

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Air

Menurut Rohani Budi Prihatin, et al (2015:165), air merupakan sumber daya alam yang melimpah karena dapat ditemukan di setiap tempat di permukaan bumi. Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting dan dibutuhkan setiap makhluk hidup. Bagi manusia, kebutuhan akan air adalah mutlak karena hampir semua aktivitas manusia memerlukan air. Air adalah kebutuhan pokok bagi kehidupan manusia. Permasalahan ketersediaan air bersih bagi masyarakat menjadi masalah yang terus dihadapi oleh masyarakat Indonesia akhir-akhir ini. Meningkatnya aktivitas pembangunan dan jumlah penduduk berakibat pada peningkatan kebutuhan masyarakat akan air bersih.

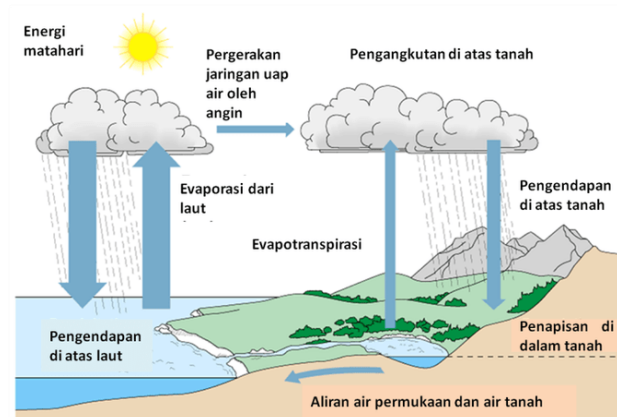
Sedangkan pengertian air bersih menurut Permenkes RI No416/Menkes/PER/IX/1990 adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari dan dapat diminum setelah dimasak. Pengertian lain air minum menurut Kepmenkes RI No. 907/MENKES/SK/VII/2002 adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan (bakteriologis, kimiawi, radioaktif, dan fisik) dan dapat langsung diminum.

2.2 Sumber-sumber Air Bersih

Makhluk di dunia ini tanpa terkecuali sangat menggantungkan hidupnya pada air. Untuk manusia, air selain sebagai konsumsi makan dan minum juga diandalkan untuk keperluan pertanian, industri dan lain-lain.

Dengan perkembangan peradaban serta semakin bertambahnya jumlah penduduk di dunia ini, dengan sendirinya menambah aktivitas kehidupannya yang mau tidak mau menambah pengotoran atau pencemaran air yang pada hakikatnya dibutuhkan. Padahal beberapa abad yang lalu, manusia dalam memenuhi kebutuhan akan air (khususnya air minum) cukup mengambil dari sumber-sumber air yang ada di dekatnya dengan menggunakan peralatan yang sangat sederhana. Pada prinsipnya, jumlah air alam ini tetap dan mengikuti suatu aliran yang

dinamakan “*Cyclus Hydrologie*”. Untuk lebih jelasnya siklus hidrologi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus hidrologi air
(Sumber: Sutrisno, 2010)

Dengan adanya penyinaran matahari, maka sebagian air yang ada di permukaan bumi akan menguap dan membentuk uap air. Karena adanya angin, maka uap air ini akan bersatu dan berada di tempat yang tinggi yang sering dikenal dengan nama awan. Oleh angin, awan ini akan terbawa makin lama makin tinggi di mana temperatur di atas makin rendah, yang menyebabkan titik-titik air dan jatuh ke bumi sebagai hujan. Air hujan ini sebagian mengalir ke dalam tanah, jika menjumpai lapisan rapat air, maka peresapan akan berkurang, dan sebagian air akan mengalir di atas lapisan rapat air ini. Jika air ini keluar pada permukaan bumi, maka air ini akan disebut mata air. Air permukaan yang mengalir di permukaan bumi, umumnya terbentuk sungai-sungai dan jika melalui suatu tempat rendah (cekung) maka air akan berkumpul, membentuk suatu danau atau telaga. Tetapi banyak di antaranya yang mengalir ke laut kembali dan kemudian akan mengikuti siklus hidrologi ini. (*Totok Sutrisno, Teknologi Penyediaan Air Bersih 2010*)

2.2.1 Air laut

Air laut adalah air dari laut atau samudra. Air laut memiliki kadar garam rata-rata 3,5%. Artinya dalam 1 liter (1000 mL) air laut terdapat 35 garam (mengandung

garam NaCl). Air laut memiliki kadar garam karena bumi dipenuhi dengan garam mineral yang terdapat di dalam batuan dan tanah, Contohnya natrium, kalium, kalsium, dll. Dengan keadaan ini maka air laut tidak memenuhi syarat untuk air minum. Salah satu pengolahan air laut menjadi air tawar dan air bersih yaitu dengan proses desalinasi air laut. Desalinasi ini bertujuan untuk menghilangkan garam dan air yang mengandung larutan garam.

2.2.2 Air atmosfer dan air meteorologi

Dalam keadaan murni, sangat bersih, karena dengan adanya pengotoran udara yang disebabkan oleh kotoran-kotoran industri/debu dan lain sebagainya. Maka untuk menjadikan air hujan sebagai sumber air minum hendaknya pada waktu menampung air hujan jangan dimulai pada saat hujan mulai turun, karena masih mengandung banyak kotoran.

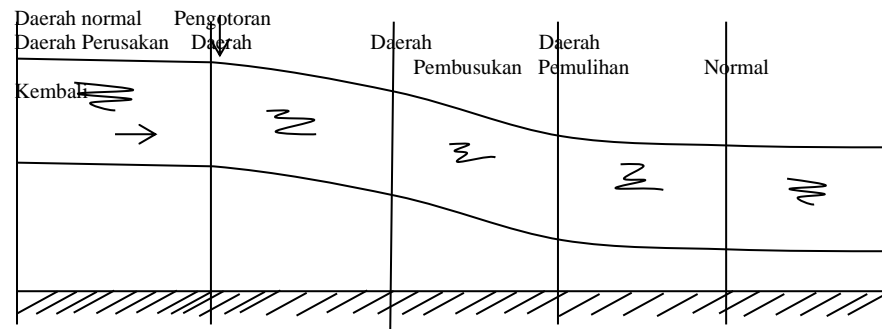
Selain itu air hujan mempunyai sifat agresif terutama terhadap pipa-pipa penyalur maupun bak-bak reservoir, sehingga hal ini akan mempercepat terjadinya korosi (karatan). Juga air hujan ini mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun (*Totok Sutrisno, Teknologi Penyediaan Air Bersih 2010*).

2.2.3 Air permukaan

Air Permukaan adalah air yang berada di sungai, danau, waduk, rawa dan badan air lain yang tidak mengalami infiltrasi ke bawah tanah. Areal tanah yang mengalirkan air ke suatu badan air disebut *watersheds* atau *drainage basins*. Air yang mengalir dari daratan menuju suatu badan air disebut limpasan permukaan dan air yang mengalir di sungai menuju laut disebut aliran air sungai.

Air hujan yang jatuh ke bumi dan menjadi air permukaan memiliki kadar dan bahan-bahan terlarut atau unsur hara yang sangat sedikit, bersifat asam, dengan pH 4,2. Hal ini disebabkan air hujan melarutkan gas-gas yang terdapat di atmosfer, misalnya gas karbondioksida, sulfur dan nitrogen yang dapat membentuk asam lemah. (*Henfi Effendi, Telaah Kualitas Air, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.30*)

pada gambar ilustrasi air permukaan dapat dilihat pada Gambar 2.2. Udara yang mengandung oksigen atau gas O_2 akan membantu mengalami proses pembusukan yang terjadi pada air permukaan yang telah mengalami pengotoran, karena selama dalam perjalanan, O_2 akan meresap ke dalam air permukaan.



Gambar 2.2 Ilustrasi air permukaan

(Sumber: Ir. C. Totok Sutrisno, 2010)

Panjangnya daerah perusakan ini tergantung pada sifat dan banyak pengotoran aliran sungai (cepat atau lambat), suhu/temperatur, kadar oksigen yang terlarut.

Air permukaan ada 2 macam yaitu :

1. Air Sungai

Dalam penggunaannya sebagai air minum, harus mengalami suatu pengolahan yang sempurna, mengingat bahwa air sungai ini pada umumnya mempunyai derajat pengotoran yang tinggi sekali. Debit yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan akan air minum pada umumnya dapat mencukupi.

2. Air rawa/danau

Kebanyakan air rawa ini berwarna yang disebabkan oleh adanya zat-zat organik yang telah membusuk, misalnya *asam humus* yang larut dalam air yang menyebabkan warna kuning kecoklatan.

Dengan adanya pembusukan kadar zat organik tinggi, maka umumnya kadar Fe dan Mn akan tinggi pula dan dalam keadaan kelarutan O_2 kurang sekali (anaerob), maka unsur-unsur Fe dan Mn ini akan larut. Pada

permukaan air akan tumbuh algae (lumut) karena adanya sinar matahari dan O₂.

Jadi untuk pengambilan air, sebaiknya pada kedalaman tertentu di tengah-tengah agar endapan-endapan Fe dan Mn tak terbawa, demikian pula dengan lumut yang ada pada permukaan rawa/telaga. (*Henfi Effendi, Telaah Kualitas Air, Yogyakarta: PT Kanisius, 2003, h.30*)

2.2.4 Air tanah

Air tanah dapat terbagi atas :

1. Air tanah dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Lumpur akan tertahan, demikian pula dengan sebagian bakteri, sehingga air tanah akan jernih tetapi lebih banyak mengandung zat kimia (garam-garam yang terlarut) karena melalui lapisan tanah yang mempunyai unsur-unsur kimia tertentu untuk masing-masing lapisan tanah. Lapis tanah di sini berfungsi sebagai saringan. Di samping penyaringan, pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumudka tanah, setelah menemui lapisan rapat air, air akan terkumpul merupakan air tanah dangkal di mana air tanah ini dimanfaatkan untuk sumber air minum melalui sumur-sumur dangkal.

Hal-hal yang perlu diketahui dalam pembuatan sumur dangkal ini adalah :

- a. Sumur harus diberi tembok rapat air 3,00 m dari muka tanah, agar pengotoran oleh air permukaan dapat dihindarkan.
- b. Sekeliling sumur harus diberi lantai rapat air selebar 1-1,5 m untuk mencegah terjadinya pengotoran dari luar.
- c. Pada lantai (sekelilingnya) harus diberi saluran pembuangan air kotor, agar air kotor dapat tersalurkan dan tidak akan mengotori sumur ini.
- d. Pengambilan air sebaiknya dengan pipa kemudian air dipompa ke luar.
- e. Pada bibir sumur, hendaknya diberi tembok pengaman setinggi 1,00 m.

Air tanah dangkal ini dapat pada kedalaman 15,00 m. Sebagai sumur air minum, air tanah dangkal ini ditinjau dari segi kualitas agak baik. Kuantitas kurang cukup dan tergantung pada musim.

2. Air tanah dalam

Terdapat setelah lapis rapat air yang pertama. Pengambilan air tanah dalam, tak semudah pada air tanah dangkal. Dalam hal ini harus digunakan bor dan memasukkan pipa kedalamnya sehingga dalam suatu kedalaman (biasanya antara 100-300m) akan didapatkan suatu lapis air.

Jika tekanan air tanah ini besar, maka air dapat menyembur ke luar dan dalam keadaan ini, sumur ini disebut dengan sumur *artesis*. Jika air tak dapat ke luar dengan sendirinya, maka digunakanlah pompa untuk membantu pengeluaran air tanah dalam ini.

Kualitas dari air tanah dalam pada umumnya lebih baik dari air dangkal, karena penyaringannya lebih sempurna dan bebas dari bakteri. Susunan unsur-unsur kimia tergantung pada lapis-lapis tanah yang dilalui. Jika melalui tanah kapur, maka air itu akan menjadi sadah, karena mengandung $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dan $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Jika melalui batuan granit, maka air itu lunak dan agresif karena mengandung gas CO_2 dan $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$.

Untuk mengurangi kadar Fe yang menyebabkan korosi itu harus diadakan pengolahan dengan jalan *aerasi* yaitu memberikan kontak dengan udara sebanyak-banyaknya agar $\text{Fe}(\text{OH}_3)$ dan $\text{Fe}(\text{OH}_4)$ mengendap dan kemudian disaring. Air sudah tidak ekonomis dalam penggunaannya, karena :

a. Terlalu boros dalam pemakaian sabun

Hal ini disebabkan karena air sudah mengandung Ca^{++} yang jika beraksi dengan $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO Na}$ (sabun) akan terjadi endapan $\text{C}_{17}\text{H}_{35}(\text{COO})_2\text{Ca}$ yang menyebabkan tidak terbentuknya busa sabun. Setelah Ca habis, barulah busa akan terbentuk.

b. Mengganggu pada ketel-ketel air karena terjadi reaksi :



Dengan terjadinya endapan CaCO_3 sebagai batu ketel, maka hal ini sangat mengganggu dalam pemindahan panas (ada beda suhu) sehingga

sering terjadi ledakan pada ketel-ketel air atau sumbatan pada pipa-pipa. Kualitas pada air tanah pada umumnya mencukupi (tergantung pada lapisan keadaan tanah) dan sedikit pengaruh oleh perubahan musim.

3. Mata air

Mata air adalah air tanah yang keluar dengan sendirinya ke permukaan tanah. Mata air yang berasal dari tanah dalam, hampir tidak terpengaruh oleh musim dan kualitas / kualitasnya sama dengan keadaan air dalam. Berdasarkan keluarnya (munculnya permukaan tanah) terbagi atas (Totok, 2010) :

- a. Rembesan, di mana air ke luar dari lereng-lereng.
- b. Umbul, di mana air ke luar ke permukaan pada suatu dataran.

2.3 Prinsip Dasar Penyediaan Air Bersih

Penyediaan air bersih memiliki beberapa prinsip 3K yaitu Kualitas, Kuantitas dan Kontinuitas yang memadai dan memenuhi syarat dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Kualitas menyangkut kelayakan dan kandungan yang ada pada air bersih tersebut. Kuantitas menyangkut jumlah persediaan air baku yang akan diolah dan didistribusikan ke pelanggan, sedangkan Kontinuitas yaitu menyangkut tentang kebutuhan konsumen yang terus menerus. Artinya sumber air baku tersebut apakah dapat memasok kebutuhan air secara terus menerus terutama ketika musim kemarau.

Dalam penggunaan yang sangat luas dalam segala segi kehidupan dan aktivitas manusia, maka suatu penyediaan air untuk suatu komunitas harus memenuhi syarat :

1. Aman dari segi higienisnya.
2. Baik dan dapat diminum.
3. Tersedia dalam jumlah yang cukup.
4. Cukup murah/ ekonomis (terjangkau).

2.4 Persyaratan Kualitas

Untuk menjamin bahwa suatu sistem penyediaan air bersih aman, higienis dan baik serta dapat diminum tanpa kemungkinan dapat terinfeksi penyakit pada pemakai air maka haruslah terpenuhi suatu persyaratan kualitasnya.

Persyaratan kualitatif menggambarkan mutu/kualitas dari air bersih. Syarat-syarat yang digunakan sebagai standar kualitas air antara lain :

1. Persyaratan fisik air

Air bersih/minum secara fisik harus jernih, tidak berwarna, tidakberbau, dan tidakberasa. Syarat lain yang harus dipenuhi adalah suhu.

a. Bau

Bau disebabkan oleh adanya senyawa lain yang terkandung dalam air seperti gas H₂S, NH₃, senyawa fenol, klorofenol dan lain-lain. Pengukuran biologis senyawa organik dapat menghasilkan bau pada zat cair dan gas. Bau yang disebabkan oleh senyawa organik ini selain mengganggu dari segi estetika, juga beberapa senyawanya dapat bersifat karsinogenik. Pengukuran secara kuantitatif bau sulit diukur karena hasilnya terlalu subjektif.

b. Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan adanya kandungan total suspended solid baik yang bersifat organik maupun anorganik. Zat organik berasal dari lapukan tanaman dan hewan, sedangkan zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam. Zat organik dapat menjadi makanan bakteri sehingga mendukung perkembangannya. Kekeruhan dalam air minum/ air bersih tidak boleh lebih dari 5 NTU. Penurunan kekeruhan ini sangat diperlukan karena selain ditinjau dari segi estetika yang kurang baik juga proses desinfeksi untuk air keruh sangat sukar, hal ini disebabkan karena penyerapan beberapa koloid dapat melindungi organisme dari desinfektan.

c. Rasa

Syarat air bersih/ minum adalah air tersebut tidak boleh berasa. Air yang berasa dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat

membahayakan kesehatan. Efeknya tergantung penyebab timbulnya rasa tersebut. Sebagai contoh rasa asam dapat disebabkan oleh asam organik maupun anorganik, sedangkan rasa asin dapat disebabkan oleh garam terlarut dalam air.

d. Suhu

Suhu air sebaiknya sama dengan suhu udara ($25\text{ }^{\circ}\text{C}$), dengan batas toleransi yang diperbolehkan yaitu $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suhu yang normal mencegah terjadinya pelarutan zat kimia pada pipa, menghambat reaksi biokimia pada pipa dan mikroorganisme tidak dapat tumbuh. Jika suhu air tinggi maka jumlah oksigen terlarut dalam air akan berkurang, juga akan meningkatkan reaksi dalam air.

e. Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna, bening dan jernih untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun organisme yang berwarna. Pada dasarnya warna dalam air dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu warna semu (apparent colour) yang disebabkan oleh unsur tersuspensi dan warna sejati (true colour) yang disebabkan oleh zat organik dan zat koloidal. Air yang telah mengandung senyawa organik seperti daun, potongan kayu, rumput akan memperlihatkan warna kuning kecoklatan, oksida besi akan menyebabkan air berwarna kecoklatan atau kehitaman.

2. Persyaratan kimia

Air bersih/ minum tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah tertentu yang melampaui batas. Bahan kimia yang dimaksud tersebut adalah bahan kimia yang memiliki pengaruh langsung pada kesehatan. Beberapa persyaratan kimia tersebut antara lain:

a. pH

pH merupakan faktor penting bagi air minum, pada $\text{pH} < 6,5$ dan $> 8,5$ akan mempercepat terjadinya korosi pada pipa distribusi air bersih/ minum.

b. Zat pada total (Total solid)

Total solid merupakan bahan yang tertinggal sebagai residu pada penguapan dan pengeringan pada suhu 103-105 °C.

c. Zat organik sebagai KMnO₄

Zat organik dalam air berasal dari alam (tumbuh-tumbuhan, alkohol, selulosa, gula dan pati), sistesa (proses-proses produksi) dan fermentasi. Zat organik yang berlebihan dalam air akan mengakibatkan timbulnya bau tidak sedap.

d. CO₂ agresif

CO₂ yang terdapat dalam air berasal dari udara dan hasil dekomposisi zat organik. CO₂ agresif yaitu CO₂ yang dapat merusak bangunan, perpipaan dalam distribusi air bersih.

e. Kesadahan total (Total hardness)

Kesadahan adalah sifat air yang disebabkan oleh adanya ion-ion (kation) logam valensi, misalnya Mg²⁺, Ca²⁺, Fe⁺, dan Mn⁺. Kesadahan total adalah kesadahan yang disebabkan oleh adanya ion-ion Ca²⁺ dan Mg²⁺ secara bersama-sama. Air sadah menyebabkan pemborosan pemakaian sabun pencuci dan mempunyai titik didih yang lebih tinggi dibandingkan dengan air biasa.

f. Besi

Keberadaan besi dalam air bersifat terlarut, menyebabkan air menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis, dan membentuk lapisan seperti minyak. Besi merupakan logam yang menghambat proses desinfeksi. Hal ini disebabkan karena daya pengikat klor (DPC) selain digunakan untuk mengikat zat organik, juga digunakan untuk mengikat besi, akibatnya sisa klor menjadi lebih sedikit dan hal ini memerlukan desinfektan yang lebih banyak pada proses pengolahan air. Dalam air minum kadar maksimum besi yaitu 0,3 mg/l, sedangkan untuk nilai ambang rasa pada kadar 2 mg/l. Besi dalam tubuh dibutuhkan untuk pembentukan hemoglobin namun dalam dosis yang berlebihan dapat merusak dinding halus.

g. Mangan

Mangan dalam air bersifat terlarut, biasanya membentuk MnO_2 . Kadar mangan dalam air maksimum yang diperbolehkan adalah 0.1 mg/l. Adanya mangan yang berlebihan dapat menyebabkan flek pada benda-benda putih oleh deposit MnO_2 , menimbulkan rasa dan menyebabkan warna (ungu/ hitam) pada air minum, serta bersifat toksik.

h. Tembaga (Cu)

Pada kadar yang lebih besar dari 1 mg/l akan menyebabkan rasa tidak enak pada lidah dan dapat menyebabkan gejala ginjal, muntaber, pusing, lemah dan dapat menimbulkan kerusakan pada hati. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna dan korosi pada pipa.

i. Seng (Zn)

Tubuh memerlukan seng untuk proses metabolisme, tetapi pada dosis tinggi dapat bersifat racun. Pada air minum kelebihan kadar $Zn > 3$ mg/l dalam air minum menyebabkan rasa kesat/ pahit dan bila dimasak timbul endapan seperti pasir dan menyebabkan muntaber.

j. Klorida

Klorida mempunyai tingkat toksisitas yang tergantung pada gugus senyawanya. Klor biasanya digunakan sebagai desinfektan dalam penyediaan air minum. Kadar klor yang melebihi 250 mg/l akan menyebabkan rasa asin dan korosif pada logam.

k. Nitrit

Kelemahan nitrit dapat menyebabkan methemoglobinemia terutama pada bayi yang mendapat konsumsi air minum yang mengandung nitrit.

l. Flourida (F)

Kadar $F < 2$ mg/l menyebabkan kerusakan pada gigi, sebaliknya bila terlalu banyak juga akan menyebabkan gigi berwarna kecoklatan.

m. Logam-logam berat (Pb, As, Se, Cd, Hg, CN)

Adanya logam-logam berat dalam air akan menyebabkan gangguan pada jaringan syaraf, pencernaan, metabolisme oksigen, dan kanker.

3. Persyaratan mikrobiologis

Persyaratan mikrobiologis yang harus dipenuhi oleh air adalah sebagai berikut:

- a. Tidak mengandung bakteri patogen, misalnya: bakteri golongan *coli*, *Salmonella typhi*, *Vibrio cholera* dan lain-lain. Kuman-kuman ini mudah tersebar melalui air.
- b. Tidak mengandung bakteri non patogen seperti : *Actinomyces*, *Phytoplankton coliform*, *Cladocera* dan lain-lain

4. Persyaratan radioaktifitas

Persyaratan radioaktifitas mensyaratkan bahwa air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan yang mengandung radioaktif, seperti sinar alfa, beta dan gamma. Air baku yang digunakan untuk menghasilkan air bersih harus memenuhi aturan yang tertuang dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Pada pasal 8 PP mengenai klasifikasi dan criteria mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas (Joko,2010):

1. Kelas satu, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum.
2. Kelas dua, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi peternakan.
3. Kelas tiga, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian.
4. Kelas empat, yaitu air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian.

2.4.1 Persyaratan kuantitas

Setelah persyaratan kualitas terpenuhi maka air bersih juga harus mampu melayani daerah pelayanan. Banyaknya penduduk yang ada dalam suatu wilayah harus mampu terpenuhi secara kuantitasnya. Persyaratan kuantitatif ini sangat dipengaruhi sekali dengan jumlah air baku yang tersedia, serta kapasitas produksi dari instalasi pengolahan air. Pada umumnya debit air dari tiap sumber air akan mengalami perubahan-perubahan dari suatu waktu ke waktu yang lain. Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani.

Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya. Syarat kuantitas air bersih artinya air bersih harus memenuhi standar yang disebut standar kebutuhan air. Standar kebutuhan air adalah kapasitas air yang dibutuhkan secara normal oleh manusia untuk memenuhi hajat hidupnya sehari-hari. Standar kebutuhan air diperhitungkan berdasarkan pengamatan pemakaian air bersih dalam kehidupan sehari-hari para konsumen. Kuantitas air bersih harus dapat dimaksimalkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih pada masa sekarang dan masa mendatang (Joko, 2010).

2.4.2 Persyaratan kontinuitas

Arti kontinuitatif disini adalah bahwa air baku untuk air bersih tersebut dapat diambil secara terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada musim hujan maupun musim kemarau.

Sehingga persyaratan kontinuitas ini erat sekali hubungannya dengan persyaratan kuantitas. Beberapa contoh fluktuasi debit sumber air adalah sebagai berikut :

1. Pada musim hujan aliran air sungai mungkin mencapai bibir dinding sungai tetapi pada musim kemarau sungai tersebut sama sekali tidak berair.

Demikian juga sumur dangkal pada musim hujan akan mengandung air yang cukup banyak dan pada waktu musim kemarau yang tidak terlalu panjang mungkin sumur tersebut masih berair, tetapi pada musim kemarau panjang mungkin tidak berair sama sekali.

2. Pada waktu musim hujan debit mata air cukup besar dan debit ini akan mengecil pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena air tanah pada musim hujan lebih banyak dari pada musim kemarau, Sehingga permukaan air tanah pada musim hujan lebih tinggi dari pada musim kemarau. Dengan demikian debit air pada musim hujan akan lebih besar (Joko, 2010).

2.5 Kebutuhan Air

Kebutuhan air adalah jumlah air yang digunakan untuk menunjang segala kegiatan manusia, meliputi air bersih domestik dan non domestik, air irigasi baik pertanian maupun perikanan, dan air untuk penggelotoran kota. Air bersih digunakan untuk memenuhi kebutuhan

2.5.1 Kebutuhan domestik

Kebutuhan Domestik yaitu kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga, Kebutuhan air domestik sangat ditentukan oleh jumlah penduduk, dan konsumsi perkapita. Kecenderungan populasi dan sejarah populasi dipakai sebagai dasar perhitungan kebutuhan air domestik terutama dalam penentuan kecenderungan laju pertumbuhan (*Grow Rate Trends*). Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan dan kriteria pelayanan berdasarkan pada kategori kotanya. Dalam kategori tertentu kebutuhan air per orang per hari berbeda-beda (Robert dan Roestam 2008).

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Air Bersih Berdasarkan SNI Tahun 1997

| 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 |
| | | Metro | Besar | Sedang | Kecil | Desa |
| 1 | Konsumsi unit Sambungan Rumah (SR) 1/org/hari | 190 | 170 | 150 | 130 | 30 |
| 2 | Konsumsi unit Hidran Umum (HU) 1/org/hari | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| 3 | Konsumsi unit non domestik (%) | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 10 - 20 |
| 4 | Kehilangan air (%) | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 - 30 | 20 |
| 5 | Faktor maksimum perhari | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| 6 | Faktor pada jam puncak | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| 7 | Jumlah jiwa per SR | 5 | 5 | 6 | 6 | 10 |
| 8 | Jumlah jiwa per HU | 100 | 100 | 100 | 100 - 200 | 200 |
| 9 | Sisa tekan di Jaringan Distribusi (meter) | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 10 | Jam operasi | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 |
| 11 | Volume reservoir (%) | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| 12 | SR : HU | 50:50 s/d 80:20 | 50:50 s/d 80:20 | 80:20 | 70:30 | 70:30 |
| 13 | Cakupan pelayanan | 90 | 90 | 90 | 90 | 70 |

(Sumber : Dirjen Cipta Karya, 1997)

2.5.2 Kebutuhan non domestik

Kebutuhan air non domestik meliputi pemanfaatan komersial, kebutuhan institusi dan kebutuhan industri. Kebutuhan air komersial untuk suatu daerah cenderung meningkat sejalan dengan peningkatan penduduk dan perubahan tataguna lahan. Kebutuhan ini bisa mencapai 20 sampai 25% dari total suplai.

Kebutuhan institusi antara lain meliputi kebutuhan-kebutuhan air untuk sekolah, rumah sakit, gedung-gedung pemerintah, tempat ibadah dan lain-lain. Untuk

penentuan besaran kebutuhan ini cukup sulit karena sangat tergantung dari perubahan tataguna lahan dan populasi.

Kebutuhan untuk industri saat ini dapat diidentifikasi, namun kebutuhan industri yang akan datang cukup sulit untuk mendapat data yang akurat. Hal ini disebabkan beragamnya jenis dan macam kegiatan industri (Robert dan Roestam 2008).

Tabel 2.2 Kebutuhan Air Non Domestik untuk Kategori I, II, III, IV

| Sektor | Nilai | Satuan |
|--------------------|---------|-------------------------|
| Sekolah | 10 | Liter/murid/hari |
| Rumah Sakit | 200 | Liter/bed/hari |
| Posyandu | 500 | Liter/unit/hari |
| Masjid | 3.000 | liter/unit/hari |
| Kantor | 10 | Liter/pegawai/hari |
| Pasar | 12.000 | liter/hektar/hari |
| Hotel | 150 | liter/bed/hari |
| Rumah makan | 100 | liter/tempat duduk/hari |
| Komplek militer | 60 | liter/orang/hari |
| Kawasan industri | 0,2-0,8 | liter/detik/hari |
| Kawasan pariwisata | 0,1-0,3 | liter/detik/hari |

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 2000)

Tabel 2.3 Kebutuhan Air Non Domestik untuk Kategori V (Desa)

| Sektor | Nilai | Satuan |
|--------------------|--------|-------------------|
| Sekolah | 5 | liter/murid/hari |
| Rumah sakit | 200 | liter/bed/hari |
| Puskesmas | 1.200 | liter/unit/hari |
| Bidan Praktek | 500 | liter/unit/hari |
| Dokter Praktek | 500 | liter/unit/hari |
| Klinik Pengobatan | 500 | liter/unit/hari |
| Masjid | 3.000 | liter/unit/hari |
| Mushollah | 2.000 | liter/unit/hari |
| Gereja | 2.000 | liter/unit/hari |
| Pasar | 12.000 | liter/hektar/hari |
| Komersial/industri | 10 | liter/unit/hari |

(Sumber: Direktorat Jendral Cipta Karya Dinas PU, 2000)

2.6 Faktor Yang Mempengaruhi Penggunaan Air

Beberapa faktor yang mempengaruhi penggunaan air adalah sebagai berikut :

2.6.1 Iklim

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

2.6.2 Ciri-ciri penduduk

Pemakaian air dipengaruhi oleh status ekonomi dari para langganan. Pemakaian per kapita di daerah-daerah miskin jauh lebih rendah dari pada di daerah-daerah kaya.

2.6.3 Masalah lingkungan hidup

Meningkatnya perhatian masyarakat terhadap berlebihannya pemakaian sumber-sumber daya telah menyebabkan berkeembangnya alat-alat yang dapat dipengaruhi jumlah pemakaian air di daerah pemukiman.

2.6.4 Industri dan Perdagangan

Jumlah pemakaian air yang sebenarnya tergantung pada besarnya pabrik dan jenis industrinya.

2.6.5 Iuran air dan Meteran

Bila harga air mahal, orang akan lebih menahan diri dalam pemakaian air dan industri mungkin mengembangkan persediaannya sendiri dengan biaya yang lebih murah.

2.6.6 Iuran kota

Penggunaan air per kapita pada kelompok masyarakat yang mempunyai jaringan limbah cenderung untuk lebih tinggi di kota-kota besar dari pada di kota

kecil. Perbedaan itu di akibatkan oleh lebih 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.(Ray K.Linsley et al, 1991).

2.7 Sistem Distribusi

Sistem pendistribusian air bersih adalah sistem langsungberhubungan dengan konsumen, yang mempunyai fungsi pokok mendistribusikan air yang telah memenuhi syarat ke seluruh daerah pelayanan. Sistem ini meliputi unsur sistem perpipaan dan perlengkapannya, hidran kebakaran, tekanan tersedia, sistem perpompaan (bila diperlukan), dan *reservoir* distribusi.

Dua hal penting yang harus diperhatikan pada sistem distribusi adalah tersedianya jumlah air yang cukup dan tekanan yang memenuhi (kontinuitas pelayanan), serta menjaga keamanan kualitas air yang berasal dari instalasi pengolahan.

Sistem pendistribusian air ke masyarakat, dapat dilakukan secara langsung dengan gravitasi maupun dengan sistem pompa. Pembagian air dilakukan melalui pipa-pipa disrtibusi, seperti :

1. Pipa primer, tidak diperkenankan untuk dilakukan tapping.
2. Pipa sekunder, diperkenankan tapping untuk keperluan tertentu, seperti : *fire, hydrant*, bandara, pelabuhan dan lain-lain.
3. Pipa tersier, diperkenankan tapping untuk kepentingan pendistribusian air ke masyarakat melalui pipa kuarter.

Sistem distribusi air bersih adalah pendistribusian atau pembagian air melalui sistem perpipaan dari bangunan pengolahan (*reservoir*) ke daerah pelayanan (konsumen). Dalam perencanaan sistem distribusi air bersih, beberapa faktor yang harus diperhatikan antara lain adalah :

1. Daerah layanan dan jumlah penduduk yang akan dilayani
Daerah layanan ini meiputi wilayah IKK (Ibu kota kecamatan) atau wilayah kabupaten/Kotamadya. Jumlah penduduk yang akan dilayani tergantung pada kebutuhan, kemauan (minat), dan kemampuan atau tingkat sosial ekonomi

masyarakat. Sehingga dalam suatu daerah belum tentu semua penduduk terlayani.

2. Kebutuhan air

Kebutuhan air adalah debit air yang harus disediakan untuk distribusi daerah pelayanan.

3. Letak topografi daerah layanan

Letak topografi daerah layanan akan menentukan sistem jaringan dan pola aliran yang sesuai.

4. Jenis sambungan sistem

Jenis sambungan dalam sistem distribusi air bersih dibedakan menjadi :

- a. Sambungan halaman yaitu pipa distribusi dari pipa induk/pipa utama ke tiap-tiap rumah atau halaman.
- b. Sambungan rumah yaitu sambungan pipa dsitribusi dari pipa induk/pipa utama ke masing-masing utilitas rumah tangga.
- c. Hidran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada suatu daerah tertentu untuk melayani 100 orang dalam setiap hidran umum.
- d. Terminal air adalah distribusi air melalui pengirim tangki-tangki air yang diberikan pada daerah-daerah kumuh, daerah terpencil atau daerah yang rawan air bersih.
- e. Kran umum merupakan pelayanan air bersih yang digunakan secara komunal pada kelompok masyarakat tertentu, yang mempunyai minat tetapi kurang mampu dalam membiayai penyambungan pipa ke masing-masing rumah. Biasanya satu kran umum dipakai untuk melayani kurang lebih dari 20 orang (Joko,2010).

2.8 Sistem Jaringan Pipa Distribusi

Untuk memenuhi kebutuhan debit baik untuk penampungan sementara maupun untuk ke sambungan langsung maka dipermudah dengan melalui jaringan perpipaan. Jaringan perpipaan merupakan suatu rangkaian pipa yang saling

terhubung satu sama lain secara hidrolis, sehingga apabila di satu pipa mengalami perubahan debit aliran maka terjadi penyebaran pengaruh ke pipa-pipa yang lain.

Dari segi kapasitas pipa distribusi dirancang untuk memenuhi kebutuhan debit pada saat pemakaian puncak. Secara umum pipa disusun sebagai berikut :

2.8.1 Pipa induk

Merupakan pipa yang menghubungkan antara tempat penampungan dengan pipa tersier. Jenis pipa ini mempunyai pipa terbesar. Untuk menjaga kestabilan pipa induk tidak diperbolehkan untuk disadap langsung oleh pipa service atau pipa langsung mengalirkan air ke rumah-rumah.

2.8.2 Pipa Sekunder atau Pipa Retikulasi

Merupakan pipa penghubung antara pipa induk dengan pipa yang hirarki nya satu tingkat.

2.8.3 Pipa Service atau Persil

Pipa service berfungsi menghubungkan dari pipa retikulasi langsung ke rumah-rumah. Pada pipa dihubungkan dengan pipa service dengan menggunakan *clamp saddle*.

2.9 Pola Jaringan Distribusi Air

Jaringan distribusi adalah rangkaian pipa yang berhubungan dan digunakan untuk mengalirkan air ke konsumen. Tata letak distribusi ditentukan oleh kondisi topografi daerah layanan dan lokasi instalasi pengolahan biasanya diklasifikasikan sebagai :

2.9.1 Sistem Cabang (*branch*)

Bentuk cabang dengan jalur buntu (*dead-end*) menyerupai cabang sebuah pohon. Pada pipa induk utama (*primary feeders*), tersambung pipa induk sekunder (*secondary feeders*), dan pada pipa induk sekunder tersambung pipa pelayanan utama (*small distribution mains*) yang terhubung dengan penyediaan air minum

dalam gedung. Dalam pipa dengan jalur buntu, arah aliran air selalu sama dan suatu areal mendapat suplai air dari satu pipa tunggal.

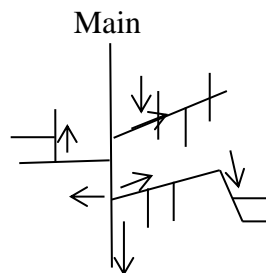
Kelebihan :

1. Sistem ini sederhana dan desain jaringan perpipaannya juga sederhana.
2. Cocok untuk daerah yang sedang berkembang.
3. Pengambilan dan tekanan pada titik manapun dapat dihitung dengan mudah.
4. Pipa dapat ditambahkan bila diperlukan (pengembangan kota).
5. Dimensi pipa lebih kecil karena hanya melayani populasi yang terbatas.
6. Membutuhkan beberapa katup untuk mengoperasikan sistem.

Kekurangan :

1. Saat terjadi kerusakan, air tidak tersedia untuk sementara waktu.
2. Tidak cukup air untuk memadamkan kebakaran karena suplai hanya dari pipatunggal.
3. Pada jalur buntu, mungkin terjadi pencemaran dan sedimentasi jika tidak ada penggelontoran.
4. Tekanan tidak mencukupi ketika dilakukan penambalan areal ke dalam sistem penyediaan air minum.

Adapun gambar dari bentuk sistem cabang dapat dilihat pada Gambar 2.3 di bawah ini :



Gambar 2.3 Sistem cabang

Keterangan :

- > : Arah aliran air
- : Pipa induk utama

2.9.2 Sistem *Gridiron*

Pipa induk utama dan pipa induk sekunder terletak dalam kotak, dengan pipa induk utama, pipa induk sekunder, serta pipa pelayanan utama saling terhubung. Sistem ini paling banyak digunakan.

Kelebihan :

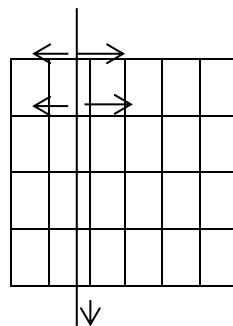
1. Air dalam sistem mengalir bebas ke berapa arah dan tidak terjadi stagnasi seperti bentuk cabang.
2. Ketika ada perbaikan pipa, air yang tersambung dengan pipa tersebut tetap mendapat air dari bagian yang lain.
3. Ketika terjadi kebakaran, air tersedia dari semua arah.
4. Kehilangan tekanan pada semua titik dalam sistem minimum.

Kekurangan :

1. Perhitungan ukuran pipa lebih rumit.
2. Membutuhkan lebih banyak pipa dan sambungan pipa sehingga lebih mahal.



Adapun gambar dari bentuk sistem gridiron dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini :

Main



Gambar 2.4 Sistem gridiron

Keterangan :

-  : Arah aliran air
 : Pipa induk utama

2.9.3 Sistem Melingkar (*loop*)

Pipa induk utama terletak mengelilingi daerah layanan. Pengambilan dibagi menjadi dua dan masing-masing mengelilingi batas daerah layanan, dan keduanya bertemu kembali di ujung. Pipa perlintasan (*cross*) menghubungkan kedua pipa

induk utama. Di dalam daerah layanan, pipa pelayanan utama terhubung dengan pipa induk utama, sistem ini paling ideal.

Kelebihan :

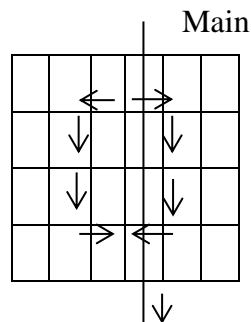
1. Setiap titik mendapat suplai dari dua arah
2. Saat terjadi kerusakan pipa, air dapat disediakan dari arah lain.
3. Untuk memadamkan kebakaran, air tersedia dari segala arah.
4. Desain pipa mudah.

Kekurangan :

1. Membutuhkan lebih banyak pipa.

Hampir tidak ada sistem distribusi yang menggunakan tata letak tunggal, umumnya merupakan gabungan dari ketiganya.

Adapun gambar dari bentuk sistem *loop* dapat dilihat pada Gambar 2.5 di bawahini :



Gambar 2.5 Sistem *loop*

Keterangan :

- : Arah aliran air
 — : Pipa induk utama

Didalam perancangan pipa yang kami buat menggunakan sistem melingkar (*loop*) karena merupakan jaringan pipa utama dalam Perancangan Sistem Jaringan Pipa Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Rambang Kapak Tengah Kota Prabumulih.

2.10 Jenis-jenis Pipa dan Alat Sambung

Berikut ini merupakan Jenis-jenis Pipa dan Alat Sambung adalah sebagai berikut :

2.10.1 Jenis Pipa

1. *Asbestos Cement Pipe (ACP)*

Jenis ini terbuat dari bahan asbes dengan permukaan bagian dalam yang halus meskipun telah berusia lama, tahan terhadap korosi, bersifat isolator, ringan, pemasangannya mudah, penyambungannya sederhana dengan menggunakan *coupling*, *ring tittle*, dan *mechanical joint*. Tetapi pipa ini tidak elastis dan tidak tahan terhadap benturan dan beban berat. Tersedia dalam ukuran 50-600 mm.

2. *Cast Iron Pipe (CIP) dan Ductile Cast Iron Pipe (DCIP)*

Terbuat dari bahan besi tuang dengan sifat tahan terhadap tekanan yang besar, daya mekanis lebih baik, mampu menahan getaran, berat, dan tahan lama. CIP mudah terkena korosi terutama pada bagian permukaan dan sambungan, oleh karenanya ada jenis tertentu yang diberi lapisan anti korosif seperti pada jenis DCIP. DCIP mudah dalam pemasangan, penyambungan dapat dilakukan dengan *flanged*, *bell* dan *spigot*, dan *mechanical joint*. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

3. *Galvanized Iron Pipe (GIP)*

Terbuat dari baja campuran atau besi tempa dengan sifat tahan terhadap tekanan dari dalam pipa dan kesadahan yang tinggi, pengangkutan dan pemasangan mudah, tetapi kurang tahan terhadap korosi dan harganya relatif mahal. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

4. *Steel Pipe*

Terbuat dari baja dengan sifat tidak tahan terhadap korosi elektris dan tekanan atau benturan, tipis dan ringan, pembuatannya mudah, tetapi sulit dalam pemasangan karena membutuhkan waktu yang banyak, serta penyambungan dapat dilakukan dengan pengelasan dan mahal. Tersedia dalam ukuran 75-1500 mm.

5. *High Density Polyethylene (HDPE)*

Terbuat dari bahan minyak bumi yang memiliki karakteristik yaitu kelenturan tinggi sehingga tidak mudah rusak, ikatan antar molekul material yang terikat sangat kuat satu dengan yang lain sehingga tingkat keretakan sangat rendah,

HDPE merupakan pipa berstandar food grade yang artinya aman untuk peralatan makan dan minum hal tersebut dikarenakan bahan dari produk pipa yang satu ini yang tidak mudah rusak dan mengakibatkan pencemaran, material ini sangat cocok dan direkomendasikan untuk saluran air bersih bertekanan.

6. *Polyvinyl Chloride Pipe (PVC)*

Terbuat dari serat fiber dengan sifat tahan terhadap korosi dan tanah yang agresif, isolator, menghambat pertumbuhan bakteri, tidak merubah sifat air, ringan, pemasangannya mudah yaitu dengan sistem *rubbering*, dan umumnya mudah didapat serta banyak tersedia di pasaran. Dengan sistem pemasangan dengan menggunakan *rubbering* ini, pipa tidak perlu lagi di lem dan sambungan antar pipa akan fleksibel terhadap gerakan pipa. Tetapi kekuatan mekanisnya rendah, koefisien muai panasnya besar, dan tidak tahan terhadap sinar matahari. Tersedia dengan diameter 50-400mm.

2.10.2 Alat Sambung

Alat sambung (*fitting*) berguna untuk pemasangan instalasi pipa karena dapat diketahui pemasangan instalasi pipa yang terlalu panjang melebihi pipa yang ada dipasaran. Jenis-jenis alat sambung yang dapat digunakan adalah :

1. *Bend* digunakan pada penyambung pipa yang berbelok
2. *Reducer* digunakan untuk menyambung dua pipa dengan diameter yang berbeda
3. *Valve* digunakan untuk mengatur aliran, menutup dan membuka aliran serta mengontrol tekanan aliran.
4. *Tee* digunakan untuk mengalirkan air secara menyilang. (Raswari, 1987).

2.11 Langkah Perhitungan Perancangan Jaringan Pipa Distribusi

Langkah-langkah Perhitungan Perancangan Jaringan Pipa Distribusi adalah sebagai berikut :

2.11.1 Analisa Pertumbuhan Penduduk

1. Metode Aritmatik

Metode ini digunakan apabila data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama setiap tahun. Hal ini terjadi pada kota dengan luas wilayah yang relatif kecil. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam metode aritmatik.

$$P_n = P_0 + K_a (T_n - T_0) \dots\dots\dots(2.1)$$

$$K_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk pada tahun awal

T_n = Tahun ke-n (yang akan diproyeksikan)

T_0 = Tahun awal

K_a = Konstanta

P_1 = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui

P_2 = Jumlah penduduk pada tahun terakhir yang diketahui

T_1 = Tahun pertama yang diketahui

T_2 = Tahun terakhir yang diketahui

2. Metode Geometrik

Metode ini digunakan apabila data jumlah penduduk menunjukkan peningkatan yang pesat dari waktu ke waktu. Metode ini tepat untuk diterapkan pada kasus pertumbuhan penduduk di kota yang pertumbuhan ekonominya tinggi dan perkembangan kotanya pesat. Berikut ini adalah rumus yang digunakan dalam metode geometrik:

$$P_n = P_0 (1 + r)^n \dots\dots\dots(2.3)$$

$$r = (P_n / P_0)^{1/n} - 1 \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

P_0 = Jumlah penduduk tahun awal

r = Tingkat pertumbuhan penduduk

n = Jumlah interval waktu

3. Metode Requesi Eksponensial

Hampir sama dengan metode geometric, perbedaannya pada metode ini menggunakan bilangan e. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam metode requesi eksponensial.

$$P_n = P_0 \times e^{B(T_0 - T_n)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

B = Konstanta

P₀ = Jumlah penduduk tahun pertama

P_n = Jumlah penduduk tahun ke-n

E = Bilangan eksponensial (e =2,718281828)

T₀ = Tahun awal

T_n = Tahun ke-n

P₁ = Jumlah penduduk pada tahun pertama

P₂ = Jumlah penduduk pada tahun terakhir (kedua)

T₁ = Tahun pertama yang diketahui

T₂ = Tahun terakhir yang diketahui

Untuk mengetahui metode mana yang paling tepat dalam memproyeksikan penambahan penduduk, perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil.

Berikut ini merupakan rumus standar deviasi:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X - X_{rerata})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

SD = Standar Deviasi

X = Selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

N = Jumlah tahun(M. Iqbal Hasan).

2.11.2 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekanan (Head Loss) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan manning-gauckler-strickler yaitu :

(Hidrolika 1, TEDC Bandung)

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st}^2 \cdot R^{4/3}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \rightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 \cdot d^4} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$H_{gs} = \frac{16 Q^2 \cdot l^{4/3}}{\pi^2 \cdot K_{st}^2 \cdot d^{16/3}} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$H_{gs} = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 \cdot K_{st}^2 \cdot d^{16/3}} \cdot Q^2 \rightarrow H_{gs} = K \cdot Q \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Maka, } K = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 \cdot K_{st}^2 \cdot d^{16/3}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

L = Panjang pipa

K_{st} = Koefisien kekasaran saluran

d = Diameter pengaliran

$K_{st} = l/n$, dimana n merupakan konstanta numerik

2.11.3 Dimensi Pipa

Dalam perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, pendimensian pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan dalam suatu sistem perencanaan. Rumus yang digunakan adalah :

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.12)$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \dots\dots\dots(2.13)$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v \cdot \pi}} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran

V = Kecepatan pengaliran

A = Luas penampang

d = Diameter (mm)

2.11.4 Debit Penyadapan

Debit penyadapan untuk satu sambungan rumah atau fasilitas umum per detiknya dapat dihitung dengan cara berikut ini:

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum.

$$\text{Debit penyadapan} = \frac{\text{kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata /hari}} \dots\dots\dots (2.15)$$

2.11.5 Debit Pelayanan

Untuk menghitung debit pelayanan pada suatu daerah yang direncanakan dihitung dengan cara:

a. Debit pelayanan untuk sambungan rumah (Q Domestik)
 $= \Sigma \text{ sambungan rumah} \times \text{debit penyadapan 1 sambungan rumah} \dots\dots\dots (2.16)$

b. Debit pelayanan untuk fasilitas umum (Q non domestic)
 $= \Sigma \text{ fasilitas umum} \times \text{debit penyadapan 1 fasilitas umum} \dots\dots\dots (2.17)$

c. Total debit pelayanan
 $Q \text{ total} = Q \text{ domestic} + Q \text{ non domestic} \dots\dots\dots (2.18)$

2.11.6 Hilang Tinggi Tekanan

Tekanan terhadap aliran dalam pipa yang menyebabkan hilang tinggi tekanan, tidak hanya disebabkan oleh panjang pipa akan tetapi juga oleh perlengkapan pipa seperti lengkung dan katup yang menyerap energy dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa penuh dialiri cairan.

A. Hilang Tinggi Tekanan Besar

Dalam aliran pipa, hilang tinggi tekanan besar terutama adalah hilang tinggi tekanan akibat gesekan yang dapat dinyatakan dengan Hgs.

Persamaan Darcy-Weisbach:

$$H_{gs} = \lambda \frac{L.v^2}{d.2.g} \dots\dots\dots (2.19)$$

Dimana :

Hgs = Hilang tinggi tekanan akibat gesekan (m)

λ = Koefisien gesekan Darcy (dari diagram Moody)

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa

g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/detik²)

Menentukan λ dengan diagram moody :

Hitung bilangan Reynold

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

Dimana :

Re = Bilangan reynold

v = Kecepatan aliran

d = Diameter pipa

ν = Viskositas kinematic zat cair (tergantung suhu)

1. Hitung kekasaran relative

$$(ks/d) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana :

Ks = Kekasaran mutlak (table)

d = diameter pipa (m)

Tentukan nilai λ dengan diagram Moody

2. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

$$Hgs = \frac{v^2 \cdot l}{Kst^2 \cdot R^4} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$Q = v \cdot A \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

Kst = Koefisien gesekan pipa strickler

l = Panjang pipa

d = Diameter

n = Konstanta Numerik

Hgs = Kehilangan tinggi tekanan akibat gesekan

V = Kecepatan aliran

R = Jari-jari hidrolik , $d = 4R$

Dalam saluran pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan.

B. Hilang tinggi tekanan kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

- a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba
- b. Perubahan arah/tikungan pipa
- c. Pipa bercabang

(Y.P. Pangaribuan dan Endang,1985)

2.11.7 Fluktuasi Pemakaian Air

Adalah kondisi dimana permukaan air per jam pada kondisi minimal, rata-rata dan jam puncak (maksimal). Fluktuasi pemakaian air berpengaruh dalam perhitungan reservoir.

a. Pemakaian Maksimum Perhari ($Q_{maks}/hari$)

$$Q_{maks}/hari = Q_{rata-rata}/hari \times f_m \dots\dots\dots (2.24)$$

b. Pemakaian maksimum perjam (Q_{maks}/jam)

$$Q_{maks}/jam = Q_{rata-rata}/hari \times f_p \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

$$\text{Besar faktor maks/hari (} f_m \text{)} = 1,1 - 1,7 \dots\dots\dots (2.26)$$

$$\text{Besar faktor maks/jam (} f_p \text{)} = 1,5 - 3,0 \dots\dots\dots (2.27)$$

2.11.8 Perhitungan *Hardy Cross*

Dianggap bahwa karakteristik pipa dan aliran masuk dan meninggalkan jaringan pipa diketahui dan akan dihitung debit pada setiap elemen dari jaringan tersebut. Jika diketahui pada seluruh jaringan juga dihitung maka tinggi tekanan pada satu titik harus diketahui.

Adapun langkah-langkah perhitungan dengan metode Hardy-Cross adalah sebagai berikut :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas.

2. Hitung hilang tinggi tekanan ($H_{gs} = K \cdot Q^2$) di tiap pipa.

$$K = \frac{101,61 \cdot l}{\pi^2 \cdot K_{st}^2 \cdot d^{16/3}} \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan :

K = Koefisien hilang tekan

Q = Debit pengaliran (m³/detik)

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

3. Bagi jaringan pipa menjadi beberapa jaringan tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam paling sedikitnya satu jarring

4. Hitung jumlah hilang tinggi tekanan sekeliling tiap jarring ($\Sigma H_{gs} = 0$)

5. Hitung jumlah $\Sigma H_{gs}/Q$ untuk tiap jarring

6. Pada tiap jaringan diadakan koreksi debit ΔQ supaya kehilangan tinggi tekanan dalam jaringan seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut:

$$\Delta Q = - \frac{\Sigma K \cdot Q^2}{2 \cdot \Sigma K \cdot Q_0^2} \dots\dots\dots (2.29)$$

7. Debit yang telah dikoreksi sebesar $Q = Q_0 + \Delta Q$, prosedur dari 1 sampai 4 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q \approx 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit yang dimisalkan dan ΔQ adalah debit hasil koreksi.

(Y.P. Pangaribuan dan Endang ,1985)

Tabel 2.4 Harga n untuk Saluran terbuka

| No | Bahan Saluran | n |
|----|--------------------------------------|-------|
| 1 | Plastik, PVC, gelas, tabung halus | 0,009 |
| 2 | Semen yang baik, logam yang bagus | 0,01 |
| 3 | Papan kayu, pipa asbes | 0,011 |
| 4 | Besi kasar, baja las, kanvas | 0,012 |
| 5 | Beton, aspal, besi cor | 0,013 |
| 6 | Tanah liat | 0,014 |
| 7 | Pipa-pipa besi | 0,015 |
| 8 | Paku baja, brick | 0,016 |
| 9 | Tembok | 0,017 |
| 10 | Tanah yang halus | 0,018 |
| 11 | Pasir | 0,023 |
| 12 | Pipa baja beralur | 0,022 |
| 13 | Saluran biasa dalam keadaan baik | 0,025 |
| 14 | Saluran biasa dengan batu dan rumput | 0,035 |
| 15 | Saluran biasa yang tak berarti | 0,06 |

(Sumber : Water Resource and Environment Engineering 1981)

2.12 Persiapan Rencana Pelaksanaan

Berikut ini merupakan Persiapan Rencana Pelaksanaan adalah sebagai berikut :

2.12.1 *Network Planning*

Network planning atau jaringan kerja menurut Ismawan Dipohusodo merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan menunjukkan susunan logis antar kegiatan, hubungan timbal balik antara pembiayaan dan waktu penyelesaian proyek, dan berguna dalam merencanakan urutan kegiatan yang saling tergantung dihubungkan dengan waktu penyelesaian proyek yang diperlukan (Dipohusodo, 1996). Jaringan kerja ini nantinya akan membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis serta akibat keterlambatandari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek. *Network Planning* memiliki tipe, yaitu sebagai berikut :

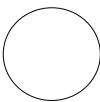
1. *Preseden/ PDM (Precedence Diagram Method)*.
2. *Metode Jalur Kritis/ Critical Path Method (CPM)*.
3. *Diagram Evaluation and Review Technique (PERT)*.
4. *Grafiz Evaluation and Review Technique (GERT)*.

Ada beberapa manfaat yang dapat dirasakan dari pemakaian analisis *network* adalah sebagai berikut :

1. Dapat mengenali (identifikasi) jalur kritis (critical path) dalam hal ini adalah jalur elemen yaitu kegiatan yang kritis dalam sakala waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.
2. Dapat diketahui dengan pasti kesukaran yang akan timbul jauh sebelum terjadinya sehingga dapat diambil tindakan yang presentatif.
3. Mempunyai kemampuan mengadakan perubahan-perubahan sumber daya dan memperhatikan efek terhadap waktu selesainya proyek.
4. Sebagai alat komunikatif yang efektif.
5. Memungkinkan tercapainya penyelenggaraan proyek yang lebih ekonomis dipandang dari sudut biaya langsung dan penggunaan sumber daya yang optimum.
6. Dapat dipergunakan untuk memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana.

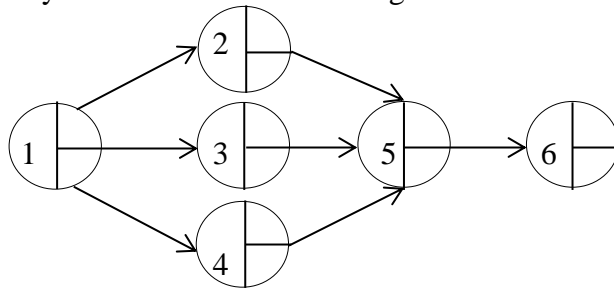
Network adalah grafik dari suatu rencana produk yang menunjukkan interelasi dari berbagai aktifitas. *Network* juga sering disebut diagram panah, apabila hasil-hasil perkiraan dan perhitungan waktu telah dibubuhkan pada *network* maka ini dapat dipakai sebagai jadwal proyek (*project schedule*).

Untuk membentuk gambar dari rencana *network* tersebut perlu digunakan simbol-simbol antara lain :

- A. Menjadi pedoman arah tiap kegiatan, dimana panjang dan kemiringan tidak berpengaruh.
- B.  : Node / *event* yang merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian yaitu pertemuan dari permulaan dari akhir kegiatan.

- C. ----> : *Dummy* / anak panah terputus-putus yang menyatakan kegiatan yaitu pertemuan dari permulaan dan akhir kegiatan.
- D. ———> : Lintasan kritis menunjukkan pekerjaan yang tidak boleh terlambat satu hari pun karena akan menghambat waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

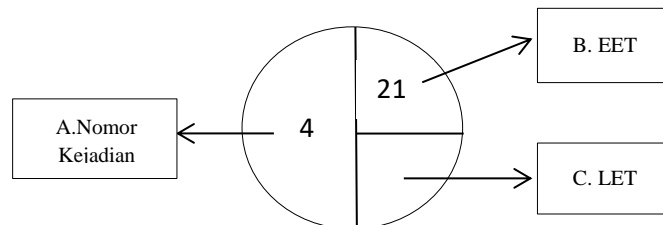
Contoh penggunaan symbol tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 2.6 Contoh Bentuk NWP

Awal dari seluruh kegiatan adalah kegiatan 1 dan untuk menyelesaikan seluruh proyek maka kegiatan 1, kegiatan yang harus diselesaikan yaitu menyelesaikan kegiatan 2, 3 dan 4 kemudian melaksanakan kegiatan 5 dan 6.

Keterangan Node :



Gambar 2.7 Keterangan Node

Keterangan :

- Nomor kejadian, yaitu nomor untuk kegiatan yang akan dilakukan
- EET (Earliest Event Time) yaitu menunjukkan kapan waktu paling cepat untuk pekerjaan itu di mulai
- LET (Latest Event Time) yaitu menunjukkan kapan waktu paling lambat pekerjaan itu untuk di mulai.

2.12.2 Kurva S

Kurva S merupakan hasil plot dari *Barchart*, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progress pelaksanaan proyek. Adapun kegunaan dari kurva S adalah sebagai berikut:

- A. Untuk menganalisis kemajuan/progress suatu proyek secara keseluruhan
- B. Untuk mengetahui pengeluaran dan kebutuhan biaya pelaksanaan proyek
- C. Untuk mengontrol penyimpangan yang terjadi pada proyek dengan membandingkan kurva S rencana dengan kurva S actual.

Adapun langkah pembuatan kurva S adalah sebagai berikut :

1. Mencari % bobot biaya setiap pekerjaan

Bobot pekerjaan didefinisikan besarnya pekerjaan siap, dibandingkan dengan pekerjaan siap seluruhnya dan dinyatakan dalam bentuk persen. Pekerjaan siap seluruhnya dinilai 100% .Uraian untuk mendapatkan nilai bobot pekerjaan digambarkan dalam skema sebagai berikut :

$$\text{Persentase Bobot Pekerjaan} = \frac{v \times \text{Harga satuan pekerjaan}}{\text{Harga bangunan}} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.30)$$

2. Membagi % bobot biaya pekerjaan pada durasi

Setelah bobot didapatkan, maka ditempatkan pada kolom bobot di barchart yang tersedia. Bobot yang didapat dibagi dengan durasi pekerjaan/kegiatan sehingga didapat bahwa bobot biaya untuk setiap periodenya.

3. Menjumlahkan % bobot biaya pekerjaan pada setiap lajur waktu

Berikutnya adalah menjumlahkan bobot biaya sesuai dengann kolom lajur waktu dan hasilnya ditempatkan pada bagian bobot biaya di bagian bawah barchart.

4. Membuat kumulatif dari % bobot biaya pekerjaan pada lajur % kumulatif bobot biaya.

Bobot biaya dikumulatifkan untuk setiap periode. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui progress biaya proyek yang nantinya akan digunakan untuk membuat arus kas rencana proyek.

5. Membuat kurva S berdasarkan kumulatif bobot biaya

Langkah terakhir adalah membuat kurva S dengan mengacu pada kumulatif bobot sebagai absis dan periode/waktu sebagai ordinat. Di bagian paling kanan barchart dibuat skala 0-100 untuk kumulatif bobot biaya sementara di bagian bawah barchart sebagai absis waktu.

2.12.3 Diagram batang (*barchart*)

Barchart adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan pada basis horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya.

Barchart ini pertama kali dibuat oleh Henry L. Gant pada masa perang dunia I, sehingga sering disebut dengan *Ganntchart*, *barchart* ini digunakan secara luas sebagai teknik penjadwalan dalam konstruksi. Hal ini karena *Barchart* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Mudah dalam pembuatan dan persiapannya
2. Memiliki bentuk yang mudah dimengerti
3. Bila digabungkan dengan metode lain, seperti kurva S, dapat dipakai lebih jauh sebagai pengendalian biaya.

Meskipun memiliki keuntungan tersebut di atas, penggunaan metode bagan balok terbatas karena kendala-kendala berikut :

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan kegiatan yang lain, sehingga sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaruan, karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan balok baru, padahal tanpa adanya pembaruan segera menjadi kuno dan menurun daya gunanya.

3. Untuk proyek berukuran sedang dan besar, lebih-lebih yang bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan. Aturan umum penggunaan penjadwalan dengan barchart menyatakan bahwa metode ini hanya digunakan untuk proyek yang kurang dari 100 kegiatan, karena jika lebih dari 100 kegiatan maka akan mejadi sulit membaca dan menggunakannya.

Adapun cara membuat barchart adalah sebagai berikut:

- a. Pada sumbu horizontal tertulis satuan waktu, misalnya hari, minggu, bulan, tahun. Waktu mulai dan akhir suatu kegiatan tergambar dengan ujung kiri dan kanan balok dari kegiatan yang bersangkutan.
- b. Pada sumbu vertikal Y dicantumkan kegiatan atau aktivitas proyek dan digambar sebagai balok
- c. Perlu diperhatikan urutan antara kegiatan satu dengan lainnya, meskipun belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain.
- d. Format penyajian *barchart* yang lengkap berisi perkiraan urutan pekerjaan, skala waktu, dan analisis kemajuan pekerjaan pada saat pelaporan.
- e. Jika barchart atau bagan balok dibuat berdasarkan jaringan kerja *Activity on Arrow*, maka yang pertama kali digambarkan atau dibuat baloknya adalah kegiatan kritis, kemudian dilanjutkan dengan kegiatan-kegiatan nonkritis(Widasantidan Lenggogeni, 2008).

2.12.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Kegiatan estimasi merupakan salah satu proses utama dalam proyek konstruksi untuk menentukan besaran dana yang dibutuhkan dalam sebuah proyek konstruksi. Pada umumnya biaya yang dibutuhkan dalam suatu proyek konstruksi tergantung dari besaran proyek yang dikerjakan. Sebagai dasar untuk membuat sistem pembiayaan dalam sebuah perusahaan, kegiatan estimasi juga digunakan untuk merencanakan jadwal pelaksanaan konstruksi. Estimasi dapat diartikan peramalan kejadian yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Dalam proyek konstruksi, khususnya pada tahap pelaksanaan, kontraktor hanya dapat

memperkirakan urutan kegiatan, aspek pembiayaan, aspek kualitas dan aspek waktu dan kemudian memberi nilai pada masing-masing kejadian tersebut.

Ada beberapa faktor yang berpengaruh dalam pembuatan perkiraan biaya, yaitu:

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Ketersediaan material
3. Ketersediaan peralatan
4. Cuaca
5. Jenis kontrak
6. Masalah kualitas
7. Etika
8. Sistem pengendalian
9. Kemampuan manajemen

Menurut Wulfam 2005 Rencana anggaran biaya memiliki tahapan-tahapan dalam penyusunannya, yaitu sebagai berikut:

1. Akuisisi dokumen kontrak
2. Kaji ulang dokumen dan keadaan proyek
3. Mengikuti rapat penjelasan
4. Menentukan syarat saat membuat penawaran
5. Pertimbangan strategi penawaran
6. Permintaan daftar harga dari supplier material dan subkontraktor
7. Membangun metoda konstruksi, perencanaan dan penjadwalan
8. Persyaratan jaminan, asuransi dan biayanya
9. Mempersiapkan penelaahan atas spesifikasi
10. Mempersiapkan penelaahan atas kuantitas
11. Penelaahan kuantitas yang urut dan konsisten
12. Satuan pengukuran
13. Mengukur perhitungan

