

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Manajemen proyek tumbuh karena dorongan mencari pendekatan pengelolaan yang sesuai dengan tuntutan dan sifat kegiatan proyek, suatu kegiatan yang dinamis dan berbeda dengan kegiatan operasional rutin.

Manajemen proyek terdiri dari dua kata yaitu “Manajemen” dan “Proyek”. Husen (2009) menyatakan manajemen adalah suatu ilmu pengetahuan tentang seni memimpin organisasi yang terdiri atas kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap sumber-sumber daya terbatas dalam usaha mencapai tujuan dan sasaran yang efektif dan efisien. Efektif dalam hal ini adalah dimana hasil penggunaan sumber daya dan kegiatan sesuai dengan sasarannya yang meliputi kualitas, biaya, dan waktu. Sedangkan efisien diartikan penggunaan sumber dan pemilihan sub kegiatan secara tepat yang meliputi jumlah, dan jenis. Sedangkan proyek adalah gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan dan modal biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi sementara untuk mencapai sasaran dan tujuan.

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,2005).

Dari berbagai pengertian menurut para ahli yang telah disebutkan diatas mengenai manajemen proyek dapat disimpulkan bahwa manajemen proyek adalah suatu usaha atau proses kegiatan yang dilakukan untuk mencapai tujuan secara efisien dan efektif guna memanfaatkan sumber daya yang telah diperoleh.

### 3.1.1 Unsur-unsur Manajemen Proyek

Husen (2009) menyatakan terdapat beberapa unsur dalam manajemen proyek dengan tujuan untuk memenuhi sasaran yang hendak dicapai dalam optimasi biaya, mutu, waktu, dan keselamatan. Unsur-unsur tersebut adalah sebagai berikut.

#### 1. Perencanaan (*Planning*)

Pada kegiatan yang dilakukan untukantisipasi tugas dan kondisi yang ada dengan menetapkan sasaran dan tujuan yang harus dicapai serta menentukan kebijakan pelaksanaan, programnya yang akan dilakukan, jadwal waktu pelaksanaan, prosedur pelaksanaan secara administratif dan operasional serta alokasi anggaran biaya dan sumber daya.

#### 2. Pengorganisasian (*Organizing*)

Tahap ini merupakan tahapan identifikasi dan pengelompokan jenis-jenis pekerjaan, menentukan pendelegasian dan tanggung jawab personel dan dasar bagi hubungan masing-masing unsur organisasi. Struktur organisasi yang sesuai dengan kebutuhan proyek dan kerangka penjabaran tugas yang sesuai keahliannya.

#### 3. Pelaksanaan (*Actuating*)

Unsur pada tahap ini merupakan implementasi dari perencanaan yang telah ditetapkan dengan melakukan tahapan pekerjaan yang sesungguhnya secara fisik atau nonfisik sehingga produk akhir sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan. Dalam tahapan ini sering ditemukan adanya perunahan pada perencanaan dari yang telah ditetapkan.

#### 4. Pengendalian (*Controlling*)

Kegiatan yang dilakukan pada tahapan ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa program dan aturan kerja yang telah ditetapkan dapat dicapai dengan penyimpangan paling minimal dan hasil paling memuaskan. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini dapat berupa pengawasan, pemeriksaan dan koreksi yang dilakukan selama proses implementasi.

### 3.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu proyek dengan kerangka waktu tertentu. Dalam proses penjadwalan, penyusun kegiatan dan hubungan antar kegiatan dibuat secara terperinci dan detail untuk membantu pelaksanaan evaluasi proyek sehingga kegiatan proyek yang harus diselesaikan yang meliputi tenaga kerja, material, peralatan, keuangan, dan waktu yang dibutuhkan oleh setiap aktivitas.

Soeharto (1997) menyatakan jadwal merupakan suatu penjabaran dalam perencanaan proyek dan memiliki urutan langkah-langkah dalam setiap pelaksanaan pekerjaan untuk mencapai sasaran. Dalam metode menyusun jadwal yang terkenal adalah analisis jaringan (*network*) yang menggambarkan suatu grafik hubungan urutan pekerjaan yang diidentifikasi dalam kaitannya dengan waktu, pada jaringan kerja ini sangat berguna untuk perencanaan dan pengendalian proyek.

Husen (2009) dalam penjadwalan proyek, terdapat manfaat-manfaat yang bisa diperoleh secara umum seperti berikut.

1. Memberikan pedoman terhadap pekerjaan/kegiatan mengenai batasan waktu untuk memulai dan mengakhiri dari masing-masing pekerjaan.
2. Memberikan sarana kepada manajemen untuk koordinasi secara sistematis dan realistis dalam penentuan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Memberikan saran untuk dapat menilai kemajuan dari suatu pekerjaan.
4. Menghindari pemakaian sumber daya yang berlebihan, dengan harapan proyek dapat selesai sebelum atau tepat waktu dari yang telah direncanakan.
5. Memberikan kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan.
6. Merupakan saran penting dalam pengendalian suatu proyek.

Untuk mengantisipasi ketidak-pastian durasi konstruksi dalam penjadwalan, dikembangkan metode penjadwalan dengan mempertimbangkan ketidak-pastian tersebut. Menurut Ervianto 2004, ada 2 cara pendekatan penjadwalan dengan ketidak-pastian yaitu sebagai berikut:

1. Cara pertama adalah mengabaikan ketidak-pastian durasi, digunakan penjadwalan dengan nilai ekspektasi durasi (*most likely duration*). Kerugian dari cara ini adalah *schedule* yang dihasilkan bersifat optimistik, penggunaan durasi tunggal akan dihasilkan *schedule* yang kaku (*inflexible schedule*) sehingga dibutuhkan monitoring dan *updating* secara kontinu (terus-menerus) secara ketat.
2. Cara kedua adalah dengan memasukkan kontingensi (*contingency*) dengan tujuan menghindari *schedule* yang terlalu optimis. Adapun contohnya yaitu durasi yang diharapkan 2 hari, dalam *schedule* digunakan durasi 2.2 hari (10% kontingensi).

Dalam manajemen konstruksi terdapat beberapa perangkat yang dapat digunakan untuk memantau jalannya kegiatan-kegiatan suatu proyek dan memperoleh informasi-informasi yang diperlukan. Soeharto (1997) menyatakan terdapat beberapa jenis-jenis pada penjadwalan yaitu sebagai berikut.

1. Penjadwalan Deterministik: jaringan yang saling terhubung dengan dependensi yang menggambarkan pekerjaan yang akan dilakukan, masa kerja dan rencana penyelesaian proyek dalam kata lain estimasi waktu aktivitas tersebut dianggap diketahui dengan pasti. Adapun metode penjadwalan deterministik antara lain, CPM (*Critical Path Method*), *Arrow Diagram*, *Time Scale Diagram*, dan *Precedence Diagram Method (PDM) Bar/Gantt Chart, Line Diagram*.
2. Penjadwalan Probabilistik: jaringan dengan semua elemen dari rencana deterministik, tetapi jangka waktu adalah variabel-variabel acak atau dengan mempertimbangkan ketidakpastian (kemungkinan). Adapun contoh dari penjadwalan probabilistik adalah PERT, dan Montecarlo.

### 3.3 Metode Penjadwalan Proyek

Menurut Husen (2008), terdapat beberapa metode penjadwalan yang dapat digunakan untuk mengelola waktu sumber daya proyek. Setiap metode terdapat kelebihan dan kekurangannya masing-masing yang didasarkan atas kebutuhan dan hasil yang ingin dicapai terhadap kinerja penjadwalan. Variabel yang mempengaruhi kinerja proyek juga perlu dimonitor seperti mutu, keselamatan kerja, ketersediaan peralatan dan material. Bila terjadi penyimpangan terhadap rencana semula, maka dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi agar proyek tetap pada jalur yang diinginkan.

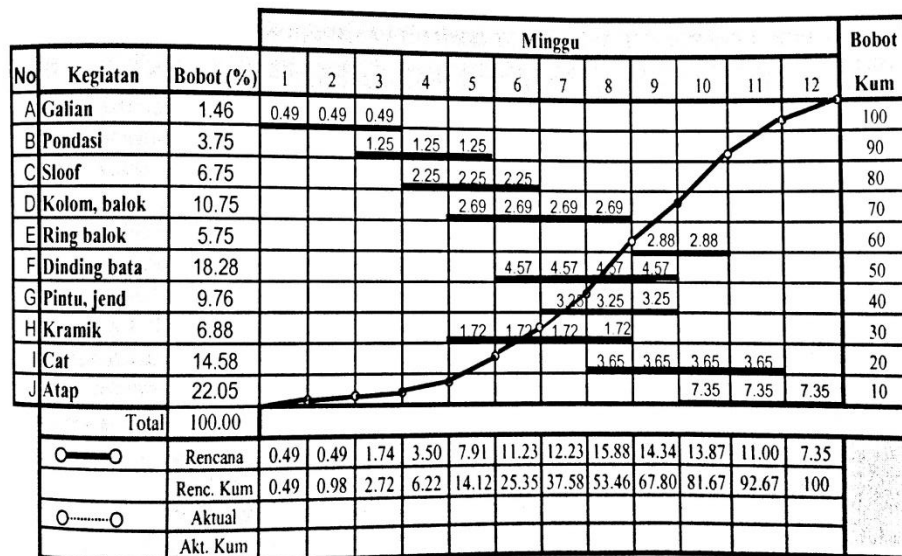
#### 3.3.1 *Bar Chart*

*Bar Chart* atau bagan balok yang diperkenalkan oleh H.L Gantt pada tahun 1917 dianggap belum pernah ada prosedur yang sistematis dan analitis dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek. Bagan balok disusun dengan tujuan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan kegiatan dalam merencanakan suatu aktivitas yang terdiri dari waktu mulai dan penyelesaian. Dikarenakan bagan balok mudah dibuat dan dipahami, maka masih digunakan secara luas baik berdiri sendiri atau dikombinasikan dengan metode lain sebagai alat komunikasi dalam penyelenggaraan proyek. Menurut Soeharto (1997) metode bagan balok mudah dibuat dan dipahami dan sangat berfaedah sebagai alat perencanaan dan komunikasi bila digabungkan dengan grafik "S". Namun metode ini terbatas karena kendala-kendala sebagai berikut.

1. Tidak menunjukkan secara spesifik hubungan ketergantungan antara satu kegiatan dengan yang lain, sehingga akan sulit untuk mengetahui dampak yang diakibatkan oleh keterlambatan satu kegiatan terhadap jadwal keseluruhan proyek.
2. Sukar mengadakan perbaikan atau pembaharuan karena umumnya harus dilakukan dengan membuat bagan baru.
3. Untuk proyek yang berukuran sedang dan besar, terlebih bersifat kompleks, penggunaan bagan balok akan menghadapi kesulitan menyusun sedemikian

besar jumlah kegiatan yang mencapai puluhan irbu, dan memiliki keterkaitan tersendiri.

Untuk contoh metode bagan balok (*bar chart*) yang dikombinasikan oleh kurva s dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini.



**Gambar 3.1 Bagan Balok (Bar Chart)**

Sumber: (Husen, 2009)

### 3.3.2 Metode Penjadwalan Linier (Digram Vektor)

Menurut Husen (2008), metode ini biasanya sangat efektif dipakai untuk proyek dengan jumlah kegiatan relatif sedikit dan banyak digunakan untuk penjadwalan dengan kegiatan yang berulang seperti pada proyek konstruksi jalan raya, runway bandar udara, terowongan/*tunnel*, atau industri manufaktur.

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

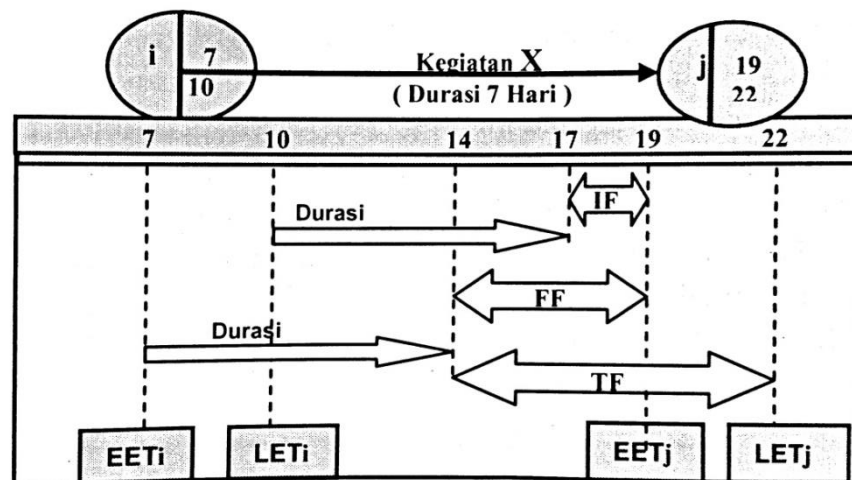
Menurut Soeharto (1997) *Critical Path Method* (CPM) merupakan suatu metode dengan menggunakan diagram anak panah dalam menentukan lintasan kritis, sehingga disebut juga metode lintasan kritis.



Keterangan:

- = Simbol peristiwa/kejadian (*event*), Menunjukkan titik waktu mulainya/selesainya suatu kegiatan dan tidak mempunyai jangka waktu
- = Simbol kegiatan (*Activity*), Kegiatan membutuhkan jangka waktu dan sumber daya
- → = Simbol kegiatan semu, Kegiatan berdurasi nol, tidak membutuhkan sumber daya

Dalam *Critical Path Method* (CPM) dikenal dengan istilah EET (*earliest event time*), peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari event dan LET (*earliest event time*), peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari event, *Total Float*, *Free Float*, dan *Independent Float*. Untuk melihat hubungan antara EET dan LE dapat dilihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



**Gambar 3.2 Variasi *Float* Dari Suatu Kegiatan**

Sumber: (Husen, 2009)

Husen (2009) metode AOA atau CPM ini memiliki karakteristik sebagai berikut.

1. Diagram *network* dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan node-nya menggambarkan peristiwanya/event. Node pada awal anak panah ditentukan sebagai I-Node dan pada akhir anak panah ditentukan sebagai J-Node dengan hubungan keterkaitannya sebagai *Finish-Start*.
2. Menggunakan perhitungan maju (*forward pass*) untuk memperoleh waktu mulai paling awal atau yang disebut EETi (*Earliest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu mulai paling awal EETj (*Earliest Event Time Node J*) pada J-Node dengan mengambil nilai maksimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
  - a. ES (*Earliest Start*) merupakan waktu paling cepat untuk memulai kegiatan.
  - b. EF (*Earliest Finish*) merupakan waktu paling cepat untuk akhir kegiatan.
3. Menggunakan perhitungan mundur (*backward pass*) untuk memperoleh waktu selesai paling lambat LETi (*Latest Event Time Node I*) pada I-Node dan waktu selesai paling lambat LETj (*Latest Event Time Node J*) pada J-Node dengan mengambil nilai minimum. Begitu juga dengan nilai yang terdapat seperti dibawah ini.
  - a. LS (*Latest Start*) merupakan waktu paling lambat untuk memulai kegiatan.
  - b. LF (*Latest Finish*) merupakan waktu paling lambat untuk akhir kegiatan.
4. Menggunakan *CPM (Critical Path Method)* atau metode lintasan kritis, di mana pendekatan yang dilakukan hanya menggunakan satu jenis durasi pada kegiatannya. Lintasan kritis adalah lintasan dengan kumpulan kegiatan yang mempunyai durasi terpanjang yang dapat diketahui bila kegiatannya mempunyai Total Float,  $TF = 0$ .



5. *Float* batas toleransi keterlambatan suatu kegiatan yang dapat dimanfaatkan untuk optimasi waktu dan alokasi sumber daya. Jenis-jenis *Float* adalah:

a. *TF (Total Float)*

Waktu tenggang maksimum di mana suatu kegiatan boleh terlambat tanpa menunda waktu penyelesaian proyek.

Berguna untuk menentukan lintasan kritis untuk mempercepat durasi proyek, bila nilai  $TF = 0$ .

$$TF_{ij} = LET_j - EET_i - Durasi_{ij} \text{ (Event Oriented)}$$

$$= LF - EF = LS - ES \text{ (Activity Oriented)}$$

b. *FF (Free Float)*

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling awal peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.

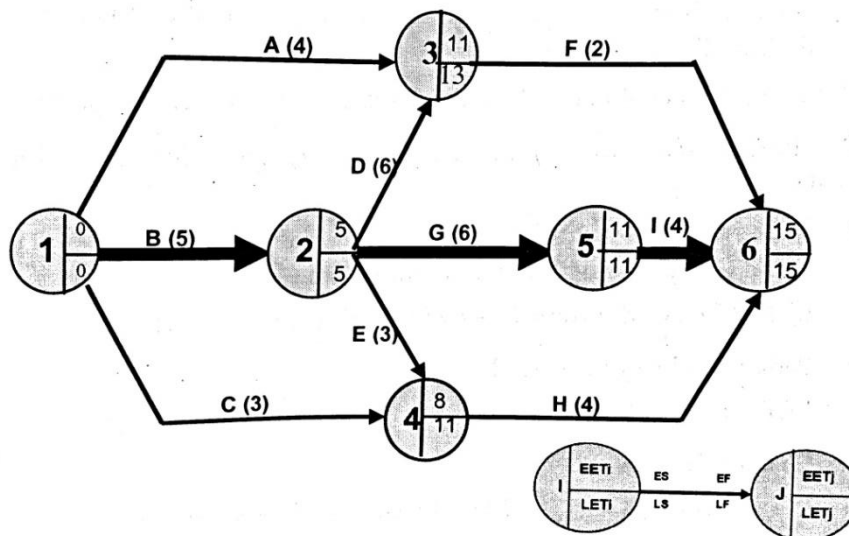
Berguna untuk alokasi sumber daya dan waktu dengan memindahkannya ke kegiatan lain.

$$FF_{ij} = EET_j - EET_i - Durasi_{ij}$$

c. *IF (Independent Float)*

Waktu tenggang yang diperoleh dari saat paling awal peristiwa j dan saat paling lambat peristiwa i dengan selesainya kegiatan tersebut.

$$IF_{ij} = EET_j - LET_i - Durasi_{ij}$$



**Gambar 3.3 Diagram AOA Dengan Metode CPM**

Sumber: (Husen, 2009)

CPM atau *activity on arrow* (AOA) digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Metode CPM sangat bermanfaat dalam perencanaan dan pelaksanaan pengawasan dikarenakan banyak permasalahan yang dapat diatasi dengan penggunaan metode lintasan kritis. Dalam proses perencanaan dan pengawasan dengan sistem ini turut diperhitungkan dan dimasukkan konsep biaya yang lebih mendetail sehingga memungkinkan pelaksanaan pembangunan proyek lebih singkat dan ekonomis (Nurhayati, 2010).

#### 3.3.4 Metode *Precedence Diagram Method* (PDM)

Menurut Soeharto (1997), *Precedence Diagram Method* (PDM) adalah salah satu metode penjadwalan proyek dimana kegiatan tersebut dituliskan didalam *node* yang pada umumnya berbentuk segiempat dengan anak panah sebagai petunjuk untuk menghubungkan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. PDM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biayaa dan waktu penyelesaian proyek. Selain itu, PDM juga mempertimbangkan antara hubungan ketergantungan antar aktivitas dan durasi setiap aktivitas. Dengan menggunakan metode jaringan PDM dapat mengetahui dan menentukan jalur kritis dan kurun waktu penyelesaian suatu proyek.

Menurut Ervianto (2005) terdapat beberapa kelebihan PDM dibandingkan dengan *Arrow Diagram Method*, kelebihan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Tidak memerlukannya kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pada proses pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
2. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa perlu menambahkan jumlah kegiatan.

Pada sebuah kegiatan dalam *Precedence Diagram Method* (PDM) diwakili oleh sebuah lambang atau yang sering disebut sebagai nodes yang mudah diidentifikasi. Untuk contoh nodes tersebut dapat dilihat pada gambar 3.4 dibawah ini.

ES	Jenis Kegiatan	EF
LS		LF
No. Keg		Durasi

**Gambar 3.4 Nodes Kegiatan PDM**

(Sumber: Ervianto, 2005)

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

Menurut Husen (2008), metode ini sering digunakan pada software Komputer dan mempunyai karakteristik berbeda dengan metode *Activity On Arrow Diagram*, yaitu sebagai berikut.

1. Pembuatan diagram network dengan menggunakan simpul/node untuk menggambarkan kegiatan.
2. Float, waktu tengga maksimum dari suatu kegiatan.
  - a. *Total Float*, merupakan float pada kegiatan LF-ES-Durasi.
  - b. *Relation Float* (RF), merupakan float pada hubungan yang berkaitan antara lain:
$$FS, RF = LS_j - E_{fi} - Lead$$

$$SS, R_f = LS_j - E_{si} - Lag$$

$$F_f, RF = LF_j - E_{fi} - Lead$$

$$SF, RF = LF_j - E_{si} - Lag$$
3. *Lag*, jumlah waktu tunggu dari suatu periode kegiatan j terhadap kegiatan i tsetelah dimulai, pada hubungan SS dan SF.
4. *Lead*, jumlah waktu yang mendahuluinya dari suatu periode kegiatan j sesudah kegiatan inbelum selesai pada hubungan FS dan FF.

5. *Dangling*, keadaan dimana terdapat beberapa kegiatan yang tidak mempunyai kegiatan pendahulu (*predecessor*) atau kegiatan yang mengikuti (*successor*).

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

Menurut Ervianto (2004), metode PERT dikembangkan sejak tahun 1958 oleh *US Navy* dalam proyek pengembangan *Polaris Missile System*. PERT merupakan suatu metode yang ditemukan dalam upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian dalam proyek selain metode CPM. Bila CPM memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan.

PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan tersebut diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba mengukur ketidakpastian tersebut secara kuantitatif seperti deviasi standar dan varian. Dengan demikian, metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hampir selalu terjadi pada kenyataannya dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan. Bila dalam cpm memperkirakan waktu komponen kegiatan proyek dengan pendekatan deterministik satu angka yang mencerminkan adanya kepastian, maka PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainly*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan (Soeharto,1995).

**Tabel 3.1 Perbandingan PERT dan CPM**

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 <i>float</i>	Dengan hitungan maju dan mundur	Cara sama dengan CPM

Lanjutan Tabel 3.1 Perbandingan PERT dan CPM

No	Fenomena	CPM	PERT
4	Kurun waktu penyelesaian <i>milestone</i> atau proyek	Ditandai dengan satu angka tertentu	Angka tertentu ditambah varians
5	Kemungkinan ( <i>probability</i> ) mencapai target jadwal	Hitungan/analisis untuk maksud tersebut tidak ada	Dilengkapi cara khusus untuk itu
6	Menganalisis jadwal yang ekonomis	Prosedurnya jelas	Mungkin perlu dikonversikan ke CPM dahulu

Dalam visualisasinya, PERT sama halnya dengan CPM yaitu menggunakan digram anak panah (*activity on arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula pengertian dan perhitungan mengenai kegiatan kritis, jalur kritis, dan *float* atau dalam PERT disebut dengan *Slack*. Salah satu perbedaannya adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan dimana PERT menggunakan tiga angka estimasi, ketiga estimasi durasi tersebut adalah:

1. *Optimistic Estimate* (a)

Merupakan durasi yang tercepat untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya berjalan dengan baik.

2. *Pessimistic Estimate* (b)

Merupakan durasi yang paling lama untuk menyelesaikan suatu kegiatan jika segala sesuatunya dalam kondisi buruk (tidak mendukung).

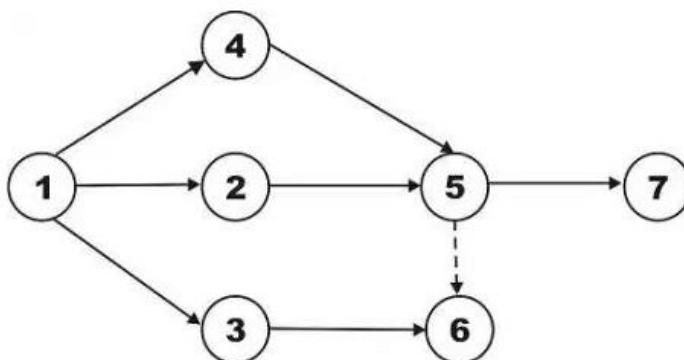
3. *Most Likely Estimate* (m)

Merupakan durasi yang paling sering terjadi dibandingkan dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

### 3.3.5.1 Jaringan PERT

PERT divisualisasikan dengan suatu grafik atau bagan yang melambangkan ilustrasi dari sebuah proyek. Diagram jaringan ini terdiri dari beberapa titik (*nodes*) yang menjelaskan kejadian (*event*) atau suatu titik tempuh (*milestone*). Titik-titik tersebut dihubungkan oleh suatu vektor (garis yang

memiliki arah) yang menjelaskan suatu pekerjaan (*task*) di dalam sebuah proyek. Arah dari vektor atau garis tersebut menunjukkan suatu urutan pekerjaan.



**Gambar 3.5 Analogi Diagram PERT**

(sumber: <https://cpmpert.wordpress.com>)

Adapun komponen dari digram PERT tersebut adalah:

1. Kegiatan (*activity*)  
Merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang mempunyai waktu mulai dan waktu berakhirnya kegiatan.
2. Peristiwa (*event*)  
Merupakan menandai permulaan dan akhir suatu kegiatan. Biasanya peristiwa digambarkan dengan suatu lingkaran atau nodes dan diberi bagi peristiwa-peristiwa yang mendahuluinya dan dihubungkan dengan menggunakan anak panah.
3. Waktu Kegiatan (*activity time*)  
Merupakan suatu unsur yang merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang harus dilaksanakan.
4. Waktu Mulai Dan Waktu Berakhir  
Waktu mulai dan waktu berakhir yang terdiri dari:
  - ES = waktu mulai paling awal
  - LS = waktu mulai paling lambat
  - EF = waktu selesai paling awal
  - LF = waktu selesai paling lambat

Menurut Mahanavani (2008), PERT berorientasi kepada peristiwa (*Event Oriented Technique*). Dalam penyajiannya PERT menggunakan diagram anak panah (*Activity On Arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Adapun simbol yang digunakan adalah:

1. Aktifitas

Aktifitas atau kegiatan yang dilukiskan dalam bentuk anak panah dengan garis tegas (*Arrow*) merupakan suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan durasi (jangka waktu tertentu) dan *Resources* (tenaga, material dan biaya) tertentu.

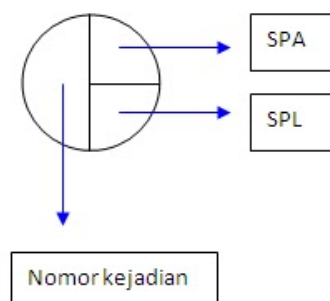


**Gambar 3.6 Simbol Anak Panah Kegiatan**

(sumber: [www.academia.edu](http://www.academia.edu))

2. Simbol Node

Lingkaran tersebut terbagi atas tiga ruangan yaitu, sebelah kiri merupakan tempat huruf yang menyatakan nomer peristiwa, ruangan sebelah kanan atas menyatakan nomer hari (untuk satuan hari) yang merupakan saat paling awal (SPA) peristiwa yang mungkin terjadi, sedangkan ruangan sebelah kanan bawah menyatakan nomer hari (untuk satuan hari) yang merupakan saat paling lambat (SPL) dari kegiatan yang boleh terjadi.



**Gambar 3.7 Simbol Node**

(sumber: [www.academia.edu](http://www.academia.edu))

### 3. Kegiatan Semu (*dummy*)

Merupakan suatu kegiatan yang diwakili dengan garis putus-putus. Aktivitas semu didefinisikan sebagai hal yang tidak memerlukan durasi ( $\text{durasi} = 0$ ) dan tidak memakai sumber daya. Dummy hanya dipergunakan untuk menyatakan logika ketergantungan dari aktivitas atau beberapa aktivitas.



**Gambar 3.8 Simbol Anak Panah *Dummy***

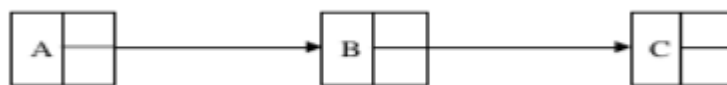
(sumber: [www.academia.edu](http://www.academia.edu))

### 4. Hubungan Antar Kegiatan

Dalam hubungan ini menggambarkan sebuah network diagram yang dapat menyatakan logika ketergantungan antar kegiatan, perlu diketahui hubungan antar kegiatan yang mungkin terjadi dalam sebuah proyek yaitu:

#### a. Sistem Garis Lurus

Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan bahwa kegiatan B dapat dimulai setelah kegiatan A selesai. Kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



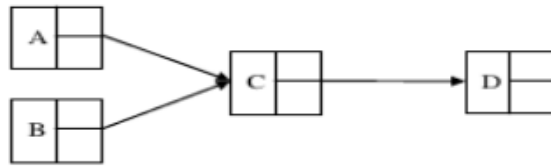
**Gambar 3.9 Hubungan Sistem Garis Lurus**

(sumber: E-journal Unsrat)

#### b. Merge Event

Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan akhir kegiatan jatuh secara bersamaan dengan awal kegiatan berikutnya. Gambar dibawah menunjukkan bahwa kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



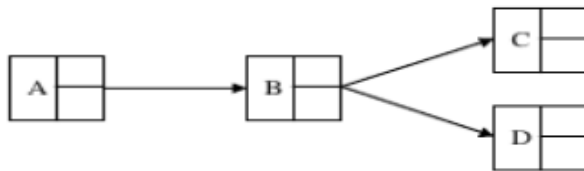


**Gambar 3.10 Hubungan Merge Event**

(sumber: E-journal Unsrat)

c. Burst Event

Pada gambar dibawah tersebut menunjukkan beberapa kegiatan dapat dimulai setelah sebuah kegiatan selesai. Gambar tersebut menunjukkan bahwa kegiatan C dan D dapat dimulai setelah kegiatan B selesai.

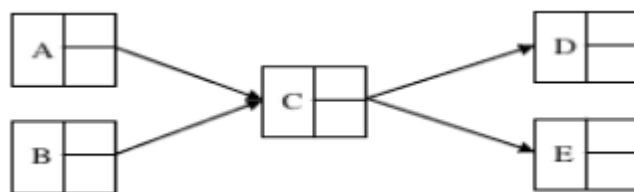


**Gambar 3.11 Hubungan Burst Event**

(sumber: E-journal Unsrat)

d. Merge Event dan Burst Event

Apabila dua kegiatan harus selesai lebih dulu sebagai syarat untuk pelaksanaan dua kegiatan berikutnya. Gambar dibawah menunjukkan bahwa kegiatan D dan E dapat dimulai setelah kegiatan C selesai. Kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai.



**Gambar 3.12 Hubungan Merge Event dan Burst Event**

(sumber: E-journal Unsrat)

### 3.3.5.2 Langkah–Langkah PERT

Dalam melakukan perencanaan dengan PERT dibutuhkan beberapa langkah, yaitu sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi aktivitas (*activity*) dalam pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sebuah proyek dan titik tempuhnya (*milestone*) yaitu penanda kejadian pada awal dan akhir satu atau lebih aktivitas.
2. Menetapkan urutan pekerjaan dari aktivitas-aktivitas yang telah direncanakan.
3. Membuat diagram jaringan (*network Diagram*)
4. Memperkirakan waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas.
5. Menetapkan jalur kritis (*Critical Path*)
6. Melakukan pembaharuan digram PERT sesuai dengan kemajuan proyek.

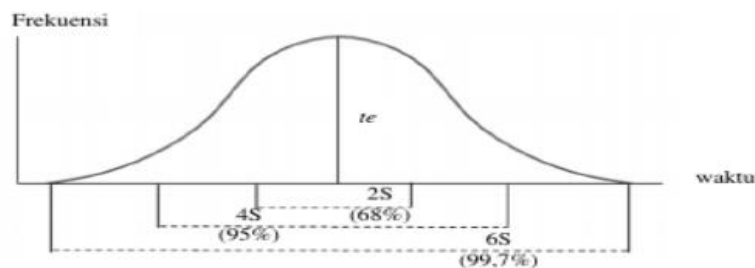
Hal-hal diatas memberi pemahaman terhadap PERT bahwa durasi aktivitas merupakan hal yang probabilistik. Adapun asumsi PERT yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Masing-masing durasi aktivitas ditunjukkan sebagai *continous probability distribution* dengan durasi rata-rata, standar deviasi, dan varian yang dapat ditentukan.
2. Distribusi dari durasi jalur kritis dapat ditentukan dari durasi rata-rata, dan varian jalur kritis.

Langkah dalam *network planning* dengan menggunakan pendekatan PERT ditujukan untuk mengetahui berapa nilai probabilitas proyek, terutama pada jalur kritis selesai tepat waktu sesuai dengan jadwal yang diharapkan.

1. Durasi Efektif Kegiatan ( $t_e$ )  
 Karena terdapat tiga buah waktu dalam setiap kegiatannya, maka diperlukan komputasi untuk mendapatkan durasi efektif dari setiap kegiatan ( $t_e$ ). Bila kururn waktu sesungguhnya bagi setiap pengulangan dan jumlah frekuensinya dicatat secara sistematis akan diperoleh kurva “beta distibusi”. Dalam menentukan  $t_e$  dipakai asumsi bahwa

kemungkinan terjadinya peristiwa optimistik (a) dan pesimistik (b) adalah sama.



**Gambar 3.13 Kurva Distribusi Dengan Letak a, b, te, m**  
(sumber:Soeharto, 1995)

Sifat-sifat kurva distribusi normal adalah :

1. Seluas 68% area dibawah kurva terletak dalam rentang 2S
2. Seluas 95% area dibawah terletak dalam rentang 4S
3. Seluas 99,7% area dibawah terletak dalam rentang 6S

Sedangkan jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa diatas, adapun formula yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$t_e = (a + 4m + b) / 6 \quad (3.1)$$

Keterangan:

$t_e$  = Perkiraan Waktu Aktivitas

a = Waktu Paling Optimis

m = Waktu Normal

b = Waktu Paling Pesimis

2. Standar Deviasi Kegiatan ( $s_e$ )

Perhitungan standar deviasi dari setiap kegiatan diperlukan untuk menghitung varian dari kegiatan. Perhitungan didasarkan pada formula sebagai berikut.

$$d = (b - a) / 6 \quad (3.2)$$

Keterangan:

d = Deviasi Standar Kegiatan

b = Waktu Paling Pesimis

a = Waktu Paling Optimis

### 3. Varian Kegiatan ( $v_e$ )

Kuadrat dari standar deviasi adalah varian, perhitungan dapat dilakukan dengan mengikuti formula sebagai berikut:

$$v = d^2 \quad (3.3)$$

Keterangan:

v = Varian Kegiatan

d = Deviasi Standar Kegiatan

### 4. Target Jadwal Penyelesaian (TD)

Hubungan antar waktu yang diharapkan ( $t_e$ ) dengan target T(d), pada metode PERT dinyatakan dengan z dan dirumuskan sebagai berikut.

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

Keterangan:

z = Kemungkinan Target Yang Hendak Dicapai

T(d) = Target Waktu Penyelesaian Proyek

T<sub>e</sub> = Waktu yang diharapkan

S = Standar Deviasi

#### 3.3.5.3 Jalur Kritis

Jalur kritis adalah jalur yang terdapat aktivitas-aktivitas paling banyak memakan waktu mulai dari permulaan hingga selesai akibat jaringan. Suatu jalur kritis bisa didapatkan dengan menambah waktu suatu aktivitas pada tiap urutan pekerjaan dalam menetapkan jalur terpanjang tiap proyek. Biasanya sebuah jalur kritis terdiri dari pekerjaan-pekerjaan yang tidak bisa ditunda waktu pengerjaannya. Dalam setiap urutan pekerjaan terdapat suatu penanda waktu yang dapat membantu dalam menetapkan jalur kritis, yaitu:

1. *ES – Early Start*  
Waktu tercepat untuk bisa memulai suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kegiatan yang lain.
2. *EF – Early Finish*  
Waktu paling cepat untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan dengan menggunakan waktu yang normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.
3. *LS – Latest Start*  
Waktu yang paling lambat untuk bisa memulai suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.
4. *LF – Latest Finish*  
Waktu yang paling lambat untuk menyelesaikan suatu kegiatan dengan waktu normal, tanpa mengganggu kelancaran pekerjaan-pekerjaan yang lain.
5. *S – Slack*  
Waktu mundur aktivitas atau sama dengan (LS-ES) atau (LF-EF) dengan menggunakan empat komponen penanda waktu tersebut bisa didapatkan suatu jalur kritis sesuai dengan diagram.

Dengan menggunakan konsep  $t_e$  dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi (the earliest time of occurrence – TE) dan waktu paling akhir peristiwa terjadi (the latest time of occurrence – TL) maka identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis dan slack yaitu:

$$(TE)_j = (TE)_i + t_{e(i-j)} \quad (3.5)$$

$$(TL)_j = (TL)_i - t_{e(i-j)} \quad (3.6)$$

Untuk jalur kritis berlaku:

$$\text{Slack} = 0 \text{ atau } TL - TE = 0 ; TL = TE$$

Dimana:

TE = waktu paling awal peristiwa terjadi

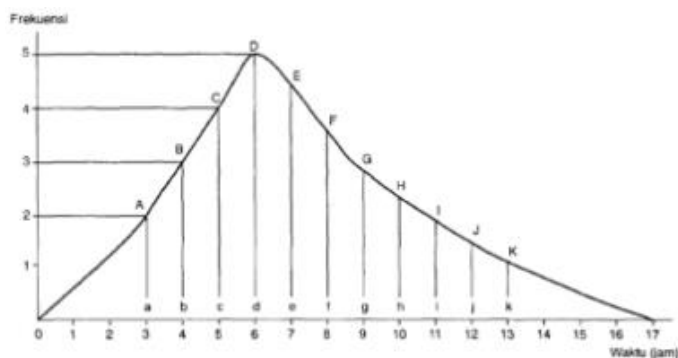
TL = waktu paling akhir peristiwa terjadi

Menurut Soeharto (1995), pada metode PERT pengamatan dan analisis pada jalur kritis dan subkritis justru lebih ditekankan lagi. Hal ini terlihat pada waktu menganalisis deviasi standar, varian tiap kegiatan pada jalur kritis dijumlahkan dan dihitung akar untuk mendapatkan angka deviasi standar peristiwa yang dimaksudkan (titik peristiwa *milestone* atau selesainya proyek).

### 3.3.6 Teori Probabilitas

Menurut Soeharto (1995), bahwa tujuan menggunakan tiga angka estimasi adalah untuk memberikan rentang yang lebih besar dalam melakukan estimasi kurun waktu kegiatan dibanding satu angka deterministik.

Pada dasarnya teori probabilitas bermaksud mengkaji dan mengukur ketidakpastian (*uncertainty*) serta mencoba untuk menjelaskan secara kuantitatif dan diumpamakan suatu kegiatan dilakukan secara berulang ulang dengan kondisi yang dianggap sama, teori probabilitas dengan kurva distribusinya akan menjelaskan arti tiga angka estimasi tersebut dan latar belakang dasar pemikiran metode PERT pada umumnya. Asumsi tiga durasi aktivitas pada PERT menggunakan analisis statistik untuk menentukannya, asumsi awal bahwa durasi PERT merupakan fungsi distribusi normal sehingga probabilitasnya pun merupakan salah satu *continous probability distribution*. Penelitian menggunakan data dari hasil kuesioner dan wawancara di lapangan sehingga data yang diperoleh tersebut terlebih dahulu menentukan nilai rata-rata (*mean*) lalu dibentuk dalam *statistical* data misalnya berupa lengkung normal yang sesuai dengan teori PERT.



**Gambar 3.14 Kurva Distribusi Frekuensi**

(sumber:Soeharto,1995)