

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 MANAJEMEN PROYEK**

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Ervianto, 2003)

#### **3.2 PENJADWALAN PROYEK**

Menurut Husen (2008), penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progress waktu untuk penyelesaian proyek. Dalam proses penjadwalan, penyusunan kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat lebih terperinci dan sangat detail. Hal ini dimaksudkan untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek. Penjadwalan atau *scheduling* adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada.

#### **3.3 METODE PENJADWALAN PROYEK**

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang digunakan untuk mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pertimbangan penggunaan metode-metode tersebut didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Kinerja waktu akan berimplikasi terhadap kinerja biaya, sekaligus kinerja proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, variabel-variabel yang mempengaruhinya juga harus dimonitor, misalnya mutu, keselamatan kerja, ketersediaan peralatan dan material,

serta *stakeholder* proyek yang terlibat. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula, maka dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap pada kondisi yang diinginkan (Husen, 2008).

### 3.2.1 Bagan Balok (*Barchat*)

Menurut Ervianto (2003), Bar charts adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertical. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu. Saat mulai dan akhir dari sebuah kegiatan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan digambarkan oleh panjangnya diagram batang. Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

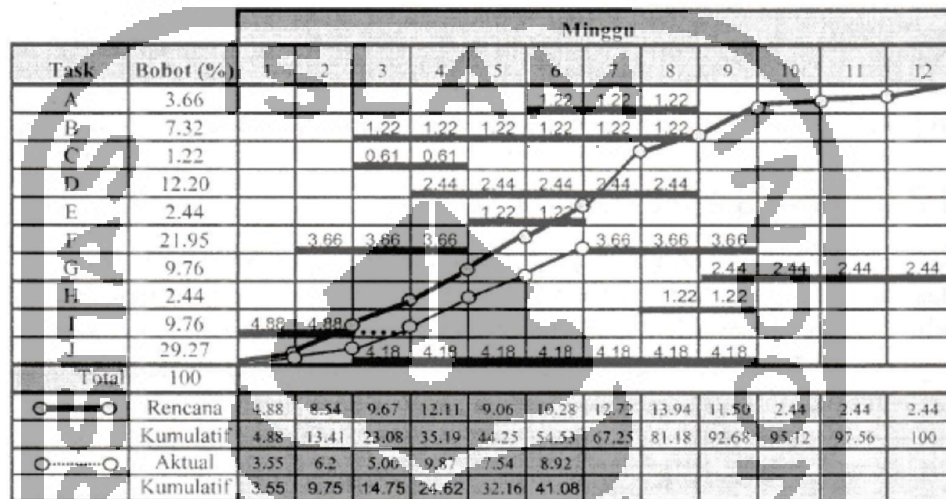
1. Daftar item kegiatan, yang berisi seluruh jenis kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan
2. Urutan pekerjaan, dari daftar item kegiatan tersebut di atas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dan item kegiatan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan, adalah jangka waktu pelaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan.

### 3.2.2 Kurva S (*Hannum Curve*)

Kurva S adalah sebuah grafik yang dikembangkan oleh Warren T. Hanumm atas dasar pengamatan terhadap sejumlah besar proyek sejak awal hingga akhir proyek. Kurva S dapat menunjukkan kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Dari visualisasi kurva S dapat diketahui apakah ada keterlambatan atau percepatan jadwal proyek (Husen, 2008).

Berikut ini Tabel 3.1 Menunjukkan contoh bagan balok yang penggunaannya dikombinasikan dengan metode Kurva S.

**Tabel 3. 1 Bagan balok dikombinasikan dengan kurva S**



(Sumber: Husen, 2008)

### 3.2.3 Metode PDM (*Predecence Diagram Method*)

PDM ini merupakan metode penyajian simpul dengan kegiatan digambarkan pada simpul/lingkaran bukan pada panah. Satu keuntungan utama dari PDM adalah memungkinkan jadwal jaringan digambarkan menurut skala. Ini memungkinkan pembuat jaringan untuk melihat secara visual kapan suatu kegiatan dijadwalkan untuk terjadi juga berapa lama ini akan berlangsung dan berhubungan precedennya. (Schroeder, 2000)

Kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* (PDM) digambarkan oleh sebuah lambang segi empat karena letak kegiatan ada dibagian node maka sering disebut juga *Activy On Node* (AON). Kelebihan PDM dibandingkan dengan Arrow Diagram adalah:

1. Tidak memerlukan kegiatan fiktif/dummy sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
2. Hubungan overlapping yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Kegiatan dalam PDM diwakili oleh sebuah lambing yang mudah diidentifikasi, bentuk umum yang sering digunakan adalah sebagai berikut.

ES	JENIS	EF
LS	KEGIATAN	LF
NO.KEG.	DURASI	

**Gambar 3. 1 Node PDM**

(Sumber : Eryianto, 2003)

Keterangan:

ES : *Earliest Start*, waktu mulai paling awal suatu kegiatan.

EF : *Earliest Finish*, waktu selesai paling awal suatu kegiatan. Jika hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu adalah ES kegiatan berikutnya.

LS : *Latest Start*, waktu palingakhir kegiatan boleh mulai. Yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

LF : *Latest Finish*, waktu paling akhir kegiatan boleh selesai.

Menurut Pardede (2014), Perhitungan *Precedence Diagram Method* (PDM) menggunakan hitungan maju yaitu *Earliest Start* (ES) dan *Earliest Finish* (EF).

Jalur kritis ditandai oleh beberapa kegiatan sebagai berikut:

1.  $Earliest\ Start\ (ES) = Latest\ Start\ (LS)$
2.  $Earliest\ Finish\ (EF) = Latest\ Finish\ (LF)$
3.  $Latest\ Finish\ (LF) = Earliest\ Finish\ (EF) = Durasi$

Sedangkan Float pada *Precedence Diagram Method* (PDM) dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *Total Float* (TF), dan *Free Float* (FF).

$Total\ Float\ (TF) = Min\ (LS-EF)$

$Free\ Float\ (FF) = Min\ (ES-EF)$

### 3.2.4 Metode CPM (*Critical Path Method*)

CPM atau metoda jalur kritis adalah metoda yang berusaha untuk memperpendek atau tidak memperpanjang jalur kritis dengan memasukkan unsur pembiayaan. Besar kecilnya pembiayaan dikemukakan berbagai kemungkinan alternatif mulai dari yang paling ‘murah’ sampai pada yang paling ‘mahal’ yang semuanya didasarkan atas perhitungan waktu atau sebaliknya dipaparkan beberapa alternatif waktu atas dasar besar-kecilnya pembiayaan (Soetrisno, 1985).

### 3.2.5 Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

#### 1. Pengertian PERT

PERT adalah metode penjadwalan proyek berdasarkan jaringan yang memerlukan tiga dugaan waktu untuk tiap kegiatannya yaitu optimis, pesimis, paling mungkin dengan menggunakan tiga dugaan waktu mulai awal dan akhir standar untuk tiap kegiatan atau kejadian.

Berdasarkan yang sering terjadi di lapangan bahwa waktu pelaksanaan sering kali melebihi waktu dalam kontrak/ disepakati. Hal ini mengakibatkan deviasi yang menjulur ke arah kanan pada kurva normal (Schroeder, 2000).

Bekerja dengan ketidakpastian merupakan suatu kejadian yang acak dari perkiraan waktu tiap kegiatan. Kejadian yang tidak pasti merupakan ciri dari metode PERT. Oleh karena itu, tidaklah tepat dalam kasus ini untuk menetapkan waktu penyelesaian proyek secara konkrit. Setiap tanggal penyelesaian akan mempunyai peluang tertentu untuk dapat dicapai, yang merupakan fungsi dari ketidakpastian dari tiap kegiatan dan hubungan ketidakpastian dalam tanggal penyelesaian daripada memaksakan persoalan ke dalam kerangka waktu konstan.

System PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) adalah suatu alat manajemen untuk menentukan secara tepat di setiap titik dalam 19 masa program, bagaimana status program, dan dimana letak bidang persoalannya.

PERT mempunyai nilai yang setinggi-tingginya dalam memberi isyarat secara dini kepada manajemen apabila timbul kendala dalam suatu bidang tertentu yang akan menghambat jadwal atau anggaran program yang telah direncanakan.

Konsep dasar PERT ialah bahwa program dibagi dalam tugas-tugas yang berciri tersendiri, terinci, serta terjadwal, yang disusun dalam jaringan terpadu. Bagi masing-masing tugas atau kegiatan dijabarkan segenap variabel yang penting yaitu waktu, sumber daya, dan unjuk kerja teknik. Kemudian diselenggarakan suatu sistem pelaporan yang sistematis yang memungkinkan pengkajian yang terus menerus terhadap status program (Hajek, 1994).

Konsep lain yang muncul dari jaringan PERT adalah gagasan tentang lintasan kritis probabilitas. Mengikuti logika PERT, di sini pun tidak ada lintasan kritis yang pasti. Sebaliknya, setiap kegiatan mempunyai peluang mendekati nol dan yang lainnya mendekati satu. Lintasan kritis itu sendiri acak bila waktu kegiatan tidak pasti.

PERT pada dasarnya merupakan metode yang berorientasi pada waktu, dalam artian bahwa metode PERT akan berakhir dengan menentukan penjadwalan waktu. Metode PERT termasuk teknik penjadwalan karena PERT terdiri dari tiga tahapan, yaitu : perencanaan, penjadwalan dan pengontrolan/pengawasan.

Tahapan perencanaan dimulai dengan memecahkan/menguraikan proyek menjadi kegiatan-kegiatan. Perkiraan waktu untuk kegiatan-kegiatan ini kemudian ditentukan dan diagram jaringan kerja yang dinyatakan dengan gambar anak panah mulai dibuat dimana panjang anak panah menunjukkan kegiatan. Keseluruhan diagram anak panah memberikan suatu representasi grafis mengenai keterkaitan antara berbagai kegiatan suatu proyek.

Tujuan akhir dalam tahap penjadwalan ialah membentuk *time chart* yang dapat menunjukkan waktu mulai dan selesainya setiap kegiatan serta hubungannya satu sama lain dalam proyek. Jadwal harus mampu menunjukkan kegiatan-kegiatan yang kritis dilihat dari segi waktu yang memerlukan perhatian khusus kalau proyek harus selesai tepat pada waktunya. Bagi kegiatan-kegiatan yang tidak tergolong jalur kritis jadwal harus menentukan banyaknya waktu yang mengambang (*slack*) yang dapat dipergunakan ketika kegiatan tertunda atau kalau sumber daya yang terbatas digunakan secara efektif.

Pada tahap akhir manajemen proyek adalah pengawasan proyek. Hal ini meliputi penggunaan diagram anak panah dan grafik waktu untuk membuat laporan

kemajuan periodic. Jaringan kerja penuh diperbaharui dan dianalisis bahkan jika perlu suatu jadwal baru ditentukan untuk sisa bagian proyek yang belum selesai. (Supranto, 1988).

## 2. Definisi-definisi PERT

Sistem PERT menggunakan suatu bahasa yang khas. Istilah-istilah penting mendasar yang dipergunakan adalah sebagai berikut (Hajek, 1994) :

- a. Kegiatan : Unsur upaya kerja dalam program.
- b. Peristiwa atau kejadian : Titik tertentu dalam program, yang biasanya menunjukkan mulai atau selesainya suatu kegiatan. Peristiwa tidak mempunyai dimensi waktu dan upaya.
- c. Jaringan : Gambaran grafikal tentang program yang terdiri dari kegiatan-kegiatan dan peristiwa yang ditunjukkan sebagai jalur-jalur yang saling terhubung.
- d. Waktu Paling Mungkin (m) : Waktu yang ditaksirkan akan paling realistis untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- e. Waktu Optimis (a) : Waktu tersingkat yang kiranya akan digunakan untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- f. Waktu Pesimistik (b) : Waktu terlama yang kiranya akan digunakan untuk menyelesaikan suatu kegiatan.
- g. Waktu Perkiraan (TE) : Masa waktu yang diramalkan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Waktu perkiraan didapatkan secara statistic dari waktu paling mungkin, waktu optimistik dan waktu pesimistik.
- h. Jalur Kritis : Jalur lintasan suatu jaringan yang memerlukan masa waktu terlama untuk menyelesaikannya. Inilah lintasan yang memiliki kelonggaran positif terkecil atau kelonggaran negatif terbesar.

## 3. Langkah Dasar PERT

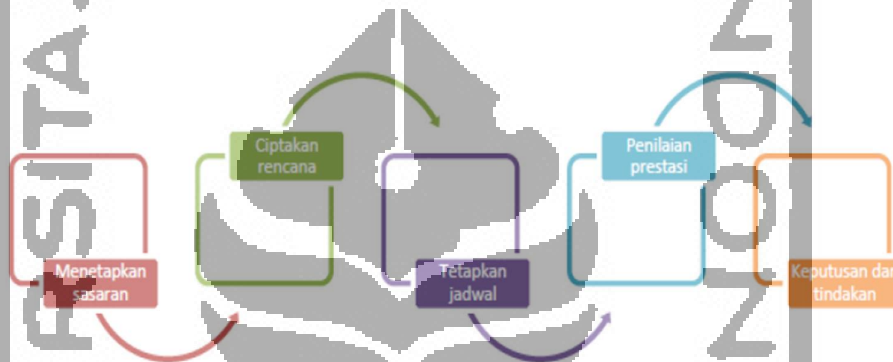
PERT mengikuti enam langkah dasar sebagai berikut :

- a. Menetapkan proyek dan menyiapkan struktur penguraian kerjanya.
- b. Membangun hubungan antara aktivitas-aktivitasnya. Memutuskan aktivitas yang harus dilakukan lebih dahulu dan aktivitas yang harus mengikuti aktivitas lain.

- c. Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan aktivitas.
- d. Menetapkan perkiraan waktu dan biaya untuk setiap aktivitas.
- e. Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Hal ini disebut jalur kritis.
- f. Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek.

#### 4. Pengoperasian PERT

Pengoperasian PERT dapat dibagi dalam lima kategori yaitu :



**Gambar 3. 2 Proses Pengoperasian PERT**

(Sumber : Hajek, 1994)

Penyusunan rencana PERT bagi suatu program, menetapkan sasaran memungkinkan manajer proyek memberi bentuk yang jelas bagi tujuan proyek dan mendokumentasikan tujuan proyek bagi manajemen maupun hak lain yang berkepentingan.

Penciptaan rencana meliputi menerjemahkan paket kerja ke dalam kegiatan-kegiatan serta peristiwa-peristiwa yang dilakukan secara grafikal sebagai jaringan. Dalam menciptakan jaringan, harus diperhatikan urutan yang mana masing-masing kegiatan diselenggarakan dan peristiwa-peristiwa sebelumnya yang harus dicapai sebelum dimulainya suatu kegiatan tertentu.

Pada waktu menyusun kegiatan-kegiatan itu, waktu perkiraan TE (*Time Expected*) didapatkan dari taksiran yang dibuat untuk waktu optimistik, waktu pesimistik dan waktu paling mungkin. Manajer proyek memperoleh angka-angka



ini dari orang-orang yang kiranya akan bertanggung jawab atas pelaksanaan upaya kerja kegiatan yang bersangkutan.

Dalam menurunkan jadwal, manajer proyek harus memperhatikan faktor-faktor dasar sebagai berikut (Hajek, 1994) :

1. Tanggal penyerahan menurut kontrak dan tanggal harus diawalinya pekerjaan.
2. Karyawan dan sumber daya perusahaan yang tersedia (yang dibedakan dari karyawan dan sumber daya yang tersedia untuk suatu kegiatan tertentu).
3. Kendala-kendala dari berbagai kegiatan. Suatu kendala ialah suatu kegiatan yang harus sudah diselesaikan atau suatu peristiwa yang harus telah dicapai sebelum dapat diawalinya upaya-upaya suatu kegiatan yang lain. Kendala sering menimbulkan bidang kritis dalam suatu program PERT, karena merupakan pembatas bagi penyelenggaraan pencapaian jadwal.

Dalam organisasi ini, tahap penilaian prestasi dan tahap keputusan serta tindakan dari siklus PERT dilaksanakan oleh tiap tingkat manajemen. Para pejabat pada masing-masing tingkat akan menelaah informasi yang didapatkan dari PERT dari sudut pandang yang berlainan dan akan melaksanakan beberapa diantara tindakan-tindakan tersebut dalam batas wewenang mereka, diantaranya penilaian prestasi dan tindakan, pelaksanaan tindakan, dan penerusan informasi tentang persoalan yang tidak terselesaikan kepada tingkat manajemen lebih tinggi jika diperlukan.

Langkah-langkah penyusunan dan analisis jaringan kerja PERT (Siagian, 1987) :

1. Identifikasi lingkup proyek dan uraikan menjadi komponen-komponen
2. Susun komponen-komponen kegiatan sesuai dengan logika kebergantungan
3. Tentukan perkiraan waktu penyelesaian masing-masing kegiatan
4. Gunakan symbol  $\rightarrow$  : untuk menggambarkan aktivitas (suatu fasilitas)
5. Symbol  $\circ$  : menunjukkan permulan atau akhir suatu kegiatan

Contoh : Pekerjaan mengecat tembok, maka *event* pertama tembok belum dicat dan *event* kedua pintu telah dicat.

Beberapa hal yang harus diperhatikan :

Sebelum suatu kegiatan dimulai, semua kegiatan yang mendahuluinya harus sudah selesai.

- a. Gambar anak panah, sekedar menunjukkan untuk pekerjaan. Panjang anak panah tidak menunjukkan lamanya pekerjaan. Arah panah hanya menunjukkan urutan-urutan di dalam mengerjakan pekerjaan saja. Panjang anak panah dan arahnya tidak menunjukkan letak dari pekerjaan.
- b. *Nodes*, lingkaran yang menunjukkan kejadian diberi nomor sedemikian rupa, sehingga tidak ada *nodes* yang nomornya sama.
- c. Dua buah kejadian hanya bisa dihubungkan oleh satu kegiatan (anak panah).
- d. Jaringan kerja (*network*) hanya dimulai dari satu kejadian dan diakhiri oleh satu kejadian.

e. *Dummy activities*

Untuk menyusun *network* sesuai ketentuan, kadang-kadang diperlukan *dummy activities* (kegiatan semu & kejadian semu). Kegiatan semu adalah kegiatan yang tidak memerlukan waktu, biaya dan fasilitas. Kegunaan *dummy activities* adalah untuk menghindari terjadinya dua kejadian dihubungkan oleh lebih dari satu kegiatan.

5. Manfaat dari Metode PERT adalah :

- a. Dapat mengidentifikasi jalur kritis dalam hal ini adalah jalur elemen-elemen kegiatan yang kritis dalam skala waktu penyelesaian proyek sebagai keseluruhan.
- b. Mempunyai kemampuan untuk mengadakan perubahan-perubahan sumber daya dan memerhatikan efek terhadap waktu selesainya proyek.
- c. Mempunyai kemampuan memperkirakan efek-efek dari hasil yang dicapai suatu kegiatan terhadap keseluruhan rencana apabila diimplementasikan/dilaksanakan.

6. Penggunaan Jaringan PERT

Apabila jaringan PERT telah dirancang dan perkiraan masing-masing kegiatan telah dihitung, maka manajer proyek dapat mengawasi pemakaian jaringan PERT

sebagai alat manajemen. Jaringan PERT memberikan pandangan menyeluruh yang sangat baik terhadap program dan memungkinkan para manajer dalam organisasi lini dan matriks untuk mengeser karyawan dan sumber daya lain dari jalur-jalur longgar ke jalur-jalur kritis guna membantu menanggulangi bidang-bidang kendala.

Waktu longgar yang positif atau nol menunjukkan bahwa semua peristiwa diperkirakan setidaknya akan tepat waktu dan bahwa tidak diperkirakan akan terjadi kendala. Jika waktu longgar untuk suatu peristiwa mempunyai harga negatif, maka kegiatan-kegiatan yang mempunyai saham dalam waktu longgar negatif akan mengalami kendala dan diperlukan sesuatu tindakan perbaikan.

#### 7. Melaksanakan Rencana PERT

Menurut Siagian (1987), jaringan PERT diatur dengan tiap peristiwa diberi nomor dan dihubungkan dengan peristiwa lain. Anak panah menunjukkan aliran kerja dalam urutan yang logis. Anak panah yang penuh menunjukkan adanya kegiatan yang memerlukan waktu penyelesaian yang ditunjukkan oleh kelompok angka-angka yang bersangkutan dengan masing-masing anak panah. Anak panah terputus-putus pada umumnya menunjukkan kendala yang berwaktu nol. Salah satu peraturan panduan PERT ialah bahwa sewajarnya tiap kegiatan diidentifikasi dengan sebuah peristiwa yang mendahuluinya dan peristiwa yang mengikutinya guna membantu menjelaskan jaringan. Setelah manajer proyek menyelesaikan rancangan jaringan PERT, tugas selanjutnya ialah menetapkan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan masing-masing kegiatan. Sumber bagi informasi ini pada umumnya dari pemimpin proyek, yang akan bertanggung jawab atas berbagai kegiatan.

Jaringan PERT mempunyai hubungan yang erat dengan pengorganisasian program dengan tanggung jawab pada masing-masing kegiatan dengan pengendalian serta garis komunikasi yang memadai.

Beberapa ciri yang melekat pada jaringan PERT, yang diperhatikan pada waktu merencanakan sistem jaringan PERT, yaitu :

- a. Setiap kegiatan tertentu harus diselesaikan sebelum terjadinya peristiwa.

Demikian pula, kegiatan tidak dapat diawali sebelum mantapnya suatu peristiwa.

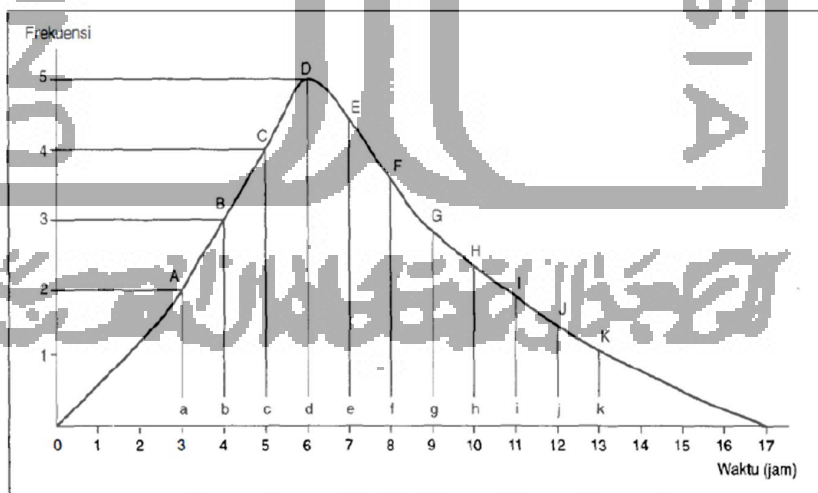
- b. Semua jalur kegiatan harus lengkap dan tidak dapat diduplikasikan atau menunjukkan alternatif-alternatif.
- c. Setiap peristiwa tertentu hanya dapat terjadi sekali.
- d. Setiap dua peristiwa hanya dapat dihubungkan oleh satu garis kegiatan.

#### 8. Probabilitas PERT

Menurut Soeharto (1995), pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainly*) serta mencoba menjelaskan secara kuantitatif. Diumpamakan satu kegiatan dikerjakan secara berulang-ulang dengan kondisi yang dianggap seperti pada Gambar 3.3. Sumbu horizontal menunjukkan waktu selesainya kegiatan. Sumbu vertikal menunjukkan berapa kali (frekuensi) kegiatan selesai pada kurun waktu yang bersangkutan.

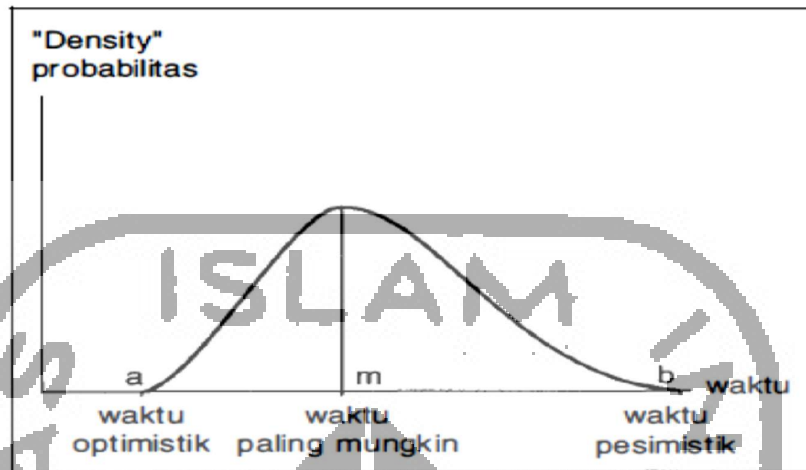
##### a. Kurva Distribusi dan Variabel a, b, dan m

Dari kurva distribusi dapat dijelaskan arti dari a, b, dan m. Kurun waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah m, yaitu kurun waktu yang paling banyak terjadi atau juga disebut *the most likely time*. Adapun angka a dan b terletak (hampir) di ujung kiri dan kanan dari kurva distribusi, yang menandai batas lebar rentang waktu kegiatan. Kurva distribusi kegiatan pada umumnya berbentuk asimetris dan disebut Kurva Beta



**Gambar 3. 3 Kurva Distribusi Frekuensi**

(Sumber : Soeharto, 1995)



**Gambar 3. 4 Kurva distribusi asimetris (beta) dengan a, b, dan m**

(Sumber : Soeharto, 1995)

b. Kurva Distribusi dan Kurun Waktu yang Diharapkan (TE)

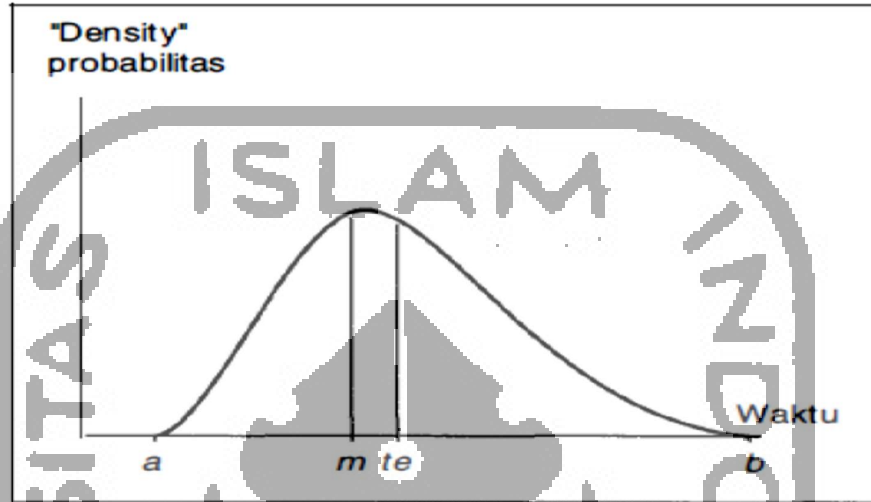
Setelah menentukan estimasi angka-angka a, m, dan b, maka selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka, yang disebut TE (*Time Expected*) atau kurun waktu yang diharapkan. Angka TE adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Seperti telah dijelaskan di muka, bila kurun waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva “beda distribusi”. Lebih lanjut, dalam menentukan TE dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa optimistic (a) dan pesimistik (b) adalah sama. Sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa diatas. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut:

Kurun waktu kegiatan yang diharapkan:

$$TE = \left( \frac{a+4m+b}{6} \right) \quad (3.1)$$

Bila garis tegak lurus dibuat melalui TE, maka garis tersebut akan membagi dua sama besar area yang berada dibawah kurva beta distribusi, seperti terlihat pada Gambar 3.5. Perlu ditekankan disini perbedaan antara kurun waktu yang diharapkan (TE) dengan kurun waktu paling mungkin (m). Angka m

menunjukkan angka “tertekan” atau perkiraan oleh seorang estimator. Sedangkan  $te$  adalah hasil dari rumus perhitungan matematis.



Gambar 3. 5 Kurva distribusi dengan letak  $a$ ,  $b$ ,  $m$ , dan  $TE$

(Sumber : Soeharto, 1995)

9. Deviasi Standar Kegiatan dan *Varians* Kegiatan

Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relative mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastian ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk  $a$  dan  $b$ . Pada PERT parameter yang menjelaskan masalah ini dikenal sebagai Deviasi Standard dan *Varians*. Berdasarkan ilmu statistic, angka deviasi standar adalah sebesar  $\frac{1}{6}$  dari rentang

distribusi  $(b-a)$  atau bila ditulis sebagai rumus menjadi sebagai berikut:

Deviasi Standar Kegiatan

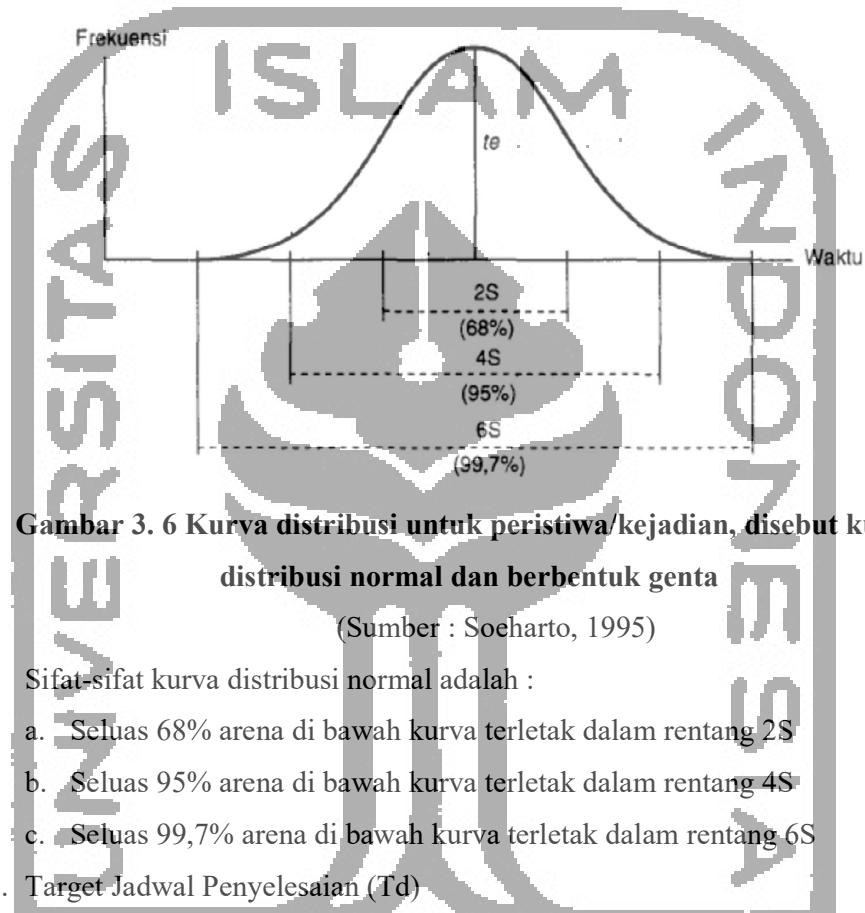
$$S = \left(\frac{1}{6}\right)(b-a) \quad (3.2)$$

*Varians* Kegiatan

$$V(TE) = S^2 = \left[\left(\frac{1}{6}\right)(b-a)\right]^2 \quad (3.3)$$

#### 10. Deviasi Standar Peristiwa dan *Varians* Peristiwa V (TE)

Menurut “J. Moder 1983” berdasarkan teori “Central Limit Theorem” maka kurva distribusi peristiwa atau kejadian (*event time distribution curve*). Kurva ini berbentuk genta seperti terlihat pada Gambar 3.6



**Gambar 3. 6 Kurva distribusi untuk peristiwa/kejadian, disebut kurva distribusi normal dan berbentuk genta**

(Sumber : Soeharto, 1995)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah :

- Seluas 68% arena di bawah kurva terletak dalam rentang 2S
- Seluas 95% arena di bawah kurva terletak dalam rentang 4S
- Seluas 99,7% arena di bawah kurva terletak dalam rentang 6S

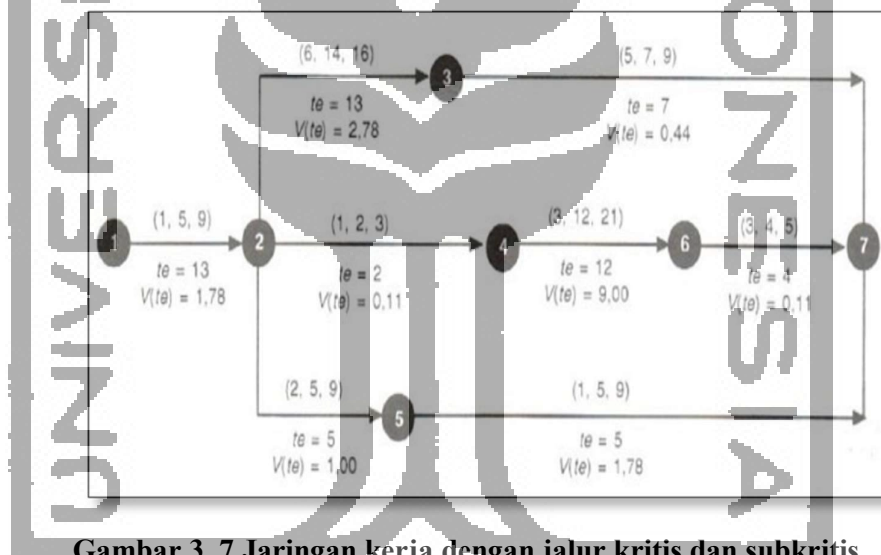
#### 11. Target Jadwal Penyelesaian (Td)

Pada penyelenggaraan proyek, sering dijumpai sejumlah tonggak kemajuan (*milestone*) dengan masing-masing target jadwal proyek atau tanggal penyelesaian yang telah ditentukan. Pimpinan proyek atau pemilik sering kali menginginkan suatu analisis untuk mengetahui kemungkinan/kepastian mencapai target jadwal tersebut. Hubungan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) pada metode PERT dinyatakan dengan z dan dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Deviasi } z = \frac{T(d) - TE}{S} \quad (3.4)$$

## 12. Jalur Kritis dan Subkritis

Menurut Soeharto (1997), pengamatan dan analisis atas jalur kritis dan subkritis lebih ditekankan lagi pada metode PERT. Hal ini dapat dilihat pada waktu menganalisis deviasi standar, *varians* tiap kegiatan pada jalur kritis dijumlahkan, dan dihitung akar padanya untuk mendapatkan angka deviasi standar peristiwa yang dimaksudkan (titik peristiwa *mile-stone* atau selesainya proyek). Apabila total *varians* jalur subkritis lebih besar dengan angka perbedaan yang cukup substansial dari angka total *varians* di jalur kritis sedangkan angka TE antara keduanya tidak terlalu besar, maka dapat dikatakan bahwa ada kemungkinan jalur subkritis akan berubah menjadi kritis, seperti ditunjukkan oleh contoh pada Gambar 3.7 dan Tabel 3.3



**Gambar 3. 7 Jaringan kerja dengan jalur kritis dan subkritis**

(Sumber: Soeharto, 1995)

**Tabel 3. 2 Jalur Kritis dan Subkritis**

		Total Waktu TE	Total Varians V(te)
Jalur Kritis	1-2-3-7	25	5,0
Jalur Subkritis	1-2-4-6-7	23	11,0
Jalur Nonkritis	1-2-5-7	15	4,56

(Sumber: Soeharto, 1995)



PERT menggunakan variansi aktivitas jalur kritis untuk membantu menentukan variansi proyekkeseluruhan. Variansi proyek dihitung dengan menjumlahkan variansi aktivitas-aktivitas kritis.

$$\sigma^2 = \text{Variansi Proyek} = \sum (\text{variansi aktivitas jalur kritis}) \quad (3.5)$$

Untuk mengetahui jalur kritis, kita menghitung dua waktu awal dan akhir yang berbeda setiap aktivitas. Hal ini dilakukan sebagai berikut:

a. Mulai paling awal (*Earliest Start* – ES)

Waktu mulai paling awal suatu aktivitas dapat dimulai dengan asumsi semua pendahulunya sudah selesai.

b. Selesai paling awal (*Earliest Finish* – EF)

Waktu paling awal suatu aktivitas dapat selesai.

c. Mulai paling lambat (*Latest Start* – LS)

Waktu terakhir suatu aktivitas dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

d. Selesai paling akhir (*Latest Finish* – LF)

Waktu terakhir suatu aktivitas dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

13. Perbedaan PERT dan CPM

Menurut (Levin, 1987) disamping metode PERT (Program Evaluation and Review Technique) ada juga metode CPM (Critical Path Method), yakni metode untuk merencanakan dan mengendalikan proyek-proyek, merupakan sistem yang paling banyak digunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan.

Perbedaan pokok antara PERT dan CPM ialah bahwa CPM memasukkan konsep biaya dalam proses perencanaan dan pengendalian, sedangkan PERT tidak memasukkan konsep biaya, dalam PERT diasumsikan bahwa besarnya biaya berubah-ubah sesuai dengan lamanya waktu dari semua aktivitas yang terdapat dalam satu proyek. Jadi jika kita telah berhasil mempersingkat waktu untuk satu proyek maka diasumsikan bahwa dengan demikian biaya untuk proyek ini juga berhasil diperkecil.

Perbedaan penting lain antara PERT dan CPM terletak pada metode untuk menentukan perkiraan waktu. Para pemakai CPM dianggap mempunyai dasar yang lebih kuat sebagai landasan untuk memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap aktivitas.

Perbedaan utama dalam penerapan kedua teknik ini dapat dimengerti jika kita perbandingan suatu perusahaan, misalnya perusahaan bangunan dengan suatu perusahaan lain, perusahaan atau biro penelitian dan pengembangan. Seorang estimator yang cerdas dari suatu perusahaan bangunan dapat memberikan perkiraan biaya dan angka-angka mengenai waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu pondasi beton. Mungkin saja terdapat perbedaan kecil disana-sini tetapi jika perusahaannya pernah mengerjakan pekerjaan semacam ini sebelumnya, maka perkiraannya mengenai biaya dan waktu biasanya akan cukup tepat. Dalam hal keterangan yang menyangkut pembiayaan. Dalam sistem PERT biasanya direktur proyek lebih menghargai waktu, dan faktor biaya kurang diperhatikan, sedangkan seorang mandor pada suatu perusahaan bangunan tidak dapat mengambil sikap seperti direktur diatas, ia harus menyelesaikan pekerjaan tepat pada waktunya dan dengan biaya yang telah diperkirakan.

Dari pernyataan diatas dapat disimpulkan bahwa perbedaan kebutuhan dalam program yang harus dilaksanakan akan menentukan teknik mana yang akan dipergunakan untuk merencanakan dan mengendalikan pekerjaan yang akan dilakukan nanti. Jika waktu dapat diperkirakan dengan cukup tepat dan biaya-biaya dapat dihitung sejak semula (misalnya biaya tenaga kerja dan biaya bahan untuk suatu proyek bangunan), maka lebih menguntungkan jika dipergunakan CPM yang merupakan salah satu dari dua alternatif metode pengendalian. Sebaliknya jika tingkat ketidakpastiannya sangat besar dan pengendalian terhadap waktu jauh lebih penting dan diutamakan daripada pengendalian terhadap biaya, maka penggunaan PERT merupakan pilihan yang lebih tepat.

Prinsip-prinsip pembentukan jaringan dalam CPM mirip sekali dengan prinsip-prinsip dalam sistem PERT. Jadi jika kita yang sudah mengenal PERT dengan

baik, tidak menemui kesulitan lagi dalam menggunakan CPM, sejauh hal ini menyangkut pembentukan jaringannya. Perbedaan utama terletak dalam penentuan perkiraan waktunya.

Dalam sistem CPM ditentukan dua buah perkiraan waktu dan biaya untuk setiap aktivitas yang terdapat dalam jaringan. Kedua perkiraan ini adalah perkiraan normal (*normal estimate*) dan perkiraan cepat (*crash estimate*). Perkiraan waktu yang normal kira-kira sama dengan perkiraan waktu yang paling mungkin dalam PERT. Biaya normal tentu saja adalah biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam waktu normal. Perkiraan waktu cepat adalah waktu yang akan dibutuhkan oleh suatu proyek jika biaya yang dikeluarkan tidak menjadi persoalan dalam usaha mempersingkat waktu bagi proyek tersebut. Dalam program semacam ini, *manager* akan melakukan apa saja untuk mempercepat selesainya pekerjaan. Jadi biaya mempercepat adalah biaya yang dibutuhkan untuk melaksanakan suatu pekerjaan yang dipercepat, dengan tujuan untuk mempercepat waktu selesainya proyek.

**Tabel 3. 3 Perbandingan PERT dan CPM untuk beberapa fenomena**

No	Fenomena	CPM	PERT
1.	Estimasi kurun waktu kegiatan	Deterministik, satu angka	Probabilistik, tiga angka
2.	Arah orientasi	Ke kegiatan	Ke peristiwa / kejadian
3.	Identifikasi jalur kritis dan float	Dengan hitungan maju dan mundur	Cara sama dengan CPM
4.	Kurun waktu penyelesaian milestone atau proyek	Ditandai dengan suatu angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians

**Lanjutan Tabel 3.3 Perbandingan PERT dan CPM untuk beberapa fenomena**

No	Fenomena	CPM	PERT
5.	Kemungkinan (probability) mencapai target jadwal	Hitungan/analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6.	Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu di konversikan ke CPM dulu

(Sumber: Soeharto, 1995)

14. Langkah-langkah Pengerjaan Metode PERT

Berikut ini akan diberikan prosedur metode PERT dengan langkah-langkah untuk mendapatkan solusi *analysis network*.

a. Perkiraan durasi dari setiap pekerjaan/kegiatan dengan memperkirakan waktu tercepat (optimis,  $a$ ), waktu terlama (pesimis,  $b$ ), dan waktu yang paling mungkin terjadi ( $m$ ).

b. Hitung nilai rata-rata (ekspektasi) durasi dari setiap kegiatan dengan formula:

$$TE = \frac{a+4m+b}{6} \quad (3.6)$$

c. Tentukan predecessor pada urutan kegiatan.

d. Menghitung nilai Early Event Time (EET) dengan formula:

$$EET_j = EET_i + TE_i \quad (3.7)$$

e. Menghitung nilai Lately Event Time (LET) dengan formula:

$$LET_i = LET_j - TE_i \quad (3.8)$$

f. Analisis deviasi standar kegiatan ( $s$ ) dan varians kegiatan ( $v$ ) dengan formula:

$$S = \left(\frac{1}{6}\right) (b-a) \quad (3.9)$$

$$V = S^2 \quad (3.10)$$

- g. Hitung total Varians kegiatan jalur kritis.
- h. Analisis target jadwal penyelesaian dengan formula:

$$z = \frac{T(d) - TE}{S^2} \quad (3.11)$$

### 3.4 PERENCANAAN PROYEK

#### 3.3.1 Fungsi dan Proses Perencanaan serta Pengendalian

Menurut Soeharto (1995), dari definisi manajemen proyek, perencanaan menempati urutan pertama dari fungsi-fungsi lain seperti mengorganisir, memimpin dan mengendalikan. Perencanaan adalah proses yang mencoba meletakkan dasar tujuan dan sasaran termasuk menyiapkan segala sumber daya untuk mencapainya. Ini berarti memilih dan menentukan langkah-langkah kegiatan di masa datang yang diperlukan untuk mencapai tujuan. Dalam pada itu fungsi pengendalian bermaksud memantau dan mengkaji (bila perlu mengadakan koreksi) agar langkah-langkah kegiatan tersebut terbimbing ke arah tujuan yang telah ditetapkan. Terlihat disini adanya hubungan erat antara fungsi pengendalian dan perencanaan. Dari segi penggunaan sumber daya, perencanaan dapat diartikan sebagai memberi pegangan bagi pelaksana mengenai alokasi sumber daya untuk melaksanakan kegiatan, sedangkan pengendalian memantau apakah hasil kegiatan yang telah dilakukan sesuai dengan patokan yang telah digariskan dan memastikan penggunaan sumber daya yang efektif dan efisien. Dengan demikian, perencanaan dan pengendalian akan berlangsung hampir sepanjang siklus proyek dalam bentuk perencanaan-pemantauan-pengendalian-koreksi.

#### 3.3.2 Proses dan Sistematis Perencanaan Proyek

Menurut Soeharto (1995), sering dikatakan bahwa proses perencanaan lebih penting dari perencanaan itu sendiri, karena pada proses perencanaan para pimpinan dan pelaksana proyek 'dipaksa' untuk aktif ikut berpikir dan bersuara mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan yang menjadi tanggungjawabnya. Pada saat itu mereka mulai melihat ke depan untuk mengantisipasi persoalan yang mungkin

timbul pada taraf implementasi dan bagaimana mengatasinya. Menyusun suatu perencanaan yang lengkap minimal meliputi:

1. Menentukan tujuan.

Tujuan (*goal*) organisasi atau perusahaan dapat diartikan sebagai pedoman yang memberikan arah gerak segala kegiatan yang hendak dilakukan.

2. Menentukan sasaran.

Sasaran adalah titik-titik tertentu yang perlu dicapai bila organisasi tersebut ingin mencapai tujuannya. Dalam konteks di atas, kegiatan proyek dapat digolongkan sebagai kegiatan dengan sasaran yang telah ditentukan dalam rangka mencapai tujuan perusahaan.

3. Mengkaji posisi awal terhadap tujuan.

Mengkaji posisi dan situasi awal terhadap tujuan atau sasaran dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kesiapan dan posisi organisasi pada saat awal terhadap sasaran yang telah ada. Misalnya berapa besar sumber daya yang tersedia dalam bentuk dana, peralatan dan tenaga yang telah ada. Hanya setelah mengetahui posisi saat awal terhadap “jarak” sasaran, maka kita dapat mulai mengidentifikasi hambatan dan kemudahan. Meskipun hal itu merupakan hal yang sulit, namun antisipasi terhadap situasi di masa depan mengenai persoalan, kesempatan maupun peluang merupakan hal-hal yang perlu digali, dikaji dan dipertimbangkan untuk memperoleh suatu perencanaan yang realistis.

4. Memilih alternatif.

Dalam usaha meraih tujuan atau sasaran, tersedia berbagai pilihan tindakan atau cara mencapainya. Umumnya ditempuh pilihan yang menjanjikan cara yang paling efisien dan ekonomis dari segi biaya. Pengkajian dilakukan dengan mencoba menjawab pertanyaan berikut:

- a. Apakah alternatif yang dipilih memiliki cukup keluwesan untuk menghadapi perubahan keadaan mungkin timbul?
- b. Apakah yang dipilih merupakan alternatif terbaik untuk memenuhi tuntutan proyek akan jadwal, biaya dan mutu?

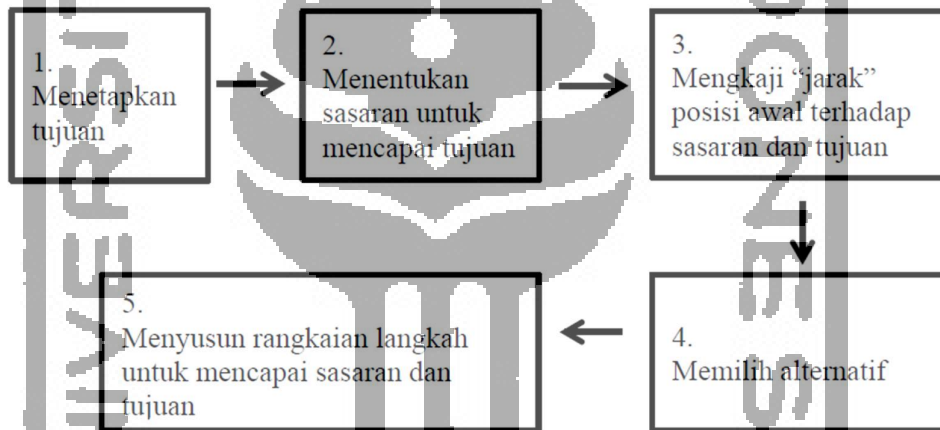
c. Apakah alternatif yang dipilih telah mempertimbangkan tersedianya sumber daya pada saat diperlukan?

d. Apakah telah dipikirkan penggunaan teknologi baru?

Bila jawaban dari pertanyaan di atas memuaskan, kemudian dilanjutkan dengan langkah berikutnya.

5. Menyusun rangkaian langkah mencapai tujuan.

Proses ini terdiri dari penetapan langkah terbaik yang mungkin dapat dilaksanakan setelah memperhatikan berbagai batasan. Kemudian menyusunnya menjadi urutan dan rangkaian menuju sasaran dan tujuan. Sistematika proses perencanaan proyek terlihat pada Gambar 3.8.



**Gambar 3. 8 Proses dan sistematika perencanaan**

(Sumber: Soeharto, 1995)

### 3.5 DRAINASE

Drainase adalah suatu sistem pembuangan air lebih (*excess water*) dan air limbah (*wastewater*) yang berupa buangan air dari daerah perumahan dan pemukiman, dari daerah industri dan kegiatan usaha lainnya, dari daerah pertanian dan lahan terbuka lainnya, dari badan jalan dan perkerasan permukaan lainnya, serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya baik air hujan, air kotor maupun air lebih lainnya yang mengalir keluar dari kawasan yang bersangkutan (Notodihardjo, 1998).

### 3.5.1 Jenis Drainase

Hasmar (2011) menjelaskan ada beberapa jenis drainase, antara lain:

#### 1. Menurut Sejarah Terbentuknya

##### a. Drainase alamiah

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak tedapat bangunan-bangunan penunjang seperti pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.

##### b. Drainase buatan

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa, dan sebagainya.

#### 2. Menurut Letak Bangunan

##### a. Drainase permukaan tanah

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa *open chanel flow*.

##### b. Drainase bawah permukaan tanah

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media di bawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain : tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak memperbolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, taman dan lain-lain.

#### 3. Menurut Fungsi

##### a. *Single purpose*

Saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lain seperti limbah domestic, air limbah industry dan lain-lain.

##### b. *Multi purpose*



Saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

#### 4. Menurut Konstruksi

##### a. Saluran terbuka

Saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.

##### b. Saluran tertutup

Saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran air kotor (air yang mengganggu kesehatan/lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di tengah kota.

