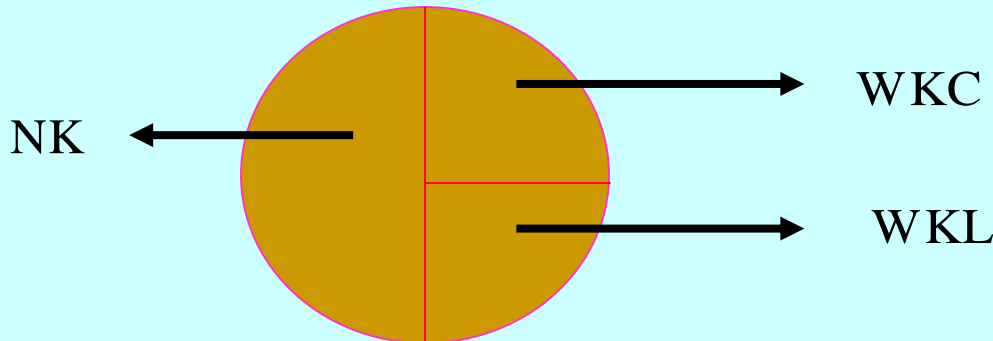


# Time Chart of Project

# Konsep Waktu

**Waktu Kejadian paling Cepat (WKC=TE, time earliest event)** untuk kejadian *i* adalah waktu paling cepat, dimana kejadian *i* terwujud sedemikian hingga semua hubungan sebelumnya yg relevan dengan kejadian *i* telah selesai dilaksanakan.

**Waktu Kejadian paling Lambat (WKL=TL, time latest event)** untuk kejadian *i* adalah waktu paling lambat, dimana kejadian *i* terwujud tanpa menunda penyelesaian proyek.



Dalam tiap diagram jaringan kerja, ada dua jenis waktu mengambang, yaitu :

(1). Waktu Mengambang Total (S, slack), yaitu waktu maksimum yg tersedia utk melaksanakan kegiatan (i,j) kurang waktu pelaksanaan kegiatan bersangkutan.

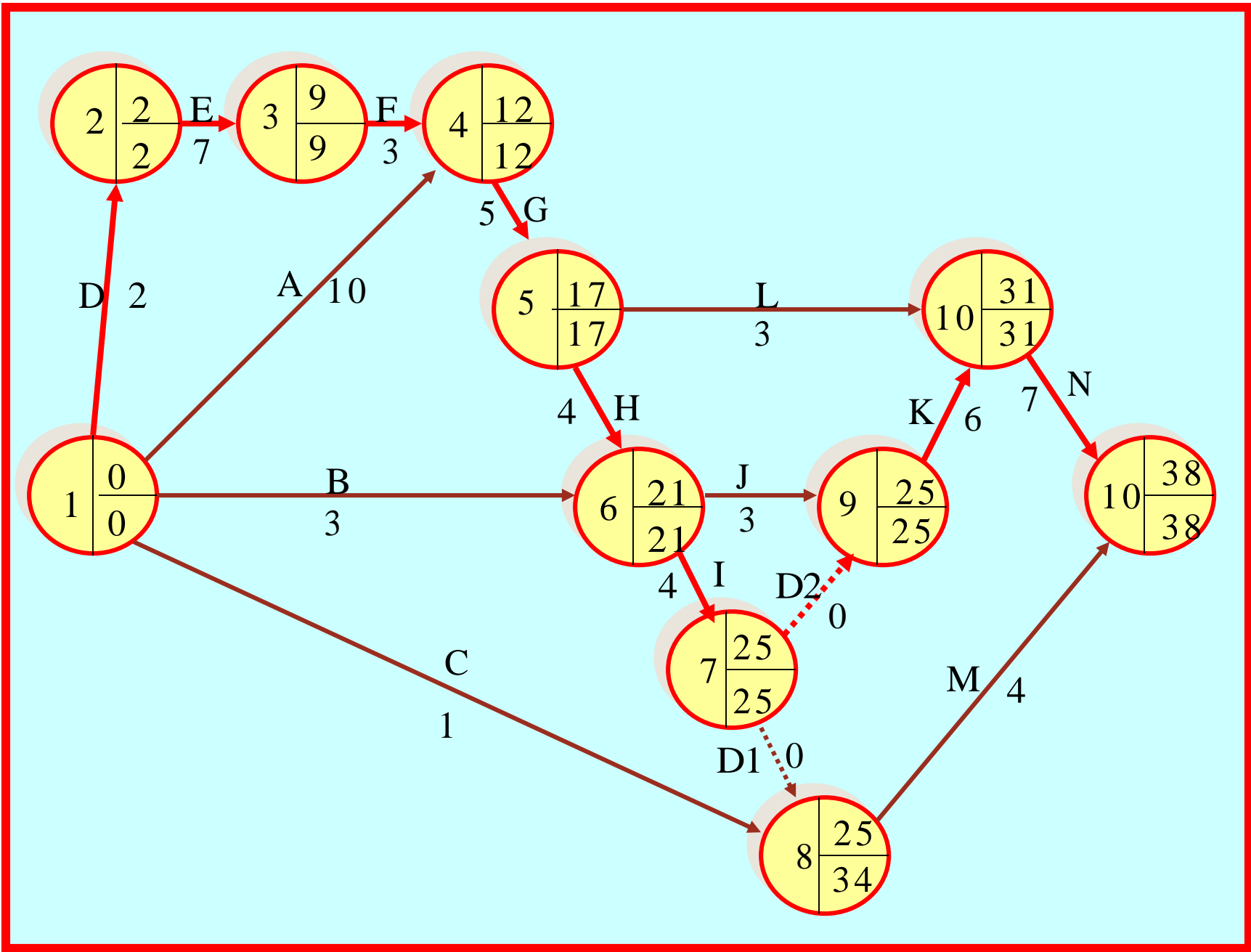
$$S_{ij} = TL_j - TE_i - t_{ij}$$

(2). Waktu Mengambang Bebas (SF, free slack) adalah selisih antara waktu yang tersedia utk kegiatan (i,j) dengan waktu pelaksanaan ( $W_{ij}$ ), asalkan kegiatan kegiatan dalam satu jalur hrs dimulai secepat mungkin.

$$SF_{ij} = TE_j - TE_i - t_{ij}$$

Tabel. Contoh Proyek rumah makan

Kegiatan	Kode Kegiatan	t	TE <sub>i</sub>	TL <sub>j</sub>	S	SF
A	(1,4)	10	0	12	2	2
B	(1,6)	3	0	21	18	18
C	(1,8)	1	0	34	33	24
D	(1,2)	2	0	2	0	0
E	(2,3)	7	2	9	0	0
F	(3,4)	3	9	12	0	0
G	(4,5)	5	12	17	0	0
H	(5,6)	4	17	21	0	0
I	(6,7)	4	21	25	0	0
J	(6,9)	3	21	25	1	1
D <sub>1</sub>	(7,8)	0	25	34	9	0
D <sub>2</sub>	(7,9)	0	25	25	0	0
K	(9,10)	6	35	31	0	0
L	(5,10)	3	17	31	11	11
M	(8,11)	4	25	38	9	9
N	(10,11)	7	31	38	0	0



Tabel. Waktu Mulai paling Cepat (WMC) dan Waktu Selesai paling Cepat (WSC)

Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Kegiatan	$\{WMC\}_{ij}$	$\{WSC\}_{ij}$
A	1,4	10	0	10
B	1,6	3	0	3
C	1,8	1	0	1
D	1,2	2	0	2
E	2,3	7	2	9
F	3,4	3	9	12
G	4,5	5	12	17
H	5,6	4	17	21
I	6,7	4	21	25
J	6,9	3	21	24
D <sub>1</sub>	7,8	0	25	25
D <sub>2</sub>	7,9	0	25	25
K	9,10	6	25	31
L	5,10	3	17	20
M	8,11	4	25	29
N	10,11	7	31	38





Tabel. WML(waktu mulai paling lambat) dan WSL (waktu selesai paling lambat)  
 Proyek Rumah Makan

Kegiatan	Kode Kegiatan	Waktu Kegiatan	{WML} <sub>ij</sub>	{WSL} <sub>ij</sub>
A	1,4	10	2	12
B	1,6	3	18 = 0+S	21
C	1,8	1	33 = 0+S	34
D	1,2	2	0	2
E	2,3	7	2	9
F	3,4	3	9	12
G	4,5	5	12	17
H	5,6	4	17	21
I	6,7	4	21	25
J	6,9	3	22=TE+S	25
D <sub>1</sub>	7,8	0	34=TE+S	34
D <sub>2</sub>	7,9	0	25	25
K	9,10	6	25	31
L	5,10	3	18=TE+S	31
M	8,11	4	34=TE+S	38
N	10,11	7	31	38

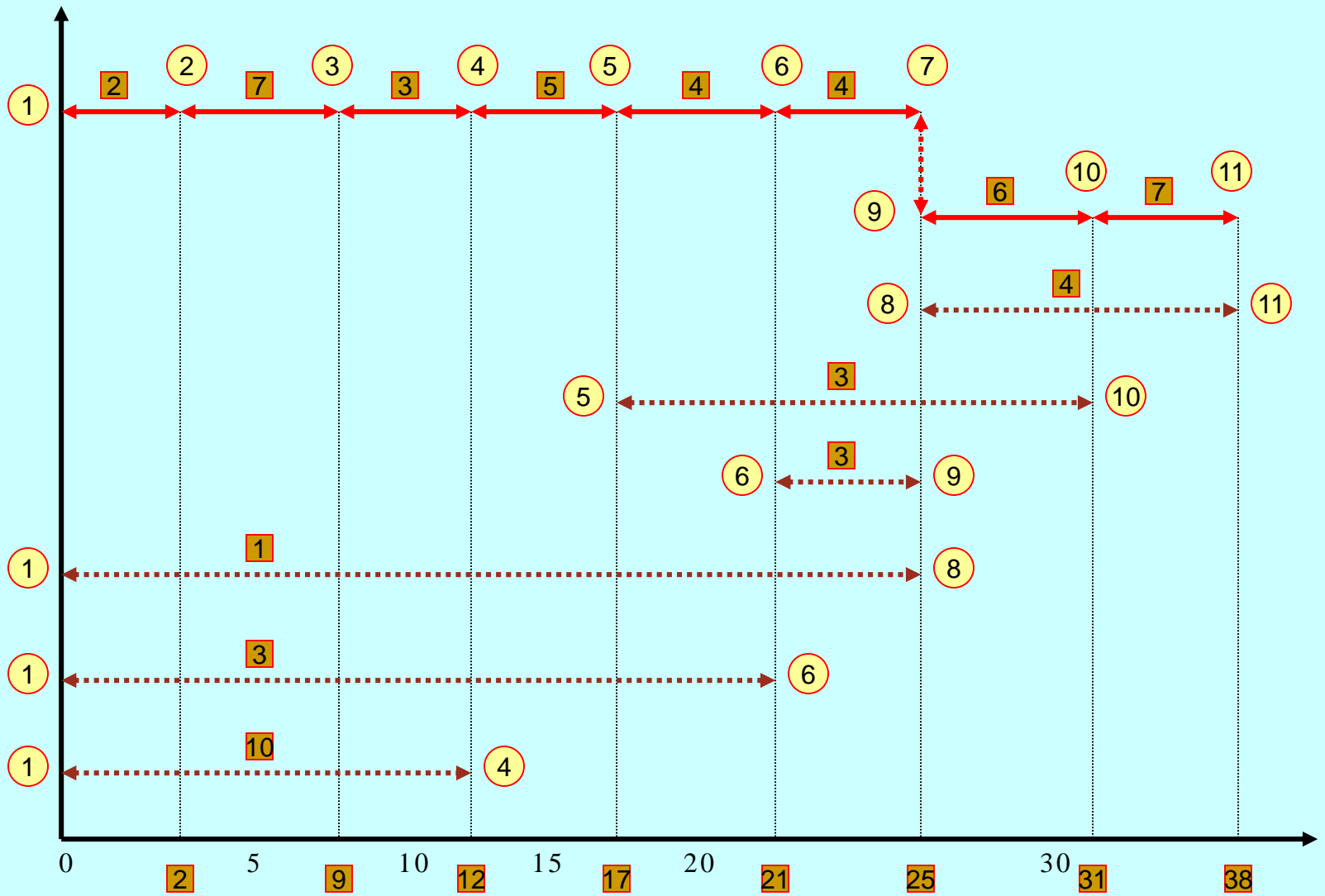
## PETA WAKTU (TIME CHART)

Akhir dari suatu rencana jaringan kerja (network) adalah pembuatan satu jadwal. Jadwal ini berupa time chart yg dituangkan menjadi satu kalender yg sangat dibutuhkan oleh para pelaksana. Time chart dari contoh proyek rumah makan dapat dilihat berikut ini.

### Keterangan Gambar :

-  : Jalur Kritis
-  : Jalur non Kritis
-  : Nomor Kegiatan
-  : Waktu pelaksanaan tiap kegiatan





# Minimasi Biaya & Alokasi Sumberdaya

# METODE LINTASAN KRITIS (CPM)

- Metode CPM pertama digunakan pada proyek konstruksi di perusahaan Du Pont tahun 1957. metode ini lebih menekankan ongkos proyek.
- CPM tidak ada pemberlakuan metode statistik untuk mengakomodasikan adanya ketidakpastian.
- CPM membahas adanya tawar-menawar atau trade-off antara jadwal waktu dan biaya proyek.

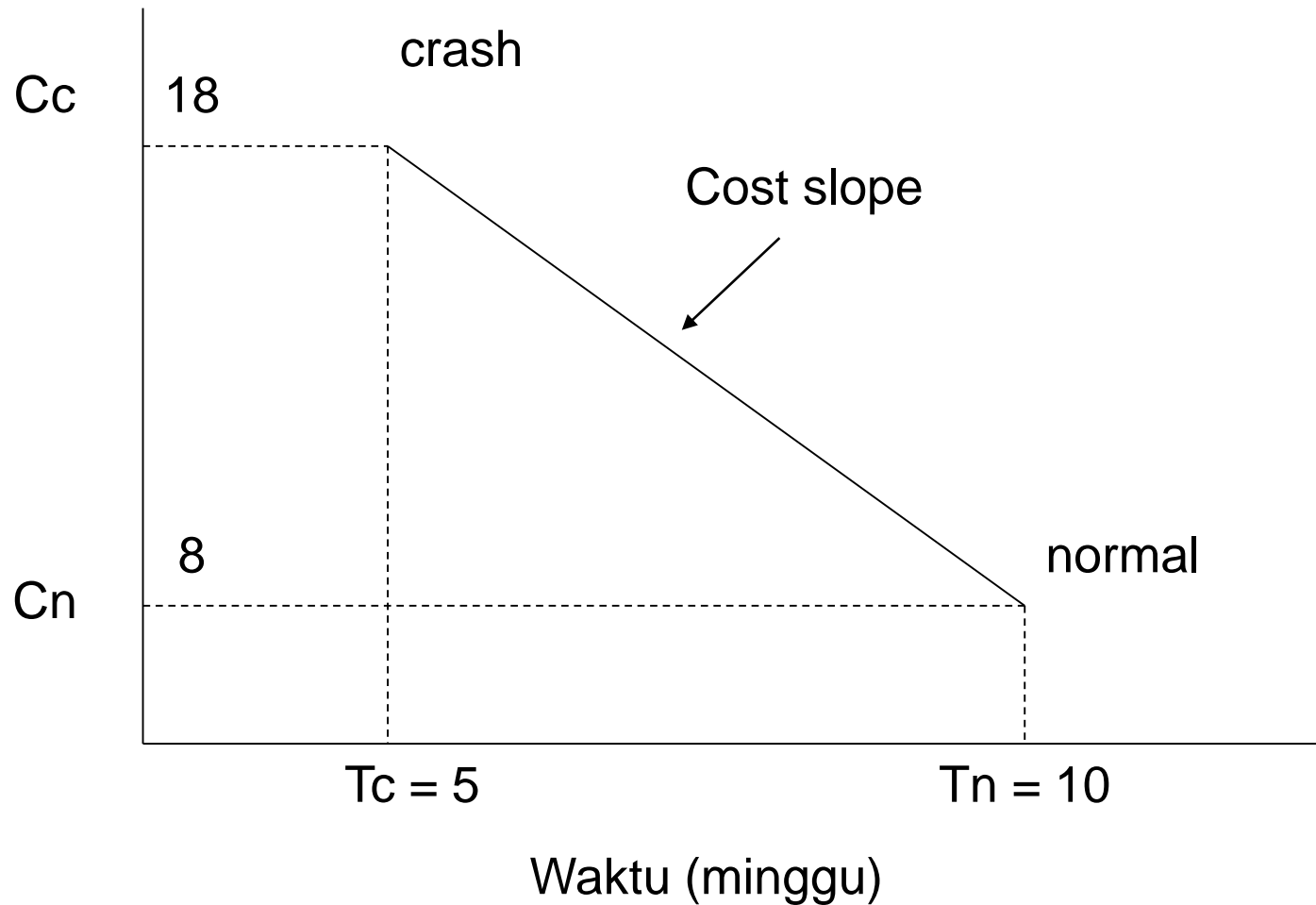
# HUBUNGAN WAKTU - BIAYA

- CPM mengasumsikan bahwa  
→ umur proyek bisa dipersingkat dengan penambahan sumberdaya tenaga kerja, peralatan, modal untuk kegiatan-kegiatan tertentu.
- Waktu normal ( $T_n$ ) :
  - Waktu pelaksanaan pada kondisi normal.
  - Bila tidak ada ketentuan lain, maka waktu pelaksanaan kegiatan dianggap berada pada kondisi "normal",
  - Merupakan waktu terpanjang bagi suatu kegiatan.
- Cost normal ( $C_n$ ) :
  - Ongkos pelaksanaan suatu kegiatan pada kondisi normal.
  - Adalah biaya yang paling murah.

- Crashed :
  - Bila semua sumberdaya yang dipunyai perusahaan dikerahkan sehingga suatu kegiatan bisa diselesaikan secepat mungkin.
  - Kondisi crashed tidak hanya berhubungan dengan waktu tercepat, tetapi juga dengan biaya terbesar.
  - Dalam kondisi crashed waktu pelaksanaan kegiatannya adalah  $T_c$ , biayanya  $C_c$ .

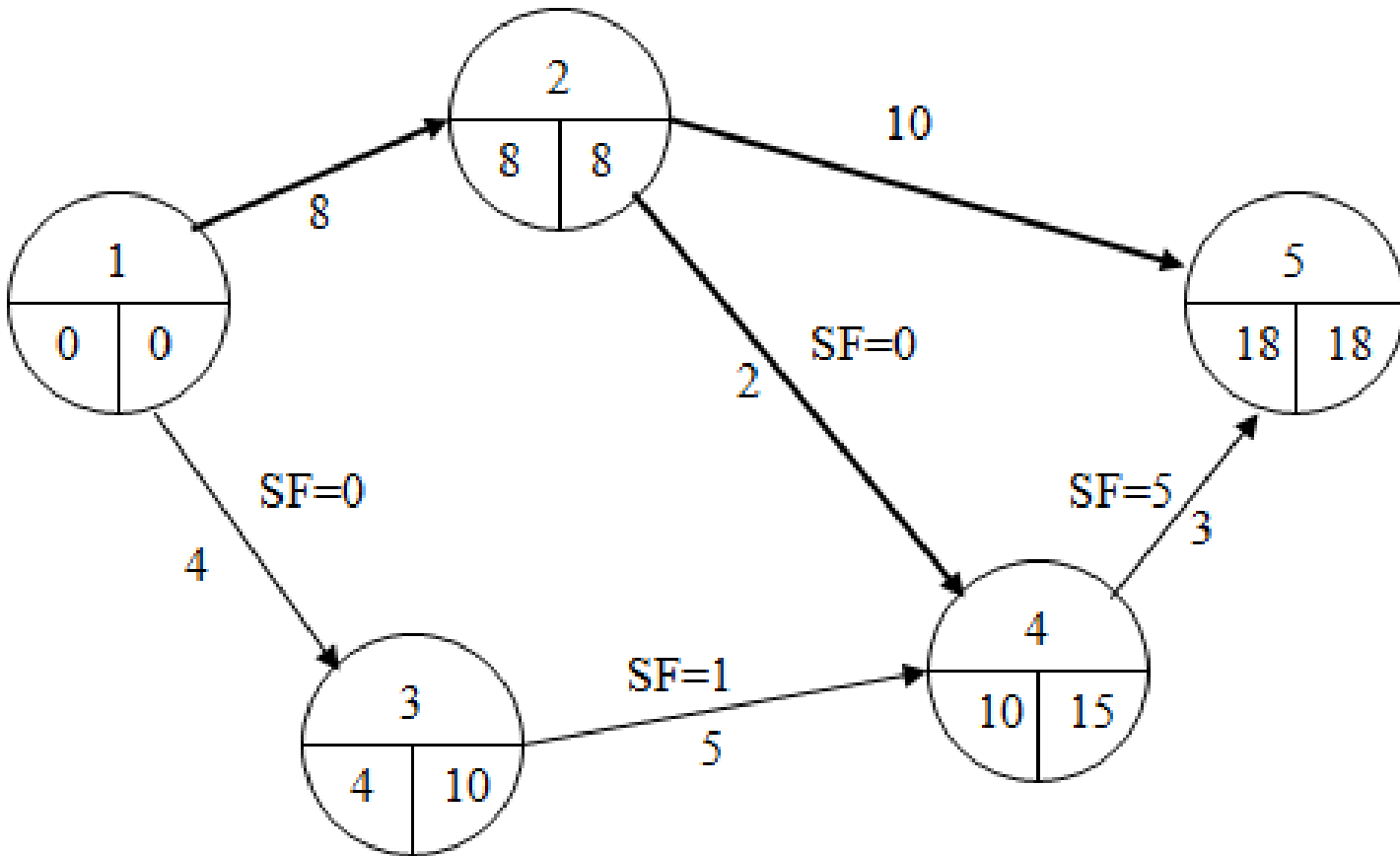
# Hubungan biaya-waktu pada keadaan normal dan crash

Biaya langsung (juta rupiah)



- Besar cost slope :  $cost\_slope = \frac{C_c - C_n}{T_n - T_c}$
- Cost Slope :
  - Menyatakan berapa besar berubahnya biaya bila suatu aktivitas dipercepat atau diperlambat.
  - Kemiringan cost slope akan bertambah bila aktivitas dipercepat penyelesaiannya dengan ongkos perwaktunya lebih mahal.
- Dari gambar diatas berarti pengurangan waktu kegiatan selama 1 minggu akan menambah biaya sebesar Rp. 2 juta.

Perhatikan Network berikut :  
aktivitas kritis (1,2); (2,5)





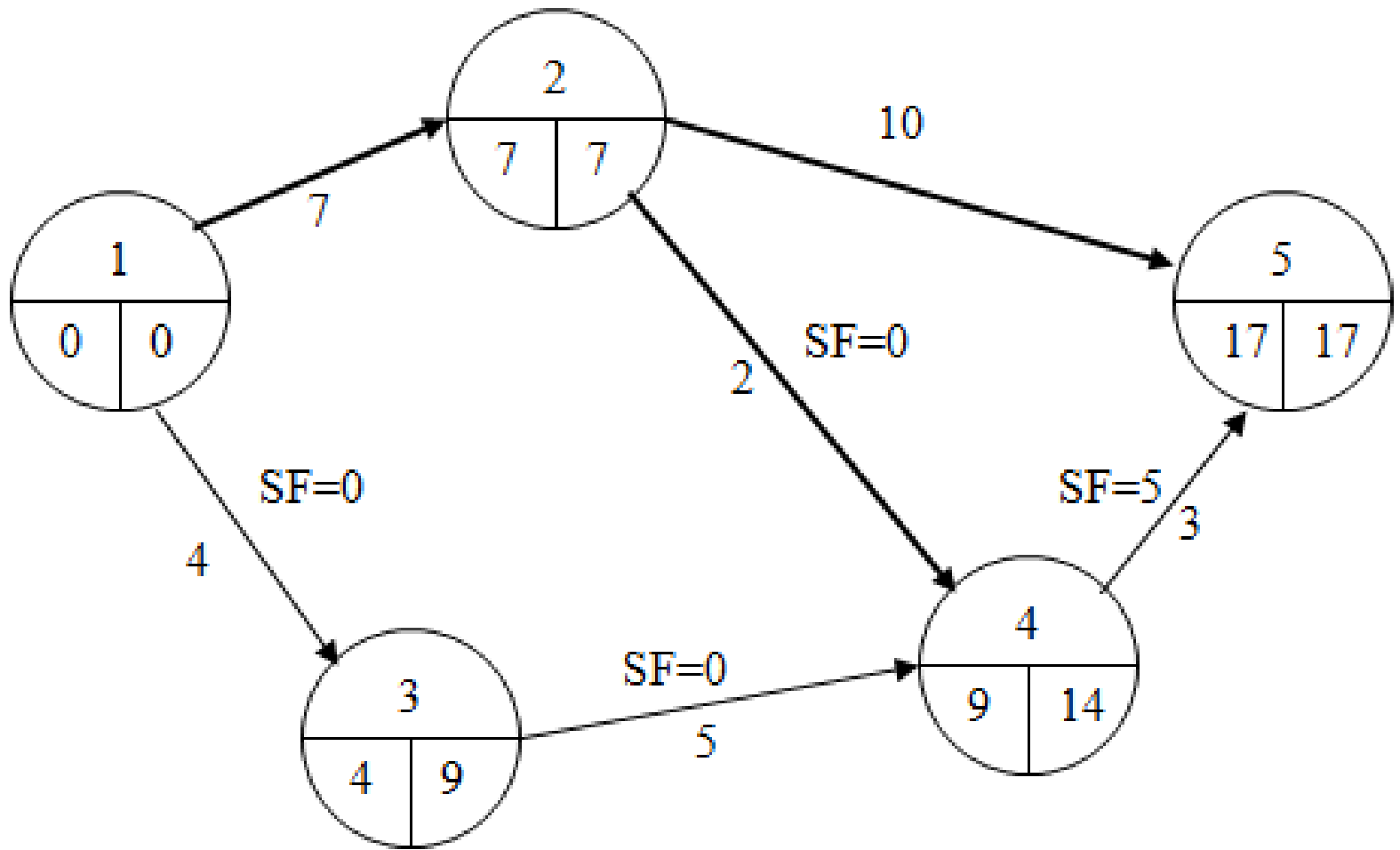
# Diketahui :

Aktivitas (i,j)	Normal		Dipercepat	
	Duration	Ongkos	Duration	Ongkos
(1,2)	8	100	<b>6</b>	200
(1,3)	4	150	2	350
(2,4)	2	50	1	90
(2,5)	10	100	<b>5.</b>	400
(3,4)	5	100	1	200
(4,5)	3	80	1	100

# Dihitung :

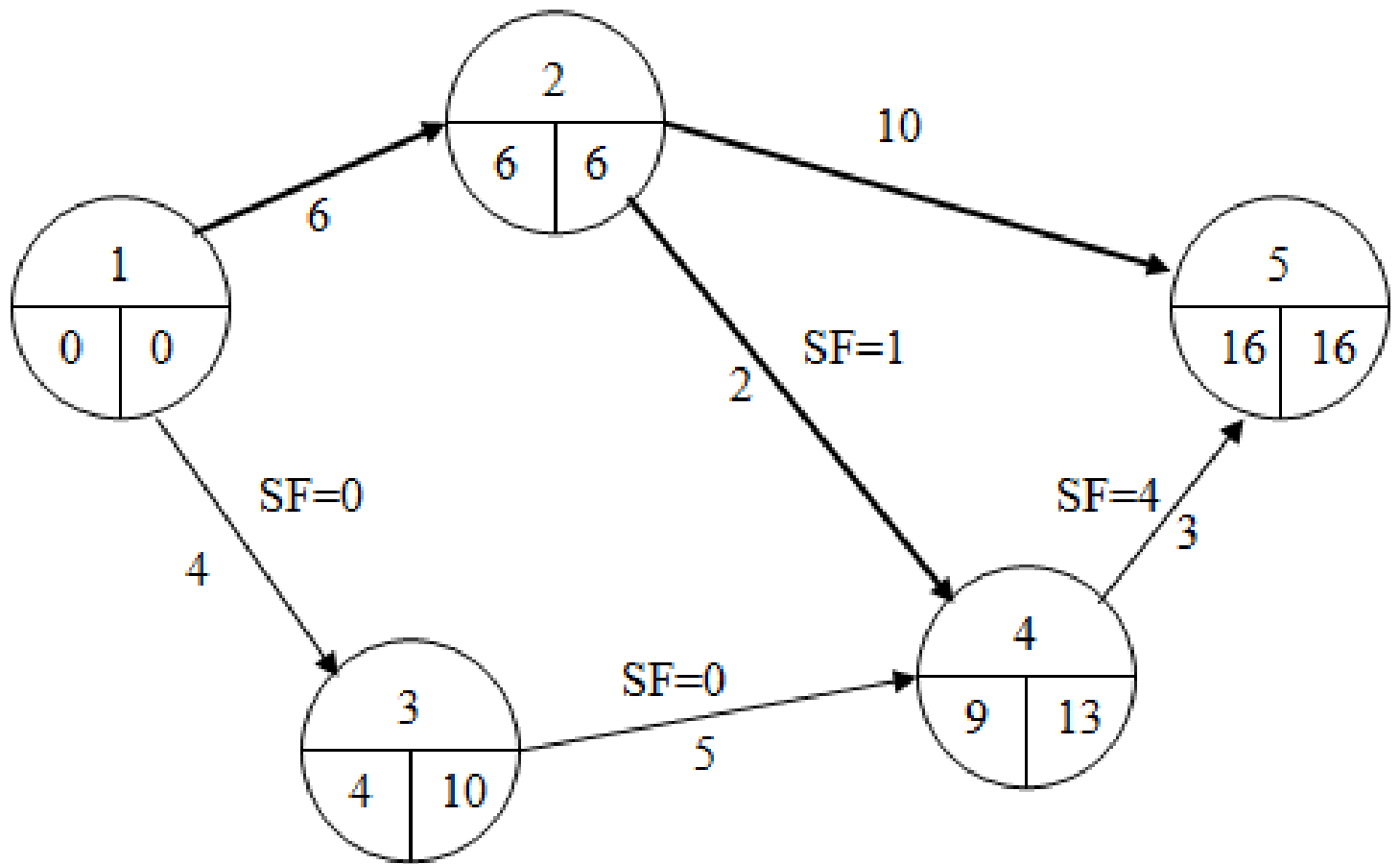
Aktivitas	Kemiringan
(1,2)	50
(1,3)	100
(2,4)	40
(2, 5)	60
(3,4)	25
(4,5)	10

- Lakukan penekanan waktu pada aktivitas kritis dengan kemiringan minimum;
- Aktivitas (1,2) batas percepatan waktu (crash limit) =  $D_n - D_c = 8 - 6 = 2$
- Jika duration dari aktivitas (1,2) dikurangi sebanyak satu satuan waktu akan menurunkan SF dari aktivitas (3,4) dari semula berharga 1 menjadi nol. SF dari aktivitas (4,5) tetap berharga 5. Dengan demikian, maka SF limit = 1. Karena crash limit dari (1,2) adalah 2, maka batas penekanannya (compression limit) sama dengan nilai minimum crash limit dengan SF limit-nya, yaitu  $\min(2, 1) = 1$ . Sehingga diperoleh penjadwalan yang baru sebagai berikut :



- duration dari proyek keseluruhan = 1.7
- ongkos baru= ongkos pada penjadwalan sebelumnya + ongkos penekanan waktu
- = 580 + (18-17) 50
- = 630
- lintasan kritis tetap, yaitu (1,2,5).

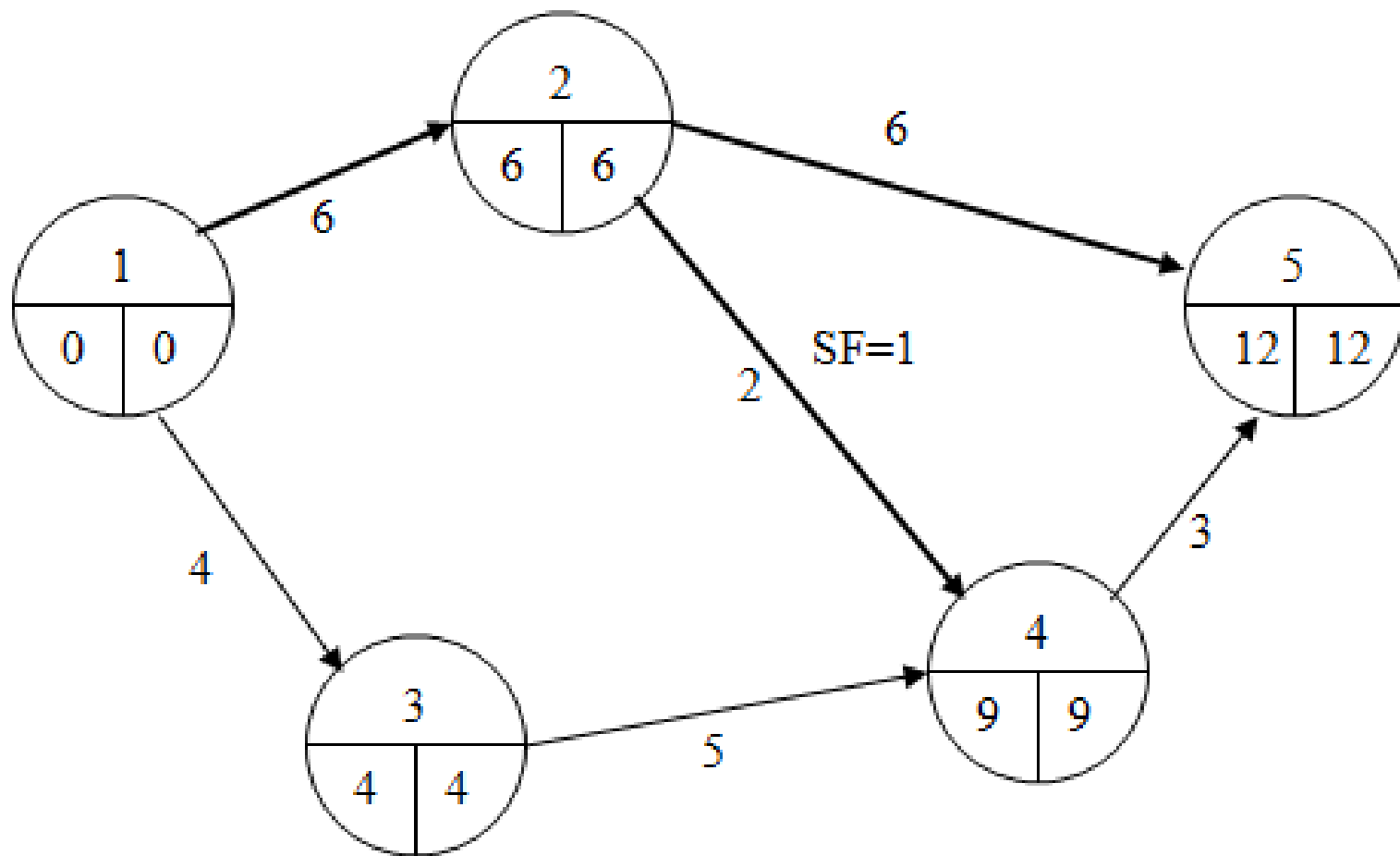
- Karena aktivitas (1,2) ini masih merupakan aktivitas kritis terpilih untuk dipercepat, maka lakukanlah lagi perhitungan crash limit dan SF limit-nya. Karena crash-limit-nya = 1 = SF positif yang terkecil, maka aktivitas (1,2) ditekan sebanyak satu satuan waktu, sehingga diperoleh penjadwalan baru sebagai berikut:



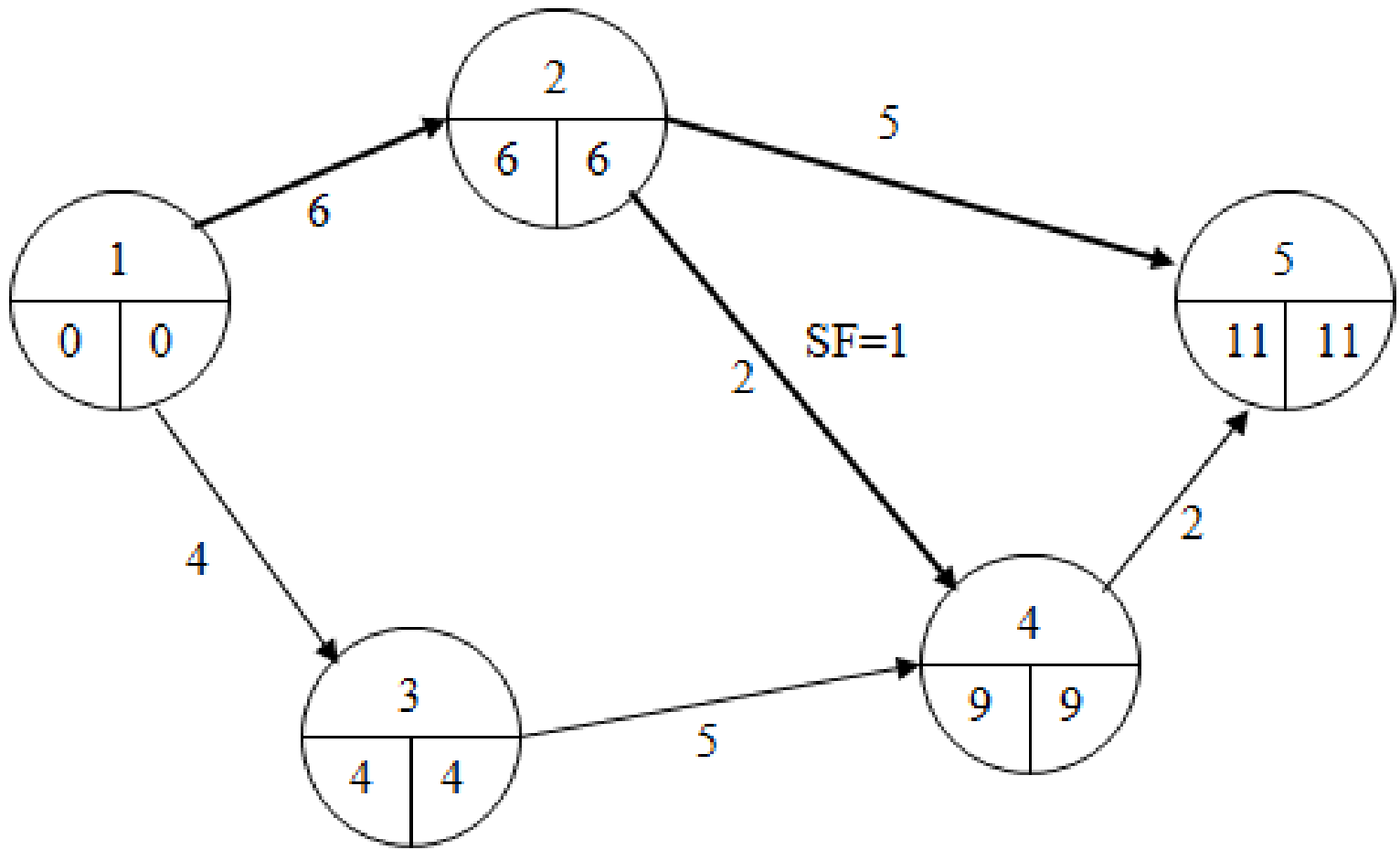
- duration proyek = 16
- ongkos =  $630 + (17-16) 50 = 680$
- lintasan kritis: tetap, yaitu (1,2,5).
- aktivitas (1,2) sudah tidak dapat dipercepat lagi karena telah mencapai crash limit-nya.
- Karena lintasan kritisnya tetap, yaitu (1,2,5), maka tinggal aktivitas (2,5) yang harus dipercepat. Aktivitas (2,5) mempunyai crash limit =  $10 - 5 = 5$ .



- Dari penjadwalan yang terakhir diketahui bahwa pada saat aktivitas (1,2) ditekan, maka hanya ada satu aktivitas tidak kritis yang SF-nya berharga positif dan berkurang sebanyak 1 satuan waktu juga. Aktivitas tersebut adalah (4,5), di mana SF-nya berkurang dari 5 menjadi 4. Maka SF limitnya=4.
- Sehingga compression limit untuk aktivitas (2,5) adalah  $\min(5,4) = 4$ , dengan hasil penjadwalan baru sebagai berikut:



- duration proyek = 12
- ongkos =  $680 + (16-12) 60 = 920$
- lintasan kritis ada dua, yaitu (1,2,5) dan (1,3,4,5).
- Munculnya dua lintasan kritis ini menunjukkan bahwa untuk mengurangi waktu penyelesaian proyek, pengurangan harus dilakukan terhadap kedua lintasan kritis tersebut secara bersamaan.
- lintasan (1,2,5), aktivitas (2,5) masih dapat dikurangi sebanyak 1 satuan waktu = SF positif yang terkecil
- lintasan (1,3,4,5), aktivitas (4,5) terpilih sebagai aktivitas yang akan ditekan (karena slope-nya terkecil), ditekan sebanyak di lintasan (1,2,5) yaitu 1



- duration proyek = 11
- ongkos =  $920 + (12-11)(60 + 10) = 990$  , dihitung untuk kemiringan slope (2,5) dan slope (4,5).
- lintasan kritis tetap ialah (1,2,5) dan (1,3,4,5)
- Karena seluruh aktivitas pada salah satu lintasan kritis (1,2,5) telah mencapai crash time-nya, maka tidak mungkin lagi dilakukan pengurangan terhadap waktu penyelesaian proyek ini, sehingga didapat :

Ongkos percepatan = 990

Durasi proyek tercepat = 11