

BAB II STUDI PUSTAKA

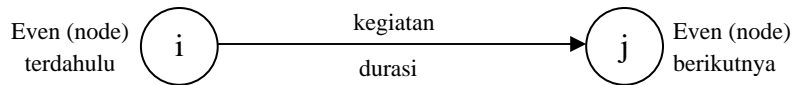
2.1 TINJAUAN UMUM

Pengelola proyek selalu ingin mencari metode yang dapat meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian untuk menghadapi jumlah kegiatan dan kompleksitas proyek yang cenderung bertambah. Oleh karena itu, diperlukan jaringan kerja secara sistematis, analitis, dan ekonomis. Bab ini akan membahas dua metode jaringan kerja yaitu Metode Jalur Kritis (*Critical Path Method – CPM*) dan Metode Preceden Diagram (*Preceden Diagram Method – PDM*) serta upaya untuk mengoptimasi waktu dan biaya.

2.2 CRITICAL PATH METHOD (CPM)

2.2.1 Kegiatan, Peristiwa dan Atribut

Dalam jarring kerja jenis ini, kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa (*event*), yaitu peristiwa i dan peristiwa j. Nama dan durasi kegiatan ditulis di atas dan di bawah anak panah. Ekor anak panah (titik i) sebagai awal kegiatan dan ujung panah (titik j) sebagai akhir kegiatan.



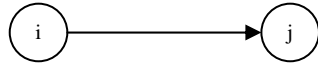
- Simbol peristiwa / kejadian (*event*)
 - Peristiwa menunjukkan titik waktu mulainya / selesainya suatu kegiatan dan tidak mempunyai jangka waktu.
- Simbol kegiatan (*activity*)
 - Kegiatan membutuhkan jangka waktu (durasi)
- - - - - → Simbol kegiatan semu (*dummy*)
 - Kegiatan yang berdurasi nol

Gambar II-1 Simbol yang digunakan jaringan kerja

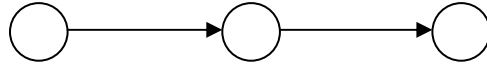
(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.100)

1. Persyaratan untuk Jaringan Kerja dengan Kegiatan pada Anak Panah (AOA)

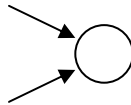
- Setiap kegiatan harus mempunyai suatu event awal (i) dan suatu event akhir (j).



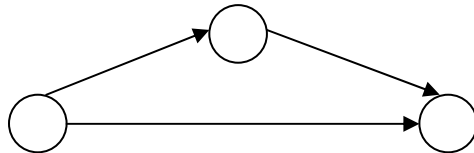
- Setiap event harus paling sedikit satu kegiatan yang mendahului, kecuali untuk event pertama.



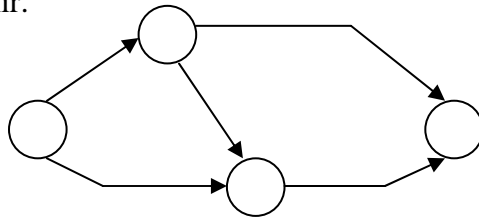
- Setiap event terakhir harus mempunyai paling sedikit satu aktivitas.



- Dua event hanya bisa dihubungkan dengan satu kegiatan.



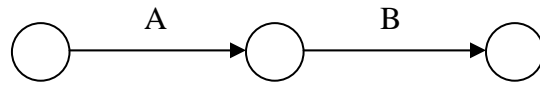
- Dalam suatu jaringan kerja hanya boleh ada satu event terawal dari satu event terakhir.



Gambar II-2 Persyaratan dalam jaringan kerja

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.101)

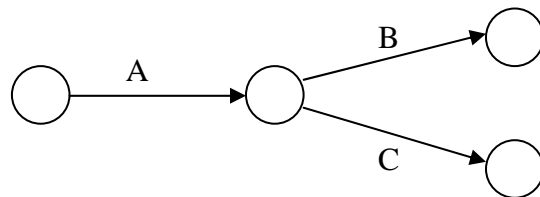
2. Cara Membaca Hubungan Antar Kegiatan



Gambar II-3a *Predecessor* dan *successor*

Kegiatan B dimulai setelah kegiatan A selesai. Kegiatan A adalah kegiatan yang mendahului kegiatan B, disebut *predecessor* dari kegiatan B, sedangkan kegiatan B adalah kegiatan yang mengikuti kegiatan A, disebut *successor* dari kegiatan A.

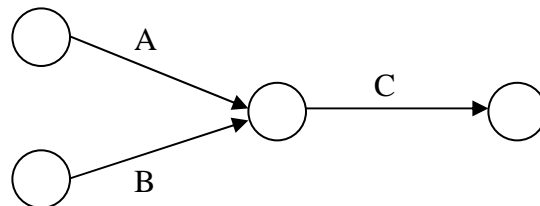
(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.101)



Gambar II-3b B dan C dimulai setelah A selesai

Kegiatan B dan C dapat dimulai setelah kegiatan A selesai. Kegiatan A adalah kegiatan yang mendahului kegiatan B dan C, disebut *predecessor* dari kegiatan B dan C, sedangkan kegiatan B dan C adalah kegiatan yang mengikuti kegiatan A, disebut *successor* dari kegiatan A.

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.101)



Gambar II-3c C dimulai setelah A dan B selesai

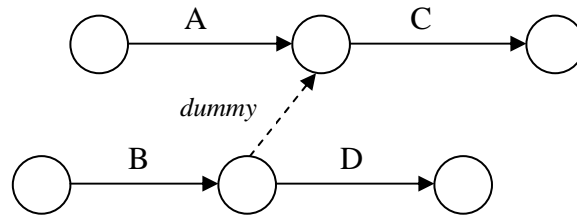
Kegiatan C dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai. Kegiatan A dan B adalah kegiatan yang mendahului kegiatan C, disebut *predecessor* dari kegiatan C, sedangkan kegiatan C adalah kegiatan yang mengikuti kegiatan A dan B, disebut *successor* dari kegiatan A dan B.

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.102)

3. Kegiatan Semu (*Dummy Activity*)

Kegiatan semu ini merupakan kegiatan yang sebetulnya tidak ada atau fiktif, sehingga tidak memerlukan durasi (durasi = 0). Kegiatan ini digambarkan sebagai garis terputus dan diperlukan jika:

- Dua kegiatan atau lebih didahului oleh satu atau lebih kegiatan yang sama, maka *dummy* diperlukan untuk menghubungkan kegiatan-kegiatan tersebut.

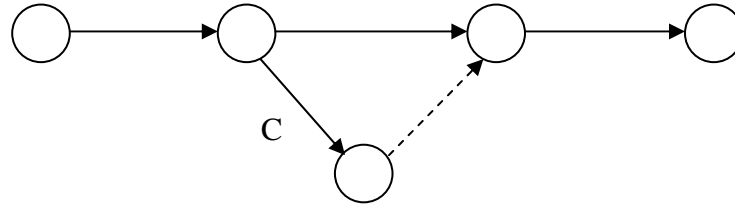


Gambar II-4a Kegiatan semu

Kegiatan C didahului oleh kegiatan A dan B, sedangkan kegiatan B juga merupakan kegiatan yang mendahului D. Maka kegiatan C baru dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai, sedangkan kegiatan D dapat dimulai setelah kegiatan B selesai. Kegiatan D tidak tergantung pada kegiatan A.

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.102)

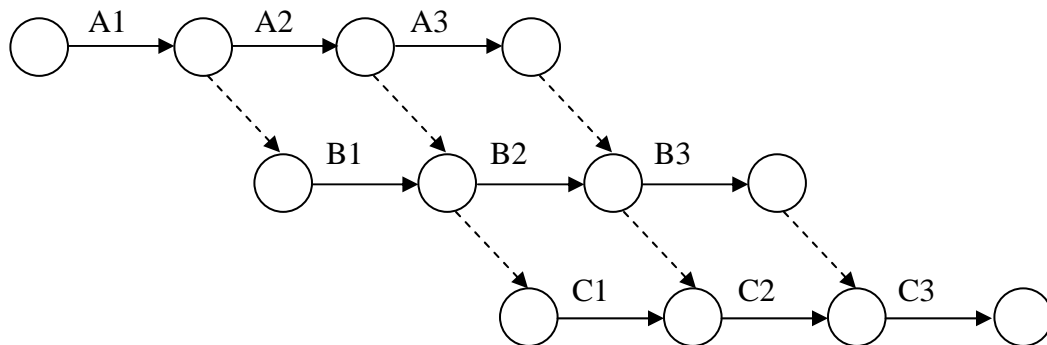
- Dua atau lebih kegiatan didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama, maka *dummy* dibutuhkan untuk menghubungkan kedua kegiatan tersebut. Terlihat pada gambar di bawah, kegiatan B dan C didahului dan diikuti oleh kegiatan yang sama, yaitu kegiatan A dan D.



Gambar II-4b Kegiatan semu

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.103)

- Digunakan untuk menggambarkan diagram tangga (*ladder diagram*). Diagram tangga adalah jaringan kerja yang menggambarkan kegiatan-kegiatan yang dapat dipecah menjadi beberapa sub-kegiatan. Maksud dari dipecahnya kegiatan ini adalah untuk memungkinkan suatu kegiatan yang belum selesai 100% sudah dapat diikuti oleh kegiatan berikutnya. Misal, dalam pembangunan sebuah rumah, pekerjaan pondasi lajur sudah bisa dimulai tanpa menunggu pekerjaan galian tanah selesai 100%, demikian pula pekerjaan tembok bisa dimulai walau pondasi belum selesai 100%.



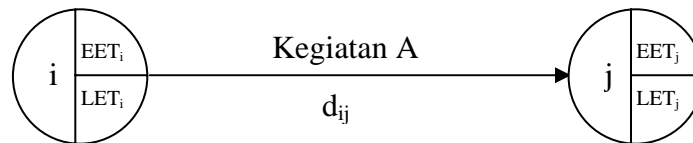
Keterangan:
 A1, A2, A3 : Pekerjaan galian tanah
 B1, B2, B3 : Pekerjaan pondasi
 C1, C2, C3 : Pekerjaan tembok

Gambar II-4c Ladder diagram

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.103)

2.2.2 Peristiwa Paling Awal (*EET*) dan Peristiwa Paling Akhir (*LET*)

Peristiwa paling awal (*EET-Earliest Event Time*) atau waktu mulai tercepat adalah saat paling awal atau saat tercepat suatu peristiwa mungkin terjadi, dan tidak mungkin terjadi sebelumnya. Manfaat ditetapkannya saat paling awal (*EET*) suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling awal mulai melaksanakan kegiatan-kegiatan yang berasal dari peristiwa yang bersangkutan. Sedangkan peristiwa paling akhir (*LET-Latest Event Time*) atau waktu mulai paling akhir adalah saat paling akhir suatu peristiwa dapat terjadi, dan tidak mungkin terjadi sesudahnya. Manfaat ditetapkannya saat paling akhir (*LET*) suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling akhir atau paling lambat mulai melaksanakan kegiatan-kegiatan yang berasal dari peristiwa yang bersangkutan.



Dimana:

- EET_i = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i
- LET_i = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event i
- d_{ij} = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j
- EET_j = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j
- LET_j = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event j

Gambar II-5 EET dan LET suatu kegiatan

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.105)

1. Hitungan Maju

Perhitungan maju untuk menghitung *Earliest Event Time (EET)*

$$EET_j = (EET_i + d_{ij}) \max$$

Dimana:

- EET_i = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event i
- EET_j = (*Earliest Event Time*) waktu mulai paling cepat dari event j
- d_{ij} = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.106)

Prosedur menghitung waktu mulai tercepat (EET)

- Tentukan nomor dari peristiwa-peristiwa dari kiri ke kanan, mulai dari peristiwa nomor 1 berturut-turut sampai dengan nomor maksimal.
- Tentukan nilai EET_i untuk peristiwa nomor satu (paling kiri) sama dengan nol.
- Selanjutnya dapat dihitung nilai EET_j peristiwa-peristiwa berikutnya dengan rumus di atas. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk dummy) menuju atau dibatasi oleh peristiwa yang sama, maka diambil nilai EET_j yang maksimum.

2. Hitungan Mundur

Perhitungan mundur untuk menghitung *Latest Event Time (LET)*

$$LET_i = (LET_j - d_{ij}) \text{ min}$$

Dimana:

LET_i = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event i

LET_j = (*Latest Event Time*) waktu mulai paling lambat dari event j

d_{ij} = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.107)

Prosedur menghitung waktu mulai paling lambat (LET)

- Lakukan prosedur menghitung waktu mulai tercepat (EET)
- Tentukan nilai LET_j sama dengan nilai EET_j pada peristiwa nomor maksimal (paling kanan)
- Selanjutnya dapat dihitung nilai LET_i peristiwa-peristiwa sebelumnya dengan rumus di atas. Apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk dummy) dibatasi oleh peristiwa yang sama, maka diambil nilai LET_i yang minimum.

2.2.3 Float Total, Float Bebas dan Float Interferen

1. Float Total ($TF = Total\ Float$)

Float total adalah jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat, tanpa mempengaruhi jadwal pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Jumlah waktu tersebut sama dengan waktu yang didapat bila semua kegiatan terdahulu dimulai seawal mungkin, sedabgkan semua kegiatan berikutnya dimulai selambat mungkin. Float total ini dimiliki bersama oleh semua kegiatan yang ada pada jalur yang bersangkutan. Hal ini berarti bila salah satu kegiatan telah memakainya, maka float total yang tersedia untuk kegiatan-kegiatan lain yang berada pada jalur tersebut adalah sama dengan float total semula dikurangi bagian yang telah dipakai.

Nilai float total suatu kegiatan sama dengan waktu paling akhir terjadinya peristiwa berikutnya (LET_j) dikurangi durasi kegiatan yang bersangkutan (d_{ij}), dikurangi waktu paling awal terjadinya peristiwa terdahulu (EET_i).

$$TF = LET_j - d_{ij} - EET_i$$

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.110)

Kegiatan-kegiatan yang memiliki nilai float total tertentu (tidak sama dengan nol), maka pelaksanaan kegiatan tersebut dalam jalur yang bersangkutan dapat ditunda atau diperpanjang sampai batas tertentu, yaitu sampai float total sama dengan nol, tanpa mempengaruhi selesainya jadwal proyek secara keseluruhan. Dengan kata lain, kegiatan tersebut dapat ditunda pelaksanaannya selama sebesar nilai float tersebut.

Kegiatan-kegiatan yang mempunyai nilai float total sama dengan nol, berarti kegiatan tersebut tidak boleh ditunda pelaksanaannya atau terlambat sama sekali. Penundaan kegiatan yang mempunyai nilai float total sama dengan nol, akan menyebabkan keterlambatan pada waktu penyelesaian proyek. Kegiatan inilah yang disebut kegiatan kritis.

2. Float Bebas (*FF = Free Float*)

Float bebas suatu kegiatan adalah jumlah waktu yang diperkenankan untuk suatu kegiatan boleh ditunda atau terlambat, tanpa mempengaruhi atau menyebabkan keterlambatan pada kegiatan berikutnya. Nilai float bebas suatu kegiatan dapat dihitung dengan rumus; waktu mulai paling awal kegiatan berikutnya (*successor*) dikurangi durasi kegiatan, dikurangi waktu mulai paling awal kegiatan yang dimaksud.

$$FF = EET_j - d_{ij} - EET_i$$

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.111)

3. Float Interferen (*IF = Interferent Float*)

Float interferen adalah selisih waktu antara float total dengan float bebas.

$$IF = TF - FF$$

(Modul Ajar Manajemen Konstruksi 1, th.2002, hal.112)

Arti dari float interferen adalah bila suatu kegiatan menggunakan sebagian dari IF (sisa waktu sebagai akibat selisih float total dan float bebas) sehingga kegiatan nonkritis berikutnya pada jalur tersebut perlu dijadwalkan lagi (digeser) meskipun tidak sampai mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

2.2.4 Lintasan Kritis

Identifikasi lintasan kritis:

- Lintasan terpanjang
- Nilai $EET = LET$
- Nilai *Total Float* = Nilai *Free Flot* = 0

2.3 PRECEDEN DIAGRAM METHOD (PDM)

2.3.1 Kegiatan, Peristiwa dan Atribut

Preceden Diagram Method (PDM) adalah jaringan kerja yang termasuk klasifikasi *Activity on Node* (AON). Kegiatan dan peristiwa pada PDM ditulis dalam node yang berbentuk segi empat, sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan. Adapun peristiwa merupakan ujung-ujung kegiatan. Setiap node mempunyai dua peristiwa yaitu peristiwa awal dan akhir. Ruang dalam node dibagi menjadi kompartemen-kompartemen kecil yang berisi keterangan spesifik dari kegiatan dan peristiwa yang bersangkutan dan dinamakan atribut. Beberapa atribut yang sering dicantumkan di antaranya adalah kurun waktu kegiatan (D), identitas kegiatan (nomor dan nama), mulai dan selesainya kegiatan (ES, LS, EF, LF dan lain-lain).

Nomor Urut			
ES	Nama kegiatan	Kurun waktu (D)	EF
-			-
LS	(tanggal)	(tanggal)	LF

Gambar II-6 Denah yang lazim pada node PDM

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.242)

2.3.2 Konstrain, Lead dan Lag

Konstrain menunjukkan hubungan antar kegiatan dengan satu garis dari node terdahulu ke node berikutnya. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node. Karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F), maka 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) dan satuan waktu adalah hari, maka penjelasan lebih lanjut adalah sebagai berikut:

1. Konstrain Selesai ke Mulai – FS

Konstrain ini memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai $FS(i-j) = a$ yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai. Proyek selalu menginginkan besar angka a sama dengan 0 kecuali bila dijumpai hal-hal tertentu, misalnya:

- akibat iklim yang tak dapat dicegah;
- proses kimia atau fisika seperti waktu pengeringan adukan semen;
- mengurus perizinan.

Jenis konstrain ini identik dengan kaidah utama jaringan kerja CPM, yaitu suatu kegiatan dapat mulai bila kegiatan yang mendahuluinya (*predecessor*) telah selesai.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.243)

2. Konstrain Mulai ke Mulai – SS

Memberikan penjelasan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Atau $SS(i-j) = b$ yang berarti suatu kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan (j) boleh mulai. Atau kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar angka b tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu, karena per definisi b adalah sebagian dari kurun waktu kegiatan terdahulu. Jadi di sini terjadi kegiatan tumpang tindih.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.243)

3. Konstrain Selesai ke Selesai – FF

Memberikan penjelasan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Atau $FF(i-j) = c$ yang berarti suatu kegiatan (j) 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).

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.243)

4. Konstrain Mulai ke Selesai – SF

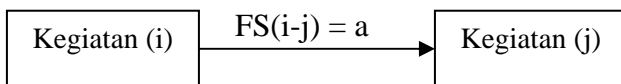
Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan $SF(i-j) = d$, yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai. Jadi dalam hal ini sebagian dari porsi kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan yang dimaksud boleh diselesaikan.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.243)

2.3.3 Tanda Konstrain dalam Jaringan Kerja

Gambar II-7a memperlihatkan penulisan konstrain pada PDM, yaitu dicantumkan di atas anak panah yang menghubungkan dua kegiatan. Kadang-kadang dijumpai satu kegiatan memiliki hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan seperti ditunjukkan oleh Gambar II-7b atau suatu multikonstrain, yaitu dua kegiatan dihubungkan oleh lebih dari satu konstrain seperti pada Gambar II-7c.

Konstrain FS



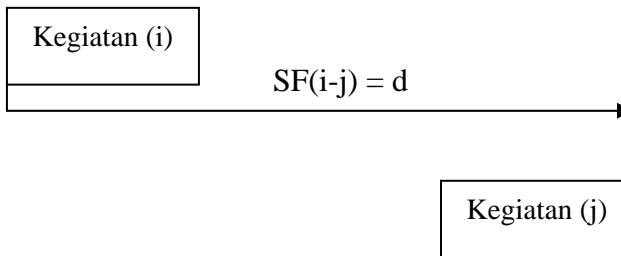
Konstrain SS



Konstrain FF



Konstrain SF



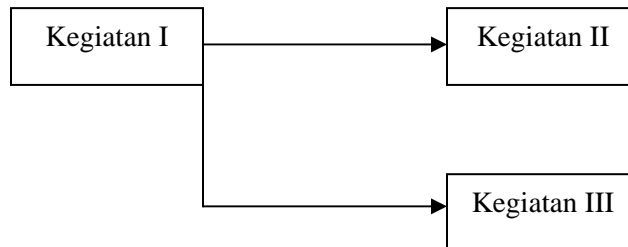
Catatan :

b dan d disebut *lead time*

a dan c disebut *lag time*

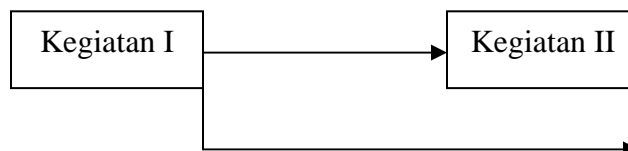
Gambar II-7a Konstrain pada PDM

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.244)



Gambar II-7b Satu kegiatan mempunyai hubungan konstrain dengan lebih dari satu kegiatan yang berbeda

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.244)



Gambar II-7c Multikonstrain antar kegiatan

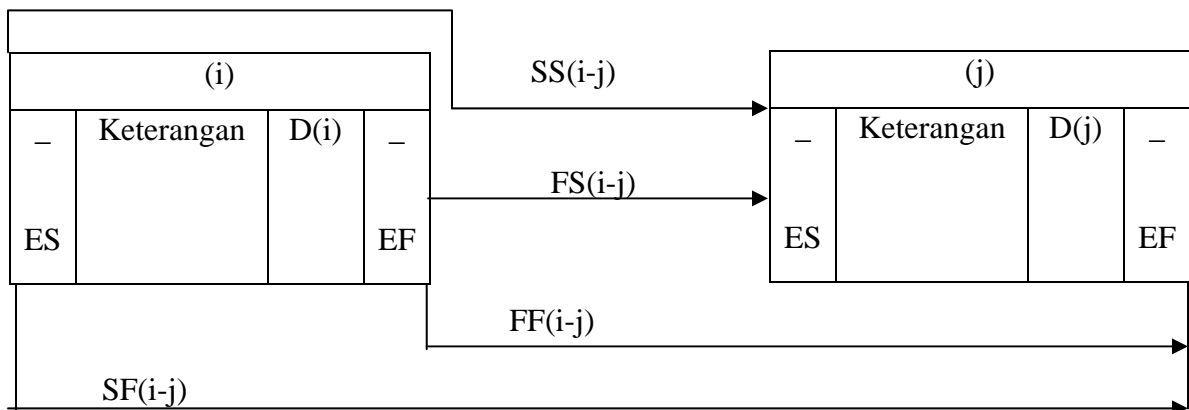
Jadi dalam menyusun jaringan PDM, khususnya menentukan urutan ketergantungan, mengingat adanya bermacam konstrain di atas, maka lebih banyak faktor harus diperhatikan dibandingkan CPM. Faktor ini dapat dikaji misalkan dengan menjawab berbagai pertanyaan seperti:

- Kegiatan mana boleh mulai, sesudah kegiatan tertentu A selesai, berapa lama jarak waktu antara selesainya kegiatan A dengan mulainya kegiatan berikutnya.
- Kegiatan mana harus diselesaikan, sebelum kegiatan tertentu B boleh mulai, dan berapa lama tenggang waktunya.
- Kegiatan mana harus mulai sesudah kegiatan tertentu C mulai dan berapa lama jarak waktunya.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.244)

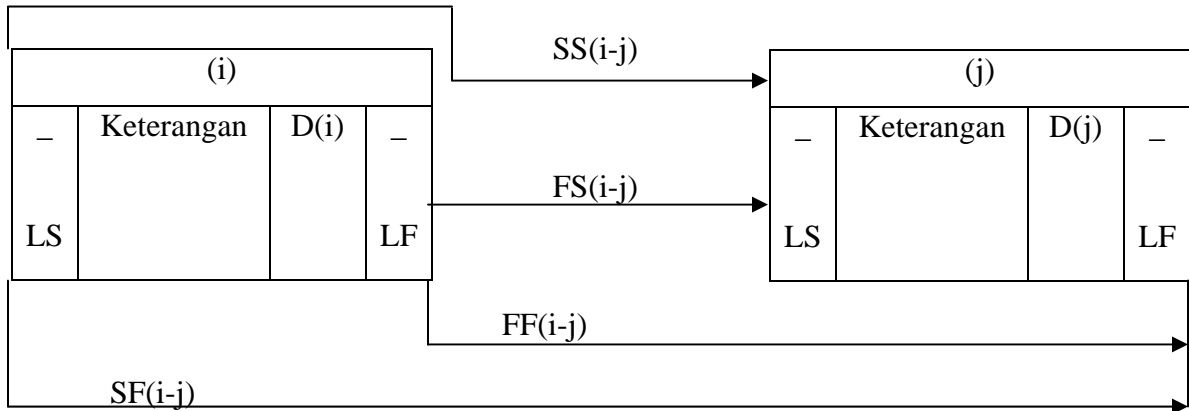
2.3.4 Identifikasi Jalur Kritis

Dengan adanya parameter yang bertambah banyak, perhitungan untuk mengidentifikasi kegiatan dan jalur kritis akan lebih kompleks karena makin banyak faktor yang perlu diperhatikan. Untuk maksud tersebut, dikerjakan analisis serupa dengan metode AOA/CPM, dengan memperhatikan konstrain yang terkait, seperti terlihat pada Gambar II-5a/b.



Gambar II-8a Menghitung ES dan EF

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.246)



Gambar II-8b Menghitung LS dan LF

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.246)

1. Hitungan Maju

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menghasilkan ES, EF dan kurun waktu penyelesaian proyek.
 - Diambil angka ES terbesar bila lebih satu kegiatan bergabung.
 - Notasi (i) bagi kegiatan terdahulu (*predecessor*) dan (j) kegiatan yang sedang ditinjau.
 - Waktu awal dianggap nol.
- a) Waktu mulai paling awal dari kegiatan yang sedang ditinjau $ES(j)$, adalah sama dengan angka terbesar dari jumlah angka kegiatan terdahulu $ES(i)$ atau $EF(i)$ ditambah konstrain yang bersangkutan. Karena terdapat empat konstrain, maka bila ditulis dengan rumus menjadi:

$$ES(j) = \left| \begin{array}{l} \text{Pilih angka terbesar dari} \\ \text{ } \end{array} \right| \left| \begin{array}{l} ES(i) + SS(i-j) \text{ atau} \\ ES(i) + SF(i-j) - D(j) \text{ atau} \\ EF(i) + FS(i-j) \text{ atau} \\ EF(i) + FF(i-j) - D(j) \end{array} \right|$$

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.246)

- b) Angka waktu selesai paling awal kegiatan yang sedang ditinjau $EF(j)$, adalah sama dengan angka waktu mulai paling awal kegiatan tersebut $ES(j)$, ditambah kurun waktu kegiatan yang bersangkutan $D(j)$. Atau ditulis dengan rumus, menjadi: $EF(j) = ES(j) + D(j)$

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.247)

2. Hitungan Mundur

Berlaku dan ditujukan untuk hal-hal berikut:

- Menentukan LS, LF dan kurun waktu *float*.
 - Bila lebih dari satu kegiatan bergabung diambil angka LS terkecil.
 - Notasi (i) bagi kegiatan yang sedang ditinjau sedangkan (j) adalah kegiatan berikutnya.
- a) Hitung LF(i), waktu selesai paling akhir kegiatan (i) yang sedang ditinjau, yang merupakan angka terkecil dari jumlah kegiatan LS dan LF plus konstrain yang bersangkutan.

$$LF(i) = \left| \begin{array}{l} \text{Pilih angka terkecil dari} \\ \text{LF}(j) - FF(i-j) \text{ atau} \\ \text{LS}(j) - FS(i-j) \text{ atau} \\ \text{LF}(j) - SF(i-j) + D(i) \text{ atau} \\ \text{LS}(j) - SS(i-j) + D(j) \end{array} \right.$$

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.247)

- b) Waktu mulai paling akhir kegiatan yang sedang ditinjau $LS(i)$, adalah sama dengan waktu selesai paling akhir kegiatan tersebut $LF(i)$, dikurangi kurun waktu yang bersangkutan. Atau: $LS(i) = LF(i) - D(i)$

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.247)

3. Jalur dan Kegiatan Kritis

Jalur dan kegiatan kritis PDM mempunyai sifat sama seperti CPM/AOA, yaitu:

- Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama $ES = LS$
- Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama $EF = LF$
- Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal $LF - ES = D$
- Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.247)

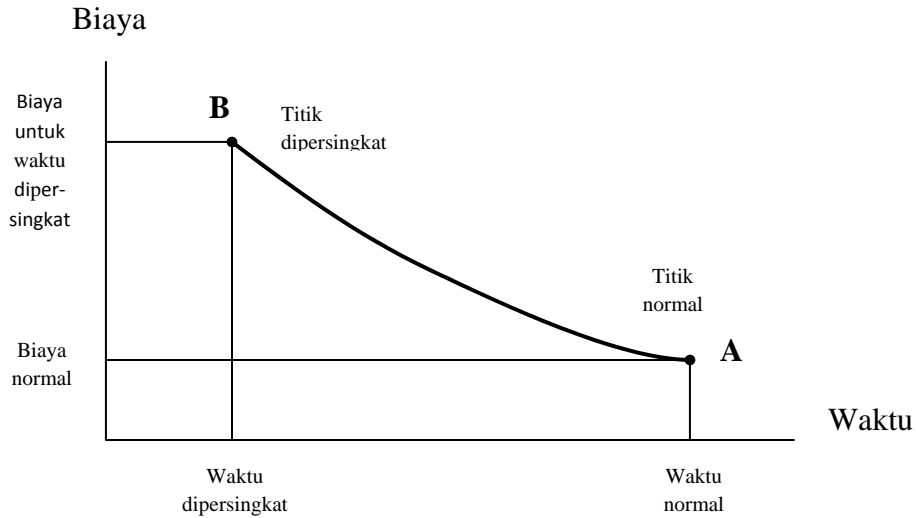
2.4 OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA

2.4.1 Terminologi dan Rumus Perhitungan

Untuk menganalisis hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi berikut:

- Kurun waktu normal: Adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi di luar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan yang lebih canggih.
- Biaya normal: Adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
- Kurun waktu dipersingkat (*crash time*): Adalah waktu tersingkat untuk menyelesaikan suatu kegiatan yang secara teknis masih mungkin. Di sini dianggap sumber daya bukan merupakan hambatan.
- Biaya untuk waktu dipersingkat: Adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.214)



Gambar II-9 Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.214)

Hubungan antara waktu dan biaya digambarkan seperti pada grafik di Gambar II-6. Titik A menunjukkan titik normal, sedangkan B adalah titik dipersingkat. Garis yang menghubungkan titik A dengan B disebut kurva waktu-biaya. Pada umumnya garis ini dapat dianggap sebagai garis lurus, bila tidak (misalnya cekung) maka diadakan perhitungan per segmen yang terdiri dari beberapa garis lurus. Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya suatu kegiatan, artinya dengan mengetahui berapa slope atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari dengan rumus:

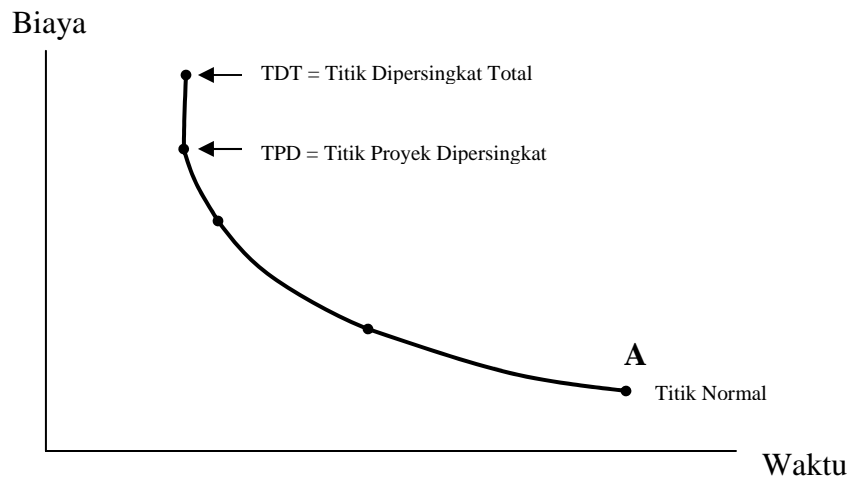
$$\text{Slope biaya} = \frac{\text{Biaya dipersingkat} - \text{Biaya normal}}{\text{Waktu normal} - \text{Waktu dipersingkat}}$$

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.214)

TPD dan TDT Proyek

Sebelumnya telah dibahas bagaimana mekanisme mempersingkat waktu dan hubungannya terhadap biaya bagi suatu kegiatan. Hal serupa berlaku bagi proyek, karena proyek adalah kumpulan dari sejumlah kegiatan. Untuk maksud tersebut, dimulai dengan

menentukan titik awal, yaitu titik yang menunjukkan waktu dan biaya normal proyek. Titik ini dihasilkan dari menjumlahkan biaya normal masing-masing kegiatan komponen proyek. Pada Gambar II-6, titik A merupakan titik normal. Dari titik awal ini kemudian dilakukan langkah-langkah mempersingkat waktu dengan pertama-tama terhadap kegiatan kritis. Pada setiap langkah, tambahan biaya untuk memperpendek waktu terlihat pada slope biaya kegiatan yang dipercepat. Dengan menambahkan biaya tersebut, maka pada setiap langkah akan dihasilkan jumlah biaya proyek baru sesuai dengan kurun waktunya. Hal ini ditunjukkan dengan adanya titik-titik yang memperlihatkan hubungan baru antara waktu dan biaya, seperti terlihat pada Gambar II-7. Bila langkah mempersingkat waktu diteruskan, akan menghasilkan titik-titik baru yang jika dihubungkan berbentuk garis-garis putus yang melengkung ke atas (cekung), yang akhirnya langkah tersebut sampai pada titik proyek dipersingkat (TPD) atau *project crash-point*. Titik ini merupakan batas maksimum waktu proyek dapat dipersingkat. Pada TPD ini mungkin masih terdapat beberapa kegiatan komponen proyek yang belum dipersingkat waktunya, dan bila ingin dipersingkat juga (berarti mempersingkat waktu semua kegiatan proyek yang secara teknis dapat dipersingkat), maka akan menaikkan total biaya proyek tanpa adanya pengurangan waktu. Titik tersebut dinamakan titik dipersingkat total (TDT) atau *all crash-point*.

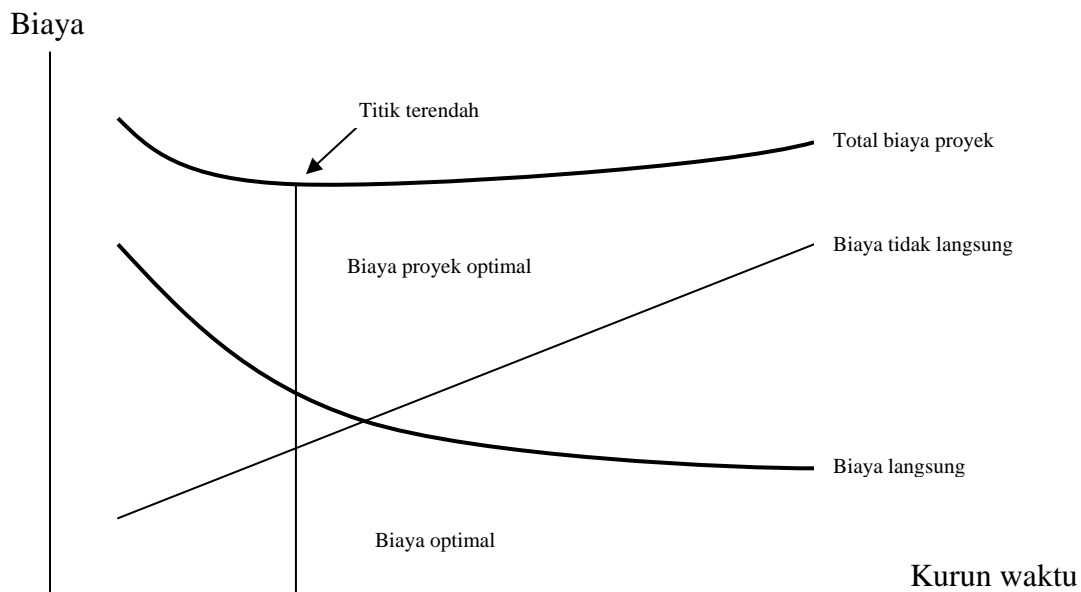


Gambar II-10 Titik normal TPD dan TDT

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.215)

2.4.2 Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya proyek terdiri dari biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Sedangkan biaya tidak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervise, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Jadi total biaya proyek adalah jumlah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Grafik yang terdapat pada Gambar II-8 menunjukkan hubungan ketiga macam biaya tersebut. Terlihat bahwa biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



Gambar II-11 Grafik hubungan biaya total, langsung, tidak langsung, dan optimal

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.219)

Ringkasan Prosedur Mempersingkat Waktu

- Menghitung waktu penyelesaian proyek dan identifikasi float, memakai kurun waktu normal.
- Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
- Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
- Menghitung slope biaya masing-masing komponen kegiatan.
- Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai slope biaya terendah.
- Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya float yang mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutan untuk memperkecil biaya.
- Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
- Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik TPD.
- Buat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik dan hubungkan titik normal (biaya dan waktu normal), titik-titik yang terbentuk setiap kali mempersingkat kegiatan, sampai dengan titik TPD.
- Hitung biaya tidak langsung proyek, dan gambarkan pada kertas grafik di atas.
- Jumlahkan biaya langsung dan tidak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu yang diinginkan.
- Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

(Manajemen Proyek, Iman Soeharto, th.1995, hal.219-220)