Pertemuan ke 14
MEMPERSINGKAT WAKTU PROYEK

14.1 TERMINOLOGI DAN RUMUS PERHITUNGAN

Untuk dapat menganalisis bagaimana mempersingkat waktu proyek, perlu diketahui bagaimana hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan. Beberapa definisi yang dapat dipakai sebagai berikut:

a. Kurun waktu normal
   Adalah kurun waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai dengan cara efesiensi tetapi di luar pertimbangan adanya kerja lembur dan usaha-usaha khusus lainnya, seperti menyewa peralatan canggih.
b. Biaya normal
   Adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan kurun waktu normal.
c. 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.
d. Biaya untuk waktu dipersingkat (crash cost)
   Adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan kurun waktu tersingkat.

Seandainya diketahui bentuk kurva waktu-biaya sutau kegiatan, artinya dengan mengetahui berapa slope atau sudut kemiringannya, maka bisa dihitung berapa besar biaya untuk mempersingkat waktu satu hari dengan rumus:

$$Slope\ \ Biaya = \frac{Biaya\ \ diper\ \sin\ gkat - Biaya\ \ normal}{Waktu\ \ normal - Waktu\ \ diper\ \sin\ gkat}$$

14.2 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.

Pada setiap langkah, tambahan biaya untuk memperpendek waktu terlihat pada slope biaya kegiatan yang dipercepat. Dengan

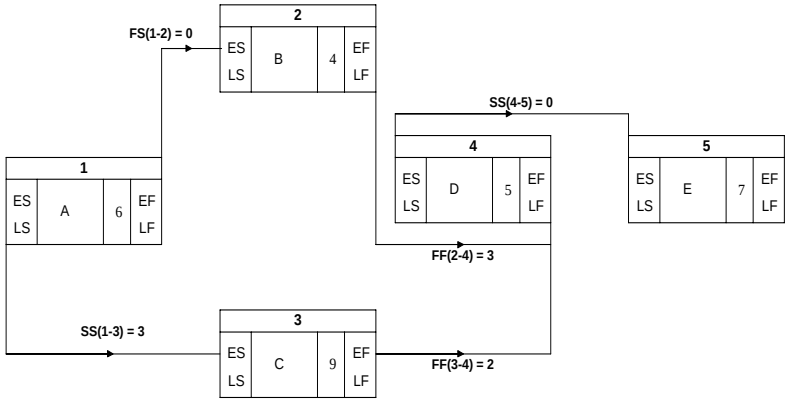
menambahkan biaya tersebut, maka pada setiap langkah akan dihasilkan jumlah biaya proyek yang baru sesuai dengan kurun waktunya.Titik proyek dipersingkat (TPD) atau *project crash-point* merupakan batas batas maksimum waktu proyek dapat dipersingkat. Pada TPD ini mungkin masih terdapat beberapa kegiatan 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 crash-point.

14.3 Prosedur Mempersingkat Waktu Proyek

Dari uraian di atas, maka garis besar prosedur mempersingkat waktu adalah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dan identifikasi float dengan CPM / PERT / PDM.
2. Menentukan biaya normal masing-masing kegiatan.
3. Menentukan biaya dipercepat masing-masing kegiatan.
4. Menentukan slope biaya masing-masing komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai kegiatan kritis yang mempunyai slope biaya terendah.
6. Setiap kali selesai mempercepat kegiatan, teliti kemungkinan adanya float yang mungkin dapat dipakai untuk mengulur waktu kegiatan yang bersangkutn untuk memperkecil biaya.
7. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepat kegitan-kegiatan kritis yasng mempunyai kombinasi slope biya terendah.
8. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik TPD.
9. 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-titik TPD.
10. Hitung biaya tidak langsung proyek, dan gambarkan pada kertas grafik.
11. Jumlahkan biaya langsung dan tak langsung untuk mencari biaya total sebelum kurun waktu diinginkan.
12. Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

14.4 Contoh



Gambar 14.1 : Hubungan Antar Kegiatan dalam PDM

Langkah awal adalah menentukan jalur kritis dan waktu penyelesaian proyek dilakukan perhitungan PDM sebagai berikut ;

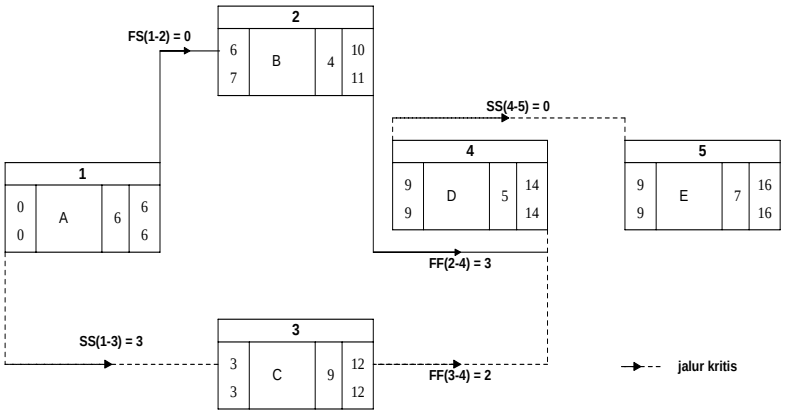
Hitungan Maju

- Kegiatan A : ES(1) = 0
  EF(1) = 0 + 6 = 6
- Kegiatan B : ES(2) = 6 + 0 = 6
  EF(2) = 6 + 4 = 10
- Kegiatan C : ES(3) = 0 + 3 = 3
  EF(3) = 3 + 9 =12
- Kegiatan D : ES(4) = 10 + 3 - 5 = 8
  = 12 + 2 - 5 = $\underline{9}$
  EF(4) = 9 + 5 = 14
- Kegiatan E : ES(5) = 9 + 0 = 9
  EF(5) = 9 +7 =16

Hitungan Mundur

- Kegiatan E : LF(5) = 16
  LS(5) = 9
- Kegiatan D : LF(4) = 9 - 0 + 5 =14
  LS(4) = 14 - 5 = 9
- Kegiatan C : LF(3) = 14 - 2 = 12
  LS(3) = 12 - 9 = 3
- Kegiatan B : LF(2) = 14 - 3 = 11
  LS(2) = 11 - 4 = 7
- Kegiatan A : LF(1) = 7 - 0 = 7
  = 3 - 3 + 6 = $\underline{6}$
  LS(1) = 6 - 6 = 0 (OK!)

Setelah hitungan maju dan hitungan mundur dilakukan, maka ES, EF, LS, dan LF diisikan pada diagram yang hasilnya seperti gambar 3.2. Dari gambar tersebut tampak jalur kritisnya adalah A - SS(1-3) - C - FF(3-4) - D - SS(4-5) - E dan mempunyai waktu penyelesaian proyek = 0 + 3 + 9 + 2 - 5 + 0 + 7 = 16 hari.



Gambar 14.2 : Hasil hitungan maju dan hitungan mundur

14.4.1 Menentukan Slope Biaya

Untuk menentukan slope biaya maka harus diketahui berapa waktu yang dipersingkat dan berapa pula biaya yang dikeluarkan untuk mempersingkat waktu tersebut. Jika proyek tersebut, masing-masing kegiatannya akan direncanakan mempunyai waktu dipersingkat dan biaya dipersingkat seperti pada tabel 3.2, maka slope biaya untuk masing-masing kegiatan dapat diperhitungkan sebagai berikut ;

Tabel 14.1 : Waktu dipersingkat dan biaya dipersingkat

Kegiatan	Durasi (hari)		Biaya ($\times 10^3$ rupiah)		Slope Biaya
	Normal	Dipersingkat	Normal	Dipersingkat	($\times 10^3$ rupiah)
A	6	4	400	460	30
B	4	3	350	370	20
C	9	6	600	750	50
D	5	3	350	400	25
E	7	5	470	550	40
		Total	2170	2530	

Menghitung slope biaya untuk kegiatan A

$$Slope\ biaya = \frac{Biaya\ diper\sin gkat - Biaya\ normal}{Waktu\ normal - Waktu\ diper\sin gkat}$$

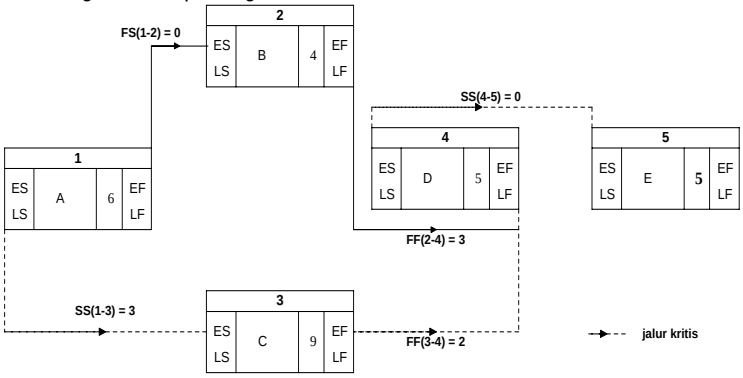
$$Slope\ biaya\ kegia \tan A = \frac{460 - 400}{6 - 4} = \frac{60}{2} = 30\ ribu\ rupiah\ perhari$$

Dengan cara yang sama, maka akan didapat slope biaya untuk kegiatan B, C, D, dan E.

14.4.2 Analisis mempersingkat komponen proyek.

Dari hasil analisis PDM sebelumnya, diketahui bahwa kurun waktu penyelesaian proyek dalam posisi normal (tanpa dipersingkat) adalah 16 hari dan total biaya proyek adalah Rp 2.170.000,00. Untuk selanjutnya akan dianalisis berapa waktu penyelesaian seluruh proyek dan kegiatan-kegiatan manakah yang mungkin dipersingkat waktunya, jika akan direncanakan setiap kegiatan durasinya dipersingkat. Untuk mempermudah analisis, kegiatan yang dipersingkat dimulai dari kegiatan paling akhir yaitu kegiatan E.

- *Kegiatan E dipersingkat 2 hari*



Gambar 14.3 : Durasi kegiatan E dirubah menjadi 5 hari

Waktu penyelesaian proyek

= 0+SS(1-3)+D(3)+FF(3-4)-D(4)+SS(4-5)+D(5)

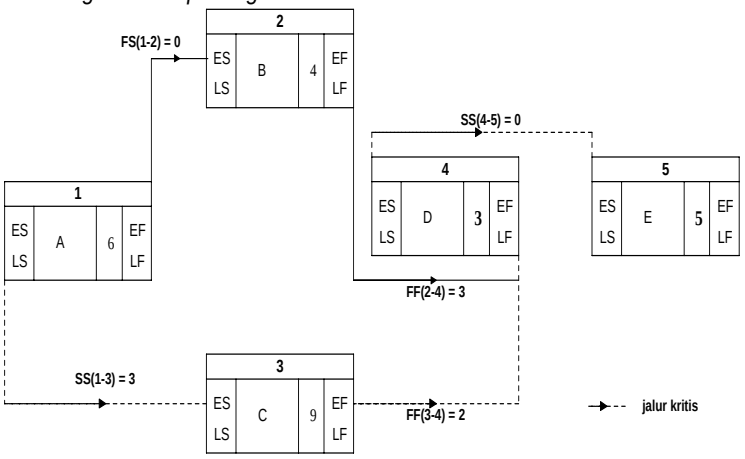
= 0 + 3 + 9 + 2 - 5 + 0 + 5 = 14 hari

Biaya total dipersingkat

= biaya total keadaan normal + (2 $\times$ slope kegiatan E)

= 2170 + 2$\times$40 = 2250 ($\times 10^3$ rupiah)

- *Kegiatan D dipersingkat 2 hari*



Gambar 14.4 : Durasi kegiatan D dirubah menjadi 3 hari

Waktu penyelesaian proyek

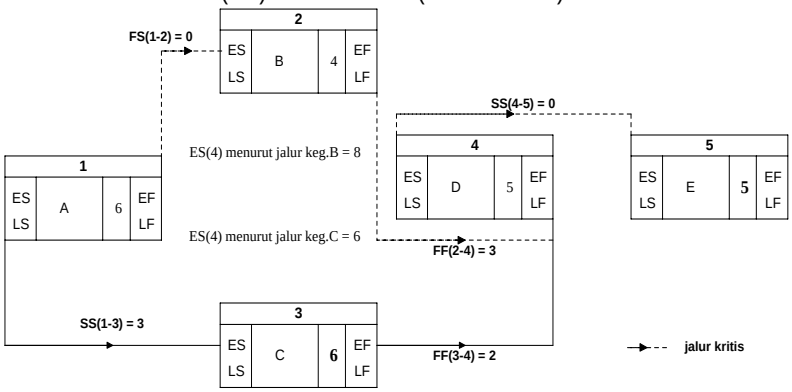
= 0+SS(1-3)+D(3)+FF(3-4)-D(4)+SS(4-5)+D(5)

= 0 + 3 + 9 + 2 - 3 + 0 + 5 = 16 hari

Karena waktu penyelesaian proyek tidak berkurang melainkan bertambah banyak, maka kegiatan D tidak perlu dipersingkat.

- *Kegiatan C dipersingkat 3 hari*

Konstrain FF(3-4) = 20% $\times$ 6 = 2 (tidak berubah)



Gambar 14.5 : Durasi kegiatan C dirubah menjadi 6 hari

Perlu diperhatikan antara kegiatan C dan kegiatan B, jika durasi kegiatannya dirubah. Karena kedua kegiatan tersebut mempengaruhi jalur kritis yang terjadi dan kurun waktu penyelesaian proyek. Jika kegiatan C dipersingkat menjadi 6 hari dan kegiatan B tidak dipersingkat, maka;

ES(4) = 0 + SS(1-3) + D(3) + FF(3-4) - D(4) = 0 + 3 + 6 + 2 - 5 = 6 (menurut jalur keg.C)

ES(4) = 0 + D(1) + FS(1-2) + D(2) + FF(2-4) - D(4) = 0 + 6 + 0 + 4 + 3 - 5 = 8 (menurut jalur keg.C)

Karena ES(4) menurut jalur keg.B lebih besar daripada ES(4) menurut jalur keg.C maka jalur kritis pasti akan melalui kegiatan B. Dengan demikian kegiatan C bukan lagi termasuk dalam jalur kritis. Dan waktu penyelesaian proyeknya adalah

= 0 + D(1) + FS(1-2) + D(2) + FF(2-4) - D(4) + SS(4-5) + D(5)

= 0 + 6 + 0 + 4 + 3 - 5 + 0 + 5 = 13 hari

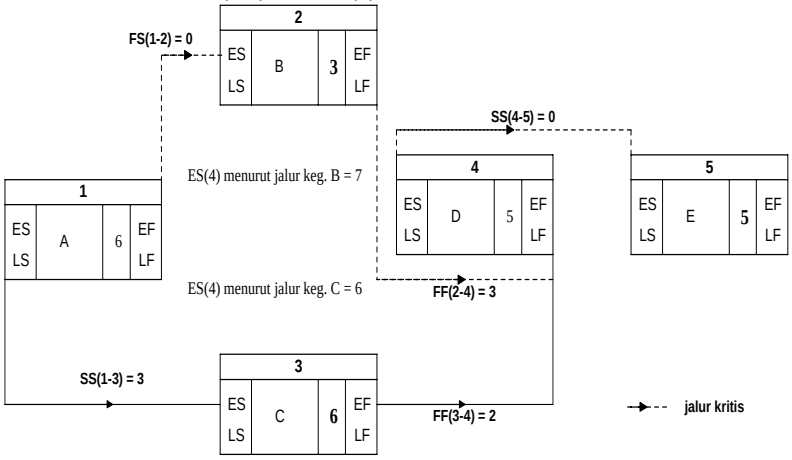
Biaya total dipersingkat

= biaya total jk keg.E dipersingkat + (3 $\times$ slope keg.C)

= 2250 + 3$\times$50 = 2400 ($\times 10^3$ rupiah)

- *Kegiatan B dipersingkat 1 hari*

  Konstrain FF(2-4) = 75%$\times$(3) $\approx$ 3



Gambar 14.6 : Durasi kegiatan B dirubah menjadi 3 hari

Untuk mengetahui apakah kegiatan B masih bersifat kritis atau tidak apabila durasinya dipersingkat menjadi 3 hari, maka harus diketahui dulu berapa nilai ES(4).

ES(4) = 0 + SS(1-3) + D(3) + FF(3-4) - D(4) = 0 + 3 + 6 + 2 - 5 = 6 (menurut jalur kegiatan C)

ES(4) = 0 + D(1) + FS(1-2) + D(2) + FF(2-4) - D(4) = 0 + 6 + 0 + 3 + 3 - 5 = 7 (menurut jalur kegiatan C)

Karena ES(4) menurut jalur keg.B masih **lebih besar** daripada ES(4) menurut jalur keg.C maka kegiatan B masih bersifat kritis. Dan waktu penyelesaian proyeknya adalah

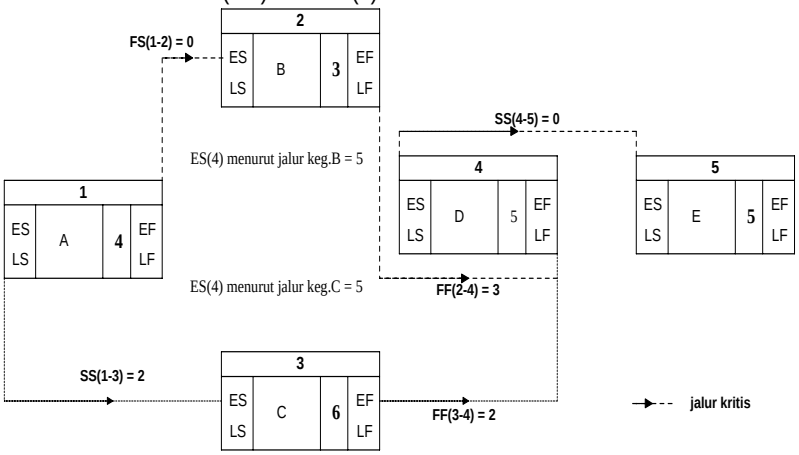
= 0 + D(1) + FS(1-2) + D(2) + FF(2-4) - D(4) + SS(4-5) + D(5)

= 0 + 6 + 0 + 3 + 3 - 5 + 0 + 5 = 12 hari

Biaya total dipersingkat = biaya total jk keg.C&E dipersingkat + (1 × slope keg.B) = 2400 + 20 = 2420 ($\times 10^3$ rupiah)

- *Kegiatan A dipersingkat 2 hari*

  Konstrain SS(1-3) = 50%×(4) = 2



Gambar 14.7 : Durasi kegiatan A dirubah menjadi 4 hari

Waktu penyelesaian proyek

= 0 + D(1) + FS(1-2) + D(2) + FF(2-4) - D(4) + SS(4-5) + D(5)

= 0 + 4 + 0 + 3 + 3 - 5 + 0 + 5 = 10 hari

Biaya total dipersingkat = biaya total keg.B,C&E dipersingkat + (2 × slope keg.A) = 2420 + 2×30 = 2480 ($\times 10^3$ rupiah)

Jadi kegiatan yang mungkin dapat dipersingkat durasinya adalah kegiatan E, B, C, dan A. Hasil analisis tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 14.2 : Mempersingkat kegiatan

Kegiatan yang direncanakan akan dipersingkat	Waktu proyek (hari)	Biaya Proyek ($\times 10^3$ rupiah)
Normal	16	2170
E dipersingkat 2 hari	14	2250
D dipersingkat 2 hari	16	tidak mungkin
C dipersingkat 3 hari	13	2400
B dipersingkat 1 hari	12	2420
A dipersingkat 2 hari	10	2480

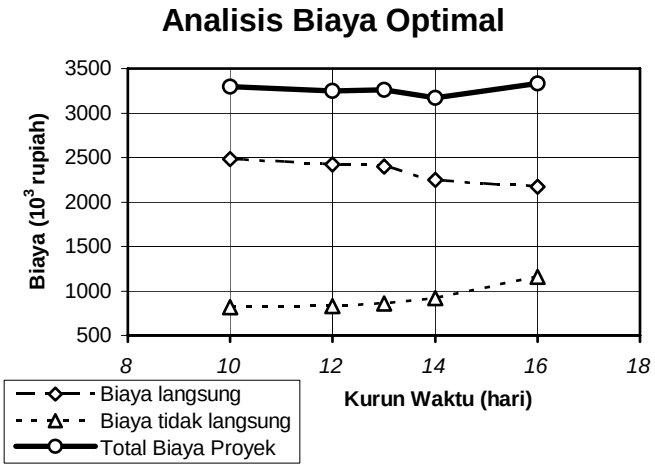
14.4.3 Analisis Biaya Optimal

Biaya-biaya dipersingkat tersebut merupakan biaya langsung (direct cost), yang semakin dipersingkat waktu penyelesaian proyeknya maka semakin tinggi pula biaya langsung yang dikeluarkan. Pada kenyataannya biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah dengan biaya tidak langsung (indirect cost). Pada umumnya biaya tidak langsung akan semakin mengecil jika waktu penyelesaian proyek dipersingkat, meskipun biaya tidak langsung sulit diperhitungkan dengan rumus tertentu.

Untuk mendapatkan kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya yang optimal, maka harus diperhitungkan pula biaya tidak langsung ini. Pada tabel 14.3 diperlihatkan besarnya kenaikan biaya tidak langsung terhadap lamanya proyek, dan total biaya proyek merupakan jumlah dari biaya langsung dan tidak langsung. Kemudian hubungan biaya-biaya proyek tersebut diplot pada grafik yang hasilnya tampak pada gambar 14.8.

Tabel 14.3 : Total biaya proyek

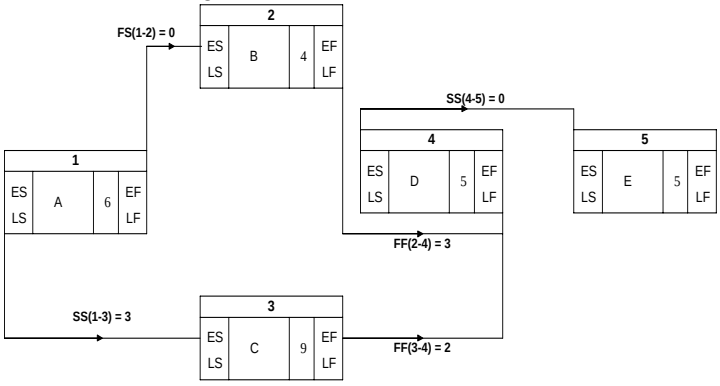
Waktu (hari)	Biaya langsung ($\times 10^3$ rupiah)	Biaya tidak langsung ($\times 10^3$ rupiah)	Total Biaya Proyek ($\times 10^3$ rupiah)
10	2480	815	3295
12	2420	830	3250
13	2400	860	3260
14	2250	920	3170
16	2170	1160	3330



Gambar 14.8 : Grafik hubungan biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total

Dari grafik terlihat bahwa waktu mempersingkat penyelesaian proyek dengan biaya optimal adalah selama 14 hari. Dengan demikian maka kegiatan yang dapat dipersingkat waktunya adalah kegiatan E.

14.4.4 Analisis ulang PDM untuk menentukan ES, EF, LS, dan LF



Gambar 14.9 : Analisis ulang PDM jika kegiatan E dirubah durasinya menjadi 5 hari

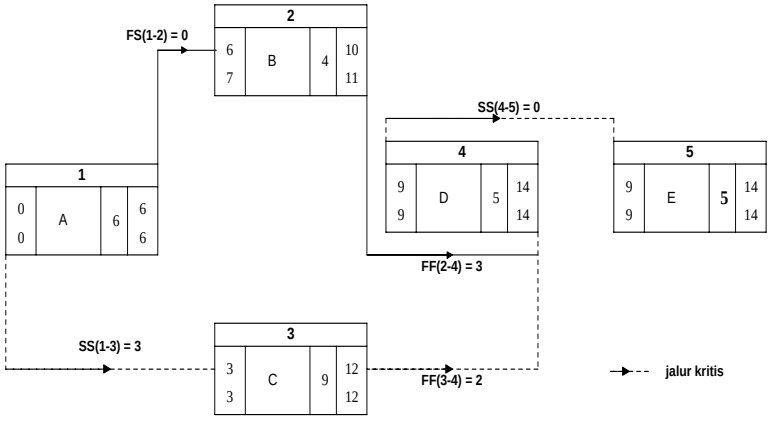
Hitungan Maju

- Kegiatan A : ES(1) = 0
  EF(1) = 0 + 6 = 6
- Kegiatan B : ES(2) = 6 + 0 = 6
  EF(2) = 6 + 3 = 9
- Kegiatan C : ES(3) = 0 + 12 - 9 = 3
  EF(3) = 3 + 9 =12
- Kegiatan D : ES(4) = 9 + 3 - 5 = 7
  = 12 + 2 - 5 = 9
  EF(4) = 9 + 5 = 14
- Kegiatan E : ES(5) = 9 + 0 = 9
  EF(5) = 9 +5 =14

Hitungan Mundur

- Kegiatan E : LF(5) = 14
  LS(5) = 9
- Kegiatan D : LF(4) = 9 - 0 + 5 =14
  LS(4) = 14 - 5 = 9
- Kegiatan C : LF(3) = 14 - 2 = 12
  LS(3) = 12 - 9 = 3
- Kegiatan B : LF(2) = 14 - 3 = 11
  LS(2) = 11 - 4 = 7
- Kegiatan A : LF(1) = 7 - 0 = 7
  = 12 - 12 + 6 = 6
  LS(1) = 6 - 6 = 0 (OK!)

Setelah hitungan maju dan hitungan mundur dilakukan, maka ES, EF, LS, dan LF diisikan pada diagram yang hasilnya seperti gambar 3.10. Dari gambar tersebut tampak jalur kritisnya adalah A - SS(1-3) - C - FF(3-4) - D - SS(4-5) - E dan mempunyai waktu penyelesaian proyek = 0 + 3 + 9 + 2 - 5 + 0 + 5 = 14 hari.



Gambar 14.10 : Hasil perhitungan ES, EF, LS, LF