

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Air**

Air merupakan kebutuhan yang sangat penting bagi kelangsungan hidup manusia, tanpa air tidak akan ada kehidupan di bumi. Sedangkan yang dimaksud 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 sistem penyediaan air minum. Adapun persyaratan yang dimaksud adalah persyaratan dari segi kualitas air yang meliputi kualitas fisik, kimia, biologi dan radiologis, sehingga apabila dikonsumsi tidak menimbulkan efek samping (Permenkes RI No.416/Menkes/PER/IX/1990 dalam Modul Gambaran Umum Penyediaan dan Pengolahan Air Minum Edisi Maret 2003 hal. 3 dari 41).

#### **2.2 Sumber-Sumber Air**

Dalam sistem penyediaan air bersih, sumber air merupakan satu komponen yang mutlak harus ada, karena tanpa sumber air sistem penyediaan air tidak akan berfungsi. Dengan mengetahui karakteristik masing-masing sumber air serta faktor-faktor yang mempengaruhinya, diharapkan dapat membantu di dalam pemilihan air baku untuk suatu sistem penyediaan air bersih, serta mempermudah tahapan selanjutnya di dalam pemilihan tipe dari pengolahan untuk menghasilkan air yang memenuhi standar kualitas secara fisik, kimiawi dan bakteriologis. Secara umum sumber air sebagai berikut :

##### **1. Air Permukaan**

Air permukaan adalah air yang terdapat pada permukaan tanah. Pada prinsipnya air permukaan terbagi menjadi:

##### **a. Air sungai**

Air sungai adalah air hujan yang jatuh ke permukaan bumi dan tidak meresap ke dalam tanah akan mengalir secara gravitasi searah dengan kemiringan permukaan tanah dan mengalir melewati aliran sungai. Sebagai salah satu sumber

air minum, air sungai harus mengalami pengolahan secara sempurna karena pada umumnya memiliki derajat pengotoran yang tinggi.

#### b. Air Danau

Air danau adalah air permukaan ( berasal dari hujan atau air tanah yang keluar ke permukaan tanah ), terkumpul pada suatu tempat yang relative rendah/ cekung. Termasuk kategori supaya adalah air rawa, air tandon, air waduk/dam.

Air permukaan yang biasanya dimanfaatkan sebagai sumber atau bahan baku air bersih adalah :

- Air waduk (berasal dari air hujan)
- Air sungai (berasal dari air hujan dan mata air)
- Air danau (berasal dari air hujan, air sungai, atau mata air)

Di daerah hulu pemenuhan kebutuhan air secara kuantitas dan kualitas dapat disuplai oleh air sungai, tetapi di daerah hilir pemenuhan kebutuhan air sudah tidak dapat disuplai secara kualitas lagi karena pengaruh lingkungan seperti sedimentasi serta kontaminasi oleh zat-zat pencemar seperti *Total Suspended Oil (TSS)* yang berpengaruh pada kekeruhan,serta limbah industri.

## 2. Air Tanah (*Ground Water*)

Air tanah banyak mengandung garam dan mineral yang terlarut pada waktu air melalui lapisan tanah dan juga air yang berasal dari air hujan yang jatuh di permukaan tanah/bumi dan meresap kedalam tanah dan mengisi rongga-rongga atau pori didalam tanah. Air tanah biasanya mempunyai kualitas yang baik karena zat-zat pencemar air tertahan oleh lapisan tanah. Bila ditinjau dari kedalaman air tanah maka air tanah dibedakan menjadi air tanah dangkal dan air tanah dalam. Air tanah dangkal mempunyai kualitas lebih rendah dibanding kualitas air tanah dalam. Hal ini disebabkan air tanah dangkal lebih mudah terkontaminasi dari luar dan fungsi tanah sebagai penyaring lebih sedikit. Air tanah terbagi atas:

#### a. Air Tanah Dangkal

Terjadi karena daya proses peresapan air dari permukaan tanah. Air tanah lebih banyak mengandung zat kimia berupa garam-garam terlarut meskipun kelihatan jernih karna sudah melewati lapisan tanah yang masing-masing

mempunyai unsur-unsur kimia tertentu. Meskipun lapisan tanah disini berfungsi sebagai saringan namun pengotoran juga masih terus berlangsung, terutama pada muka air yang dekat dengan muka tanah. Air tanah dangkal umumnya mempunyai kedalaman kurang dari 50 meter.

#### b. Mata Air

Dari segi kualitas, mata air adalah sangat baik bila dipakai sebagai air baku, karena berasal dari dalam tanah yang muncul ke permukaan 16 tanah akibat tekanan, sehingga belum terkontaminasi oleh zat-zat pencemar.

Dari segi kuantitasnya, jumlah dan kapasitas mata air sangat terbatas sehingga hanya mampu memenuhi kebutuhan sejumlah penduduk tertentu. Begitu pula bila mata air tersebut terus- menerus di ambil maka semakin lama akan habis.

### 3. Air Laut

Air laut adalah salah satu sumber air walaupun tidak termasuk kategori yang biasa dipilih sebagai sumber air baku untuk air bersih atau air minum, karena memiliki kandungan garam (NaCl) yang cukup besar.

### 4. Air Hujan

Untuk menjadikan air hujan sebagai air minum hendaknya pada waktu menampung air 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 atau karatan. Juga air ini mempunyai sifat lunak, sehingga akan boros terhadap pemakaian sabun. Sifat-sifat air hujan:

- Bersifat lunak karena tidak mengandung larutan garam dan zat-zat mineral.
- Air hujan umumnya bersifat bersih
- Dapat bersifat korosif karena mengandung zat-zat yang terdapat di udara seperti NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub> agresif, ataupun SO<sub>2</sub>. adanya konsentrasi SO<sub>2</sub> yang tinggi di udara yang bercampur dengan air hujan akan menyebabkan terjadinya hujan asam (acid rain).

Dari segi kuantitas, air hujan tergantung pada besar kecilnya curah hujan. Sehingga hujan tidak mencukupi untuk persediaan umum karena jumlahnya berfluktuasi. Begitu pula bila dilihat dari segi kontinuitasnya, air hujan tidak dapat diambil secara terus menerus, karena tergantung pada musim.

## **2.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Bersih**

### **2.3.1 Persyaratan Kualitas**

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu atau kualitas dari air baku air bersih. Persyaratan ini meliputi persyaratan fisik, persyaratan kimia, persyaratan biologis dan persyaratan radiologis. Syarat-syarat tersebut berdasarkan Permenkes No.416/Menkes/PER/IX/1990 dinyatakan bahwa persyaratan kualitas air bersih adalah sebagai berikut:

#### **1. Syarat-Syarat Fisik.**

Secara fisik air bersih harus jernih, tidak berbau dan tidak berasa. Selain itu juga suhu air bersih sebaiknya sama dengan suhu udara atau kurang lebih  $25^{\circ}\text{C}$ , dan apabila terjadi perbedaan maka batas yang diperbolehkan adalah  $25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ .

##### **a. Bau**

Air yang berbau selain tidak estetik juga tidak akan disukai oleh masyarakat. Bau air dapat memberi petunjuk akan kualitas air.

##### **b. Rasa**

Air yang bersih biasanya tidak memberi rasa/tawar. Air yang tidak tawar dapat menunjukkan kehadiran berbagai zat yang dapat membahayakan kesehatan.

##### **c. Warna**

Air sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetik dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urin, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat organik ini bila terkena klor

dapat membentuk senyawa-senyawa khloroform yang beracun. Warna pun dapat berasal dari buangan industri.

#### d. Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun yang organik. Zat anorganik, biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan yang organik dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industri dapat juga merupakan sumber kekeruhan.

#### e. Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran/pipa yang dapat membahayakan kesehatan, menghambat reaksi-reaksi biokimia didalam saluran/pipa, mikroorganisme patogen tidak mudah berkembang biak, dan bila diminum air dapat menghilangkan dahaga.

#### f. Jumlah Zat Padat Terlarut

Jumlah zat padat terlarut (TDS) biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik, dan gas terlarut. Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya, efek TDS ataupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

## 2. Syarat-Syarat Kimia.

Dari segi parameter kimia, air yang baik adalah air yang tidak tercemar secara berlebihan oleh zat-zat kimia yang berbahaya bagi kesehatan antara lain air raksa (Hg), alumunium (Al), arsen (As), barium (Ba), besi (Fe), flourida (F), tembaga (Cu), derajat keasaman (pH), dan zat kimia lainnya. Kandungan zat kimia dalam air bersih yang digunakan sehari-hari hendaknya tidak melebihi kadar maksimum yang diperbolehkan seperti tercantum dalam Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 416/Menkes/Per/IX/1990. Penggunaan air yang mengandung bahan kimia beracun dan zat-zat kimia yang melebihi ambang batas berakibat tidak baik bagi kesehatan dan material yang digunakan manusia, contohnya antara lain sebagai berikut :

a. pH

Air sebaiknya tidak asam dan tidak basa (netral) untuk mencegah terjadinya pelarutan logam berat dan korosi jaringan distribusi air. pH yang dianjurkan untuk air bersih adalah 6,5 – 9.

b. Besi (Fe)

Kadar besi (Fe) yang melebihi ambang batas (1,0 mg/l) menyebabkan berkurangnya fungsi paru-paru dan menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan.

c. Klorida

Klorida adalah senyawa halogen klor (Cl). Dalam jumlah banyak, klor (Cl) akan menimbulkan rasa asin, korosi pada pipa sistem penyediaan air panas. Sebagai desinfektan, residu klor (Cl) di dalam penyediaan air sengaja dipelihara, tetapi klor (Cl) ini dapat terikat pada senyawa organik dan membentuk halogen-hidrokarbon (Cl-HC) banyak diantaranya dikenal sebagai senyawa-senyawa karsinogenik. Kadar maksimum klorida yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 600 mg/l.

d. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) sebetulnya diperlukan bagi perkembangan tubuh manusia. Tetapi, dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gejala GI, SSP, ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, lemah, anemia, kramp, konvulsi, shock, koma dan dapat meninggal. Dalam dosis rendah menimbulkan rasa kesat, warna, dan korosi pada pipa, sambungan, dan peralatan dapur.

e. Mangan (Mn)

Mangan (Mn) adalah metal kelabu-kemerahan. Keracunan seringkali bersifat khronis sebagai akibat inhalasi debu dan uap logam. Gejala yang timbul berupa gejala susunan syaraf: insomnia, kemudian lemah pada kaki dan otot muka sehingga ekspresi muka menjadi beku dan muka tampak seperti topeng (*mask*). Bila pemaparan berlanjut maka bicaranya melambat dan monoton, terjadi hyperrefleksi, clonus pada patella dan tumit, dan berjalan seperti penderita parkinsonism.

#### f. Seng (Zn)

Di dalam air minum akan menimbulkan rasa kesat dan dapat menyebabkan gejala muntaber. Seng (Zn) menyebabkan warna air menjadi *opalescent* dan bila dimasak akan timbul endapan seperti pasir. Kadar maksimum seng (Zn) yang diperbolehkan dalam air bersih adalah 15 mg/l.

### 3. Syarat-Syarat Mikrobiologis.

Sumber- sumber air di alam pada umumnya mengandung bakteri. Jumlah dan jenis bakteri berbeda sesuai dengan tempat dan kondisi yang mempengaruhinya. Oleh karena itu air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari harus bebas dari bakteri patogen. Bakteri golongan coli tidak merupakan bakteri golongan patogen, namun bakteri ini merupakan indikator dari pencemaran air oleh bakteri patogen.

### 4. Syarat-Syarat Radioaktivitas

Dari segi parameter radioaktivitas, apapun bentuk radioaktivitas efeknya adalah sama, yakni menimbulkan kerusakan pada sel yang terpapar. Kerusakan dapat berupa kematian, dan perubahan komposisi genetik. Kematian sel dapat diganti kembali apabila sel dapat beregenerasi dan apabila tidak seluruh sel mati. Perubahan genetis dapat menimbulkan berbagai penyakit seperti kanker dan mutasi.

#### **2.3.2 Persyaratan Kuantitas**

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.

### **2.3.3 Persyaratan Kontinuitas**

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap, baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per hari, atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia, sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air. Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam per hari, yaitu pada jam-jam aktifitas kehidupan, yaitu pada pukul 06.00 – 18.00 WIB.

Kontinuitas aliran sangat penting ditinjau dari dua aspek. Pertama adalah kebutuhan konsumen. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya, dalam jumlah yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan pada waktu yang tidak ditentukan. Karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat.

Sistem jaringan perpipaan di desain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/dt. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan juga tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi.

## **2.4 Penyalahgunaan dan Pencemaran Air Bersih**

Sumber-sumber air bersih ini biasanya terganggu akibat penggunaan dan penyalahgunaan sumber air seperti:

1. Pertanian.

Penghamburan air akibat ketiadaannya penyaluran air yang baik pada lahan yang dialiri dengan irigasi (untuk penghematan dalam jangka pendek) dapat berakibat terjadinya kubangan dan penggaraman yang akhirnya dapat menyebabkan hilangnya produktivitas air dan tanah.

## 2. Industri.

Walaupun industri menggunakan air jauh lebih sedikit dibandingkan dengan irigasi pertanian, namun penggunaan air oleh bidang industri mungkin membawa dampaknya yang lebih parah dipandang dari dua segi. Pertama, penggunaan air bagi industri sering tidak diatur dalam kebijakan sumber daya air nasional, maka cenderung berlebihan. Kedua, pembuangan limbah industri yang tidak diolah dapat menyebabkan pencemaran bagi air permukaan atau air bawah tanah, sehingga menjadi terlalu berbahaya untuk dikonsumsi. Air buangan industri sering dibuang langsung ke sungai dan saluran-saluran, mencemarinya, dan pada akhirnya juga mencemari lingkungan laut, atau kadang-kadang buangan tersebut dibiarkan saja meresap ke dalam sumber air tanah tanpa melalui proses pengolahan apapun. Kerusakan yang diakibatkan oleh buangan ini sudah melewati proporsi volumenya. Banyak bahan kimia modern begitu kuat sehingga sedikit kontaminasi saja sudah cukup membuat air dalam volume yang sangat besar tidak dapat digunakan untuk minum tanpa proses pengolahan khusus.

## 3. Eksploitasi sumber-sumber air secara masal oleh rumah tangga.

Di negara berkembang, di beberapa tempat di negara bagian Tamil Nadu di India bagian selatan yang tidak memiliki hukum yang mengatur pemasangan penyedotan sumur pipa atau yang membatasi penyedotan air tanah, permukaan air tanah anjlok 24 hingga 30 meter selama tahun 1970-an sebagai akibat dari tak terkendalikannya pemompaan atau pengairan. Pada sebuah konferensi air di tahun 2006 wakil dari suatu negara yang kering melaporkan bahwa 240.000 sumur pribadi yang dibor tanpa mengindahkan kapasitas jaringan sumber air mengakibatkan kekeringan dan peningkatan kadar garam.

Di negara maju seperti Amerika Serikat seperlima dari seluruh tanah irigasi di AS tergantung hanya pada jaringan sumber air (*Aquifer*) Agallala yang hampir tak pernah menerima pasok secara alami. Selama 4 dasawarsa terakhir terhitung dari tahun 2006, sistem jaringan yang tergantung pada sumber ini meluas dari 2 juta hektar menjadi 8 juta, dan kira-kira 500 kilometer kubik air telah tersedot.

## **2.5 Pemakaian Air**

Untuk memproyeksi jumlah kebutuhan air bersih dapat dilakukan berdasarkan perkiraan kebutuhan air untuk berbagai macam tujuan ditambah perkiraan kehilangan air. Adapun kebutuhan air untuk berbagai macam tujuan pada umumnya dapat dibagi dalam :

- a. Kebutuhan Domestik
  - Sambungan Rumah
  - Sambungan Kran Umum
- b. Kebutuhan Non Domestik
  - Fasilitas Pendidikan
  - Fasilitas Peribadahan
  - Fasilitas Kesehatan
  - Fasilitas Perkantoran
  - Fasilitas Perekonomian

Secara garis besar, pemakaian air dapat dikelompokkan beberapa macam, yaitu sebagai berikut :

### **a. Kebutuhan Air Domestik (Rumah Tangga)**

Menurut Kindler dan Russel (1984), kebutuhan air untuk tempat tinggal (kebutuhan domestik) meliputi semua kebutuhan air untuk keperluan rumah tangga, meliputi kebutuhan air untuk makanan, toilet, mencuci pakaian, mandi, mencuci kendaraan dan juga menyiram tanaman. Tingkat kebutuhan air bervariasi berdasarkan keadaan alam di area permukiman, banyaknya penghuni rumah, karakteristik penghuni serta ada atau tidaknya perhitungan pemakaian air.

### **b. Kebutuhan Air Non Domestik**

Kebutuhan air non domestik merupakan kebutuhan air bersih selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air bersih untuk sarana pendidikan, peribadatan, perkantoran, kesehatan, perekonomian serta pelayanan jasa lainnya (Kodoatie dan Sjarief, 2005).

**Tabel 2.1 Pemakaian Air Bersih**

<b>No</b>	<b>Penggunaan Gedung</b>	<b>Pemakaian Air</b>	<b>Satuan</b>
1	Rumah Tinggal	120	liter/penghuni/air
2	Rumah Susun	100	liter/penghuni/air
3	Asrama	120	liter/penghuni/air
4	Rumah Sakit	500	liter/tempat tidur pasien/hari
5	Sekolah Dasar	40	liter/siswa/hari
6	SLTP	50	liter/siswa/hari
7	SMU/SMK dan lebih tinggi	80	liter/siswa/hari
8	Ruko/Rukan	100	liter/penghuni dan pegawai/hari
9	Kantor/Pabrik	50	liter/pegawai/hari
10	Toserba, Toko Pengecer	5	liter/m <sup>2</sup>
11	Restoran	15	liter/kursi
12	Hotel Berbintang	250	liter/tempat tidur/hari
13	Hotel Melati/Penginapan	150	liter/tempat tidur/hari
14	Gedung Pertunjukan, Bioskop	10	liter/kursi
15	Gedung Serba Guna	25	liter/kursi
16	Stasiun	3	liter/penumpang tiba dan pergi
17	Terminal	5	liter/orang (belum dengan air wudhu)

(Sumber : SNI Tentang Tata Cara Perencanaan Sistem Plambing,2005)

## **2.6 Sistem Distribusi dan Sistem Pengaliran Air Bersih**

### **2.6.1 Sistem Distribusi Air Bersih**

Menurut Damanhuri (1989) sistem distribusi adalah sistem yang langsung berhubungan 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 pemompaan, dan reservoir distribusi.

Sistem distribusi air minum terdiri atas perpipaan, katup-katup, dan pompa yang membawa air yang telah diolah dari instalasi pengolahan menuju pemukiman, perkantoran dan industri yang mengkonsumsi air juga termasuk dalam sistem ini adalah fasilitas penampung air yang telah diolah (reservoir distribusi), yang digunakan saat kebutuhan air lebih besar dari suplai instalasi, meter air untuk menentukan banyak air yang digunakan, dan keran kebakaran.

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.

Tugas pokok sistem distribusi air bersih adalah menghantarkan air bersih kepada para pelanggan yang akan dilayani, dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas dan tekanan air sesuai dengan perencanaan awal. Faktor yang didambakan oleh para pelanggan adalah ketersediaan air setiap waktu.

Suplai air melalui pipa induk mempunyai dua macam sistem menurut Kamala (1999), adalah sebagai berikut:

#### *a. Continuous system*

Dalam sistem ini air minum yang disuplai ke konsumen mengalir terus menerus selama 24 jam. Keuntungan sistem ini adalah konsumen setiap dapat memperoleh air bersih dari jaringan pipa distribusi di posisi pipa manapun. Sedang kerugiannya pemakaian air akan cenderung akan lebih boros dan bila terjadi sedikit kebocoran saja, maka jumlah air yang hilang akan sangat besar jumlahnya.

*b. Intermitten system.*

Dalam sistem ini air bersih disuplai 2-4 jam pada pagi hari dan 2-4 jam pada sore hari. Kerugiannya adalah pelanggan air tidak bisa setiap saat mendapatkan air dan perlu menyediakan tempat penyimpanan air dan bila terjadi kebocoran maka air untuk *fire fighter* (pemadam kebakaran) akan sulit didapat. Dimensi pipa yang digunakan akan lebih besar karena kebutuhan air untuk 24 jam hanya disuplai dalam beberapa jam saja. Sedang keuntungannya adalah pemborosan air dapat dihindari dan juga sistem ini cocok untuk daerah dengan sumber air yang terbatas.

## **2.6.2 Sistem Pengaliran Air Bersih**

Pendistribusian air minum kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas dan tekanan yang cukup memerlukan sistem perpipaan yang baik, reservoir, pompa dan dan peralatan yang lain. Metode dari pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi para konsumen berada. Menurut Howard, S.P.,et.al (1985) sistem pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut:

a. Cara Gravitasi.

Cara pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan, sehingga tekanan yang diperlukan dapat dipertahankan. Cara ini dianggap cukup ekonomis, karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

b. Cara Pemompaan.

Pada cara ini pompa digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Sistem ini digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

## **2.7 Jenis Pipa dan Alat Sambung**

### **2.7.1 Jenis Pipa**

Dalam proses pemasangan pipa air bersih di PDAM Tirta Musi Instalasi Rambutan Palembang menggunakan beberapa macam bahan atau material yang digunakan pada proyek ini mengikuti aturan-aturan dan standar mutu yang berlaku. Adapun peraturan yang digunakan antara lain : (PDAM Tirta Musi Palembang).

#### **1. Pipa PVC**

*Poly Vinyl Chloride* (PVC) merupakan pipa yang terbuat dari plastik dan dengan kombinasi vinyl lainnya mempunyai karakter pipa yang tahan lama dan mudah perawatannya. Pipa PVC juga tidak berkarat atau membusuk. Disamping itu, pipa PVC ini sering digunakan dalam sistem irigasi atau perairan dan perlindungan kabel. Di Indonesia standar ukuran yang dipakai untuk sistem perairan rumah tangga atau lainnya adalah standar JIS (*Japanese Industrial Standard*), sedangkan untuk PDAM biasanya memakai Standar Nasional Indonesia (SNI).

Keuntungan Pipa PVC :

- Tidak berkarat
- Permukaan licin
- Elastisitas tinggi
- Beratnya hanya 1/5 kali berat pipa galvanis
- Tahan terhadap zat kimia
- Mudah dibongkar
- Dapat sebagai isolasi yang baik

Kerugian Pipa PVC :

- Tidak tahan panas
- Pipa yang mudah dibentuk sulit untuk diubah
- Mudah pecah



Gambar 2.1 Metode Penyusunan Pipa PVC

## 2. Pipa HDPE

Pipa HDPE merupakan pipa dengan daya lentur yang tinggi pada luar dan dalam permukaan pipa dan juga dapat digunakan didaerah berbukit, rawan gempa dan daerah rawa.

Kelebihan Pipa HDPE :

- Tahan teradap retak, pipa HDPE terbuat dari polyethylene yang memiliki sifat *crack resistance* yang tinggi.
- Tahan terhadap bahan kimia, pipa HDPE memiliki daya tahan yang istimewa terhadap berbagai bahan kimia, baik dalam kondisi asam maupun basa kuat.
- Tahan karat, pipa HDPE dibuat dari material *Polyethylene* yang bersifat *non corrosive*.
- Ketahanan masa pakai, pipa HDPE PE 100 memiliki daya tahan sampai 50 tahun.
- Tahan terhadap segala cuaca, pipa HDPE memiliki ketahanan terhadap cuaca yang ekstrim.
- Tahan abrasi dan sedimentasi karena sifat permukaan dalam pipa HDPE yang licin, sehingga tidak memungkinkan terjadinya abrasi dan sedimentasi.
- Tidak beracun dan aman digunakan untuk instalasi air bersih.

- Memiliki bobot yang ringan, pipa HDPE memiliki bobot yang jauh lebih ringan dibandingkan pipa besi sehingga dalam proses transportasi lebih murah.
- Tahan terhadap suhu rendah, pipa HDPE memiliki *brittleness point* ( titik rapuh ) jauh dibawah 0°C, karena itu tidak ada masalah dalam pemasangan / penggunaan disuhu rendah.



Gambar 2.2 Metode Penyusunan Pipa HDPE

### 2.7.2 Alat Sambung

Penyambungan pipa atau aksesoris merupakan keterbatasan panjang dan pipa yang dijual dipasaran maka dalam pekerjaan suatu instansi kita tidak bisa terlepas dari penyambungan-penyambungan. Adapun macam-macam alat sambung atau aksesoris tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tee All RR  
Befungsi untuk menyambungkan jalur pipa distribusi pada persimpangan jalan.
2. Flange Socket  
Befungsi untuk menyambungkan pipa distribusi pada koneksi Tee All Flange ke pipa distribusi.
3. Valve Flange  
Befungsi untuk mengatur debit air pada pipa.
4. Single Air Valve  
Befungsi untuk membuang udara didalam pipa melalui jembatan pipa.

5. Giboult Joint

Berfungsi untuk menyambungkan pipa existing ke pipa yang baru terpasang.

6. Drop

Berfungsi untuk menutup aliran pada ujung pipa.

7. Street Box

Berfungsi untuk penutup valve agar mempermudah membuka katup dan juga berfungsi sebagai titik pipa.

8. Manometer

Berfungsi untuk mengukur tekanan pada pipa dengan satuan atm barr.

9. Stop Kran

Berfungsi untuk mengatur aliran (dipasang sebelum meteran) dan dapat juga digunakan untuk menutup aliran pada saat perbaikan.

10. Kran

Berfungsi untuk penutupan dan pengeluaran air pada pipa.

11. Bend Flange 90°

Berfungsi untuk membelokkan arah aliran yang beradius besar atau 90°.

12. Reduser RR

Berfungsi untuk menyambungkan pipa dari transmisi ke pipa distribusi atau untuk menyambungkan pipa yang lebih besar ke pipa yang lebih kecil.

13. Meteran Air

Berfungsi untuk mencatat air dari permukaan air yang dilakukan oleh PDAM.

(Sumber : PDAM Tirta Musi Palembang,2013)

## 2.8 Langkah – Langkah Perhitungan Perencanaan Jaringan Pipa Distribusi

### 2.8.1 Analisis Pertumbuhan Penduduk

Untuk mengetahui perkiraan jumlah penduduk pada tahun-tahun mendatang digunakan beberapa metode antara lain Metode Aritmatik, Metode Geometrik dan Metode Requesi Eksponensial.

#### 1. Metode Aritmatik

Metode ini didasarkan pada angka kenaikan penduduk rata-rata setiap tahun. Metode ini digunakan jika data berkala menunjukkan jumlah penambahan yang relatif sama setiap tahunnya. Metode ini juga merupakan metode proyeksi dengan regresi sederhana. Persamaan umumnya adalah (Soewarno, 1955) :

Rumus :

$$P_n = P_o + K_a (T_n - T_o)$$

$$K_a = (P_2 - P_1) / (T_2 - T_1)$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_o$  = Jumlah penduduk pada tahun awal

$T_n$  = Tahun ke-n

$T_o$  = Tahun awal

$K_a$  = Konstanta

$P_1$  = Jumlah penduduk pada tahun pertama yang diketahui

$P_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

$T_1$  = Tahun pertama yang diketahui

$T_2$  = Tahun terakhir yang diketahui

#### 2. Metode Geometrik

Metode ini didasarkan pada rasio pertambahan penduduk rata-rata tahunan. Sering digunakan untuk meramalkan data yang perkembangannya melaju sangat cepat. Persamaan umumnya adalah (Soewarno, 1995) :

Rumus :

$$P_n = P_o (1+r)^n$$

$$r = P_0 (1+n)^{1/n}$$

Dimana :

$P_n$  = Jumlah penduduk tahun ke-n

$P_0$  = Jumlah penduduk pada awal tahun

$r$  = tingkat pertumbuhan

$n$  = Jumlah interval tahun

### 3. Metode Requesi Eksponensial

Hampir sama dengan Metoda Geometrik, perbedaannya pada metoda ini menggunakan bilangan e (Soewarno, 1995) :

Rumus :

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

$$B = \frac{[\ln (P_2:P_1)]}{(T_1-T_2)}$$

Harga e = 2, 718281828

Dimana :

$B$  = Konstanta

$P_t$  = Jumlah penduduk tahun pertama

$P_0$  = Jumlah penduduk pada tahun awal

$T_n$  = Tahun ke-n

$P_1$  = Jumlah penduduk tahun ke-1

$P_2$  = Jumlah penduduk tahun ke-2

### 4. Uji Korelasi

Untuk mengetahui metoda apa yang paling tepat dalam memproyeksikan pertumbuhan penduduk perlu dilakukan uji korelasi dengan mencari kecenderungan penduduk atau penyimpangan antara hasil proyeksi terhadap penyimpangan yang ideal sesuai dengan standar deviasi. Hasil yang terbaik adalah yang memberikan penyimpangan yang ideal yaitu angka yang terkecil. Perbandingan kecenderungan penduduk dengan metoda Aritmatik, Geometrik dan Requesi Eksponensial menggunakan rumus :

Rumus Standar Deviasi :

$$\text{Standar Deviasi (SD)} = \sqrt{\frac{(\sum X)^2 - \sum X^2}{n}}$$

Dimana :

SD = Standar Deviasi

X = Selisih jumlah penduduk diproyeksi dengan jumlah penduduk sebelumnya

n = Jumlah Tahun

Adapun rumus nilai koefisien korelasi tersebut sebagai berikut :

$$r = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}}$$

dimana :

r = koefisien korelasi

n = ukuran sampel

x = nilai variabel bebas

y = nilai variabel terikat

## 2.8.2 Perhitungan Hidrolis

Perhitungan hidrolis untuk kehilangan tinggi tekan (*Head Loss*) akibat gesekan (Hgs) menggunakan persamaan Manning-Gauckler-Strickler, yaitu :

$$H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l}{K_{st} \cdot R^{3/4}} = H_{gs} = \frac{v^2 \cdot l \cdot 4^{3/4}}{K_{st} \cdot D^{3/4}}$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi d^2} \rightarrow v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 d^4} \pi r^2$$

$$H_{gs} = \frac{16Q^2/4^{3/4}}{\pi \cdot K_{st} \cdot D^{3/4} \cdot d^4}$$

$$H_{gs} = \frac{101,61}{\pi \cdot K_{st} \cdot d^{16/3}} * Q^n \text{ karena, } H_{gs} = K \cdot Q^n$$

$$\text{Maka } K = \frac{101,61}{\pi \cdot K_{st} \cdot d^{16/3}}$$

Dimana :

I = Panjang Pipa

Kst = Koefisien kekasaran saluran

d = Diameter pengaliran

$K_{st} = 1/n$ , dimana  $n$  merupakan konstanta numeric

### 2.8.3 Dimensi Pipa

Didalam perencanaan suatu jaringan pipa distribusi, pendimensionian pipa sangat diperlukan agar tidak terjadi kesalahan-kesalahan didalam suatu perencanaan. Rumus yang dipergunakan adalah :

$$Q = v \cdot A$$

$$A = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{v\pi}}$$

Dimana :

$Q$  = Debit pengaliran ( $m^3/detik$ )

$v$  = Kecepatan pengaliran ( $m/detik$ )

$A$  = Luas penampang ( $m$ )

$d$  = Diameter ( $mm$ )

### 2.8.4 Debit Penyadapan

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

Debit penyadapan 1 sambungan rumah atau 1 fasilitas umum :

$$= \frac{\text{kebutuhan/orang/hari} \times \text{jumlah orang}}{\text{waktu pemakaian rata-rata /hari}}$$

### 2.8.5 Debit Pelayanan

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

1. Debit pelayanan untuk sambungan rumah (  $Q$  Domestik )  
= Sambungan rumah  $\times$  debit penyadapan 1 sambungan rumah
2. Debit pelayanan untuk fasilitas umum (  $Q$  non Domestik )  
= Fasilitas umum  $\times$  debit penyadapan 1 fasilitas umum
3. Total debit pelayanan  
 $Q_{total} = Q \text{ domestik} + Q \text{ non domestik}$

### 2.8.6 Fluktuasi Pemakaian Air

Fluktuasi pemakaian air adalah penggunaan air oleh konsumen dari waktu ke waktu dalam skala jam, hari, minggu, bulan maupun dari tahun ke tahun yang hampir sama secara terus menerus. Sesuai dengan keperluan perencanaan sistem yang penyediaan air bersih maka terdapat 2 pengertian yang ada kaitannya dengan fluktuasi pelayanan air, yaitu :

1. Fluktuasi kebutuhan air pada hari maksimum ( $f^{\text{hari maks}} = 1.25$ )  
Kebutuhan air pada hari maksimum = Keb. Air x  $f^{\text{hari maks}}$
2. Fluktuasi kebutuhan air pada jam maksimum ( $f^{\text{jam maks}} = 2.5$ )  
Kebutuhan air pada jam maksimum = Keb. Air x  $f^{\text{jam maks}}$

### 2.8.7 Penghitungan Volume Reservoir

Perhitungan volume reservoir ini digunakan untuk mengetahui persen tiap jam pemakaian air sehingga dapat ditentukan berapa volume reservoir dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Produksi Air Kumulatif} = \frac{\text{kebutuhan air}}{1000} \times 3600$$

$$\text{Pemakaian Air} = \text{Produksi Air} \times 24 \times \% \text{ pemakaian air}$$

$$\text{Pemakaian Kumulatif} = \text{Pemakaian Air} + \text{Pemakaian Air selanjutnya}$$

$$\text{Sisa Air} = \text{Produksi Kumulatif} - \text{Pemakaian Air}$$

$$\text{Volume Reservoir} = \text{Jumlah sisa air terbesar} - \text{Jumlah sisa air tercukupi}$$

### 2.8.8 Perhitungan 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 energi dengan menimbulkan turbulensi yang relatif besar. Persoalan aliran dalam pipa hanya mencakup masalah pipa yang penuh dialiri cairan. Hilang tinggi tekanan di klasifikasikan sebagai berikut :

1. Hilang Tinggi Tekanan Besar

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

a. Persamaan Darcy-Weisbach

$$H_{gs} = \frac{l \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

Dimana :

H<sub>gs</sub> = Hilang tinggi tekanan karena gesekan (m)

= Koefisien gesekan Darcy (faktor gesekan)

l = Panjang pipa (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

d = Diameter pipa (m)

g = Percepatan karena gaya tarik bumi (m/det<sup>2</sup>)

(Sumber : Hidrolika I Edisi Pertama)

b. Persamaan Manning-Gauckler-Strickler

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

$$Q = v \cdot A \rightarrow v = \frac{Q}{A}$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)

K<sub>st</sub> = Koefisien gesekan pipa strickler

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter (m)

n = Konstanta Numerik

H<sub>gs</sub> = Kehilangan tinggi tekanan (m)

v = Kecepatan aliran (m/det)

R = Radius hidrolis

c. Persamaan Hazen William

Persamaan Hazen William yang paling umum dipakai. Persamaan ini lebih cocok untuk menghitung kehilangan tekanan untuk pipa dengan diameter lebih besar yaitu diatas 100 mm. Selain itu rumus ini sering dipakai karena mudah digunakan.

Persamaan Hazen William secara empiris menyatakan bahwa debit yang mengalir didalam pipa adalah sebanding dengan diameter pipa dan kemiringan hidrolis (S) dinyatakan sebagai kehilangan tekanan ( $h_L$ ) dibagi dengan panjang pipa (L) atau  $S = (h_L/L)$ . Disamping itu ada faktor C yang menggambarkan kondisi fisik dari pipa seperti kehalusan dinding dalam pipa yang menggambarkan jenis pipa dan umur. Secara umum rumus Hazen William adalah sebagai berikut :

$$Q = 0,2785.C.d^{2,63}.S^{0,54}$$

Dimana :

$$S = (h_L/L)$$

L = Panjang pipa dari 1 ke 2

Apabila kehilangan tekanan atau  $h_L$  yang akan dihitung, maka :

$$h_L = (Q/0,2785.C.d^{2,63})^{1,85}.L$$

C = Koefisien Hazen William

**Tabel 2.2 Koefisien Hazen William**

No	Jenis Pipa	Nilai C
1	Asbes Cement	120
2	Poly Vinyl Chloride (PVC)	120-140
3	High Density Poly Ethylene (HDPE)	130
4	Medium Density Poly Ethylene (MDPE)	130
5	Ductile Cast Iron Pipe (CIP)	110
6	Besi Tuang Cast Iron (CIP)	110
7	Galvanized Cast Iron (GIP)	110
8	Steel Pipe (Pipa Baja)	110

Dalam suatu pipa hilang tinggi tekanan sering diabaikan karena tidak menyebabkan kesalahan yang terlalu banyak pada perhitungan. Persamaan dasar untuk menghitung hilang tinggi tekanan kecil adalah :

$$hL = C \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$h_L$  = Hilang tinggi tekanan kecil (m)

$C$  = Koefisien hilang tinggi tekanan

$v$  = Kecepatan aliran fluida (m/dt<sup>2</sup>)

$g$  = Gravitasi (m/dt)

(Sumber : Ir. Martin Dharmasctiawan, Msc)

## 2. Hilang Tinggi Tekanan Kecil

Hilang tinggi tekanan kecil disebabkan oleh :

a. Pembesaran tiba-tiba dan penyempitan tiba-tiba

$$h_L = C \cdot 1 - \frac{A_2}{A_1}$$

Nilai  $C$  untuk pembesaran tiba-tiba adalah 1,0 – 1,2 sedangkan nilai  $C$  untuk penyempitan tiba-tiba adalah 0,4 – 0,5.

Keterangan :

$A_1$  = Luas pipa awal (m<sup>2</sup>)

$A_2$  = Luas pipa akhir (m<sup>2</sup>)

b. Perubahan arah/tikungan pipa

**Tabel 2.3 Harga Untuk Tikungan Pipa**

Dinding	A				
	15°	30°	45°	60°	90°
Halus	0,042	0,130	0,236	0,471	1,129
Kasar	0,062	0,165	0,320	0,684	1,265

Sumber : PEDC,(1982)

c. Pipa Bercabang

Koefisien hilang tinggi tekanan karena percabangan dengan sudut tajam dan diameter tajam  $d = d_a$ .

**Tabel 2.4 Harga Untuk Pipa Bercabang**

$\frac{Qa}{Q}$	A			
	90°		45°	
0	0,95	0,04	0,09	-0,04
0,2	0,88	-0,08	0,68	-0,06
0,4	0,89	-0,05	0,50	-0,04
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20
1	1,28	0,35	0,48	0,33

Sumber : PEDC, (1982)

Untuk sistem jaringan melingkar, dalam menentukan hilang tinggi tekanan dapat menggunakan cara Hardy Cross yang terdiri dari beberapa langkah, yaitu :

1. Menghitung hilang tinggi tekanan (Hgs) di tiap pipa dengan menggunakan persamaan :

$$Hgs = K \times Q^2$$

$$K = \frac{101,61 l}{\pi^2 Kst^2 d^{16/3}}$$

Dimana :

K = Koefisien hilang tekanan

Q = Debit pengaliran (m<sup>3</sup>/det)

l = Panjang pipa (m)

d = Diameter pipa (m)

2. Membagi jaringan menjadi beberapa keliling pipa tertutup sehingga tiap pipa termasuk dalam sedikitnya satu keliling.
3. Hitung jumlah aljabar dari hilang tinggi tekanan dalam tiap keliling  $\sum Hgs$  dengan mengambil konvensi tanda yang baik. Hanya jika pembagian aliran yang dimisalkan itu kebetulan benar,  $\sum Hgs$  tidak sama dengan nol maka debit yang dimisalkan tersebut harus dikoreksi kembali.

4. Perbaiki debit dengan menggunakan koreksi  $\Delta Q$  yang diperoleh sebagai berikut :

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Dimana :

$$Q = \text{Koreksi debit (m}^3/\text{dtk)}$$

$$\text{Sehingga Hgs} = K \cdot Q^2 = K (Q_0 + Q)$$

Untuk *keliling* pipa yang tertutup maka  $Q$  adalah sebagai berikut :

$$Q = - \frac{\sum k \cdot Q_0^2}{2 \sum k \cdot Q_0}$$

5. Ulangi terus sampai koreksi debitnya menjadi kecil atau mendekati nol.

(Sumber : Sumber Daya Air Edisi Ketiga Jilid I)

### 2.8.9 Sisa Tekanan

Mencari sisa tekanan dengan elevasi muka tanah daerah tersebut. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan rumus :

$$\text{Residual Head} = \text{Available Head Ruas Pipa} - \text{Elevasi Ruas Pipa}$$

Dimana :

$$\text{Available Head Ruas Pipa} = \text{Available Head Awal} - \text{Total Hgs Ruas Pipa}$$

### 2.9 *Net Work Planning* (NWP)

*Net Work Planning* merupakan suatu cara atau teknik baru didalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Disamping itu *Net Work Planning* juga merupakan salah satu bentuk yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek. Proyek yang dihasilkan dari *Net Work Planning* ini dalam kegiatan-kegiatan yang ada dalam proyek.

*Net Work Planning* memiliki beberapa 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. *Grafic Evaluation and Review Technique (GERT)*.

Adapun dalam penggunaan *Net Work Planning* pada penyelenggaraan proyek diperlukan :

1. Masukan informasi yang tetap.
2. Kemampuan yang tinggi untuk mengambil keputusan.
3. Sumber daya dalam keadaan siap pakai.
4. Kemampuan untuk melaksanakan proses pengelolaan sumber daya.

Kegunaan dari *Net Work Planning* adalah :

1. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan.
2. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya.
3. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri.

Proses penyusunan *Net Work Planning* yaitu :

1. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek.
2. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan.
3. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan.
4. Mengidentifikasi jalur kritis dan float (masa tenggang).
5. Menentukan jadwal yang paling ekonomis dan meminimalkan fruktiasi pemakaian sumber daya.

Langkah-langkah penting yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *Net Work Planning*, yaitu :

1. Tentukan jenis dan kegiatan yang ada.
2. Urutan-urutan jenis kegiatan tersebut.
3. Kaitan jenis kegiatan yang mempunyai kaitan hubungan.
4. Tentukan lamanya waktu penyelesaian setiap jenis kegiatan.
5. Buat daftar kegiatan (logika ketergantungan).
6. Buat NWP nya.

*Critical Path Method (CPM)*

Simbol-simbol di CPM :

1. Arrow (panah, anak panah)
  - a. Dari kiri ke kanan.

b. Hanya menunjukkan arah.

c. Menunjukkan kegiatan.

Gambar :



2. Node (lingkaran kecil)

a. Menunjukkan event (kejadian).

b. Node adalah penghubung antara kegiatan.

Gambar :



Keterangan :

EET = Waktu penyelesaian paling awal

LET = Waktu penyelesaian paling akhir

0 = Urutan kejadian

3. Kegiatan Semu (dummy)

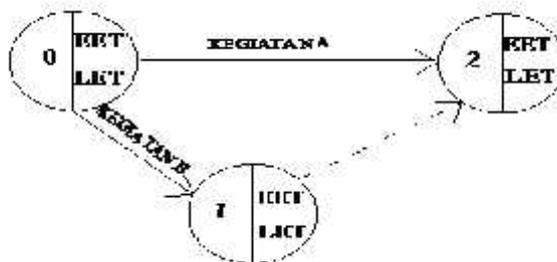
a. Kegiatan apa yang mendahului.

b. Kegiatan apa yang mengikuti.

c. Kegiatan apa yang berjalan bersamaan.

d. Kegiatan apa yang selesai bersamaan.

Gambar :



Keterangan :

EET = Waktu penyelesaian paling awal

LET = Waktu penyelesaian paling akhir

0 = Urutan kejadian

## **2.10 Barchat**

Barchat adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memanager proyek dengan baik perlu di ketahui sebelumnya dimana posisi waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Hal-hal yang di tampilkan dalam barchat adalah:

1. Jenis pekerjaan
2. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
3. Alur pekerjaan

## **2.11 Kurva S**

Kurva S dapat dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya proyek. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga penawaran tanpa pajak kontigensi dan keuntungan dari kontraktor yang dikalikan dengan 100%.