

## **BAB III**

### **METODE CPM-PERT PADA JARINGAN**

Sebelumnya pada bab II sudah dijelaskan tentang teori graf, teori graf ini mempunyai kaitan hubungan aplikasi tentang metode CPM-PERT. Selanjutnya akan dibahas tentang metode CPM-PERT itu sendiri.

#### **3.1 CPM – PERT**

Menurut Levin dan Kirkpartick (1972), metode CPM merupakan metode perencanaan dan mengawasi proyek-proyek yang paling banyak digunakan diantara semua sistem yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM merupakan analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan. Dengan CPM, jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan berbagai tahap suatu proyek dianggap diketahui dengan pasti, demikian pula hubungan antara sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek.

Metode PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek. Tujuan dari PERT adalah pencapaian suatu taraf tertentu dimana waktu merupakan dasar penting dari PERT dalam penyelesaian aktifitas-aktifitas bagi suatu proyek.

Dalam metode CPM dan PERT masalah utamanya yaitu teknik untuk menentukan jadwal aktifitas beserta anggaran biayanya dengan maksud pekerjaan-pekerjaan yang telah dijadwalkan itu dapat diselesaikan secara tepat waktu serta tepat biaya.

CPM membuat asumsi bahwa waktu aktifitas diketahui pasti, sehingga hanya diperlukan satu faktor waktu untuk setiap aktifitas, sedangkan pada PERT dipakai cara deterministik, yaitu memakai satu angka estimasi. Jadi, jangka waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dianggap diketahui, kemudian pada tahap berikutnya diadakan pengkajian lebih lanjut untuk memperpendek jangka waktu.

Metode PERT digunakan dalam peranan yang sangat penting bukan hanya dalam hal peningkatan akurasi penentuan waktu aktifitas, tetapi juga dalam hal pengkoordinasian dan pengendalian kegiatan yang bervariasi dan bergantung pada banyak faktor. Dengan kata lain PERT mengatasi masalah variabilitas waktu aktifitas saat melakukan penjadwalan proyek.

Untuk menentukan waktu penyelesaian proyek, maka harus diidentifikasi apa yang disebut jalur kritis. Untuk menyelesaikan proyek, semua jalur harus dilewati. Oleh karena itu, harus ditentukan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk berbagai jalur tersebut, jalur terpanjang yang dilewati menentukan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Jika aktifitas pada jalur terpanjang ditunda, maka seluruh proyek akan mengalami keterlambatan. Aktifitas jalur terpanjang merupakan aktifitas jalur kritis, dan jalur terpanjang itu disebut jalur kritis.

### 3.1.1 Karakteristik Metode CPM-PERT

Dalam pengembangannya, karakteristik dari metode CPM-PERT adalah sebagai berikut :

1. Digunakan untuk aktifitas proyek yang mempunyai awal (*start*) dan akhir (*end*)
2. Proyek terbentuk atas kumpulan aktifitas atau berbentuk jaringan (*network*)
3. Mempunyai hubungan urutan waktu (*sequential*) dari satu aktifitas ke aktifitas lain
4. Tersedia estimasi waktu, dimana CPM menggunakan waktu tunggal (*single duration*) sedangkan PERT menggunakan waktu pesimis, optimis, dan terbaik (*triple duration*) karena mengandung ketidakpastian.

### 3.1.2 Perbedaan CPM-PERT

Ada beberapa perbedaan antara CPM-PERT, untuk dapat lebih memahami perbedaan antara CPM dan PERT, berikut adalah perbedaan CPM-PERT sebagai berikut :

1. PERT digunakan pada perencanaan dan pengendalian proyek yang belum pernah dikerjakan, sedangkan CPM digunakan untuk menjadwalkan dan mengendalikan aktifitas yang sudah pernah dikerjakan sehingga data, waktu, dan biaya setiap unsur aktifitas telah diketahui oleh evaluator
2. Pada PERT digunakan tiga jenis waktu pengerjaan yaitu yang tercepat, terlama, serta terlayak, sedangkan pada CPM hanya memiliki satu jenis

informasi waktu pengerjaan yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan satu proyek

3. Pada PERT yang ditekankan tepat waktu, sebab dengan penyingkatan waktu maka biaya proyek turut mengecil, sedangkan pada CPM menekankan pada tepat biaya
4. Dalam PERT anak panah menunjukkan tata urutan, sedangkan CPM menunjuk pada aktifitas.

### 3.1.3 Langkah Kerja dalam Metode CPM-PERT

Dalam megembangkan tulisan yang dikutip dari tulisan Eka Danyanti (2010), berikut merupakan langkah kerja dalam metode CPM-PERT adalah sebagai berikut:

1. Tersedia data aktifitas proyek, antara lain :
  - ❖ Jenis aktifitas, aktifitas sebelum dan sesudahnya
  - ❖ Asumsi waktu baik CPM maupun PERT
  - ❖ Biaya normal dan percepatan masing-masing aktifitas
  - ❖ Waktu normal dan percepatan penyelesaian masing-masing aktifitas
2. Dibentuk jaringan dengan perhitungan lintasan kritis, dengan cara :
  - Metode Greedy (Metode Graf Kritis)
  - Penyederhanaan Jaringan (*Kondensasi Network*)
  - Metode *Float*
3. Optimasi waktu proyek
4. Optimasi biaya proyek

## 5. Waktu penyelesaian proyek

Pembahasan tentang aktifitas dan pembentukan jaringan akan disajikan pada uraian tentang perhitungan metode CPM-PERT pada bab berikutnya.

### 3.2 Jaringan Kerja (*Network Planning*)

Jaringan kerja pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan yang digambarkan dalam diagram jaringan. Dengan demikian dapat dikemukakan bagian-bagian pekerjaan yang harus didahulukan, sehingga dapat dijadikan dasar untuk melakukan pekerjaan selanjutnya dan dapat dilihat pula bahwa suatu pekerjaan belum dapat dimulai apabila aktifitas sebelumnya belum selesai dikerjakan.

Simbol-simbol yang digunakan dalam menggambarkan suatu jaringan adalah sebagai berikut :

- a.  $\rightarrow$  (anak panah/busur), menyatakan sebuah aktifitas atau aktifitas yang dibutuhkan oleh proyek. Aktifitas ini didefinisikan sebagai hal yang memerlukan *duration* (jangka waktu tetentu). Tidak ada skala waktu, anak panah hanya menunjukkan awal dan akhir suatu aktifitas.
- b.  $\bigcirc$  (lingkaran kecil/simpul/node) menyatakan suatu kejadian atau peristiwa.
- c.  $\dashrightarrow$  (anak panah terputus-putus), menyatakan aktifitas semu (*dummy activity*).

Dummy ini tidak mempunyai durasi waktu, karena tidak menghabiskan resource (hanya membatasi mulainya aktifitas). Bedanya dengan aktifitas biasa adalah

aktifitas *dummy* tidak memakan waktu dan sumber daya, jadi waktu aktifitas dan biaya sama dengan nol.

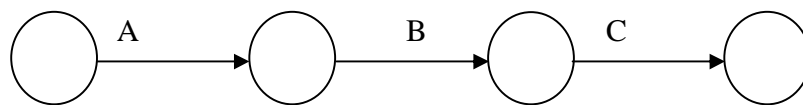
- d. **➡** (anak panah tebal), menyatakan aktifitas pada lintasan kritis.

Dalam penggunaannya, simbol-simbol ini digunakan dengan mengikut aturan-aturan sebagai berikut :

- Diantara dua kejadian yang sama, hanya boleh digambarkan satu anak panah
- Nama suatu aktifitas dinyatakan dengan huruf atau dengan nomor kejadian
- Aktifitas harus mengalir dari kejadian bernomor rendah ke kejadian bernomor tinggi
- Diagram hanya memiliki sebuah saat paling cepat dimulainya kejadian (*initial event*) dan sebuah saat paling cepat diselesaikannya kejadian (*terminal event*).

Adapun logika ketergantungan aktifitas- aktifitas itu dapat dinyatakan sebagai berikut :

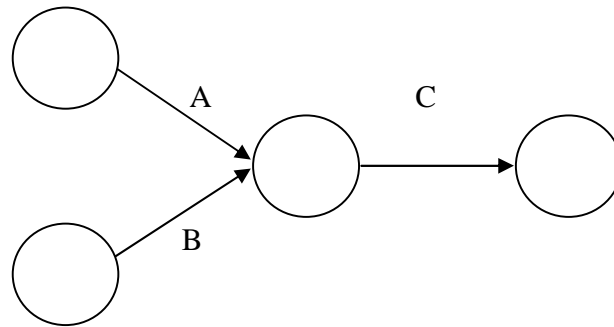
- Jika aktifitas A harus diselesaikan dahulu sebelum aktifitas B dapat dimulai dan aktifitas C dimulai setelah aktifitas B selesai, digambarkan :



Gambar 3.1

Aktifitas A pendahulu aktifitas B dan B pendahulu aktifitas C

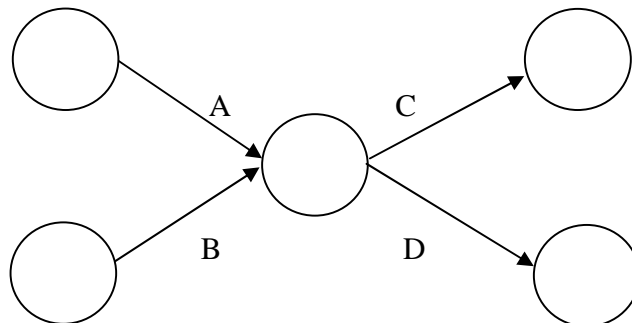
- b. Jika aktifitas A dan B harus selesai sebelum aktifitas C dapat dimulai, digambarkan :



Gambar 3.2

Aktifitas A dan B merupakan pendahulu aktifitas C

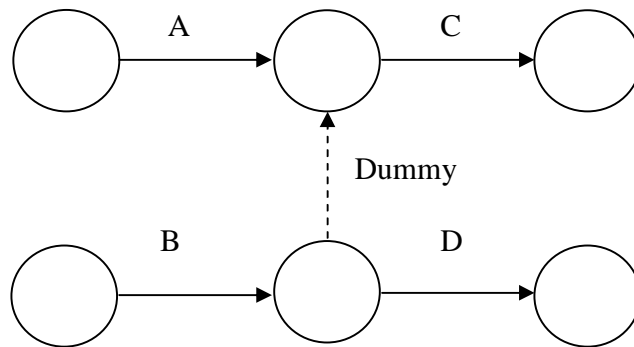
- c. Jika aktifitas A dan B harus dimulai sebelum aktifitas C dan D, digambarkan:



Gambar 3.3

Aktifitas A dan B merupakan pendahulu C dan D

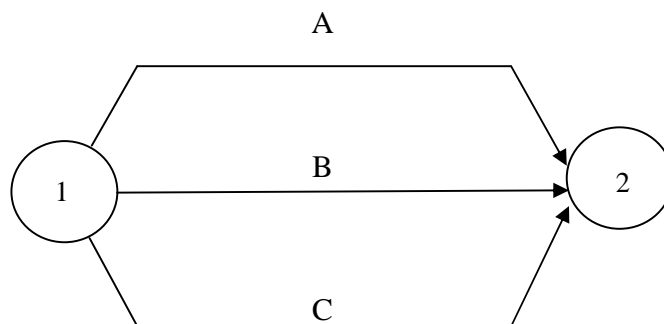
- d. Jika aktifitas A dan B harus selesai sebelum aktifitas C dapat dimulai, tetapi D sudah dapat dimulai bila aktifitas B sudah selesai, digambarkan :



Gambar 3.4

Aktifitas B merupakan pendahulu aktifitas C dan D

- e. Jika aktifitas A,B, dan C mulai dan selesai pada lingkaran aktifitas yang sama, maka tidak boleh menggambarannya sebagai berikut :

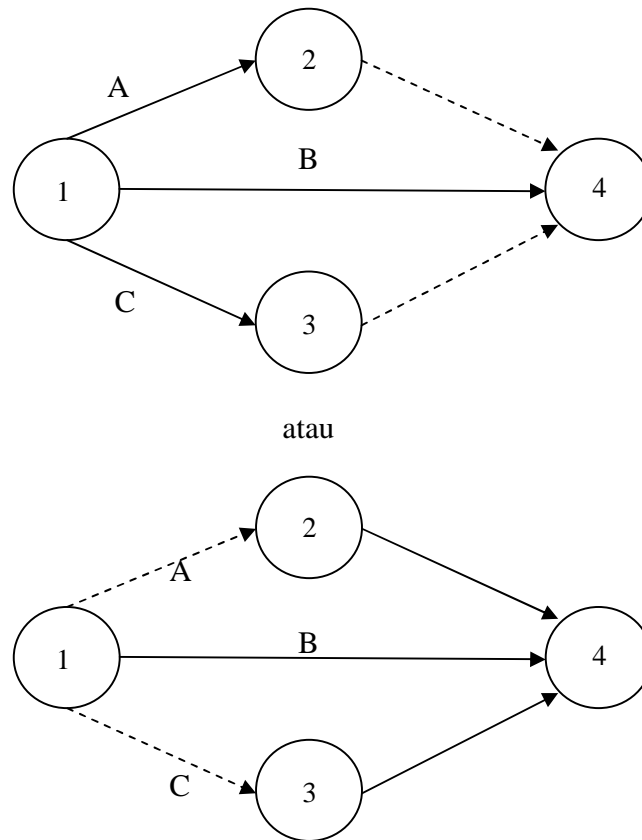


Gambar 3.5

Gambar salah bila aktifitas A,B, dan C mulai dan selesai pada aktifitas yang sama

Berdasarkan gambar di atas, berarti bahwa aktifitas (1,2) adalah aktifitas A atau B atau C. Untuk membedakan ketiga aktifitas itu, maka masing-masing harus digambarkan dummynya, sebagai berikut :



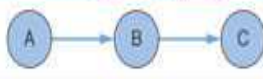
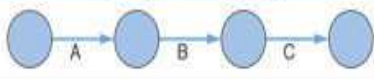
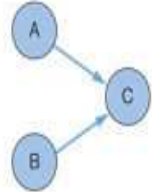
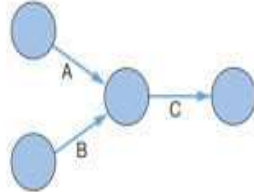
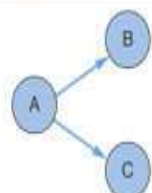
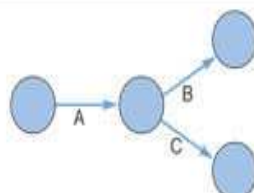
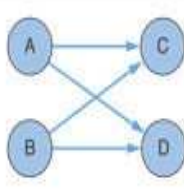
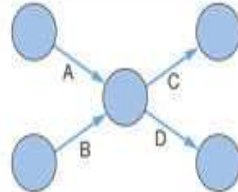
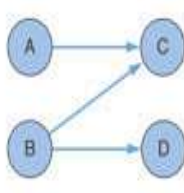
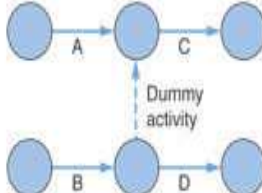
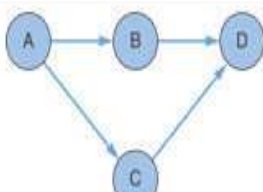
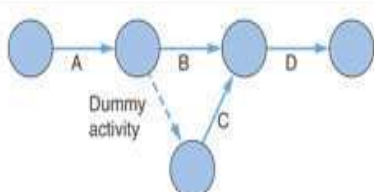


Gambar 3.6

Aktifitas A,B, dan C mulai dan selesai pada kejadian yang sama

Dalam tulisan yang dikutip dari tulisan Eka Danyanti (2010), bahwa ada dua pendekatan untuk menggambarkan jaringan proyek, yaitu aktifitas pada titik AON (*activity on node*) dan aktifitas pada panah AOA (*activity on arrow*). Pada pendekatan AON, titik menunjukkan aktifitas, sedangkan pada AOA, panah menunjukkan aktifitas.

Berdasarkan pernyataan diatas, dibawah ini adalah gambar dari perbandingan dua pendekatan yang menggambarkan jaringan kerja sebagai berikut :

	Activity on Node (AON)	Activity Meaning	Activity on Arrow (AOA)
a)		A comes before B, which comes before C.	
b)		A and B must both be completed before C can start.	
c)		B and C cannot begin until A is completed.	
d)		C and D cannot begin until A and B have both been completed.	
e)		C cannot begin until both A and B are completed; D cannot begin until B is completed. A dummy activity is introduced in AOA.	
f)		B and C cannot begin until A is completed. D cannot begin until both B and C are completed. A dummy activity is again introduced in AOA.	

Sumber : Principles of Operations Management, 2004.

Gambar 3.7

Perbandingan Dua Pendekatan Jaringan Kerja

### 3.3 Manajemen proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian aktifitas ini merupakan salah satu aktifitas awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain, yaitu :

- Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain
- Proses pengendalian (*controlling*).

Manajemen Proyek meliputi tiga fase, yaitu :

a. Perencanaan

Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi timnya

b. Penjadwalan

Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk aktifitas khusus dan menghubungkan masing-masing aktifitas satu dengan yang lainnya

c. Pengendalian

Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran.

Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau

mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Tujuan manajemen proyek yaitu :

- a. Tepat waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
- b. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
- c. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

### **3.4 Lintasan Kritis**

Setelah network suatu proyek digambarkan, langkah selanjutnya adalah mengestimasi waktu yang diperlukan oleh masing-masing aktifitas dan menganalisis seluruh diagram network untuk menentukan waktu terjadinya masing-masing kejadian.

Dengan network ini, bisa dicari berapa banyak kemungkinan terjadinya beberapa lintasan dari awal sampai akhir proyek dan menghitung panjang setiap lintasan yang terjadi. Lintasan terpanjang dalam sebuah jaringan inilah yang disebut lintasan kritis (*critical path*).

Kegunaan jalur kritis adalah untuk mengetahui aktifitas yang memiliki kepekaan sangat tinggi atas keterlambatan penyelesaian pekerjaan, atau disebut juga

aktivitas kritis. Apabila aktivitas keterlambatan proyek, maka akan memperlambat penyelesaian proyek secara keseluruhan meskipun aktivitas lain tidak mengalami keterlambatan.

### **3.4.1 Perhitungan Lintasan Kritis**

Dengan mengembangkan tulisan yang dikutip dari Muhammad Zaenuddin (1999), perhitungan lintasan kritis bertujuan untuk menjelaskan bisa atau tidaknya sebuah proyek terselesaikan sesuai jadwal (*schedule*). Berikut adalah metode yang digunakan untuk menghitung lintasan kritis, yaitu :

#### **3.4.1.1 Metode 1 (Metode Greedy)**

Metode greedy digunakan untuk memperoleh solusi yang optimal dari suatu masalah yang mempunyai 2 indikator yaitu adanya fungsi tujuan dan pembatas (Constrain).

Algoritma *greedy* merupakan metode yang paling populer untuk memecahkan persoalan optimasi. Algoritma Greedy merupakan algoritma yang membentuk solusi langkah per langkah. Pada setiap langkah tersebut akan dipilih keputusan yang paling optimal. Keputusan tersebut tidak perlu memperhatikan keputusan selanjutnya yang akan diambil, dan keputusan tersebut tidak dapat diubah lagi pada langkah selanjutnya.

Pendekatan yang digunakan di dalam algoritma greedy adalah membuat pilihan yang “tampaknya” memberikan perolehan terbaik, yaitu dengan membuat pilihan optimum lokal (*local optimum*) pada setiap langkah dengan harapan bahwa

sisanya mengarah ke solusi optimum global (*global optimum*). Algoritma *greedy* adalah algoritma yang memecahkan masalah langkah per langkah, pada setiap langkah:

1. Mengambil pilihan yang terbaik yang dapat diperoleh pada saat itu tanpa memperhatikan konsekuensi ke depan (prinsip “*take what you can get now!*”)
2. Berharap bahwa dengan memilih optimum lokal pada setiap langkah akan berakhir dengan optimum global.

Bentuk algoritmanya adalah :

```

PROCEDURE GREEDY (A,n)
Solusi ← 0 (solusi awal)
FOR I ← 1 TO n DO
    X ← SELECT(A)
    IF FEASIBLE (Solusi, x)
        THEN Solusi ← UNION (solusi, x)
    ENDIF
REPEAT
RETURN (Solusi)
END GREEDY

```

Untuk menentukan lintasan kritisnya adalah dengan cara menghitung semua kemungkinan terdapatnya lintasan dari awal sampai akhir proyek. Lintasan yang

terpanjang inilah yang disebut dengan lintasan kritis. Jika lintasan ini dipenuhi, maka lintasan yang lainnya akan terpenuhi juga.

#### 3.4.1.2 Metode 2 (Penyederhanaan Jaringan atau Kondensasi Network)

Metode ini modifikasi dari metode bobot pencabangan maksimum untuk menyederhanakan jaringan. Prosedurnya adalah :

- Aktifitas-aktifitas yang berlangs/ung seri atau tidak bercabang dipadatkan dan diwakili oleh sebuah lambang  $\Delta$  (segitiga)
- Aktifitas yang bercabang selanjutnya dipadatkan dan diwakili oleh sebuah aktifitas tunggal, yang diberi lambang  $\square$  (jajaran genjang), sedangkan penyelesaiannya adalah membentuk siklus (dengan memberi tambahan rusuk dummy) dan selanjutnya diselesaikan dengan metode pencabangan bobot maksimum

#### 3.4.1.3 Metode 3 (Metode Float)

Konsep waktu yang dipakai adalah :

- ES (*earliest start time*) = waktu tercepat dimulainya sebuah aktifitas, yaitu lintasan terpanjang yang menuju sebuah kejadian
- EF (*earliest finish time*) = waktu tercepat diselesaikannya sebuah aktifitas  
EF = ES + waktu aktifitas
- LF (*latest finish time*) = waktu paling lambat diselesaikannya sebuah aktifitas

$LF$  = waktu penyelesaian proyek – waktu dari lintasan terpanjang penyelesaian proyek

- $LS$  (*latest start time*) = waktu paling lambat dimulainya sebuah aktifitas

$LS = LF - \text{waktu aktifitas}$

- Slack = waktu yang dimiliki oleh sebuah aktifitas untuk bisa diundur tanpa menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan

$\text{Slack} = LS - ES$  atau  $LF - EF$  ( $LS - ES = LF - EF$ )

- Critical path = aktifitas yang mempunyai  $ES = LS$ .

Dalam penyelesaian satu proyek dikenal istilah *float* yaitu waktu untuk bisa terlambatnya sebuah aktifitas dalam proyek. Float akan memberikan kelonggaran dan elastisitas dalam jaringan yang tidak dipunyai oleh aktifitas dalam lintasan kritis. Karena tertundanya aktifitas ini bisa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Float akan sama dengan nol bila satu aktifitas tidak mempunyai selisih waktu atau saat tercepat dimulainya suatu proyek sama dengan saat terlambat dimulainya suatu proyek ( $\text{Total slack} = 0$ ).

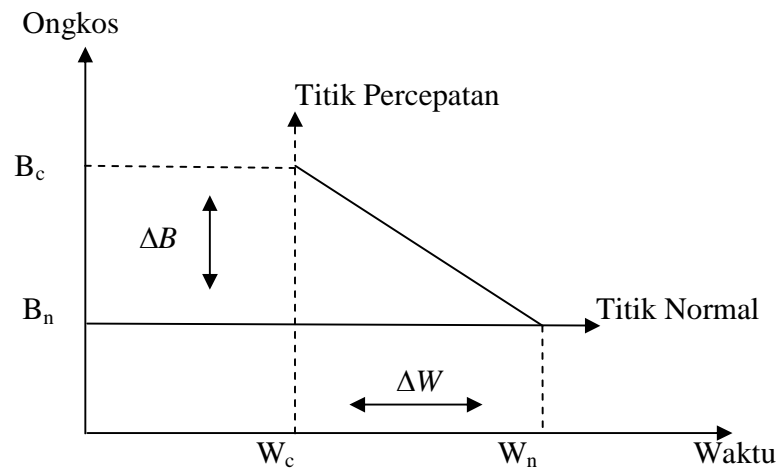
Pembahasan tentang aktifitas perhitungan lintasan kritis akan disajikan pada uraian studi kasus tentang perhitungan metode CPM-PERT pada bab berikutnya.

### 3.5 Percepatan Waktu

Metode CPM dan PERT mempunyai hal yang berbeda dalam melihat estimasi waktu. Pada PERT yang ditekankan tepat waktu, sebab dengan penyingkatan waktu maka biaya proyek turut mengecil, sedangkan pada CPM menekankan pada tepat



biaya dan diasumsikan bahwa waktu yang dipakai deterministik, sehingga perkiraan waktu optimis dan pesimis.



Gambar 3.8  
Hubungan Ongkos dengan Waktu

Titik  $(W_n, B_n)$  menyatakan hubungan waktu  $W_n$  dengan  $B_n$ , jika aktifitas ini diselesaikan dalam kondisi normal. Waktu ini dapat dipersingkat dengan cara meningkatkan pengalokasian sumber yang dengan sendirinya meningkatkan ongkos langsung.

Analisis *time cross trade off* dimulai dengan menghitung aproksimasi kemiringan *time cost* tiap aktifitas. Kemiringan ini adalah ukuran dari biaya untuk memperpendek waktu aktifitas. Kemiringan biaya ini dirumuskan dengan :

$$\text{Kemiringan Biaya} = \frac{|B_c - B_n|}{|W_c - W_n|}$$

Dimana :

$B_c$  = biaya percepatan

$W_c$  = waktu percepatan

$B_n$  = biaya normal

$W_n$  = waktu normal.

Ada suatu batas yang dinamakan Batas Waktu Percepatan (*crash time*) yang menyatakan bahwa pengurangan waktu tidak akan efektif lagi. Pada titik ini, setiap peningkatan sumber hanya akan meningkatkan ongkos tanpa mengurangi waktunya. Titik percepatan pada gambar diatas dinyatakan oleh titik ( $B_c, W_c$ ).

Setelah hubungan ongkos dengan waktu ini ditentukan, diselesaikan aktifitas-aktifitas proyek dalam waktu normalnya. Kemudian tentukan lintasan kritis dan ongkos langsungnya. Langkah selanjutnya yaitu mempertimbangkan pengurangan waktu. Karena pengurangan waktu ini hanya akan efektif jika waktu dari aktifitas-aktifitas kritis dikurangi, maka yang perlu diperhatikan adalah aktifitas-aktifitas kritis itu saja. Agar diperoleh pengurangan waktu dan ongkos sekecil mungkin, maka harus menekan sebanyak mungkin aktifitas-aktifitas kritis yang mempunyai kemiringan garis ongkos waktu terkecil.

Banyaknya aktifitas yang dapat ditekan ini dibatasi oleh *crash time* masing-masing. Namun batasan-batasan lain harus juga dipertimbangkan sebelum menetapkan jumlah aktifitas yang pasti dapat dipersingkat. Sebagai hasil penekanan satu aktifitas ini adalah jadwal baru yang mungkin mempunyai lintasan kritis baru juga. Ongkos jadwal baru ini tentunya lebih besar dari jadwal sebelumnya. Dari jadwal

baru ini dipilih aktifitas-aktifitas kritis dengan kemiringan terkecil untuk dipercepat pelaksanaannya. Prosedur ini diulangi hingga seluruh aktifitas kritis berada pada *crash time* masing-masing.

Manfaat yang didapat jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut :

- a. Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh pekerjaan proyek tertunda penyelesaiannya
- b. Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya, bila pekerjaan-pekerjaan yang ada pada lintasan kritis dapat dipercepat
- c. Pengawasan atau kontrol dapat dikontrol melalui penyelesaian jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash* program (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya lembur
- d. Kelonggaran waktu (*time slack*) terdapat pada pekerjaan yang tidak melalui lintasan kritis. Ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan efisien.

### **3.6 Program Evaluation and Review Technique (PERT)**

Ada dua cara yang biasa digunakan untuk memperkirakan waktu penyelesaian suatu aktifitas, yaitu :

1. Perkiraan waktu tunggal (*single duration estimate*)

Digunakan bila durasi diketahui secara akurat dan tidak terlalu berfluktuasi. Penyelesaiannya menggunakan CPM, karena setiap fluktuasi bisa diatasi dengan fungsi kontrol.

2. Perkiraan Tiga dugaan (*triple duration estimate*)

Cara perkiraan waktu yang didasarkan atas tiga jenis durasi waktu, yaitu :

❖ Waktu dugaan optimis

Dinotasikan dengan  $a$ , merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktifitas jika tidak terjadi kesalahan pada pelaksanaan aktifitas atau semua hal berlangsung dengan lancar.

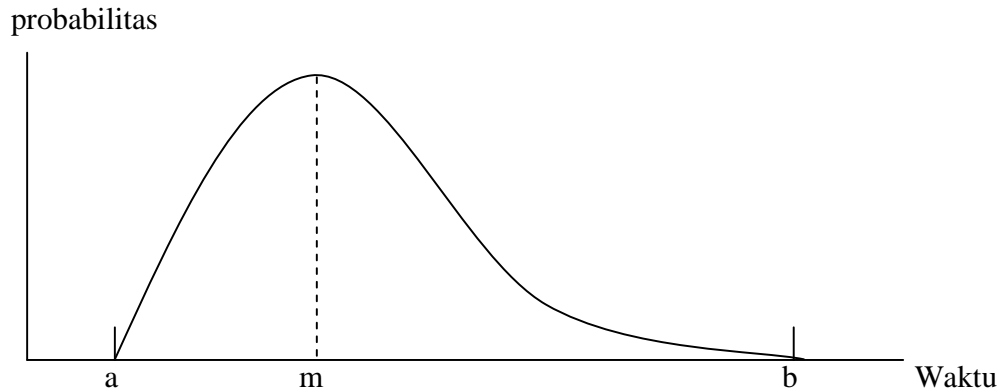
❖ Waktu dugaan paling mungkin

Dinotasikan dengan  $m$ , yaitu waktu yang paling sering terjadi bila aktifitas dilakukan berulang.

❖ Waktu dugaan pesimis

Dinotasikan dengan  $b$ , yaitu waktu yang dibutuhkan bila terjadi kesalahan pada pelaksanaan aktifitas yang bersangkutan.

Dua asumsi dibuat untuk mengubah  $a$ ,  $m$ ,  $b$  menjadi dugaan nilai harapan ( $t_e$ ) dan ragam ( $\sigma^2$ ) dari waktu yang dibutuhkan suatu kegiatan.



Gambar 3.9

Model Sebaran Peluang dari Waktu Kegiatan untuk Perkiraan Tiga Dugaan PERT

❖ **Asumsi 1**

$\sigma$  simpangan baku sama dengan seperenam dari rentang kebutuhan waktu yang mungkin atau dapat ditulis sebagai dugaan ragam berikut :

$$\sigma^2 = \left[ \frac{1}{6} (b - a) \right]^2$$

Alasannya adalah ekor dari banyak sebaran peluang (termasuk distribusi normal) diperkirakan terletak kira-kira 3 standar deviasi dari rata-rata, sehingga lebar antara kedua ekornya kira-kira 6 kali standar deviasinya.

❖ **Asumsi 2**

Sebaran yang digunakan adalah paling tidak mendekati sebaran beta. Jika menggunakan model yang ada pada gambar 3.9, maka nilai harapan bagi waktu kegiatan diperkirakan adalah

$$t_e = \frac{1}{3} \left[ 2m + \frac{1}{2}(a + b) \right] \quad \text{atau} \quad t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Perhatikan bahwa nilai tengah rentang  $\frac{1}{2}(a + b)$  terletak antara a dan b, sehingga  $t_e$  merupakan rata-rata terboboti dari modus dan nilai tengah rentang. Modusnya diberi bobot dua pertiga sedangkan nilai tengah rentang diberi bobot sepertiga. Meskipun asumsi sebaran beta merupakan asumsi yang sembarang, tetapi dapat memberikan bantuan untuk menentukan dugaan untuk a, m, dan b secara beralasan.

Setelah menghitung dugaan nilai harapan dan ragam untuk setiap waktu kegiatan, diperlukan 3 asumsi tambahan untuk menghitung peluang penyelesaian proyek tepat pada jadualnya, sebagai berikut :

❖ Asumsi 1

Waktu kegiatan satu dengan kegiatan yang lain bebas secara statistik.

❖ Asumsi 2

Lintasan kritis selalu membutuhkan total waktu yang lebih lama dari lintasan yang lain.

❖ Asumsi 3

Waktu proyek memiliki sebaran normal. Bahwa nilai ini merupakan penjumlahan dari beberapa peubah acak bebas dan bentuk umum dari teorema limit tengah berimplikasi bahwa sebaran peluang bagi jumlah seperti itu dapat didekati dengan sebaran normal.

Pembahasan tentang perkiraan waktu penyelesaian dengan PERT akan disajikan pada uraian studi kasus tentang perhitungan metode CPM-PERT pada bab berikutnya.

### 3.7 Durasi Proyek

Durasi proyek adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek. Faktor yang berpengaruh dalam menentukan durasi pekerjaan adalah volume pekerjaan, metode kerja (*construction method*), keadaan lapangan, dan keterampilan tenaga kerja yang melaksanakan pekerjaan proyek.

Durasi proyek sama dengan jumlah waktu aktifitas pada lintasan kritis. Variansi dari sejumlah variabel acak yang saling bebas dalam statistik yaitu jumlah dari variansnya. Variansi dari waktu proyek diaproksimasikan sama dengan jumlah variansi dari waktu-waktu aktifitas pada lintasan kritis.

Secara matematis ditulis :

$$T_E = \sum t_{ei} \quad \text{dan} \quad \sigma_T^2 = \sum \sigma_{ti}^2$$

Dimana :

$T_E$  = Waktu yang diharapkan untuk menyelesaikan proyek

$T_{ei}$  = Perkiraan waktu untuk menyelesaikan aktifitas i

$\sigma_T^2$  = Variansi dari distribusi untuk waktu penyelesaian proyek

$\sigma_{ti}^2$  = Variansi dari waktu penyelesaian untuk aktifitas i

i = Aktifitas-aktifits pada lintasan kritis

Distribusi peluang untuk waktu penyelesaian proyek adalah distribusi normal. Alasan dari asumsi ini adalah teorema limit pusat (*central limit theorem*) dari teori peluang. Durasi proyek adalah jumlah dari beberapa variabel acak yang saling bebas.

Diketahui bahwa variabel acak setiap aktifitas diasumsikan mempunyai distribusi beta, namun jumlah variabel acak tidak dapat mempunyai distribusi beta.

Dalam praktek, teorema limit pusat menyatakan bahwa *distribusi peluang dari sejumlah variabel acak yang saling bebas diaproksimasikan normal di bawah panjang kondisi yang lebar*. Dengan asumsi ini, dapat dihitung probabilitas suatu proyek bisa diselesaikan lebih cepat dari jadwal proyek semula.