutuhan Air (m³/detik)

Kebutuhan Air SR = jumlah pengguna SR x standar kebutuhan air SR

Kebutuhan Air HU = jumlah pengguna HU x standr kebutuhan air HU

3. Total Kebutuhan Air Domestik (m³/detik)

Kebutuhan Air Domestik = Kebutuhan Air SR + Kebutuhan Air HU (2.5)

2.4.3 Kebutuhan Air Non Domestik

Air non domestik merupakan air yang diperuntukan sebagai aktifitas selain untuk kebutuhan air domestik di pemukiman [15]. Kebutuhan non domestik dibagi menjadi [6]:

1. Kebutuhan industri dan komersial, meliputi kebutuhan air bersih pasar, hotel, dan sebagainya.
2. Kebutuhan institusional, meliputi kebutuhan air bersih untuk kegiatan sekolah, kantor, dan sebagainya.
3. Kebutuhan fasilitas umum, meliputi kebutuhan air bersih rekreasi, tempat ibadah, dan sebagainya.

Kebutuhan air non domestik dapat dihitung dengan berdasarkan standar kebutuhan air non domestik pada **Tabel 2.2** untuk kategori kota metropolitan hingga kota kecil dan **Tabel 2.3** untuk kategori desa serta standar pelayanan minimum fasilitas umum pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.2 Standar Kebutuhan Air Non Domestik Kategori Kota Metropolitan – Kota Kecil

No.	Fasilitas (Non Rumah Tangga)	Pemakaian Air	Satuan
1.	Sekolah	10	Liter/murid/hari
2.	Komplek Militer	60	Liter/orang/hari
3.	Hotel	150	Liter/bed/hari
4.	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
5.	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6.	Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
7.	Kawasan Pariwisata	0,1 – 0,3	Liter/detik/hektar
8.	Masjid	3.000	Liter/unit/hari
9.	Rumah Makan	100	Liter/tempat duduk/hari
10.	Puskesmas	2.000	Liter/unit/hari
11.	Kawasan Industri	0,2 – 0,8	Liter/detik/hektar

Sumber: Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 1996

Tabel 2.3 Standar Kebutuhan Air Non Domestik Kategori Desa

No.	Fasilitas (Non Rumah Tangga)	Pemakaian Air	Satuan
1.	Pasar	12.000	Liter/hektar/hari
2.	Masjid	3.000	Liter/unit/hari
3.	Puskesmas	1.200	Liter/unit/hari
4.	Komersial / Industri	10	Liter/hari
5.	Rumah Sakit	200	Liter/bed/hari
6.	Mushola	2.000	Liter/unit/hari
7.	Sekolah	5	Liter/murid/hari

Sumber: Kriteria Perencanaan Dirjen Cipta Karya, 1996

Tabel 2.4 Standar Pelayanan Minimum Fasilitas Umum

No	Fasilitas	Tingkat Pelayanan
1	Pasar	30.000 Jiwa
2	TK	1000 Jiwa
3	SD	1600 Jiwa
4	SLTP	4800 Jiwa
5	SLTA	4800 Jiwa
6	Perguruan Tinggi	70.000 Jiwa
15	Kantor Pos	120.000 Jiwa
20	Taman Kota	480.000 Jiwa
9	Puskesmas	30.000 Jiwa
11	Rumah Sakit	240.000 Jiwa
10	Puskesmas Pembantu	5.000 Jiwa
13	Kantor Polisi	30.000 Jiwa
21	Pemakaman	120.000 Jiwa
17	Terminal Angkutan	500.000 – 2.000.000 Jiwa
16	Kantor Telepon/Telegram	1.000.000 – 2.000.000 Jiwa
7	Balai Pengobatan	3000 Jiwa
18	Taman Lingkungan	250 Jiwa
8	BKIA/RS Bersalin	10.000 Jiwa
19	Taman Kecamatan	120.000 Jiwa
14	Lembaga Pemasarakatan	1.000.000 – 2.000.000 Jiwa
25	Perpustakaan	1.000.000 – 2.000.000 Jiwa
22	Masjid	2500 Jiwa
23	Mushola	300 Jiwa
24	Tempat Ibadah Non Islam	50.000 Jiwa
12	Apotek	10.000 Jiwa

Sumber: Kepmen Kimpraswil No. 534, 2001

Kebutuhan air non domestik dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Kebutuhan air non domestik} = n \times \text{kapasitas} \times \text{standar kebutuhan air} \dots\dots\dots (2.6)$$

Di mana:

n = jumlah unit

2.4.4 Fluktuasi Penggunaan Air

Pemakaian air akan berbeda setiap harinya, sehingga terjadinya fluktuasi pemakaian air, sehingga memunculkan jam minimum, dan jam puncak pemakaian air [22]. Fluktuasi penggunaan air dibagi menjadi [1]:

1. Kebutuhan Air Harian Rata-rata

Kebutuhan harian rata-rata dihitung berdasarkan kebutuhan air rata-rata per orang per hari yang dihitung dari pemakaian air pada setiap setiap jamnya selama satu hari. Kehilangan air dengan persentase 20% - 30% untuk setiap kategori [1]. Kebutuhan Air Harian Rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_r = \frac{100}{(100 - (\text{kehilangan air}))} \times (Q_{\text{dom}} + Q_{\text{nd}}) \dots\dots\dots(2.7)$$

Di mana:

- Q_r = Kebutuhan air rata-rata (m^3/detik)
- Kehilangan air = 20 – 30
- Q_{dom} = total kebutuhan air domestik (m^3/detik)
- Q_{nd} = total kebutuhan air non domestik (m^3/detik)

2. Kebutuhan Air Harian Maksimum

Kebutuhan air harian maksimum merupakan penggunaan air tertinggi pada hari tertentu dalam satu tahun, nilainya sebesar 1,15 kali dari kebutuhan harian rata-rata [1], [4]. Kebutuhan Air Harian Rata-rata dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_m = Q_r \times f_m \dots\dots\dots(2.8)$$

Di mana:

- Q_m = Kebutuhan air harian maksimum (m^3/detik)
- Q_r = Kebutuhan air harian rata-rata (m^3/detik)
- f_m = faktor harian maksimum

3. Kebutuhan Air pada Jam Puncak

Kebutuhan air jam puncak pemakaian pemakaian tertinggi pada jam tertentu selama 24 jam, nilainya sebesar 1,56 kali kebutuhan harian rata-rata [1]. Sedangkan berdasarkan [4], besarnya 1,5 – 1,7 kali kebutuhan air harian rata-rata. Kebutuhan Air pada jam puncak dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_p = Q_r \times f_p \dots\dots\dots(2.9)$$

Di mana:

Q_p = Kebutuhan air pada jam puncak(m^3 /detik)

Q_r = Kebutuhan air harian rata-rata (m^3 /detik)

F_p = faktor jam puncak

2.5 Jaringan Perpipaan

Jaringan perpipaan merupakan sarana dan prasarana dari penyediaan air melalui sistem perpipaan untuk disalurkan kepada masyarakat atau pelanggan [15]. Sistem jaringan pipa merupakan bagian yang termahal dari sistem penyediaan air. Maka dari itu perlu adanya perencanaan dengan efisien dan teliti. Air yang disediakan bergantung pada jenis industri dan jumlah pelanggan [34].

2.5.1 Jaringan Pipa Transmisi

Jaringan pipa transmisi merupakan jaringan pipa pembawa air dari sumber air sampai unit pengolahan dan/atau ke reservoir dari unit pengolahan [28]. Beberapa ketentuan yang harus dipenuhi dalam perencanaan pipa transmisi yaitu [28]:

1. Menghindari jalur yang mengakibatkan konstruksi sulit dan mahal;
2. Jalur pipa sependek mungkin;
3. Menghindari perbedaan kelas pipa karena adanya selisih elevasi yang terlalu besar.

Perlengkapan jaringan pipa transmisi antara lain [28]:

1. Katup (*valve*), memiliki fungsi untuk membuka dan menutup aliran air dalam pipa pada:
 - a. Setiap percabangan;
 - b. Lokasi ujung pipa tempat aliran air masuk atau aliran air keluar;
 - c. Pipa penguras atau *wash out*.

- d. Pipa outlet pompa;
2. Pipa penguras, berfungsi untuk pengurasan pada pipa yang dipasang pada titik awal jembatan, jalur pipa yang relatif rendah, dan ujung jalur pipa yang menurun ataupun yang mendatar;
3. meter air induk;
4. Katup udara, dipasang pada jembatan pipa, dan pada titik-titik paling tinggi pada pipa transmisi dan juga dipasang pada jembatan pipa dengan perletakan $\frac{1}{4}$ dari panjang pipa;
5. Bak Pelepas Tekanan (BPT) pada pipa transmisi dipasang untuk mengurangi tekanan pada pipa akibat perbedaan elevasi yang melebihi persyaratan atau terlalu besar, bak pelepas tekanan juga dapat mengurangi kebocoran fisik atau disebut kehilangan air pada pipa.

2.5.2 Sistem Pengaliran pada Pipa

Sistem pengaliran air pada pipa harus sampai ke pelanggan dengan laju aliran yang dibutuhkan agar efisien. Oleh karena itu, beberapa tekanan dalam pipa diperlukan harus memaksa air untuk mencapai di setiap tempat. Berdasarkan pada metode yang digunakan, sistem pengaliran pipa di antaranya sebagai berikut [26]:

1. Sistem Gravitasi

Ketika sumber air yang cukup tinggi di atas area kota tersedia, ini bisa menjadi paling baik digunakan untuk sistem pengaliran dalam menjaga tekanan pada saluran air. Metode ini juga jauh lebih cocok ketika sumber pasokan seperti danau, sungai atau menyita waduk lebih tinggi dari kota. Air mengalir di Pipa karena gaya gravitasi. Karena tidak diperlukan pemompaan maka itu adalah sistem yang paling tepat untuk pengaliran air.

2. Sistem Pompa

Tekanan konstan dapat dipertahankan dalam sistem dengan memompa langsung ke pipa induk. Debit aliran tidak dapat bervariasi dengan mudah sesuai permintaan kecuali sejumlah pompa dioperasikan selain untuk berdiri sendiri. Pasokan dapat terpengaruh selama listrik mati dan putus pompa. Karenanya pompa diesel juga merupakan tambahan pompa listrik terawat.

3. Sistem Kombinasi

Sistem kombinasi merupakan kombinasi antara sistem gravitasi dengan sistem pompa. Sistem kombinasi digunakan apabila adanya topografi menurun dan naik yang pada saat kondisi topografi menurun tidak membutuhkan pompa dan pada saat topografi naik membutuhkan pompa.

2.6 Analisis Hidrolis pada Jaringan Perpipaan

Aliran dalam pipa yaitu aliran yang kontak dengan seluruh penampang saluran atau saluran tertutup [34]. Aliran air tidak termasuk aliran perpipaan jika terdapat permukaan air bebas di dalam pipa [5].

2.6.1 Persamaan Energi

Persamaan energi diantaranya yaitu persamaan Kontinuitas dan persamaan Bernouli [9].

1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas dimana tidak adanya kebocoran, maka debit setiap bagian sama untuk setiap penampangnya. Persamaan kontinuitasnya dapat ditulis [9]:

$$Q = A \cdot V$$

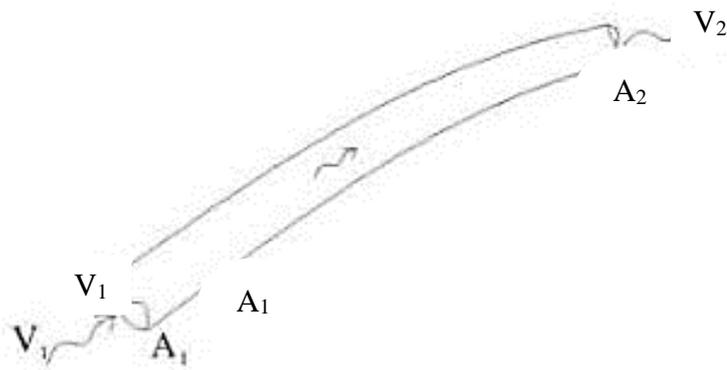
Di mana:

Q = Debit aliran (m³/detik);

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/detik);

A = Luas penampang pada pipa (m²).

Pipa Alir dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2 Pipa Alir

Sumber: Klass, 2009

Pada pipa bercabang, debit aliran pada titik awal harus sama dengan debit pada cabang. Persamaan kontinuitasnya dapat ditulis:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \text{ atau } A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 + A_3 \times V_3$$

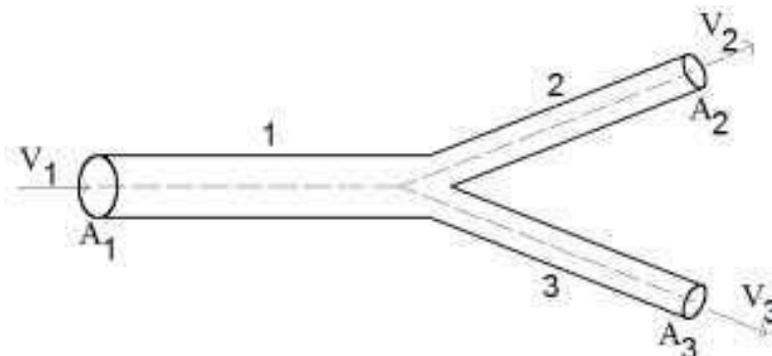
Di mana:

Q = debit aliran (m^3/dtk);

A = Luas penampang aliran pada pipa (m^2);

V = Kecepatan rerata aliran dalam pipa (m/dtk).

Pipa bercabang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.

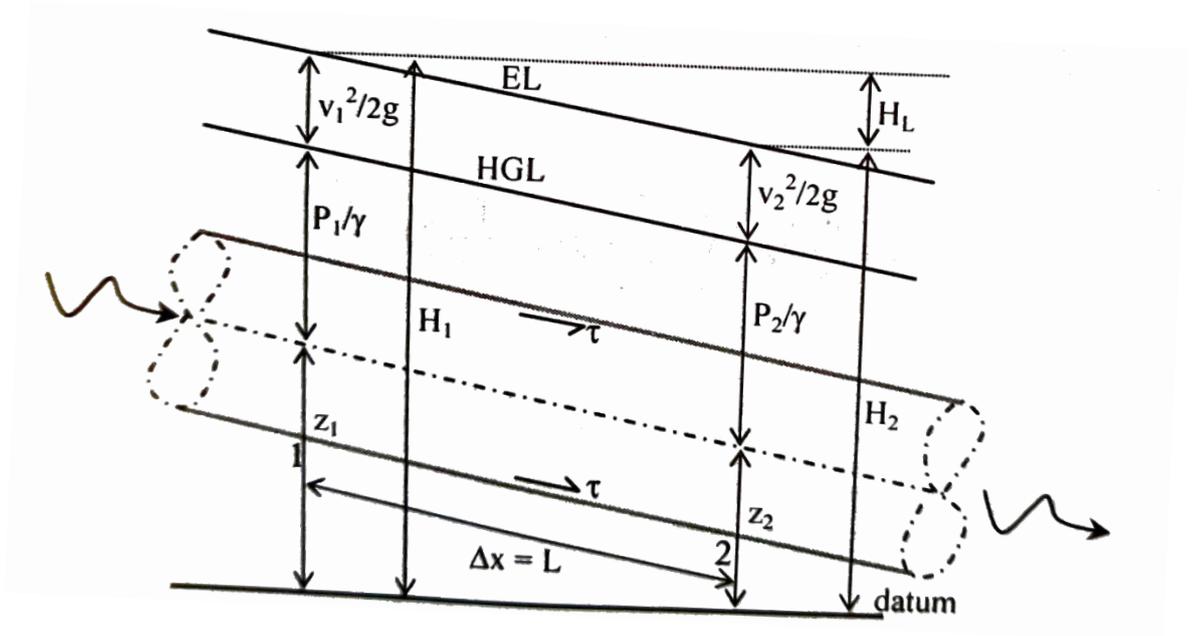


Gambar 2.3 Pipa Bercabang

Sumber: Triatmodjo, 1994

2. Persamaan Bernoulli

Persamaan Bernoulli memiliki jumlah elevasi, tinggi kecepatan, dan tinggi tekanan setiap titik acuan selalu konstan [34]. Garis tekanan atau HGL yaitu jumlah tinggi dari elevasi dan *head* tekan. Garis tenaga atau EGL berada di atas garis tekan sebesar *head* kecepatan. Sisa tekan merupakan selisih dari HGL dengan elevasi atau tekanan air yang masih tersedia pada perpipaan. HGL dan EGL dapat dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2.4 Garis Energi dan Tekanan pada Zat Cair Ideal

Sumber: Kodoatie, 2002

Rumus persamaan Bernoulli menurut [11], yaitu sebagai berikut:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

Di mana:

- z = Elevasi atau ketinggian (m);
- g = Percepatan gravitasi (m/dtk²);
- P = Tinggi tekanan (N/m²);
- γ = Berat jenis fluida (kg/m³);
- h_f = kehilangan energi akibat gesekan pada pipa (m).

$$V = \text{Kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/dtk);}$$

$$\text{HGL} = Z + \frac{P}{\gamma} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{EGL} = Z + \frac{P}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk *headloss* kehilangan energi akibat gesekan, persamaan dapat ditulis [34]:

$$h_f = z_1 \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

2.6.2 Kehilangan Tekanan dalam Perpipaan

Head losses merupakan kerugian-kerugian dalam aliran air dalam pipa yang terdiri atas *mayor losses* dan *minor losses* [9].

1. *Mayor Losses* (h_f)

Headloss akibat gesekan dengan dinding pipa dapat dihitung menggunakan persamaan Hazen Williams dan Darcy-Weisbach [11].

a. Hazen-Williams

Besarnya kehilangan energi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut [28]:

$$h_f = \frac{10,675 \cdot L \cdot Q^{1,852}}{C^{1,852} \cdot D^{4,87}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Di mana:

h_f = *Headloss* akibat gesekan pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

L = Jarak yang ditinjau (m)

Q = Debit air (m³/det)

C = Koefisien gesekan Hazen Williams (bergantung dari kekasaran pipa pada

Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Koefisien C untuk Setiap Jenis Pipa

No.	Jenis Pipa	C _h
1.	Baja	110
2.	<i>Ductile</i> (DCIP)	110
3.	PE	130
4.	<i>Pre-stress Concrete</i> (PSC)	120
5.	GIP	110
6.	U-PVC	120
7.	Besi Tuang (CIP)	110
8.	<i>Asbes Cement</i> (ACP)	120

Sumber: SNI 7509, 2011

b. Darcy-Weisbach

Selain menggunakan persamaan Hazen Williams, *major losses* juga dapat dicari dengan menggunakan rumus Darcy Weisbach. Rumus Darcy Weisbach yaitu [11]:

$$h_f = f \frac{V^2}{2g} \frac{L}{d}$$

Di mana:

h_f = *Headloss* akibat gesekan pipa (m);

g = Percepatan gravitasi (m/dtk²);

f = Koefisien faktor gesekan Darcy-Weisbach;

D = Diameter pipa (m);

L = Panjang pipa (m);

V = Kecepatan aliran (m/dtk).

Jika diketahui luas penampang, dan debit, maka *headloss* dapat dicari dengan [9]:

$$h_f = \frac{8 \cdot f \cdot L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5}$$

2. *Minor Losses* (h_m)

Minor losses atau kehilangan energi minordiartikan sebagai kehilangan energi akibat aksesoris [11]. *Minor losses* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [28]:

$$h_m = k \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots(2.13)$$

Di mana:

- g = Percepatan gravitasi (m/det²);
- v = Kecepatan aliran dalam pipa (m/det);
- k = Konstanta, dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2.6 Nilai Konstanta (k) pada *Minor Losses*

Tipe sambungan dan Katup	k	Tipe sambungan dan Katup	k
<i>Entry losses:</i>		<i>Angle branches:</i>	
<i>Sharp-edged entrance</i>	0,50	<i>Flow in line</i>	0,35
<i>Re-entrant entrance</i>	0,80		
<i>Slightly rounded entrance</i>	0,25	<i>Line to branch:</i>	0,40
<i>Bell-cauthed entrance</i>	0,05	30 derajat	0,60
<i>Footvalve & Strainer</i>	2,50	45 derajat	0,80
		90derajat	
<i>Entermediate losses elbows (R/D = 0,5 approx):</i>		<i>Sudden Enlargeent:</i>	
22,5 derajat	0,20	<i>Inlet Ø : Outlet Ø</i>	
45 derajat	0,40	4 : 5	0,15
90 derajat	1,00	3 : 4	0,20
		2 : 3	0,35
<i>Close radius bends (R/D = 1 approx):</i>		1 : 2	0,60
22,5 derajat	0,15	1 : 3	0,80
45 derajat	0,30	1 : 5 & >5	1,00
90 derajat	0,75		
<i>Long radius bends (R/D = 2 sampai 7):</i>		<i>Sudden Contraction:</i>	
22,5 derajat	0,10	<i>Inlet Ø : Outlet Ø</i>	
45 derajat	0,20	5 : 4	0,15
90 derajat	0,40	4 : 3	0,20
		3 : 2	0,30
<i>Sweeps (R/D = 8 sampai 50):</i>		2 : 1	0,35
22,5 derajat	0,05	3 : 1	0,45
45 derajat	0,10	5 : 1 & <1	0,50
90 derajat	0,20		
<i>Mitre Elbows:</i>		<i>Tapers:</i>	
22,5 derajat – 2 piece	0,15	<i>Flow to small ends</i>	
30 derajat – 2 piece	0,20	<i>Flow to large ends</i>	
		<i>Inlet Ø : Outlet Ø</i>	
		4 : 5	0,03
		3 : 4	0,04
		1 : 2	0,12

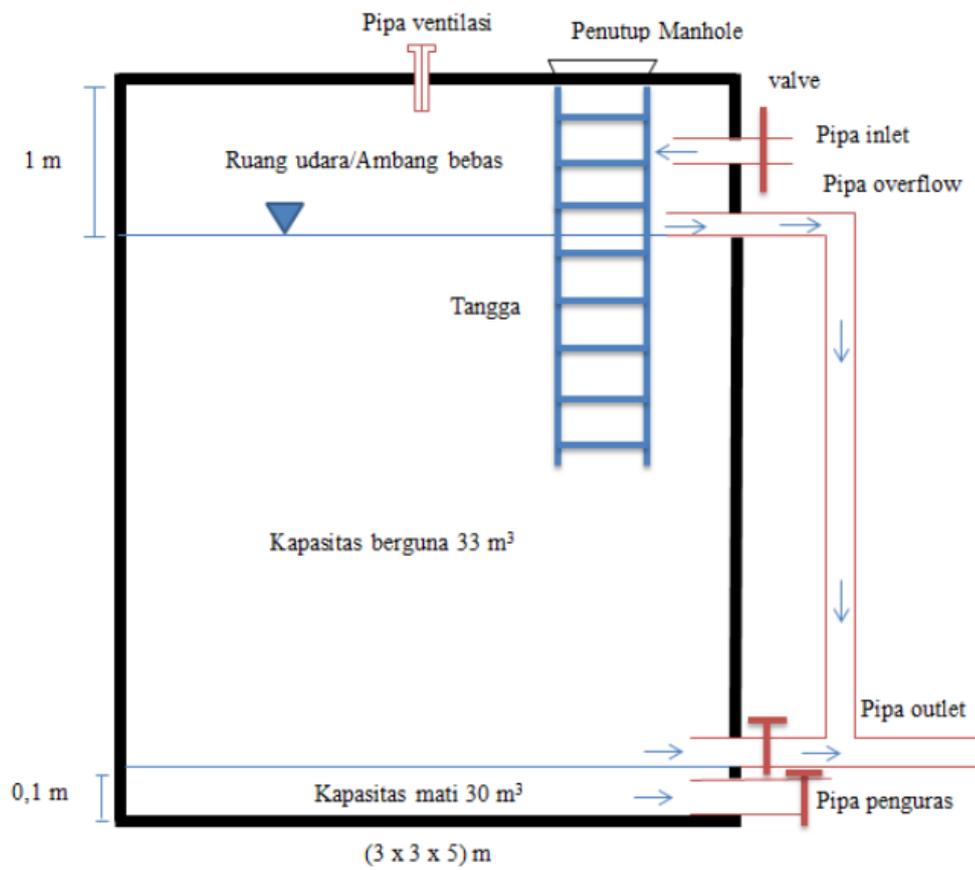
Tipe sambungan dan Katup	k	Tipe sambungan dan Katup	k		
45 derajat – 2 piece atau 3 piece	0,30	<i>Gate Valves</i> (Pintu Katup):			
60 derajat – 2 piece	0,65			Terbuka penuh	0,12
3 piece				1/4 tertutup	1,00
90 derajat – 2 piece	0,25			1/2 tertutup	6,00
3 piece	1,25			3/4 tertutup	24,00
4 piece	0,50			<i>Globe</i>	10,00
<i>Tees:</i>		<i>Reflux valve</i>	0,30		
<i>Flow in line</i>	0,35	<i>Exit losses:</i>			
<i>Line To branch</i>	1,20			<i>Sudden enlargement</i>	1,00
<i>Radiussed</i>	0,80			<i>Bellmothed outlet</i>	0,20

Sumber: SNI 7509, 2011

2.7 Reservoir

Reservoir merupakan bangunan penampungan air dari pengolahan air atau dari mata air sebelum didistribusikan ke pelanggan. [28]. Reservoir berfungsi agar debit pemakaian dan debit produksi air yang dalam satu hari seimbang. Kelebihan air dari pemakaian air akan disimpan agar pada saat pemakaian lebih besar dari pada pengisian dapat terpenuhi dari air yang disimpan [28]. Reservoir dibagi menjadi [28]:

1. *Ground* reservoir merupakan penampungan air baik yang ditempatkan di bagian bawah tanah atau di atas tanah maupun yang ditempatkan sebagian di permukaan tanah.
2. Menara air merupakan penampungan baik yang diletakkan di atas konstruksi penyangga atau ditempatkan pada suatu bangunan yang memiliki ketinggian tertentu diatas muka tanah.



Gambar 2.5 Gambar Potongan Reservoir

Sumber: Wuisan, dkk., 2013