

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, penyediaan air minum merupakan kegiatan menyediakan air minum dalam memenuhi kebutuhan masyarakat agar mendapat kehidupan yang sehat, bersih dan produktif. Sistem penyediaan air minum (SPAM) merupakan suatu kesatuan sistem fisik (teknik) dan non fisik dari prasarana dan sarana air minum. Pengembangan SPAM adalah kegiatan yang bertujuan membangun, memperluas dan atau meningkatkan sistem fisik (teknik) dan non fisik (kelembagaan, manajemen, keuangan, peran masyarakat, dan hukum) dalam kesatuan yang utuh untuk melaksanakan penyediaan air minum kepada masyarakat menuju keadaan yang lebih baik.

Tabel 2.1 Matriks Kriteria Utama Penyusunan Rencana Induk Pengembangan SPAM untuk Berbagai Klasifikasi Kota

No	Kriteria Teknis	Jenis Kota			
		Metro	Besar	Sedang	Kecil
I	Jenis Perencanaan	Rencana Induk	Rencana Induk	Rencana Induk	-
II	Horison Perencanaan	20 tahun	15 - 20 tahun	15 - 20 tahun	15 - 20 tahun
III	Sumber Air Baku	Investigasi	Investigasi	Identifikasi	Identifikasi
IV	Pelaksana	Penyedia jasa/ penyelenggara/ pemerintah daerah	Penyedia jasa/ penyelenggara/ pemerintah daerah	Penyedia jasa/ penyelenggara/ pemerintah daerah	Penyedia jasa/ penyelenggara/ pemerintah daerah
V	Peninjauan Ulang	Per 5 tahun	Per 5 tahun	Per 5 tahun	Per 5 tahun
VI	Penanggung-jawab	Penyelenggara/ Pemerintah Daerah	Penyelenggara/ Pemerintah Daerah	Penyelenggara/ Pemerintah Daerah	Penyelenggara/ Pemerintah Daerah
VII	Sumber Pendanaan	- Hibah LN - Pinjaman LN - Pinjaman DN - APBD - PDAM - Swasta	- Hibah LN - Pinjaman LN - Pinjaman DN - APBD - PDAM - Swasta	- Hibah LN - Pinjaman LN - Pinjaman DN - APBD - PDAM - Swasta	- Pinjaman LN - APBD

Sumber: Peraturan Menteri PU Penyelenggaraan Pengembangan SPAM, 2007

2.1.1 Air Bersih

Air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan akan menjadi air minum setelah dimasak terlebih dahulu. Sebagai batasannya, air bersih adalah air yang memenuhi persyaratan bagi system penyediaan air minum, dimana persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologis, dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Ketentuan Umum Permenkes No. 416/Menkes/PER/IX/1990).

Persyaratan tersebut juga memperhatikan pengamanan terhadap sistem distribusi air bersih dari instalasi air bersih sampai pada konsumen.

2.1.2 Air Minum

Air minum adalah air yang kualitasnya memenuhi syarat-syarat kesehatan yang dapat diminum. Alasan kesehatan dan teknis yang mendasari penentuan standar kualitas air minum adalah efek-efek dari setiap parameter jika melebihi dosis yang telah ditetapkan. Pengertian dari standar kualitas air minum adalah data operasional dari kriteria kualitas air dengan memasukan pertimbangan non teknis, misalnya kondisi sosial-ekonomi, target atau tingkat kualitas produksi, tingkat kesehatan yang ada dan teknologi yang tersedia. Sedangkan kriteria kualitas air merupakan putusan ilmiah yang mengekspresikan hubungan dosis dan respon efek, yang diperkirakan terjadi kapan dan dimana saja unsur-unsur pengotor mencapai atau melebihi batas maksimum yang ditetapkan, dalam waktu tertentu. Dengan demikian, maka kriteria kualitas air merupakan referensi dari standar kualitas air. Berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/Per/IX/1990), yang membedakan antara kualitas air bersih dan air minum adalah standar kualitas setiap parameter fisik, kimia, biologis, dan radiologis maksimum yang diperbolehkan.

2.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya penggunaan air

2.2.1 Iklim

Kebutuhan air untuk mandi, menyiram taman, pengaturan udara, dan sebagainya akan lebih besar pada iklim yang hangat dan kering daripada di iklim yang lembab. Pada iklim yang sangat dingin, air mungkin diboroskan di keran-keran untuk mencegah bekunya pipa-pipa.

2.2.2. Ciri-ciri penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari para langganan. Pemakaian per kapita di daerah-daerah miskin jauh lebih rendah dibandingkan dengan daerah-daerah kaya. Di daerah-daerah tanpa pembuangan limbah, konsumsi dapat sangat rendah hingga hanya sebesar 10 gpcd (40 liter/kapita per hari).

2.2.3. Masalah lingkungan hidup

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihannya pemakaian sumber-sumber daya telah menyebabkan berkembangnya alat-alat yang dapat dipergunakan untuk mengurangi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

2.2.4. Industri dan perdagangan

Pesawat-pesawat pabrik sering kali membutuhkan jumlah air yang besar. Jumlah yang sebenarnya tergantung pada besarnya pabrik dan jenis industrinya.

2.2.5. Iuran air dan meteran

Bila harga air mahal, maka orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air dan industri mungkin mengembangkan persediaannya sendiri dengan biaya yang lebih murah. Para langganan yang jatah airnya diukur dengan meteran akan cenderung untuk memperbaiki kebocoran-kebocoran dan mempergunakan air dengan jarang. Pemasangan meteran pada beberapa kelompok masyarakat cenderung menurunkan penggunaan air sebanyak 40%.

2.2.6. Ukuran kota

Penggunaan air per kapita pada kelompok masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung untuk lebih tinggi di kota-kota besar daripada di kota-kota kecil. Secara umum perbedaan itu diakibatkan oleh besarnya pemakaian oleh industri, lebih banyaknya taman-taman, lebih banyaknya pemakaian untuk perdagangan dan barangkali juga lebih banyak kehilangan dan pemborosan di kota-kota besar.

2.2.7. Kebutuhan konservasi air

Di bagian barat Amerika Serikat dan di berbagai belahan bumi lainnya yang mengalami kekeringan telah memaksa para penghuninya untuk mengurangi pemakaian air dengan sukarela dan dalam beberapa kasus, badan-badan yang bertanggung jawab atas penyediaan air terpaksa harus mencantumkan cadangan yang ada. Penemuan terpenting dalam situasi ini adalah pemakaian air dapat dikurangi antara 10 hingga 40% tanpa menimbulkan suatu masalah berat bagi penghuninya.

Pada intinya kebutuhan air di masa mendatang dipengaruhi oleh perkembangan daerah tersebut. Setiap bertambahnya umur bumi, tentu semakin padat pula jumlah penduduknya, namun perkembangan dalam suatu daerah ada yang berkembang *secara* pesat dan lambat, tetapi tetap akan terus berkembang, dan tentunya kebutuhan air akan terus bertambah (Linsley, 1995).

2.3. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Proyeksi disini dapat didefinisikan yaitu memperkirakan jumlah penduduk pada tahun-tahun yang akan datang. Proyeksi pelanggan menggunakan metode matematis

apabila kita tidak mengetahui data tentang komponen daripada pertumbuhan pelanggan, maka disini dianggap yang digunakan hanyalah jumlah pelanggan secara keseluruhan.

Dalam *mathematical method* kita dapat menggunakan perumusan *mathematical* yang paling sederhana, yaitu: (Muliakusuma, 1981)

- Linear dengan cara *arithmetic* dan *geometric*
- Non linear antara lain *exponential*

2.3.1 Linear dengan Cara Aritmatik dan Geometrik

2.3.1.1 Arithmetic Rate of Growth

Pertumbuhan penduduk secara arithmetic adalah pertumbuhan penduduk dengan jumlah (*Absolut Member*) adalah sama setiap tahun. Rumus yang digunakan adalah (Muliakusuma, 1981):

$$P_n = P_o (1+m) \dots \dots \dots (2-1)$$

$$r = \frac{P_n + P_o}{P_o n} \dots \dots \dots (2-2)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun n

P_o = jumlah penduduk pada tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu dalam tahun

2.3.1.2 Geometric Rate of Growth

Pertumbuhan penduduk secara geometrik adalah pertumbuhan penduduk yang menggunakan dasar bunga berbunga (bunga majemuk). Jadi pertumbuhan penduduk dimana angka pertumbuhannya (*Rate of Growth*) adalah sama untuk semua tahun.

$$P_n = P_o (1+r)^n \dots \dots \dots (2-3)$$

$$r = \left(\frac{P_n}{P_o} \right)^{\frac{1}{t}} - 1 \dots \dots \dots (2-4)$$

dimana:

P_n = jumlah penduduk pada tahun n

P_o = jumlah penduduk pada tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk

n = periode waktu dalam tahun

2.3.2 Non Linear antara lain Eksponensial

2.3.2.1 Eksponential Rate of Growth

Pertumbuhan penduduk secara terus menerus (*Continous*) setiap hari dengan angka pertumbuhan (*Rate*) yang konstan.

$$P_n = P_0 \cdot e^{rn} \dots \dots \dots (2-5)$$

$$P_t = P_0 \cdot e^{et} \dots \dots \dots (2-6)$$

dimana:

P_n atau P_t = jumlah penduduk pada tahun t atau n

P_0 = jumlah penduduk pada tahun awal

r = angka pertumbuhan penduduk

n atau t = waktu dalam tahun

e = bilangan dari sistem logaritma natural yang besarnya 2,7182818

Untuk menentukan pilihan rumus yang paling mendekati kebenaran tentu saja kita perlu mengadakan pembelajaran terhadap wacana terdahulu, namun menurut (Muliakusuma, 1981) orang-orang lebih sering menggunakan angka pertumbuhan penduduk secara eksponensial dan geometrik. Angka pertumbuhan penduduk secara *arithmetic* tidak baik digunakan untuk mengukur pertumbuhan pelanggan karena bertambahnya jumlah pelanggan tidak mungkin dengan jumlah yang sama dalam beberapa periode. Menurut (Susiaty, 2006) metode yang paling efektif digunakan adalah geometrik, karena angkanya yang paling mendekati benar dan tidak terlalu dilebih-lebihkan apabila ingin melaksanakan prediksi pelanggan.

2.3.3 Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

2.3.3.1 Standar Deviasi

Standar deviasi 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 (Soewarno, 1995: 75).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2-7)$$

dengan:

S = standar deviasi

X_i = nilai varian (penduduk proyeksi)

\bar{X} = nilai rata-rata

n = banyaknya data

2.3.3.2 Koefisien Korelasi

Pemilihan metode proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan cara pengujian statistik yakni berdasarkan pada nilai koefisien korelasi yang terbesar mendekati +1. Adapun rumusan untuk menentukan besarnya koefisien korelasi adalah sebagai berikut:

$$r = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n X_i \cdot Y_i - \sum_{i=1}^n X_i \cdot \sum_{i=1}^n Y_i}{\sqrt{\left(n \cdot \sum_{i=1}^n X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n X_i \right)^2 \right) \left(n \cdot \sum_{i=1}^n Y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2 \right)}} \quad (2-8)$$

dengan:

r = koefisien korelasi

X = tahun proyeksi

Y = jumlah penduduk hasil proyeksi

2.4 Analisa Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air adalah jumlah air yang digunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Umumnya air ini 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

2.4.1 Kebutuhan Domestik

Kebutuhan air domestik merupakan pemakaian air yang digunakan untuk aktivitas di lingkungan rumah tangga. Penyediaan air bersihnya dihitung berdasarkan jumlah penduduk, prosentase jumlah penduduk yang akan terlayani, cara pelayanan air dan konsumsi pemakaian air. Sehingga semakin luas wilayah yang harus dilayani maka semakin besar kebutuhan air bersih yang diperlukan masyarakat.

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Bersih berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan air (liter/orang/hari)
I	Kota Metropolitan	>1.000.000	> 150
II	Kota Besar	500.000 – 1.000.000	120-150
III	Kota Sedang	100.000 - 500.000	90-120
IV	Kota Kecil	20.000 - 100.000	80-120
V	Desa	< 20.000	60-80

Sumber: Peraturan Menteri PU Penyelenggaraan Pengembangan SPAM, 2007

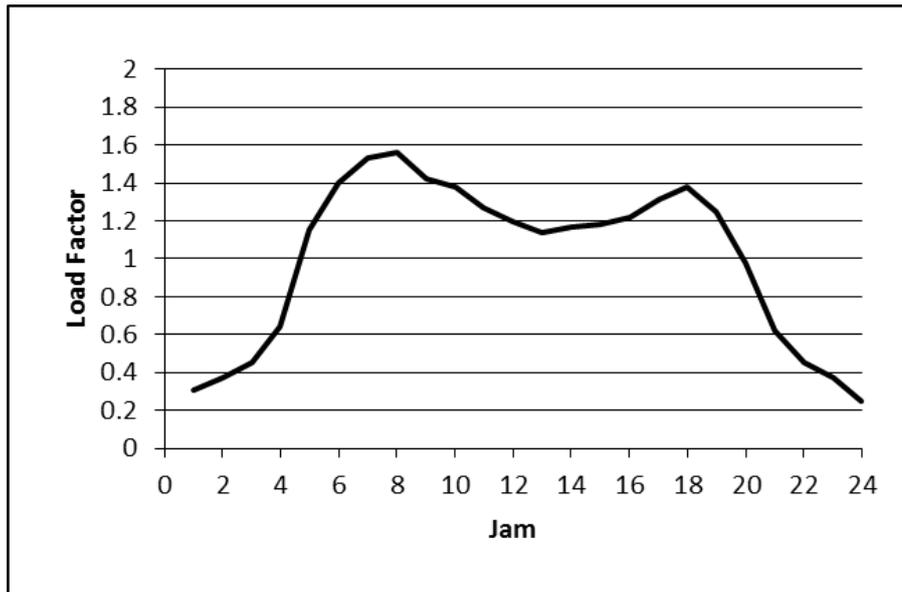
Berdasarkan cara pelayanannya, kebutuhan air domestik dibagi menjadi dua jenis yaitu sambungan rumah dan hidran umum. Sambungan rumah merupakan jenis sambungan yang menyediakan air langsung ke setiap rumah warga dengan menggunakan sambungan pipa distribusi melalui meteran air dan instalasi pipa yang dipasang di dalam rumah. Pelayanan sambungan rumah ini ditujukan untuk masyarakat yang sudah menempati rumah secara permanen. Sedangkan hidran umum merupakan jenis sambungan yang menyediakan air melalui kran yang dipasang di tempat tertentu untuk mempermudah masyarakat dalam mencukupi kebutuhan mandi, cuci dan minum. Pelayanan hidran umum ini diperuntukkan bagi masyarakat yang menempati rumah non permanen atau golongan ekonomi bawah.

2.4.2 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 Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik.

2.5 Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Fluktuasi yang terjadi tergantung pada suatu aktivitas penggunaan air dalam keseharian masyarakat. Berikut grafik fluktuasi kebutuhan air dari Dirjen Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum dan tabel pengali dari grafik tersebut.



Gambar 2.1 Grafik *Load Factor* terhadap Kebutuhan Air Bersih

Sumber: DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih (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	1.40	1.53	1.56	1.41	1.38	1.27	1.20
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: DPU Ditjen Cipta Karya Direktorat Air Bersih (1994: 24)

Grafik dan faktor pengali tersebut berdasarkan pada umumnya masyarakat Indonesia yang cenderung menggunakan kebutuhan air pada pagi dan sore hari. Sehingga pada jam-jam tertentu pada pagi dan sore hari, tingkat pelayanan kebutuhan air menjadi meningkat. Oleh karena itu, diperlukan adanya kriteria tingkat kebutuhan yang digunakan masyarakat dalam upaya pemenuhan kebutuhan per satu hari. Berikut kriteria tingkat kebutuhan air masyarakat yang digolongkan.

1. Kebutuhan air rata-rata, yaitu penjumlahan kebutuhan total (domestik dan non domestik) ditambah dengan kehilangan air.
2. Kebutuhan harian maksimum, yaitu kebutuhan air terbesar dan kebutuhan rata-rata harian dalam satu minggu.
3. Kebutuhan air pada jam puncak, yaitu pemakaian air tertinggi pada jam-jam tertentu selama periode satu hari.

Kebutuhan harian maksimum dan jam puncak diperlukan dalam perhitungan besarnya kebutuhan air bersih, karena hal ini menyangkut kebutuhan pada hari-hari tertentu dan pada jam puncak pelayanan. Sehingga penting mempertimbangkan nilai koefisien

untuk keperluan tersebut. Pendekatan angka koefisien yang biasa digunakan dalam perhitungan kebutuhan harian dan jam puncak adalah:

- kebutuhan harian maksimum = 1,15 x kebutuhan air rata-rata
- kebutuhan jam puncak = 1,56 x kebutuhan air maksimum

2.6 Kebocoran Air

Kebocoran air dapat didefinisikan sebagai selisih antara jumlah air yang tercatat masuk ke sistem dan jumlah air yang tercatat keluar dari sistem. Dalam suatu sistem penyediaan air minum tidak seluruhnya air yang diproduksi instalasi sampai ke konsumen. Biasanya terdapat kebocoran di sana sini yang disebut dengan kebocoran air. Kebocoran air dapat disebabkan oleh faktor fisik dan non fisik. Kebocoran air secara fisik diakibatkan oleh faktor-faktor teknis pada sistem perpipaan. Sedangkan kebocoran air non fisik disebabkan oleh faktor-faktor non teknis seperti kesalahan administrasi dan kesalahan pembacaan meteran. Tingkat kebocoran PDAM Kabupaten Bangkalan adalah sebesar 20%, masih berada di batas wajar yaitu antara 18 – 20% untuk kebocoran air.

2.7 Analisa Hidraulika 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: 5):

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, dimana 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 dan akan membebani biaya perawatan. Sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai *head loss* yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Untuk menghitung kecepatan digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = A.V \quad (2-9)$$

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \quad (2-10)$$

dengan:

Q = debit yang mengalir ($m^3/detik$)

A = luas penampang (m^2)

V = kecepatan ($m/detik$)

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:

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

$$E_{Tot} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \quad (2-11)$$

dengan:

p = tekanan (atm)

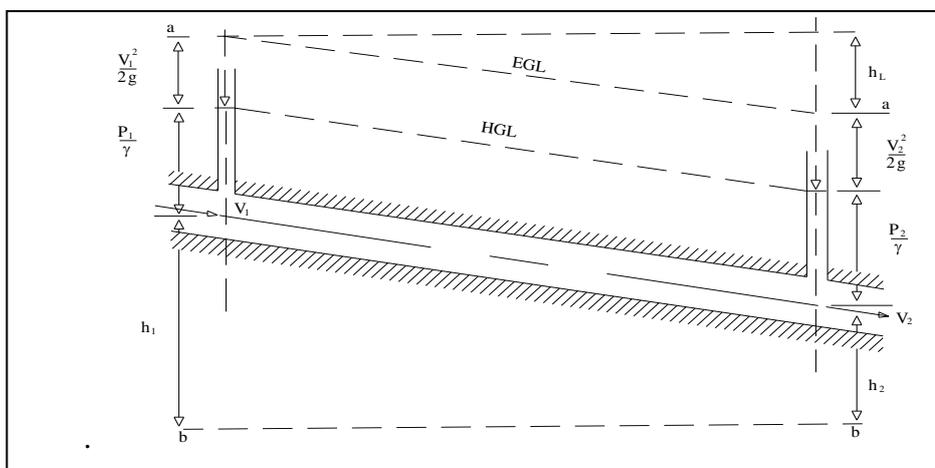
γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

V = kecepatan aliran ($m/detik$)

g = percepatan gravitasi ($m/detik^2$)

h = ketinggian (m)

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 2.2 Garis Tenaga dan Tekanan pada Zat Cair

Sumber: Priyantoro (1991: 7)

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

$$h_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_L \quad (2-12)$$

dengan:

$\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w}$ = tinggi tekan 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 (atm)

γ_w = berat jenis air (kg/m^3)

V_1, V_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik^2)

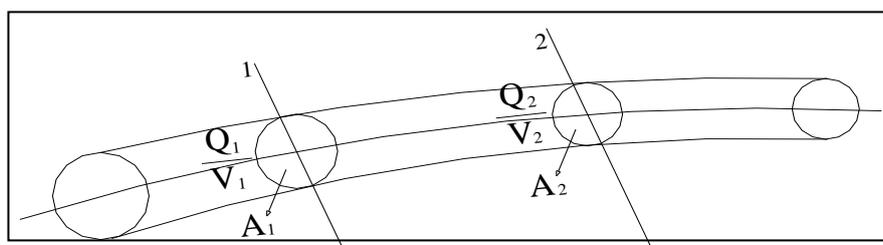
h_1, h_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)

H_L = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada Gambar 2.2 tampak garis yang menunjukkan besarnya tekanan air pada penampang tinjauan. Garis tekanan ini pada umumnya disebut garis gradien hidraulik atau garis kemiringan hidraulik. Jarak vertikal antara pipa dengan garis gradien hidraulik 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 $A \text{ m}^2$ dan kecepatan $v \text{ m/detik}$ 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 2.3.



Gambar 2.3 Aliran dengan Penampang Pipa yang Berbeda

Sumber: Triatmodjo (1996: 137)

Hubungan antara Hukum Kontinuitas dengan ketiga bagan pada Gambar 2.4 dapat ditunjukkan dengan dua persamaan berikut (Priyantoro, 1991: 8):

$$\begin{aligned} Q_{\text{masuk}} &= Q_{\text{keluar}} \\ A_1 \cdot V_1 &= A_2 \cdot V_2 \end{aligned} \quad (2-13)$$

dengan:

- Q_1, Q_2 = debit pada potongan 1 dan 2 (m^3/detik)
 A_1, A_2 = luas penampang pada potongan 1 dan 2 (m^2)
 V_1, V_2 = kecepatan pada potongan 1 dan 2 (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.

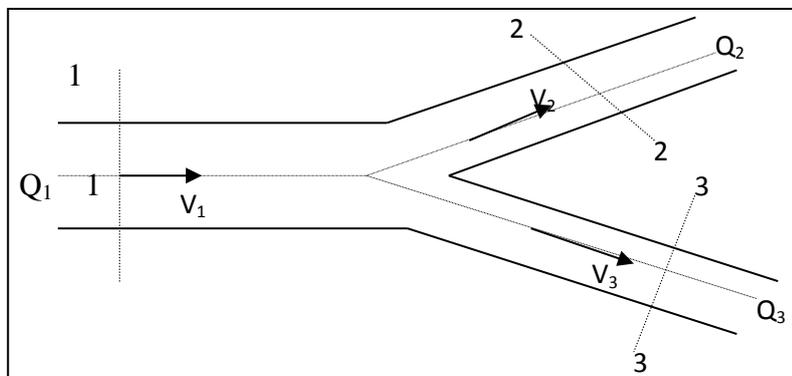
$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad (2-14)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad (2-15)$$

dengan:

- Q_1, Q_2, Q_3 = debit yang mengalir pada penampang 1, 2 dan 3 (m^3/detik)
 V_1, V_2, V_3 = kecepatan pada penampang 1, 2 dan 3 (m/detik)
 A_1, A_2, A_3 = luas penampang 1, 2 dan 3 (m^2)

Hukum Kontinuitas pada pipa bercabang seperti diperlihatkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pipa Bercabang

Sumber: Triatmodjo (1996: 137)

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):

$$Q = 0.354 \cdot C_{hw} \cdot A \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-16)$$

$$V = 0.354 \cdot C_{hw} \cdot R^{0.63} \cdot S^{0.54} \quad (2-17)$$

dengan:

V = kecepatan aliran pada pipa (m/detik)

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

A = luas penampang aliran (m²)

Q = debit aliran pada pipa (m³/detik)

S = kemiringan hidraulis

$$= h_f / L$$

R = jari-jari hidraulis (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 (Webber, 1971: 121):

$$h_f = k \cdot Q^{1.85} \quad (2-18)$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1.85} \cdot D^{4.87}} \quad (2-19)$$

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 ($m^3/detik$)
 C_{hw} = koefisien kekasaran *Hazen-Williams*

Tabel 2.4 Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams* (C_{hw})

<i>Pipe Materials</i>	C_{HW}
<i>Asbestos Cement</i>	140
<i>Brass</i>	130-140
<i>Brick sewer</i>	100
<i>Cast Iron</i>	
<i>New Unlined</i>	130
<i>10 years old</i>	107-113
<i>20 years old</i>	89-100
<i>30 years old</i>	75-90
<i>40 years old</i>	64-83
<i>Concrete or concrete lined</i>	
<i>Steel forms</i>	140
<i>Wooden forms</i>	120
<i>Centrifugally spun</i>	135
<i>Copper</i>	130-140
<i>Galvanized iron</i>	120
<i>Glass</i>	140
<i>Lead</i>	130-140
<i>Plastic (PVC)</i>	140-150
<i>Steel</i>	
<i>Coal-tarenamel lined</i>	145-150
<i>New Unlined</i>	140-150
<i>Riveted</i>	110
<i>Tin</i>	130
<i>Vitrified clay</i>	110-140
<i>Wood stave</i>	120

Sumber: Priyantoro (1991: 20)

Penggunaan metode *Hazen-Williams* ini disebabkan karena metode *Hazen-Williams* ini paling sering digunakan oleh para teknisi dalam analisis sistem pipa bertekanan

(Bentley, 2007: 934). 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 adanya belokan pada pipa sehingga menimbulkan turbulensi. Selain itu juga dikarenakan adanya penyempitan maupun pembesaran penampang secara mendadak.

Pada pipa-pipa yang panjang, kehilangan minor ini sering diabaikan tanpa kesalahan yang berarti ($L/D \gg 1000$), tetapi dapat menjadi cukup penting pada pipa yang pendek (Priyantoro, 1991:37). Kehilangan minor pada umumnya akan lebih besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran di dalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat adanya pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa (Linsley, 1989:273). Adapun kehilangan tinggi tekan minor dapat dihitung dengan Persamaan berikut:

$$h_f = k \frac{Q}{2A^2 g} \quad (2-20)$$

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)

Atau

$$h_{Lm} = k \frac{V^2}{2g} \quad (2-21)$$

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 (K)

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
<i>Bell mouth</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		
Pengecilan Tiba-tiba		Belokan Tertentu	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,18	$\theta = 15^\circ$	0,05
$D_2/D_1 = 0,50$	0,37	$\theta = 30^\circ$	0,10
$D_2/D_1 = 0,20$	0,49	$\theta = 45^\circ$	0,20
		$\theta = 60^\circ$	0,35
		$\theta = 90^\circ$	0,80
Pengecilan Mengerucut		T (Tee)	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,05	Aliran searah	0,03-0,04
$D_2/D_1 = 0,50$	0,07	Aliran bercabang	0,75-1,80
$D_2/D_1 = 0,20$	0,08		
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		
Pembesaran Mengerucut		45° Wye	
$D_2/D_1 = 0,80$	0,03	Aliran searah	0,30
$D_2/D_1 = 0,50$	0,08	Aliran bercabang	0,50
$D_2/D_1 = 0,20$	0,13		

Sumber: Haestad, 2001

2.8 Mekanisme Pengaliran dalam Sistem Distribusi Air Bersih

2.8.1 Jenis Pengaliran

2.8.1.1 Menggunakan Gravitasi

Sistem ini dapat diterapkan apabila sumber air atau *reservoir* distribusi mempunyai ketinggian yang cukup di atas daerah pelayanan, sehingga air mempunyai tekanan yang cukup (dengan beratnya sendiri) sampai kepada konsumen maupun keperluan lainnya seperti hidran kebakaran.

2.8.1.2 Dengan Bantuan Pompa

Pada sistem ini air langsung dipompakan ke jaringan pipa distribusi dengan mempunyai sasaran langsung ke konsumen. Sistem ini digunakan apabila elevasi antara sumber air atau instalasi dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan air yang cukup.

2.8.1.3 Sistem Gabungan

Sistem gabungan (sistem pemompaan dengan sistem gravitasi) merupakan sistem pengaliran dimana air dari sumber dialirkan ke *reservoir* yang kemudian dialirkan ke jaringan distribusi, baik yang dioperasikan secara bergantian ataupun yang dioperasikan secara bersama-sama.

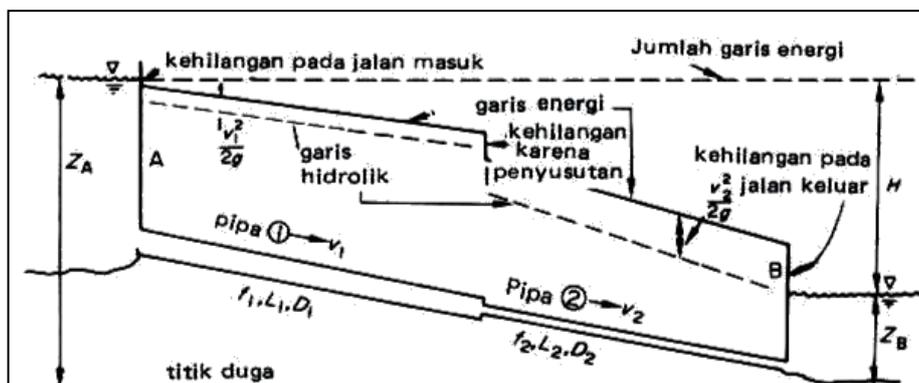
2.8.2 Sistem Perpipaan

Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan zat cair dari satu tempat ke tempat yang lain. Aliran terjadi karena adanya perbedaan tinggi tekanan di kedua tempat, yang bisa terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena digunakannya pompa. Beberapa contoh sistem perpipaan adalah pengaliran minyak antar kota/daerah, pipa pembawa dan pipa pesat dari waduk ke turbin pembangkit listrik tenaga air, jaringan air minum di perkotaan, dan sebagainya (Triatmodjo, 1996: 69).

Sistem pengaliran dalam pipa pada jaringan distribusi air bersih dapat dibagi menjadi dua yaitu hubungan seri dan hubungan paralel.

2.8.2.1 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 (Priyantoro, 1991: 49).



Gambar 2.5 Pipa Hubungan Seri

Sumber: Dake (1985: 78)

Persamaan Kontinuitas (Triatmodjo, 1996: 74):

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

dengan:

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

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

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

$$H = hf_1 + hf_2 \quad (2-23)$$

dengan:

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

hf_1, hf_2 = kehilangan pada tiap pipa (m)

2.8.2.2 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:

$$H = hf_1 = hf_2 = hf_3 \quad (2-24)$$

dengan:

Hf_1, hf_2 dan hf_3 = kehilangan tekan tiap pipa (m)

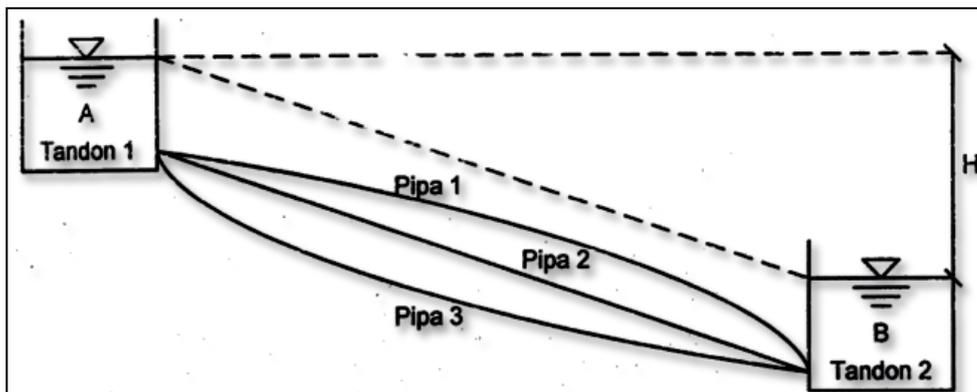
Sedangkan persamaan kontinuitasnya:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2-25)$$

dengan:

Q = total debit pada pipa paralel ($m^3/detik$)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa ($m^3/detik$)



Gambar 2.6 Pipa Hubungan Paralel

2.9 Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Air Bersih

Terdapat dua kondisi pengaliran dalam perencanaan skema jaringan distribusi air bersih yaitu kondisi permanen dan kondisi tidak permanen. Penentuan jenis kondisi aliran

amat tergantung pada pola konsumsi air pada masyarakat untuk setiap jam dalam perharinya.

2.9.1 Analisa pada Kondisi Permanen

Analisa pada kondisi permanen mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak permintaan tunggal. Simulasi ini dilakukan pada saat kondisi kritis pada harian maksimum, jam puncak, kebutuhan puncak, dan pengisian tampungan sehingga memberikan suatu informasi dari kondisi jaringan pada waktu yang diberikan.

2.9.2 Analisa pada Kondisi Tidak Permanen

Analisa pada kondisi tidak permanen mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak rangkaian permintaan serial dengan permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti: karakteristik tandon, kontrol operasi, pompa, durasi dan nilai tahap waktu, rasio dan faktor beban (*loading factor*). Beberapa kriteria dan asumsi yang digunakan yaitu: simulasi didasarkan pada perhitungan fluktuasi beban titik simpul sebagai akibat corak perubahan permintaan yang dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam dengan durasi 24 jam.

2.10 RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB merupakan estimasi, ialah suatu rencana biaya sebelum bangunan atau proyek dilaksanakan. Diperlukan baik oleh pemilik bangunan atau *owner* maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai ancer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (*actual cost*) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek.

Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelanggan, serta sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasar presentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*).

Tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap:

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimates*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;
- c. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasarkan suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline desain*);
- d. *Approved estimate*, modifikasi dan *proposal estimate* bagi kepentingan *client* atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan *approved estimate* berdasarkan desain pekerjaan definitif sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang;
- f. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan (*bill of quantities*) serta pengeluaran lainnya;
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

RAB terdiri dari dua macam:

- ✚ RAB kasaran (global) perhitungan lebih sederhana dan bersifat global, misalnya bangunan gedung dihitung berdasarkan besar lantai (m^2), jalan raya berdasar panjang ruas jalan (dalam km), jembatan berdasarkan panjang bentang (dalam m), dsb.
- ✚ RAB detail, perhitungan lebih teliti berdasarkan volume masing-masing jenis pekerjaan pada bangunan tersebut, misalnya untuk bangunan gedung ada pekerjaan tanah (galian/timbunan), pekerjaan dinding/tembok, pekerjaan kayu, atap, mengecat, dsb.

Hal-hal yang mencakup dalam perhitungan RAB antara lain:

- Harga material bangunan
- Upah tenaga kerja
- Peralatan (beli atau sewa)
- Metode pelaksanaan

- Waktu penyelesaian

2.10.1 Langkah-langkah Persiapan Perhitungan RAB

Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan upaya persiapan agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah itu mencakup hal-hal berikut:

- Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya.
- Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek.
- Harga material yang akan digunakan.
- Harga tenaga (pekerja dan tukang).
- Harga peralatan kerja (beli atau sewa).
- Biaya tak terduga dan pembulatan.

2.10.2 Dasar Perhitungan

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh hasil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar *bestek*). Biaya konstruksi mencakup harga-harga bahan, upah tenaga, dan peralatan yang digunakan. Dan semua unsur biaya ditentukan harga satuan tiap jenis pekerjaan, dan untuk ini dapat digunakan analisis BOW. Secara umum prosedur perhitungan RAB disusun atas dasar lima unsur harga berikut:

RAB= Jumlah seluruh hasil kali volume tiap jenis pekerjaan x harga satuan masing-masing

- Bahan-bahan atau material bangunan
Dihitung kuantitas (volume, ukuran, berat, tipe, dsb) masing-masing jenis bahan yang digunakan. Juga harga tiap jenis bahan itu sampai di lokasi pekerjaan (termasuk ongkos angkut), bahkan kadang-kadang mencakup biaya pemeriksaan kualitas dan pengadaan gudang/tempat penyimpanan.
- Upah tenaga kerja
Dihitung jam kerja yang dibutuhkan dan jumlah biaya/upah. Biasanya digunakan berdasar harian atau per hari sebagai unit waktu, serta volume pekerjaan yang dapat diselesaikan dalam unit waktu tersebut. Sebagai unit waktu dapat pula atas dasar tiap jam. Perlu diketahui bahwa kemampuan tiap tenaga kerja tidak sama tergantung ketrampilan dan pengalaman, demikian juga besar upahnya.
- Peralatan

Dihitung banyak dan jenis tiap peralatan yang diperlukan serta harga/biayanya (beli atau sewa). Biaya peralatan termasuk ongkos angkut/mobilisasi, upah operator mesin, biaya bahan bakar dan sebagainya. Kemampuan peralatan per satuan waktu perlu diketahui.

d. *Overhead*

Biasanya dikategorikan sebagai biaya tak terduga atau biaya tak langsung, dan dibagi menjadi dua golongan, yakni pertama yang bersifat umum, serta kedua yang berkaitan dengan pekerjaan di lapangan. *Overhead* umum misalnya sewa kantor, peralatan kantor, listrik, telepon, perjalanan, asuransi/jamsostek, termasuk gaji/upah karyawan kantor yang terlibat kegiatan proyek. Sedangkan *overhead* lapangan merupakan biaya yang tak dapat dibebankan pada harga bahan-bahan, upah pekerja dan peralatan, seperti telepon di proyek, pengamanan, biaya perizinan, dan sebagainya. Biaya *overhead* keseluruhan ditetapkan berdasar pengalaman, biasanya sekitar 12 sampai 30% dari jumlah harga bahan, upah, dan peralatan.

e. Keuntungan dan pajak

Besar keuntungan tergantung pada besar-kecilnya proyek dan besarnya rasio serta tingkat kesulitan pekerjaan. Biasanya keuntungan berkisar antara 8 sampai 15% dari biaya konstruksi (*bouwsom*). Sedangkan pajak besarnya tergantung pada peraturan pemerintah yang berlaku, biasanya antar 10 sampai 18%.

2.11 Analisa Proyek

Dalam suatu proyek disamping menganalisis secara ekonomis (*economic analysis*) biasanya juga membahas dari segi fisiknya (*physical analysis*) dan finansialnya. Analisis fisik melihat keadaan fisik proyek itu sendiri, sedangkan analisis finansial melihat keadaan proyek dari arus pemasukan dan pengeluaran dana. Analisis finansial lebih banyak menggunakan analisis rasio (*ratio analysis*). Analisis rasio ini sering dipakai sebagai dasar pertimbangan untuk mengambil keputusan perusahaan-perusahaan swasta maupun pemerintah.

Terdapat beberapa alasan suatu proyek perlu dianalisa dan dievaluasi:

1. Analisis dapat digunakan sebagai alat perencanaan didalam pengambilan keputusan baik oleh pemimpin pelaksana proyek, pejabat, atau pemberi bantuan kredit dan lembaga lain yang berhubungan dengan kegiatan tersebut.
2. Analisis dapat digunakan sebagai pedoman atau alat dalam pengawasan apakah proyek dapat berjalan sesuai dengan rencana atau tidak.

Dalam analisa proyek ada berbagai aspek yang perlu diperhatikan yaitu:

1. Analisa proyek teknis, yaitu aspek yang berhubungan dengan input dan output daripada barang dan jasa yang akan digunakan serta yang akan dihasilkan di dalam suatu kegiatan proyek.
2. Aspek manajerial dan administratif, yaitu aspek yang menyangkut kemampuan pelaksana untuk melaksanakan administrasi dalam aktifitas besar.
3. Aspek organisasi, yaitu aspek yang ditunjukkan pada hubungan antara administrasi proyek dan bagian administrasi pemerintah lainnya.
4. Aspek komersial, yaitu aspek yang menganalisa peralatan *input* (barang dan jasa) yang diperlukan proyek dan bagian administrasi pemerintah lainnya.

Standar baku yang harus dilaksanakan terhadap evaluasi suatu proyek terdiri dari:

1. Analisis teknis
2. Analisis ekonomis
3. Analisis finansial
4. Analisis sosial
5. Analisis lingkungan (AMDAL)

Analisa proyek ini biasanya lebih menitikberatkan pada analisis finansial dan analisis ekonomisnya, walaupun sebenarnya analisis yang lain juga diperlukan. Terdapat berbagai macam metode dalam menganalisa kelayakan ekonomi yang biasa digunakan (Giatman, 2007:69) yaitu :

1. *Net Present Value* (NPV)
2. *Annual Equivalent* (AE)
3. *Internal Rate of Return* (IRR)
4. *Benefit Cost Ratio* (BCR)
5. *Payback Period* (PBP)

2.11.1 Analisis Kelayakan Ekonomi

Kegiatan investasi merupakan kegiatan penting yang memerlukan biaya besar dan berdampak jangka panjang terhadap kelanjutan usaha. Oleh karena itu, analisis yang sistematis dan rasional sangat dibutuhkan sebelum kegiatan itu direalisasikan.

Suatu investasi merupakan kegiatan menanamkan modal jangka panjang, di mana selain investasi tersebut perlu pula disadari dari awal bahwa investasi akan diikuti oleh sejumlah pengeluaran lain yang secara periodik perlu disiapkan. Pengeluaran tersebut terdiri dari biaya operasional (*operation cost*), biaya perawatan (*maintenance cost*), dan biaya-biaya lainnya yang tidak dapat dihindarkan. Disamping pengeluaran, investasi akan

menghasilkan sejumlah keuntungan atau manfaat, mungkin dalam bentuk penjualan-penjualan produk benda atau jasa atau penyewaan fasilitas.

Untuk menentukan kelayakan ekonomi dalam kegiatan penetapan tarif dasar air bersih di PDAM Kabupaten Bangkalan maka dapat dilakukan metode yang umum dipakai, yaitu:

2.11.1.1 Metode Nilai Sekarang (NPV = *Net Present Value*)

Perhitungan NPV dalam suatu penilaian investasi merupakan cara yang praktis untuk mengetahui apakah proyek menguntungkan atau tidak. *Net Present Value* (NPV) adalah metode menghitung nilai bersih (netto) pada waktu sekarang (*present*). Asumsi *present* yaitu menjelaskan waktu awal perhitungan bertepatan dengan saat evaluasi dilakukan atau pada periode tahun ke-nol (0) dalam perhitungan *cash flow* investasi. Dengan demikian metode NPV pada dasarnya memindahkan *cash flow* yang menyebar sepanjang umur investasi ke waktu awal investasi ($t=0$) atau kondisi *present*, suatu *cash flow* investasi tidak selalu dapat diperoleh secara lengkap, yaitu terdiri dari *cash-in* dan *cash out*, tetapi mungkin saja hanya yang dapat diukur langsung aspek biayanya saja atau benefitnya saja.

NPV adalah selisih antara *Present Value* dari arus pendapatan (*Benefit*) dikurangi *Present Value* dari arus biaya (*Cost*).

Proyek yang memberikan keuntungan adalah proyek yang memberikan nilai positif atau $NPV > 0$, artinya manfaat yang diterima proyek lebih besar dari semua biaya total yang dikeluarkan. $NPV < 0$, berarti rugi, biaya total yang dikeluarkan lebih besar dari manfaat yang diperoleh.

Secara matematis NPV dirumuskan sebagai berikut:

$$NPV = B - C \dots \dots \dots (2-26)$$

dimana:

B = *Benefit*

C = *Cost*

Terdapat satu hal yang tidak kalah pentingnya adalah semua nilai dari beberapa tahun yang dihitung tentu harus disamakan nilainya agar dapat dihitung kelayakan ekonomi, nilai tersebut harus disamakan berdasarkan nilai bunga yang berlaku saat ini, nilai-nilai tersebut harus dibawa ke tahun yang sama dengan cara dibawa ke tahun mendatang atau di *futurekan*, dengan rumus dibawah ini:

$$F = Px(1+i)^n \dots \dots \dots (2-27)$$

dimana:

- F = nilai *future* (nilai mendatang)
 P = nilai *present* (nilai pada tahun itu)
 i = nilai bunga yang berlaku saat tahun dikehendaki
 n = kurun waktu perhitungan

2.11.1.2 Rasio Manfaat Biaya (BCR=*Benefit Cost Ratio*)

Tujuan dari perhitungan rasio manfaat biaya adalah untuk membandingkan keuntungan (*benefit*) ekonomi dari sebuah aktivitas dengan total biaya (*Cost*) yang telah dikeluarkan. Apabila *benefit* melebihi *Cost*, dapat dikatakan bahwa telah diraih keuntungan dari proses produksi tersebut. Rasio ini diperoleh bila nilai sekarang arus manfaat dibagi dengan nilai sekarang arus biaya, bila rasio B/C kurang dari satu maka manfaat sekarang biaya > biaya akan lebih besar dari nilai sekarang manfaat dan pengeluaran pertama ditambah pengembalian untuk investasi yang ditanamkan pada proyek tidak akan kembali. Nilai mutlak rasio B/C akan berbeda tergantung kepada tingkat bunga yang dipilih. Semakin tinggi tingkat bunganya, akan semakin rendah rasio B/C yang dihasilkan dan jika tingkat bunga yang dipilih cukup tinggi maka rasio B/C akan kurang dari satu. Perbandingan manfaat biaya (*benefit cost ratio*) adalah:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots(2-28)$$

dimana:

- Bt = manfaat yang diperoleh setiap tahun
 Ct = biaya yang dikeluarkan setiap tahun
 t = 1,2,...,n
 n = jumlah tahun
 i = tingkat bunga

2.11.1.3 Analisis Titik Impas (BEP=*Break Even Point*)

BEP adalah titik pulang pokok dimana total *benefit* = total *cost*, dilihat dari jangka waktu pelaksanaan sebuah proyek, terjadinya titik pulang pokok atau TR = TC tergantung pada lama arus penerimaan sebuah proyek dapat menutupi segala biaya operasi dan pemeliharaan beserta biaya modal lainnya. Dalam hal ini, semakin lama sebuah perusahaan mencapai titik pulang pokok, maka semakin besar saldo rugi karena keuntungan yang diterima masih menutupi segala biaya yang telah dikeluarkan.

Rumus yang digunakan untuk mengetahui kapan BEP terjadi yaitu:

$$\text{BEP} = \text{tahun sebelum BEP} + \frac{\text{biaya usaha pada saat BEP} - \text{pendapatan sebelum BEP}}{\text{selisih pendapatan pada saat BEP berada}} \quad (2-29)$$

2.11.1.4 Tingkat Pengembalian Internal (IRR = *Internal Rate of Return*)

IRR adalah suatu tingkatan bunga yang dapat menghasilkan nilai *net present value* (NPV) sama dengan nol, dengan demikian apabila nilai bunga hasil perhitungan IRR lebih besar dari bunga yang digunakan saat itu maka proyek dapat dikatakan layak secara ekonomi, dan apabila nilai bunga hasil perhitungan IRR lebih kecil dari bunga yang digunakan saat itu maka proyek dapat dikatakan tidak layak secara ekonomi, dan proyek dalam keadaan merugi, sehingga proyek tidak dapat diteruskan IRR dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{IRR} = I_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} \times (I_2 - I_1) \dots \dots \dots (2-30)$$

dimana:

NPV_1 = Nilai *Net Present Value* pada saat mendekati nol (masih bernilai positif)

NPV_2 = Nilai *Net Present Value* pada saat kurang dari nol (masih bernilai negatif)

I_1 = bunga yang berlaku untuk mendapatkan nilai NPV_1

I_2 = bunga yang berlaku untuk mendapatkan nilai NPV_2

2.11.1.5 Analisa Sensitivitas

Dalam penentuan nilai-nilai untuk keadaan sesudah proyek seperti produksi, harga, dan lain-lain merupakan estimasi dari perencana, terdapat kemungkinan bahwa keadaan sebenarnya yang akan terjadi tidak sama dengan nilai estimasi tersebut. Dengan melakukan analisa sensitivitas, dapat diperkirakan dampak yang akan terjadi apabila keadaan yang sebenarnya terjadi sesudah proyek tidak sama dengan estimasi awal.

Analisa sensitivitas biasanya dilakukan dengan mengubah salah satu elemen proyek (misalnya harga, biaya) dan menghitung nilai IRR nya dengan harga tersebut. Beberapa keadaan yang biasanya dilakukan dalam analisa sensitivitas proyek pengairan adalah sebagai berikut:

1. Terjadi 10% penurunan pada nilai *benefit* yang diperkirakan
2. Terjadi 10% kenaikan pada biaya proyek yang diperkirakan
3. Tertundanya penyelesaian proyek selama dua tahun

Analisa sensitivitas bertujuan untuk melihat dan memperkirakan kondisi proyek jika ada sesuatu kesalahan atau perubahan dalam dasar-dasar perhitungan biaya maupun manfaat sehingga dapat mengurangi resiko kerugian dengan menunjukkan beberapa

tindakan pencegahan yang harus dilakukan, memperbaiki desain dari proyek yang akan dapat meningkatkan NPV, dan memperbaiki cara pelaksanaan proyek yang sedang berjalan. Dalam analisis ini setiap kemungkinan harus dicoba kembali, karena dalam analisis proyek didasarkan pada proyeksi-proyeksi yang mengandung banyak ketidakpastian tentang apa yang akan terjadi diwaktu yang akan datang.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam analisis sensitivitas:

- Terdapat “*cost overrun*”, misalnya kenaikan dalam biaya konstruksi. Hal ini terutama pada proyek-proyek yang memerlukan biaya konstruksi yang besar sekali.
- Perubahan dalam perbandingan harga terhadap tingkat harga umum, misalnya terdapat penurunan harga hasil produksi.
- Mundurnya waktu implementasi.
- Kesalahan dalam perkiraan hasil/manfaat proyek.

2.12 Harga Air

Harga air adalah keuntungan yang dihasilkan dari perhitungan nilai air (Kuiper,1971:184). Dalam hal ini, nilai air yang diperhitungkan adalah berbeda dengan biaya air. Nilai air akan lebih tinggi penilaiannya dibanding biaya air. Nilai air tidak hanya menghitung proses dari penyediaan air sampai terpenuhinya kebutuhan tetapi juga memperhitungkan nilai dari air itu sendiri. Sedangkan untuk biaya air lebih pada perhitungan secara komersil dari proses penyediaan air itu saja dan nilai dari air itu sendiri tidak diperhitungkan.

Parameter yang dipakai dalam penentuan harga air bersih biasanya adalah:

1. Perbandingan manfaat dan biaya (*benefit cost ratio*), manfaat dalam hal ini adalah rencana harga itu sendiri. Nilai BCR harus lebih dari 1. Sehingga jika harga yang akan kita rencanakan dengan biaya tertentu bila dibandingkan nilainya tidak boleh 1 (satu), harus lebih.
2. Selisih *benefit* dengan *cost* (titik impas sama dengan nol), jika pemasukan dikurangi pengeluaran hasilnya diharapkan diatas nol (untung).
3. Bunga sangat berpengaruh besar terhadap suatu perencanaan harga. Bunga disini adalah bunga bank jika aktivitas pengadaan air oleh Pengelola Air dananya dipinjam dari Bank.

Perhitungan harga air berdasarkan pada bunga yaitu perhitungan akan besarnya harga air dilihat dari faktor bunga kompon untuk mengetahui sejauh mana harga air minimum yang dapat diketahui. Perhitungan ini memasukkan beberapa parameter yaitu biaya konstruksi, biaya O&P, kebutuhan air, faktor konversi, dan manfaat.

Halaman ini sengaja dikosongkan