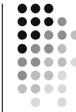


NETWORK PLANNING
**CRITICAL PATH
METHOD**

WIDI HARTONO
Jurusan Teknik Sipil UNS
Surakarta



ANALISA WAKTU

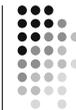
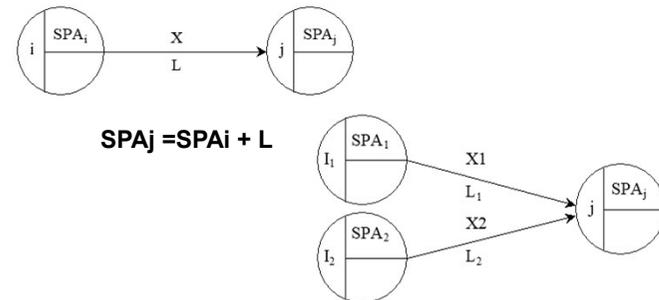


Saat Paling Awal (SPA)

- Yaitu saat paling awal suatu peristiwa mungkin terjadi, dan tidak mungkin terjadi sebelumnya.
- Manfaat ditetapkannya saat paling awal (SPA) suatu peristiwa adalah untuk mengetahui saat paling awal mulai melaksanakan kegiatan-kegiatan yang keluar dari peristiwa yang bersangkutan.



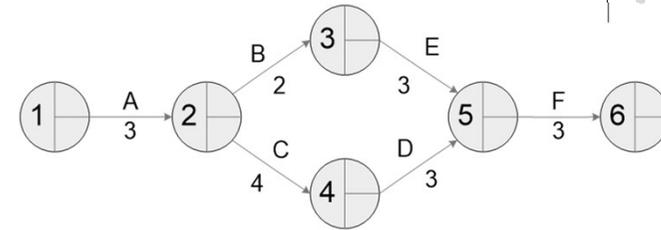
Cara Menentukan SPA



CONTOH

Kegiatan	Predessor	Durasi
A	-	3
B	A	2
C	A	4
D	C	3
E	B	3
F	D, E	3

NETWORK



Hitung saat paling cepat masing-masing kegiatan di atas?

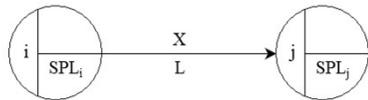
Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 1**
 $SPA_1 = 0$
- **Peristiwa Nomor 2**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 2.
 $SPA_2 = SPA_1 + LA = 0 + 3 = 3$
- **Peristiwa Nomor 3**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 3.
 $SPA_3 = SPA_2 + LB = 3 + 2 = 5$
- **Peristiwa Nomor 4**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 4.
 $SPA_4 = SPA_2 + LC = 3 + 4 = 7$
- **Peristiwa Nomor 5**
Ada dua yang menuju peristiwa nomor 5.
 $SPA_3 + LE = 5 + 3 = 8$
 $SPA_4 + LD = 7 + 3 = 10$
diambil yang maksimum yaitu 10, maka: $SPA_5 = 10$
- **Peristiwa Nomor 6**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 6.
 $SPA_6 = SPA_5 + LF = 10 + 3 = 13$

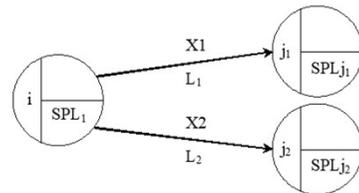
Saat Paling Lambat (SPL)

- Adalah saat paling lambat suatu peristiwa boleh terjadi, dan tidak boleh sesudahnya (meskipun itu mungkin) sehingga proyek mungkin selesai pada waktu yang telah direncanakan.

Cara Menentukan SPL

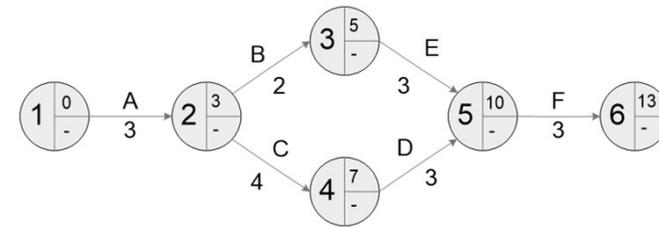


$$SPL_i = SPL_j - L$$



$$SPL_i = (SPL_{jn} - L_n) \text{ minimum}$$

NETWORK



Hitung saat paling lambat masing-masing kegiatan di atas?

Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 6**

$$SPL_6 = SPA_6 = 13$$

- **Peristiwa Nomor 5**

$$SPL_5 = SPL_6 - LF = 13 - 3 = 10$$

- **Peristiwa Nomor 4**

$$SPL_4 = SPL_5 - LD = 10 - 3 = 7$$

- **Peristiwa Nomor 3**

$$SPL_3 = SPL_5 - LE = 10 - 3 = 7$$

- **Peristiwa Nomor 2**

Ada dua yang keluar dari peristiwa nomor 2

$$SPL_2 = SPL_3 - LB = 7 - 2 = 5$$

$$SPL_2 = SPL_4 - LC = 7 - 4 = 3$$

diambil yang minimum yaitu 3, maka: $SPL_2 = 3$

- **Peristiwa Nomor 1**

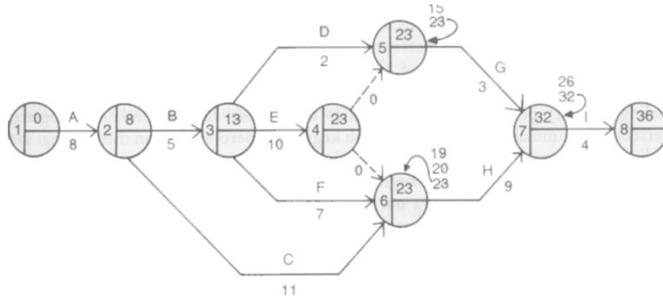
$$SPL_1 = SPL_2 - LA = 3 - 3 = 0$$

Contoh

Kegiatan	Predessor	Durasi
A	-	8
B	A	5
C	A	11
D	B	2
E	B	10
F	B	7
G	D, E	3
H	C, E, F	9
I	G, H	4

Hitung saat paling awal masing-masing kegiatan di atas?

Contoh



Hitung saat paling awal masing-masing kegiatan di atas?

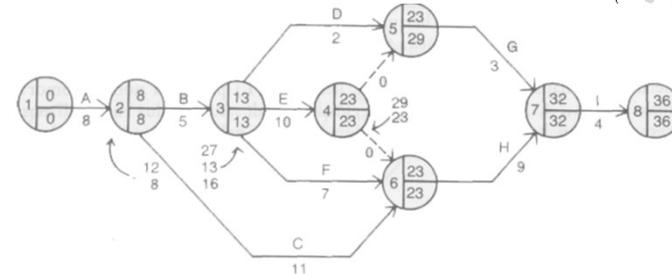
Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 1**
SPA1 = 0
- **Peristiwa Nomor 2**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 2.
SPA2 = SPA1 + LA = 0 + 8 = 8
- **Peristiwa Nomor 3**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 3.
SPA3 = SPA2 + LB = 8 + 5 = 13
- **Peristiwa Nomor 4**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 4.
SPA4 = SPA3 + LE = 13 + 10 = 23
- **Peristiwa Nomor 5**
Ada satu kegiatan dan satu dummy yang menuju peristiwa nomor 5.
SPA3 + LD = 13 + 2 = 15
SPA4 + dummy = 23 + 0 = 23
dari hasil penjumlahan tersebut di atas, hasil yang maksimum adalah 23, maka: SPA5 = 23

Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 7**
Ada dua kegiatan yang menuju peristiwa nomor 7.
SPA5 + LG = 23 + 3 = 26
SPA6 + LH = 23 + 9 = 32
dari hasil penjumlahan tersebut di atas, hasil yang maksimum adalah 32, maka:
SPA7 = 32
- **Peristiwa Nomor 8**
Hanya ada satu kegiatan yang menuju peristiwa nomor 8.
SPA7 + LI = 32 + 4 = 36

SPL



Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 8:**
 $SPL8 = SPA8 = 36$
- **Peristiwa Nomor 7:**
Ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 7.
 $SPL7 = SPL8 - LI = 36 - 4 = 32$.
- **Peristiwa Nomor 6:**
Ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 6.
 $SPL6 = SPL7 - LH = 32 - 9 = 23$.
- **Peristiwa Nomor 5:**
Ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 5.
 $SPL5 = SPL7 - LG = 32 - 3 = 29$.
- **Peristiwa Nomor 4:**
Ada dua dummy yang keluar dari peristiwa nomor 4.
 $SPL6 - dummy = 23 - 0 = 23$
 $SPL5 - dummy = 29 - 0 = 29$
dari hasil pengurangan di atas, hasil yang minimum adalah 23, maka:
 $SPL4 = 23$.

Perhitungan

- **Peristiwa Nomor 3:**
Ada tiga kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 3.
 $SPL6 - LF = 23 - 7 = 16$
 $SPL5 - LD = 29 - 2 = 27$
 $SPL4 - LE = 23 - 10 = 13$.
dari hasil pengurangan di atas, hasil yang minimum adalah 13, maka:
 $SPL3 = 13$.
- **Peristiwa Nomor 2:**
Ada dua kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 2.
 $SPL6 - LC = 23 - 11 = 12$
 $SPL3 - LB = 13 - 5 = 8$
dari kedua hasil pengurangan tersebut di atas, hasil yang minimum adalah 8, maka $SPL2 = 8$.
- **Peristiwa Nomor 1:**
Ada satu kegiatan yang keluar dari peristiwa nomor 1.
 $SPL1 = SPL2 - LA = 8 - 8 = 0$

Peristiwa Kritis

- Peristiwa kritis adalah peristiwa yang tidak mempunyai tenggang waktu atau **SPA (saat paling awal)-nya sama dengan SPL (saat paling lambat)-nya**.
- Jadi untuk kegiatan kritis, SPL (saat paling lambat) dikurangi SPA (saat paling awal) sama dengan nol.

Kegiatan Kritis

- Kegiatan kritis adalah kegiatan yang sangat sensitif terhadap keterlambatan, sehingga bila sebuah kegiatan kritis terlambat satu hari saja, sedang kegiatan-kegiatan lainnya tidak terlambat, maka proyek akan mengalami keterlambatan selama satu hari.
- Sifat kritis ini disebabkan karena kegiatan tersebut harus dimulai pada satu saat (tidak ada mulai paling awal dan tidak ada mulai paling lambat) dan harus selesai pada satu saat (tidak ada selesai paling awal dan tidak ada selesai paling lambat).

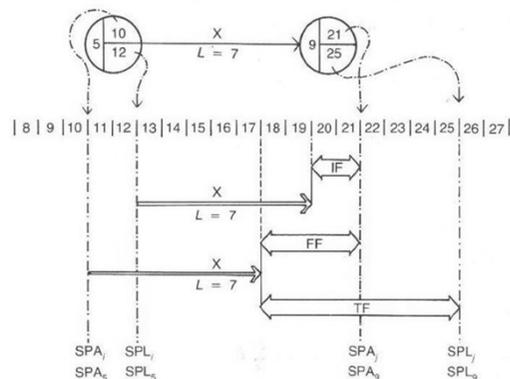
Tenggang Waktu Kegiatan

- Tenggang waktu kegiatan (*activity float*) adalah jangka waktu yang merupakan ukuran batas toleransi keterlambatan kegiatan.
- Dengan ukuran ini dapat diketahui karakteristik pengaruh keterlambatan terhadap penyelenggaraan proyek dan terhadap pola kebutuhan sumberdaya dan pola kebutuhan biaya.

Tiga Macam Tenggang Waktu Kegiatan

- **Total Float (TF)** sebuah kegiatan adalah jangka waktu antara saat paling lambat peristiwa akhir (SPL) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awal (SPA)-nya.
TF = SPL_j - L - SPA_i
- **Free Float (FF)** sebuah kegiatan adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPA) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling awal peristiwa awal (SPA)-nya.
FF = SPA_j - L - SPA_i
- **Independent Float (IF)** sebuah kegiatan adalah jangka waktu antara saat paling awal peristiwa akhir (SPA) kegiatan yang bersangkutan dengan saat selesainya kegiatan yang bersangkutan, bila kegiatan tersebut dimulai pada saat paling lambat peristiwa awal (SPL)-nya.
IF = SPA_j - L - SPL_i

Tiga Macam Tenggang Waktu Kegiatan



Pengaruh Keterlambatan Sebuah Kegiatan

Keterlambatan Kegiatan (T) adalah jarak waktu antara saat realisasi penyelesaian kegiatan dengan saat rencana penyelesaian kegiatan dari sebuah kegiatan tertentu. Dalam hal ini tidak diperhatikan sebab keterlambatan.

Istilah Dalam Penjadwalan

- **Kegiatan Pengikut** adalah kegiatan yang mengikuti langsung kegiatan yang terlambat penyelesaiannya. Jadi kegiatan yang terlambat merupakan kegiatan pendahulu (predecessor) dari kegiatan pengikut, atau kegiatan pengikut merupakan successor dari kegiatan yang terlambat penyelesaiannya.
- **Sumberdaya** adalah semua macam masukan (input) yang diperlukan dalam proses pelaksanaan kegiatan. Sumberdaya (resources) dibagi menjadi: manusia, bahan, alat, overhead, dan (semuanya tadi bisa dinilai berupa) biaya.
- **Pola kebutuhan sumberdaya** adalah suatu gambaran yang menyatakan hubungan antara kebutuhan sumberdaya dengan waktu. Ada dua macam pola kebutuhan sumberdaya, yaitu berupa histogram dan kurva S.
- **Histogram** adalah gambaran yang menyatakan tingkat kebutuhan sumberdaya tertentu untuk satu satuan waktu.
- **Kurva S** adalah gambaran yang menyatakan tingkat kumulatif kebutuhan sumberdaya tertentu mulai dari saat awal (proyek mulai) sampai dengan saat tertentu.

Syarat Menilai Keterlambatan Sebuah Kegiatan

Syarat yang harus dipenuhi agar dapat melakukan penilaian pengaruh keterlambatan sebuah kegiatan terhadap penyelenggaraan proyek adalah:

- Network diagram yang tepat dan lengkap telah tersedia. Network diagram lengkap bila lama kegiatan perkiraan tiap kegiatan, saat paling awal (SPA) dan saat paling lambat (SPL) tiap peristiwa diketahui.
- Semua tenggang waktu kegiatan, yaitu Total Float (TF), Free Float (FF), dan Independent Float (IF), sudah dihitung untuk setiap kegiatan.
- Besar keterlambatan kegiatan (T) diketahui.

Penilaian Keterlambatan Kegiatan

Kasus 1. Keterlambatan lebih kecil atau sama dengan Free Float ($T \leq FF$):

- Umur proyek tetap;
- Lintasan kritis tetap;
- Saat mulai kegiatan pengikut tetap;
- Pola kebutuhan sumberdaya berubah.

Penilaian Keterlambatan Kegiatan

Kasus 2. Keterlambatan:

- a. lebih besar daripada Free Float ($T > FF$):
- b. lebih kecil daripada Total Float ($T < TF$):

- Umur proyek tetap;
- Lintasan kritis tetap;
- Saat mulai kegiatan pengikut diundur;
- Pola kebutuhan sumberdaya berubah.

Penilaian Keterlambatan Kegiatan

Kasus 3. Keterlambatan sama dengan Total Float ($T = TF$):

- Umur proyek tetap;
- Lintasan kritis tetap (bila kegiatan yang terlambat bermuara ke lintasan kritis yang ada), atau bertambah (bila kegiatan yang terlambat tidak bermuara ke lintasan kritis yang telah ada). Bila kegiatan pengikutnya mempunyai Independent Float, maka lintasan yang mengikutinya tidak akan menjadi kritis;
- Saat mulai kegiatan pengikut diundur;
- Pola kebutuhan sumberdaya berubah.

Penilaian Keterlambatan Kegiatan

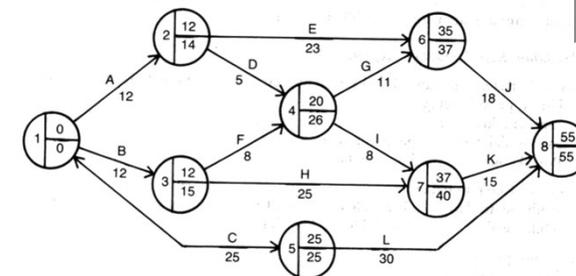
Kasus 4. Keterlambatan lebih besar daripada Total Float ($T > TF$):

- Umur proyek bertambah;
- Lintasan kritis tetap (bila kegiatan yang terlambat bermuara ke lintasan kritis yang ada), atau berubah (bila kegiatan yang terlambat tidak bermuara ke lintasan kritis yang telah ada);
- Saat mulai kegiatan pengikut diundur;
- Pola kebutuhan sumberdaya berubah.

Kesimpulan

1. Keterlambatan satu atau beberapa kegiatan:
 - a. Belum tentu merubah umur proyek;
 - b. Pasti mengubah pola kebutuhan sumberdaya.
2. Perubahan pola kebutuhan sumberdaya:
 - a. Pasti memperlambat satu atau beberapa kegiatan;
 - b. Belum tentu mengubah umur proyek.
3. Umur proyek bertambah bila ada satu atau beberapa kegiatan terlambat lebih besar daripada Total Float (TF)-nya

Contoh



Diminta:

Menilai pengaruh keterlambatan kegiatan D terhadap penyelenggaraan proyek. Keterlambatan tersebut masing-masing sebagai berikut:

1. Kasus 1: kegiatan D terlambat dua hari.
2. Kasus 2: kegiatan D terlambat enam hari.
3. Kasus 3: kegiatan D terlambat sembilan hari.
4. Kasus 4: kegiatan D terlambat lima belas hari.

Jawab:

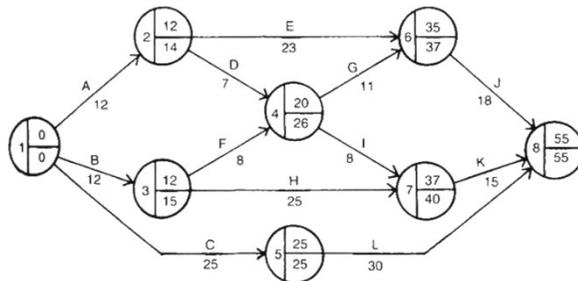
Untuk kegiatan D diketahui:

- Lama kegiatan perkiraan, $L = 5$
 - Saat paling awal peristiwa, $SPA_i = SPA_2 = 12$
 - Saat paling lambat peristiwa awal, $SPL_i = SPL_2 = 14$
 - Saat paling awal peristiwa akhir, $SPA_j = SPA_4 = 20$
 - Saat paling lambat peristiwa akhir, $SPL_j = SPL_4 = 26$
- maka didapat:

- Total Float (TF) = $SPL_j - L - SPA_i$
 $= 26 - 5 - 12 = 9$
- Free Float (FF) = $SPA_j - L - SPA_i$
 $= 20 - 5 - 12 = 3$
- Independent Float (IF) = $SPA_j - L - SPL_i$
 $= 20 - 5 - 14 = 1$

Kasus 1.

- Kegiatan D terlambat dua hari, sehingga bisa dianggap lama kegiatan perkiraannya menjadi tujuh hari. Terlambat dua hari ini lebih kecil daripada Free Float (FF) kegiatan D = tiga hari.
- Akibat perubahan lama kegiatan ini bisa dilihat pada network diagram di bawah ini:



Pembahasan

- Saat paling awal dan saat paling lambat peristiwa akhir network diagram, semula $SPA_8 = SPL_8 = 55$, pada Kasus 1 menjadi $SPA_8 = SPL_8 = 55$. Jadi tidak ada perubahan dan ini berarti umur proyek tidak berubah.
- Kegiatan pengikut dari kegiatan D adalah kegiatan-kegiatan G dan I. Saat mulai paling awal dari kegiatan-kegiatan pengikut ini sama dengan saat paling awal peristiwa awalnya (peristiwa nomor 4) yaitu SPA_4 , semula $SPA_4 = 20$, pada Kasus 1 tetap 20. Jadi tidak terdapat perubahan saat mulai kegiatan pengikut.
- Kegiatan-kegiatan sesudah kegiatan D, yaitu kegiatan-kegiatan G, I, J, dan K tidak mengalami perubahan sifat, yaitu yang semula kritis tetap kritis. Berarti lintasan kritis tidak berubah atau bertambah.



SELESAI