

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1 Tinjauan Umum**

Metode Jaringan Kerja diperkenalkan menjelang akhir tahun 1950 oleh tim engineer dan ahli matematika dari perusahaan Du-pont bekerja sama dengan Rand Corporation dalam usaha mengembangkan sistem kontrol manajemen. Sistem ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain, engineering, konstruksi dan pemeliharaan. Usaha ini ditekankan untuk mencari metode yang bisa meminimalkan biaya yang dihubungkan dengan waktu penyelesaian suatu kegiatan. Dari segi penyusunan jadwal, jaringan kerja dipandang sebagai langkah penyempurnaan dari bagan balok, karena dapat memberikan penyelesaian masalah-masalah yang belum terpecahkan seperti lama perkiraan waktu penyelesaian proyek, kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis dalam penyelesaian proyek, adanya keterlambatan pelaksanaan serta pengaruhnya terhadap penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Disamping itu jaringan kerja juga berguna untuk menyusun kegiatan proyek Gedung Parkir Mall Ciputra Semarang yang memiliki banyak komponen dengan hubungan ketergantungan yang kompleks, membuat perkiraan jadwal proyek Gedung Parkir Mall Ciputra Semarang yang paling pendek.

Dalam jaringan kerja terdapat tiga metode yang dianggap mampu menyuguhkan teknik dasar dalam menentukan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek yang kemudian dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan yaitu *Critical Path Methode*/Metode Jaringan Kritis (CPM), *Project Evaluation and Review Technique*/Teknik Pengamatan dan Evaluasi Proyek (PERT) dan *Preseden Diagram Method*/Metode Diagram Preseden (PDM). Ketiga metode tersebut juga merupakan solusi untuk melakukan penjadwalan waktu. Di dalam pekerjaan proyek Gedung Parkir Mall Ciputra Semarang, karena proyek tersebut memiliki kegiatan yang saling berkaitan sehingga penjadwalan waktu sangat penting. Dengan penjadwalan waktu yang baik akan menghasilkan waktu yang cukup singkat/pendek.

## 2.2 Critical Path Methode (CPM)

Pada metode CPM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek paling cepat. Jadi jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai dengan kegiatan terakhir proyek.

Didalam metode CPM ini akan dijelaskan beberapa sistematika dan istilah-istilah, *float*, dan jalur kritis yang diperlukan didalam perhitungan CPM nantinya. Jalur kritis sangat penting bagi pelaksanaan proyek, karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan.

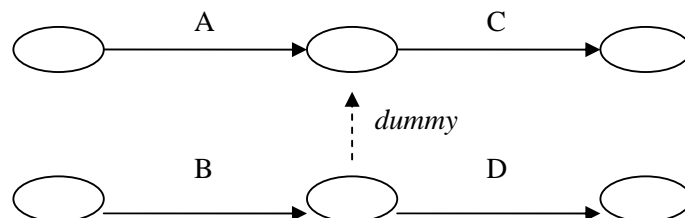
### 2.2.1 Sistematika dan Istilah

Sistematika dalam menyusun jaringan kerja dimulai dengan cara mengkaji serta mengidentifikasi lingkup proyek, lalu menguraikannya menjadi beberapa komponen. Langkah kedua menyusun jaringan yang sesuai dengan logika ketergantungan yang dilanjutkan dengan memberikan perkiraan waktu masing-masing kegiatan. Setelah itu baru mengidentifikasi jalur kritis waktu penyelesaian proyek.

Beberapa langkah yang perlu dilakukan dalam menggambar jaringan kerja adalah sebagai berikut:

- Lukis anak panah dengan garis penuh dari kiri ke kanan dan garis putus-putus untuk *dummy*.

*Dummy* : Kegiatan fiktif yang tidak memerlukan waktu kegiatan dan untuk menunjukkan hubungan ketergantungan.

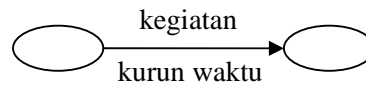


**Gambar 2.1:** Kegiatan dummy

**Sumber :** Imam Soeharto, Hal. 189, 1999

Keterangan : Kegiatan C bisa dimulai bila kegiatan A, B selesai sedangkan kegiatan D dimulai setelah kegiatan B selesai.

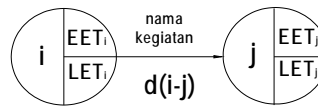
- Usahakan ada bagian untuk tempat keterangan kegiatan dan kurun waktu.



**Gambar 2.2:** Tempat keterangan kegiatan

**Sumber :** Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson, JR., Sudinarto, Hal. 488, 1995

- Hindari garis yang saling menyilang.
- Panjang anak panah tidak ada kaitannya dengan lamanya kurun waktu.
- Peristiwa atau kejadian dilukis sebagai lingkaran dengan nomor yang bersangkutan, jika mungkin ditulis didalamnya.
- Nomor peristiwa sebelah kanan lebih besar dari sebelah kiri.



**Gambar 2.3:** Nomor Kegiatan

**Sumber :** Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson, JR., Sudinarto, Hal. 488, 1995

Setelah mengetahui langkah-langkah yang harus dilakukan, harus diketahui pula beberapa istilah yang akan dipakai dalam penyusunan jaringan kerja yaitu sebagai berikut:

- $EET_i$  (*Earliest Event Time*) =  $ES$  (*Earliest Start*) =  $EST$  (*Earliest Start Time*)  
Yaitu waktu mulai paling cepat dari event i atau waktu mulai paling awal suatu kegiatan.
- $LET_i$  (*Latest Event Time*) =  $LS$  (*Latest Start*) =  $LST$  (*Latest Start Time*)  
Yaitu waktu mulai paling lambat dari event i atau waktu mulai paling akhir suatu kegiatan.
- $EET_j$  (*Earliest Event Time*) =  $EF$  (*Earliest Finish*) =  $EFT$  (*Earliest Finish Time*)  
Yaitu waktu mulai paling cepat dari event j atau waktu selesai paling awal suatu kegiatan.

- $LET_j$  (*Latest Event Time*) =  $LF$  (*Latest Finish*) =  $LFT$  (*Latest Finish Time*)  
Yaitu waktu mulai paling lambat dari event j atau waktu selesai paling akhir suatu kegiatan.
- $d(i-j)$   
Yaitu kurun waktu untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j.
- i dan j = number event

Dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan istilah ES (*Earliest Start*), EF (*Earliest Finish*), LS (*Latest Start*), LF (*Latest Finish*) dalam melakukan perhitungan dengan menggunakan ketiga metode yang terdapat dalam Metode Jaringan Kerja. Ketiga metode tersebut adalah *Critical Path Methode*/Metode Jaringan Kritis (CPM), *Project Evaluation and Review Technique*/Teknik Pengamatan dan Evaluasi Proyek (PERT) dan *Preceden Diagram Method*/Metode Diagram Preceden (PDM).

Dalam metode CPM digunakan hitungan maju dan hitungan mundur. Hitungan maju dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling awal untuk memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa penundaan waktu. Untuk itu diberikan beberapa rumus penyelesaian:

1. Kecuali kegiatan awal, kegiatan baru dapat di mulai bila kegiatan yang mendahului telah selesai (sumber : Imam Soeharto, Hal. 255, 1999).

$$ES=0 \quad (2.1)$$

Dimana;

$$ES = (\text{Earliest Start}) \text{ waktu mulai paling awal}$$

2.  $EF=ES+D$  atau  $EF(i-j)=ES(i-j)+D(i-j)$  (2.2)

(Sumber : Donald S. Barrie, Boyd C. Paulson, JR., Sudinarto, Hal. 497, 1995).

Dimana;

$$EF = (\text{Earliest Finish}) \text{ waktu selesai paling awal}$$

$$ES = (\text{Earliest Start}) \text{ waktu mulai paling awal}$$

$$D = \text{kurun waktu kegiatan bersangkutan}$$

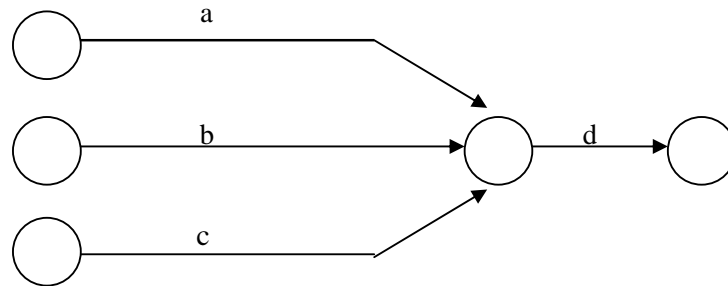
$$i = \text{kegiatan awal atau sebelumnya}$$

$$j = \text{kegiatan selanjutnya setelah i}$$

3. Bila kegiatan memiliki dua atau lebih pendahulu yang bergabung, maka waktu mulai paling awal sama dengan waktu selesai paling awal yang terbesar kegiatan pendahulu.

$$\text{(sumber : Imam Soeharto, Hal. 256, 1999).} \quad (2.3)$$

Sebagai contoh diberikan jaringan kerja dan alokasi waktu sebagai berikut:



**Gambar 2.4 :** Dua Kegiatan Atau Lebih Bergabung

**Sumber :** Imam Soeharto.,Hal. 256, 1999

Hitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling akhir untuk dapat memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda kurun waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan dari hasil hitungan maju. Berapa rumus yang dipakai dalam hitungan mundur adalah ;

$$1. \quad \mathbf{LS=LF-D} \quad (2.4)$$

(Sumber : James J. O'Brien, P.E., Fredric L. Plotnick, Esq., P.E., Hal. 82, 1999).

Dimana ;

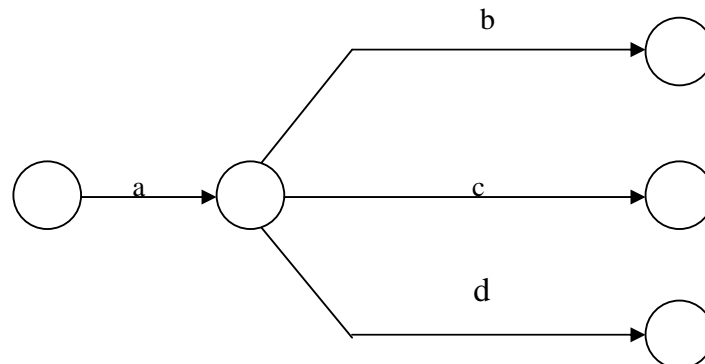
LS = (*Latest Start*) waktu mulai paling akhir suatu kegiatan

LF = (*Latest Finish*) waktu selesai paling akhir

D = kurun waktu kegiatan bersangkutan

2. Bila kegiatan pecah menjadi dua kegiatan atau lebih maka waktu selesai paling akhir (LF) kegiatan sama dengan waktu mulai paling akhir (LS) kegiatan berikutnya yang terkecil. (2.5)

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 257, 1999).



**Gambar 2.5 :** Dua Kegiatan Atau Lebih memecah

**Sumber :** Imam Soeharto.,Hal. 257, 1999

### 2.2.2 Float (Penundaan)

Float (Penundaan) adalah waktu yang diperbolehkan kegiatan bisa ditunda, maka float total menunjukkan jumlah waktu yang diperbolehkan kegiatan bisa ditunda, tanpa mempengaruhi jadwal proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan jumlah waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedangkan kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin. Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Ini berarti bila salah satu kegiatan memakainya, maka float total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut sama dengan float total semula dikurangi bagian yang telah terpakai. Float total sangat berguna untuk memecahkan masalah pemerataan penggunaan sumber daya. Float total dapat berada dibagian awal kegiatan (ES) atau pada waktu selesai paling akhir (LS), atau bisa dipecah sesuai kebutuhan asal masih dalam batas  $L(j)-E(i)$ . Float total dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{TF=LF-EF=LS-ES} \quad (2.6)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 258, 1999).

Dimana;

TF = Float Total kegiatan

LF = (*Latest Finish*) Waktu selesai paling akhir

EF = (*Earliest Finish*) Waktu selesai paling awal

LS = (*Latest Start*) Waktu mulai paling akhir

ES = (*Earliest Start*) Waktu mulai paling awal

Disamping float total masih ada float lain yang menjadi bagian dari float total seperti float bebas dan float interferen. Syarat adanya float bebas adalah bila semua kegiatan pada jalur bersangkutan dimulai seawal mungkin. Besarnya float bebas sama dengan sejumlah waktu dimana penyelesaian kegiatan tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu mulai paling awal dari kegiatan berikutnya atau semua peristiwa lain pada jaringan kerja. Float bebas hanya dimiliki oleh satu kegiatan tertentu, dirumuskan sebagai berikut:

Float bebas sama dengan waktu paling awal kegiatan berikutnya dikurangi waktu selesai paling awal kegiatan yang dimaksud. **(2.7)**

Jika kegiatan A(1-2) dan B(2-3) dengan kegiatan (1-2-3), maka A mempunyai float bebas sebesar:

$$\mathbf{FF(1-2)=ES(2-3)-EF(1-2)}$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 260, 1999).

Float Interferen terjadi bila kegiatan menggunakan sebagian dari sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi, meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek keseluruhan, dirumuskan:

$$\mathbf{IF=TF-FF} \quad \mathbf{(2.8)}$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 260, 1999).

Dimana;

IF = Float Interferen

TF = Float Total

FF = Float Bebas

### 2.2.3 Penentuan Jalur Kritis Akibat Float (penundaan)

Penentuan jalur kritis sangat penting pada pelaksanaan proyek karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan (penyajianya ditandai dengan garis tebal).

Syarat jalur kritis;

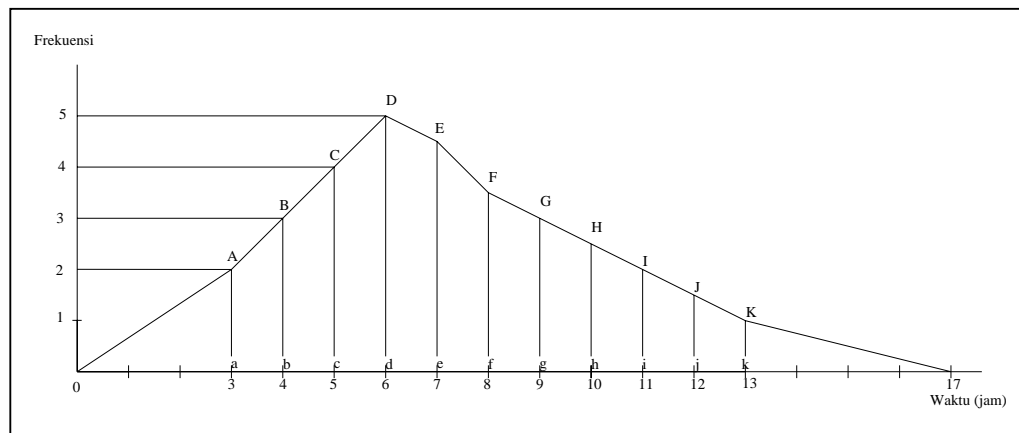
- Pada kegiatan pertama,  $ES(\text{Earliest Start}) = LS(\text{Latest Start}) = 0$
- Pada kegiatan terakhir,  $LF(\text{Latest Finish}) = EF(\text{Earliest Finish})$
- Float total (TF=0)

Waktu penyelesaian proyek umumnya tidak sama dengan total waktu hasil penjumlahan kurun waktu masing-masing kegiatan yang menjadi unsur proyek, karena ada kegiatan paralel. Bila jaringan hanya mempunyai satu titik awal dan titik akhir, maka jalur kritisnya adalah jalur yang memiliki waktu penyelesaian terlama dan jumlah waktu tersebut adalah waktu proyek yang tercepat. Dalam jaringan kerja bisa dijumpai jalur kritis lebih dari satu.

### 2.3 Project Evaluation and Review Technigue (PERT)

Awalnya PERT diperkenalkan dalam merencanakan dan mengendalikan proyek pembuatan peluru kendali polaris yang dapat diluncurkan dari kapal selam dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa PERT lebih berorientasi ke terjadinya peristiwa sedangkan CPM berorientasi pada kegiatannya.

Metode PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. PERT menggunakan pendekatan bahwa kurun waktu kegiatan tergantung banyak faktor dan variasi, sehingga perkiraan diberi rentangan dengan memakai tiga angka estimasi ( $a$ =kurun waktu optimistik,  $b$ =kurun waktu pesimistik,  $m$ =kurun waktu paling mungkin). Teori probabilitas akan menjelaskan arti tiga angka estimasi tersebut. Diumpamakan satu kegiatan dikerjakan secara berulang dengan kondisi sama seperti gambar(2.6) berikut:



**Gambar 2.6 :** Kurva Distribusi Frekuensi

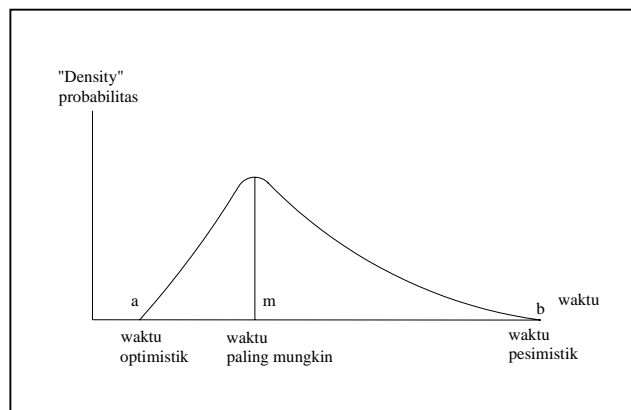
**Sumber :** Manajemen Proyek, Imam Soeharto., Hal. 269, 1999

Kegiatan  $x$  dikerjakan berulang dengan kondisi sama selesai dalam 3 jam, ditunjukkan dengan garis  $aA$  yaitu 2 kali, sedang dalam waktu 4 jam adalah sebesar  $bB = 3$  kali dan dalam 5 jam adalah  $cC = 4$  kali maka bila hal tersebut dilanjutkan dan dibuat garis dan menghubungkan titik- titik puncaknya akan terbentuk Kurva Distribusi Frekuensi Kurun Waktu Kegiatan  $X$ .

Didalam metode PERT ini akan dijelaskan arti variable  $a$ ,  $b$ ,  $m$  dan  $te$ , identifikasi jalur kritis dan slack, deviasi standar dan varians kegiatan, target jadwal penyelesaian proyek yang akan digunakan didalam perhitungan PERT nantinya. Jalur kritis sangat penting bagi pelaksanaan proyek, karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan.

### 2.3.1 Kurva Distribusi dan Variabel $a, b, m, te$

Dari kurva distribusi (gambar 2.7) dapat dijelaskan arti  $a, b, m$ . Kurva waktu yang menghasilkan puncak kurva adalah  $m$ . Kurva  $a$  dan  $b$  terletak dipinggir kanan kiri dari kurva distribusi, yang menandai batas rentang waktu kegiatan.



**Gambar 2.7 :** Kurva Distribusi Asimetris dengan  $a, m, b$

**Sumber :** Imam Soeharto., Hal. 270, 1999

Ketiga angka tadi yaitu  $a, b, m$  dihubungkan menjadi satu angka yang disebut  $te$  (kurun waktu yang diharapkan). Angka  $te$  adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang dalam jumlah besar. Lebih lanjut dalam menentukan angka  $te$  dipakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa

optimis  $a$  dan pesimis  $b$  adalah sama (lihat gambar 2.8). Sedangkan jumlah peristiwa paling mungkin  $m$  adalah 4 kali lebih besar dari dua peristiwa diatas sehingga bisa dirumuskan sebagai berikut:

$$te = (a + 4m + b) / 6 \quad (2.9)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 270, 1999).

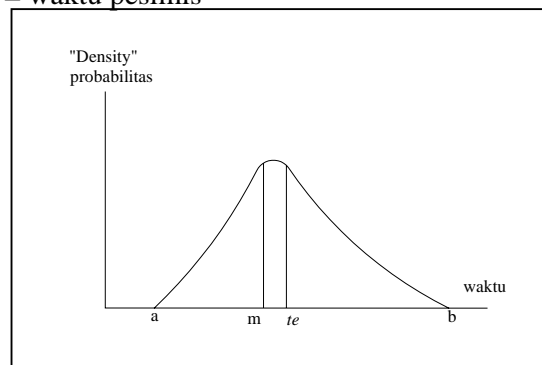
Dimana;

$te$  = (*Expected Duration Time*) kurun waktu yang diharapkan

$a$  = waktu optimis

$m$  = waktu paling mungkin

$b$  = waktu pesimis



**Gambar 2.8** : Kurva Distribusi dengan  $a$ ,  $m$ ,  $b$  dan  $te$

**Sumber** : Imam Soeharto.,Hal. 270, 1999

### 2.3.2 Identifikasi Jalur Kritis dan Slack

Dengan menggunakan konsep  $te$  dan angka-angka waktu paling awal peristiwa terjadi, dan waktu paling akhir peristiwa terjadi maka identifikasi kegiatan kritis, jalur kritis dan slack dapat dikerjakan. Penentuan jalur kritis sangat penting pada pelaksanaan proyek karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan (penyajiannya ditandai dengan garis tebal).

$$(TE)-j=(TE)-i + te(i-j) \quad (2.10)$$

$$(TL)-i=(TL)-j - te(i-j) \quad (2.11)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 271, 1999).

Dimana;

TE = (*The Earliest Time of Occurance*) waktu paling awal peristiwa terjadi

TL = (*The Latest Time of Occurance*) waktu paling akhir peristiwa terjadi

te = (*Expected Duration Time*) waktu yang diharapkan

i = kegiatan awal atau sebelumnya

j = kegiatan selanjutnya setelah i

Pada jalur kritis berlaku : *slack* = 0 atau

$$(TL) - (TE) = 0 \quad (2.12)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 271, 1999).

### 2.3.3 Deviasi Standar dan Varians Kegiatan

Estimasi kurun waktu kegiatan memakai rentang waktu bukan satu kurun waktu yang relative mudah. Rentang waktu menandai derajat ketidak pastian dalam estimasi kurun waktu. Besarnya ketidakpastian tergantung pada besarnya angka a dan b, dirumuskan sebagai berikut;

$$S = (1/6) (b-a) \quad (2.13)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 273, 1999).

Dimana;

S = deviasi standar kegiatan

b = angka pesimis

a = angka optimis

Untuk variasi kegiatan dirumuskan;

$$V (te) = S^2 = [ (1/6) (b-a) ]^2 \quad (2.14)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 273, 1999).

Dimana;

V(te) = variasi kegiatan

S = deviasi standar kegiatan

b = angka pesimis

a = angka optimis

### 2.3.4 Target Jadwal Penyelesaian

Analisa mengenai kemungkinan mencapai target jadwal dicari dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan (TE) dengan target T(d) yang dinyatakan dengan rumus ;

$$z = \frac{T(d)-TE}{S} \quad (2.15)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 275, 1999).

Dimana;

$z$  = angka kemungkinan mencapai target

T (d) = target jadwal

TE = waktu paling awal peristiwa terjadi= jumlah te kegiatan kritis

Garis besar urutan menghitung kemungkinan mencapai target dalam metode PERT adalah sebagai berikut;

1. Memberikan masing-masing komponen kegiatan angka estimasi a,b,m.
2. Menghitung te untuk masing-masing kegiatan.
3. Identifikasi kegiatan kritis, menghitung kurun waktu penyelesaian proyek yaitu TE = jumlah te kegiatan kritis.
4. Menentukan varians untuk masing-masing kegiatan kritis pada jalur kritis terpanjang menuju titik peristiwa TE yang dimaksud.
5. Mencari T(d) dengan rumus  $z = \frac{T(d)-TE}{S}$  , dimana  $S^2 = V(TE)$
6. Mencari prosentase proyek selesai pada target T(d) dengan menggunakan tabel kumulatif normal distribusi fungsi.

### 2.4 Precedence Diagram Methode (PDM)

Metode Diagram Preseden adalah jaringan kerja dengan klasifikasi Activity On Node (AON) atau ditulis dengan bentuk segi empat sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan bersangkutan. Dengan demikian *dummy* yang dalam CPM dan PERT merupakan tanda yang penting untuk menunjukkan hubungan ketergantungan, sedangkan dalam PDM tidak diperlukan.

Didalam metode PDM ini akan dijelaskan mengenai kegiatan tumpang tindih, denah penulisan diagram preseden, konstrain (batasan) dan identifikasi jalur kritis yang digunakan didalam perhitungan PDM nantinya. Jalur kritis sangat penting bagi pelaksanaan proyek, karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan.

#### **2.4.1 Kegiatan Tumpang Tindih**

Dalam CPM, kegiatan bisa dimulai setelah kegiatan terdahulu selesai, maka untuk proyek dengan rangkaian kegiatan yang tumpang tindih dan berulang akan memerlukan garis dummy yang banyak sekali, sehingga tidak praktis. Contoh pada proyek memasang pipa dimana kegiatannya adalah menggali tanah, meletakkan pipa dan menimbun kembali. Untuk mempersingkat waktu dilakukan kegiatan tumpang tindih (tidak perlu menunggu kegiatan terdahulu selesai semua). Bila proyek tersebut disajikan dalam bentuk Diagram Preseden akan menghasilkan diagram yang sederhana. Metode ini banyak dijumpai pada proyek konstruksi yang banyak terdapat kegiatan tumpang tindih dan berulang seperti pengaspalan, gedung bertingkat dan lainnya.

#### **2.4.2 Denah Penulisan Diagram Preseden**

Kegiatan dan peristiwa ditulis dalam kotak segi empat. Definisi kegiatan dan peristiwa sama dengan CPM, hanya ditekankan bahwa dalam PDM kotak menandai kegiatan, maka harus dicantumkan identitas kegiatan dan kurun waktu, peristiwa adalah ujung kegiatan. Setiap node terdapat peristiwa awal dan akhir.

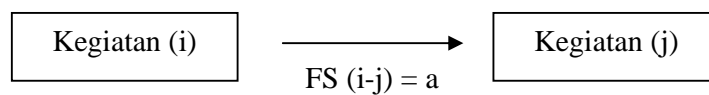
#### **2.4.3 Konstrain (Batasan)**

Karena PDM tidak terbatas pada aturan dasar jaringan kerja seperti pada CPM (kegiatan dimulai setelah kegiatan mendahului selesai), maka hubungan antara kegiatan berkembang menjadi beberapa kemungkinan berupa konstrain. Konstrain menunjukkan hubungan antara kegiatan dengan satu garis dari node pendahului ke node berikutnya. Satu konstrain hanya menghubungkan dua node. Ada 4 macam konstrain yaitu awal ke awal (SS), awal ke akhir (SF), akhir ke

akhir (FF), dan akhir ke awal (FS). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (lead) atau terlambat tertunda (lag). Bila kegiatan (i) mendahului (j) dalam satuan waktu hari maka penjelasannya sebagai berikut;

1. Konstrain selesai ke mulai – FS (*Finish to Start*)

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai  $FS(i-j) = a$  artinya kegiatan (j) mulai a hari setelah kegiatan yang mendahului (i) selesai. Proyek selalu menginginkan angka  $a=0$  kecuali bila dijumpai hal seperti iklim yang tak bisa dicegah, proses kimia dan fisika saat pengeringan adukan semen dan perijinan. Konstrain ini identik dengan CPM atau PERT dimana kegiatan bisa dilakukan bila kegiatan pendahulu selesai.



a : Waktu terlambat tertunda

**Gambar 2.9** : Konstrain FS

Sumber : Imam Soeharto.,Hal. 282, 1999

2. Konstrain Mulai ke Mulai – SS (*Start to Start*)

$SS(i-j)=b$ , artinya suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100% maka kegiatan (j) boleh mulai, atau kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu kegiatan (i) selesai. Besar b tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu.



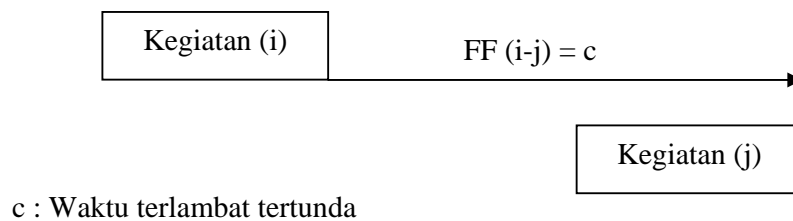
b : Waktu mendahului

**Gambar 2.10** : Konstrain SS

Sumber : Imam Soeharto.,Hal. 282, 1999

3. Konstrain Selesai ke Selesai – FF (*Finish to Finish*)

$FF(i-j)=c$ , artinya kegiatan (i) selesai setelah  $c$  hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100%, sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian  $c$  hari selesai. Besar angka  $c$  tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j).



**Gambar 2.11** : Konstrain FF

**Sumber** : Imam Soeharto.,Hal. 282, 1999

4. Konstrain Mulai ke Selesai – SF (*Start to Finish*)

Menghubungkan selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu.  $SF(i-j)=d$ , artinya kegiatan (j) selesai setelah  $d$  hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Sebagian kegiatan terdahulu harus selesai sebelum akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.



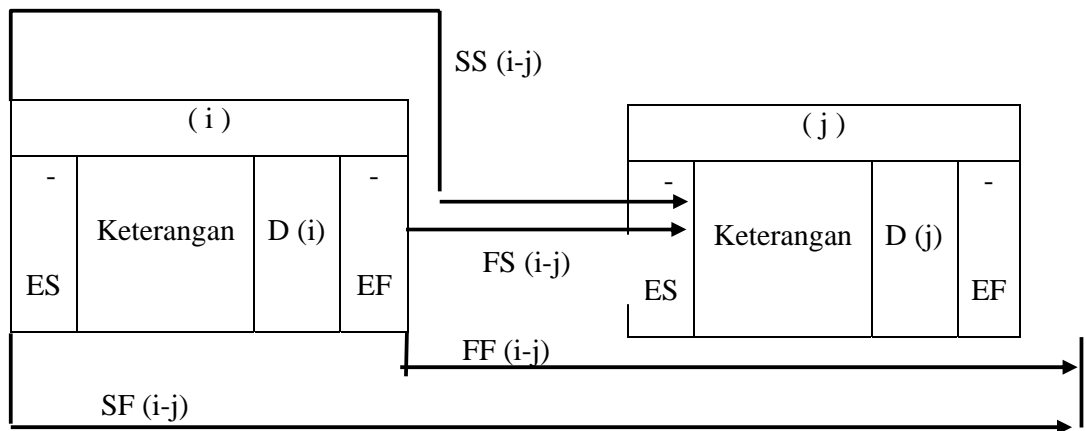
**Gambar 2.12** : Konstrain SF

**Sumber** : Imam Soeharto.,Hal. 282, 1999

#### 2.4.4 Identifikasi Jalur Kritis

Perhitungan untuk jalur kritis semakin kompleks karena banyak faktor yang diperhatikan. Jalur kritis sangat penting bagi pelaksanaan proyek, karena pada jalur/lintasan ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan pada proyek secara keseluruhan. Untuk itu dikerjakan analisis yang hampir sama dengan metode CPM. Namun dalam PDM harus memperhatikan konstrain terkait.

Dalam PDM juga menggunakan hitungan maju dan mundur. Fungsi dari hitungan maju dan mundur juga sama dengan metode CPM dengan memperhatikan konstrain terkait. Kedua hitungan nantinya juga untuk menentukan jalur kritis.



**Gambar 2.13 :** Hitungan Maju EF dan ES

**Sumber :** Imam Soeharto.,Hal. 284, 1999

#### Penjelasan :

SS(i-j)=suatu kegiatan (j) mulai setelah kegiatan terdahulu (i) mulai. FS(i-j)=Kegiatan (j) mulai setelah kegiatan yang mendahului (i) selesai. FF(i-j); kegiatan (j) selesai setelah kegiatan terdahulu (i) selesai. SF(i-j); kegiatan (j) selesai setelah kegiatan terdahulu (i) mulai. Lihat gambar (2.13).

Dalam hitungan maju berlaku hal-hal sebagai berikut:

- Menghasilkan ES (*Earliest Start*), EF (*Earliest Finish*) dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- Diambil angka ES (*Earliest Start*) terbesar bila lebih satu kegiatan tergabung.
- Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu dan (j) kegiatan yang ditinjau.
- Waktu awal dianggap nol, untuk selanjutnya dirumuskan sebagai berikut:

$$1. \text{ES}(j) = \text{ES}(i) + \text{SS}(i-j) \text{ atau } \text{ES}(i) + \text{SF}(i-j) - \text{D}(j) \text{ atau } \text{EF}(i) + \text{FS}(i-j) \text{ atau } \text{EF}(i) + \text{FF}(i-j) - \text{D}(j). \text{ (pilih yang terbesar)} \quad (2.16)$$

(sumber : Imam Soeharto, Hal. 284, 1999).

Dimana;

ES(j) = (*Earliest Start*) waktu mulai paling awal dari kegiatan j  
 ES(i) = (*Earliest Start*) waktu mulai paling awal dari kegiatan i  
 EF(i) = (*Earliest Finish*) waktu selesai paling awal dari kegiatan i  
 D = Kurun waktu bersangkutan  
 SS(*Start to Start*), SF(*Start to Finish*), FS(*Finish to Start*),  
 FF(*Finish to Finish*) = Konstrain yang bersangkutan.

$$2. \text{EF}(j) = \text{ES}(j) + \text{D}(j) \quad (2.17)$$

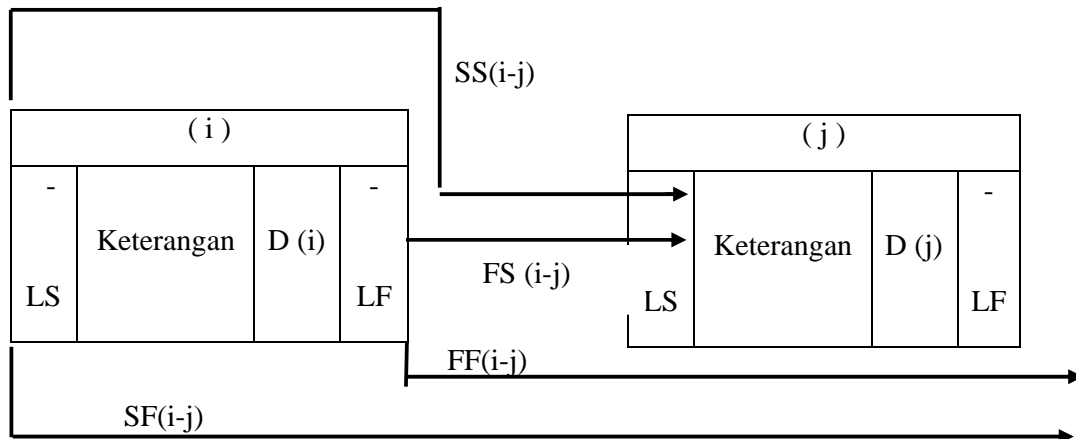
(sumber : Imam Soeharto, Hal. 284, 1999).

Dimana;

EF(j) = (*Earliest Finish*) waktu selesai paling awal kegiatan j  
 ES(j) = (*Earliest Start*) angka waktu mulai paling awal kegiatan tersebut  
 D(j) = kurun waktu kegiatan

Sedangkan pada hitungan mundur berlaku hal-hal sebagai berikut;

- Menentukan LS (*Latest Start*), LF (*Latest Finish*) dan kurun waktu float
- Jika lebih dari satu kegiatan bergabung diambil LS (*Latest Start*) terkecil.
- Notasi (i) bagi kegiatan ditinjau dan (j) kegiatan berikutnya



**Gambar 2.14** : Hitungan Mundur LS dan LF  
**Sumber** : Imam Soeharto.,Hal. 285, 1999

**Penjelasan :**

SS(i-j); suatu kegiatan (j) mulai setelah kegiatan terdahulu (i) mulai. FS(i-j); kegiatan (j) mulai setelah kegiatan yang mendahului(i) selesai. FF(i-j); kegiatan (j) selesai setelah kegiatan terdahulu (i) selesai. SF(i-j); kegiatan (j) selesai setelah kegiatan terdahulu (i) mulai.

1.  $LF(i) = LF(j) - FF(i-j)$  atau  $LS(j) - FS(i-j)$  atau  $LF(j) - SF(i-j) + D(i)$  atau  $LS(j) - SS(i-j) + D(j)$ . (pilih yang terkecil) (2.18)  
 (sumber : Imam Soeharto, Hal. 284, 1999).

Dimana;

LF(i) = (*Latest Finish*) waktu selesai paling akhir kegiatan i  
 LS(j) = (*Latest Start*) waktu mulai paling akhir kegiatan j  
 LF(j) = (*Latest Finish*) waktu selesai paling akhir kegiatan j  
 D = kurun waktu bersangkutan  
 SS(*Start to Start*), SF(*Start to Finish*), FS(*Finish to Start*),  
 FF(*Finish to Finish*) = Konstrain yang bersangkutan.

2.  $S(i) = LF(i) - D(i)$  (2.19)  
 (sumber : Imam Soeharto, Hal. 284, 1999).

Dimana;

LS(i) = (*Latest Start*) waktu mulai paling akhir kegiatan i  
 LF(i) = (*Latest Finish*) waktu selesai paling akhir kegiatan i  
 D = kurun waktu bersangkutan

Dari urutan rumus yang terdapat pada PDM tadi maka jalur dan kegiatan kritis (kegiatan yang tidak dapat ditunda pekerjaannya). Pada metode PDM bisa disimpulkan dalam beberapa hal berikut ini:

- Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama  
 $ES(\text{Earliest Start}) = LS(\text{Latest Start})$
- Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama  
 $EF(\text{Earliest Finish}) = LF(\text{Latest Finish})$
- $D = LF(\text{Latest Finish}) - ES(\text{Earliest Start})$
- Walaupun hanya sebagian kegiatan kritis, maka kegiatan dianggap kritis secara utuh.