

BAB VI MASALAH PENJADWALAN

- Aktivitas penjadwalan dalam proses produksi, berkaitan dengan pertanyaan:
 - kapan sebuah aktivitas akan/harus dimulai dan diselesaikan ?
 - dimana sebuah aktivitas akan dikerjakan ?
 - Siapa/bagian apa yang akan mengerjakan aktivitas tersebut ?
- Penjadwalan merupakan masalah alokasi sumber daya:
 - Waktu
 - Mesin
 - SDM
 - Bahan, dll

A. UNTUK PRODUKSI MASSA

Teknik penjadwalannya : penyeimbang lini (line balancing)

Contoh :

Pekerjaan (menit)	Pek. Pendahulu	Waktu
A	-	6
B	A	2
C	B	3
D	-	7
E	D	3
F	E	2
G	C,F	10
H	G	5
I	H	4
		42

(T)

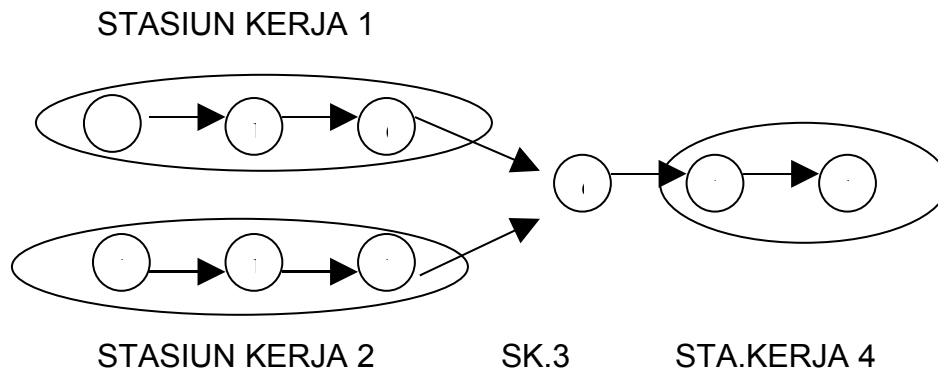
Hari kerja = 300 hari

8 jam / 480 menit / hari (WO).

Output = 40 unit / hari (K).

Waktu siklus = $\frac{WO}{K} = \frac{480}{40} = 12$ menit /unit

$$\text{Stasiun kerja min} = \frac{K * T}{WO} = \frac{40 * 42}{480} = 4 \text{ (dibulatkan)}$$



B. UNTUK PRODUKSI ATAS DASAR BATCH

Teknik penjadwalan yang digunakan : RUN OUT TIME / ROT

$$\text{ROT} = \frac{\text{Tk Persediaan}}{\text{Rata" Permintaan}}$$

ROT menunjukkan berapa lama suatu produk tertentu akan habis dari persediaan. Prioritas produksi diberikan kepada item yang memiliki ROT yang paling kecil, karena ROT yang kecil menunjukkan bahwa item tersebut dalam waktu dekat akan habis paling awal, sehingga perlu segera ditambah.

Produk	Persediaan	Permint /mgu	uk. LOT	rata" prod /mgu	Waktu prod
A	400	100	500	1.000	0,5
B	1.200	150	750	750	1
C	2.100	300	1.200	600	2
D	1.100	200	600	400	1,5
E	1.200	200	800	800	1

Awal periode			Akhir mgu ke-0,5		Akhir mgu ke-2	
Produk	Persed	ROT	Persed	ROT	Persed	ROT
A	400	4	850	8,5	700	7
B	1.200	8	1.125	7,5	900	6
C	2.100	7	1.950	6,5	1.500	5
D	1.100	5,5	1.300	5	1.600	8
E	1.200	6	1.100	5,5	800	4

Akhir mgu ke-3			Akhir mgu ke-5		Akhir mgu ke-6	
Produk	Persed	ROT	Persed	ROT	Persed	ROT
A	600	6	400	4	300	3
B	750	5	450	3	1.050	7
C	1.200	4	1.800	6	1.500	5
D	1.400	5,5	700	3,5	500	2,5
E	1.400	7	1.000	5	800	4

Dan seterusnya.

Jadi urutannya :

Minggu ke

0	0,5	2	3	5	6
	A	D	E	C	B

PEMBEBANAN

Merupakan penugasan secara terpadu, pusat-pusat kerja agar biaya, waktu kosong, pemenuhan waktu dapat 'optimal'.

Alat bantuannya : GANTT CHART

Caranya :

a. Penjadwalan maju :

Pekerjaan dimulai seawal mungkin, begitu order diterima

b. Penjadwalan mundur

Pekerjaan / aktivitas akhir dijadwal dulu (kebalikan penjadwalan maju).

Contoh :

Sebuah perusahaan yang proses produksinya hanya menggunakan satu buah mesin untuk setiap prosesnya, mendapatkan dua buah order dengan rincian sebagai berikut :

Urutan proses	Pekerjan A		Pekerjaan B	
	Mesin	Waktu	Mesin	Waktu
1	A	2	A	3
2	B	3	C	1
3	C	1	B	2

ASUMSI : peralatan hanya 1 dengan disiplin FCFS (first come first serve) harus selesai max. 10 hari.

A. DENGAN PENJADWALAN MAJU

Hari ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mesin 1	*	*	*	*	*					
Mesin 2			*	*	*			*	*	
Mesin 3						*	*			

B. DENGAN PENJADWALAN MUNDUR

Hari ke	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mesin 1		*	*	*	*	*				
Mesin 2						*	*	*	*	*
Mesin 3					*					*

Apa kesimpulannya ? coba diskusikan !!!!

PENGURUTAN

Masalah pengurutan, berkaitan dengan pertanyaan bagaimana urutan order atau aktivitas harus mulai dikerjakan.

Beberapa metode pengurutan yang bisa digunakan antara lain adalah:

1. **FCFS** (First Come First Serve), siapa yang datang/order duluan akan dikerjakan terlebih dahulu
2. **SPT** (Shortest Processing Time), Aktivitas atau order yang waktu pengerjaannya paling pendek akan dikerjakan lebih dahulu
3. **EDD** (Earliest Due Date), Aktivitas atau order yang memiliki waktu jatuh tempo paling dekat/pendek akan dikerjakan lebih dahulu

Contoh :

Pekerjaan	Lama Proses	Jadwal Selesai / DD
A	10	15
B	6	10
C	11	21
D	12	18
E	9	16

1. Dengan FCFS

Pekerjaan	Lama proses	Selesai	DD	Keterlambatan
A	10	10	15	0
B	6	16	10	6
C	11	27	21	6
D	12	39	18	21
E	9	48	16	32
	48	140		65

Rata – rata penyelesaian : $140 / 5 = 28$ hari

Rata – rata keterlambatan : $65 / 5 = 13$ hari

2. Dengan Metode SPT

Pekerjaan	Lama proses	Selesai	DD	Keterlambatan
A	6	6	10	0
B	9	15	16	0
C	10	25	15	10
D	11	36	21	15
E	12	48	18	30
	48	130		55

Rata – rata penyelesaian : $130 / 5 = 26$ hari

Rata – rata keterlambatan : $55 / 5 = 11$ hari

3. Dengan Metode EDD

Pekerjaan	Lama proses	Selesai	DD	Keterlambatan
A	6	6	10	0
B	10	16	15	1
C	9	25	16	9
D	12	37	18	19
E	11	48	21	27
	48	132		56

Rata – rata penyelesaian : $132 / 5 = 26,4$ hari

Rata – rata keterlambatan : $56 / 5 = 11,2$ hari

Pengurutan Pada Dua Departemen Kerja

Metode yang digunakan adalah Metode Johnson, dengan prosedur :

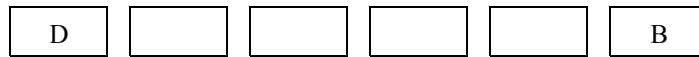
1. Susun daftar pekerjaan dan waktu prosesnya untuk setiap departemen
2. Pilih pekerjaan dengan waktu proses terpendek. Jika waktu terpendek tersebut berada di departemen kerja 1, urutkan di awal, dan jika berada di departemen 2, urutkan di paling belakang
3. Lanjutkan pencarian waktu proses terpendek berikutnya

Contoh :

Pekerjaan	Waktu Proses	
	Departemen 1	Departemen 2
A	5	5
B	4	3
C	14	9
D	2	6
E	8	11
F	11	12

Karena waktu proses terpendek adalah 2 jam (pekerjaan D), dan waktu tersebut terletak di departemen 1, maka pekerjaan D diurutkan di paling depan.

Waktu terpendek berikutnya adalah 3 (pekerjaan B), dan waktu tersebut di departemen 2, maka pekerjaan B diurutkan paling belakang. Sampai tahap ini, bila dilihat pengurutannya adalah :



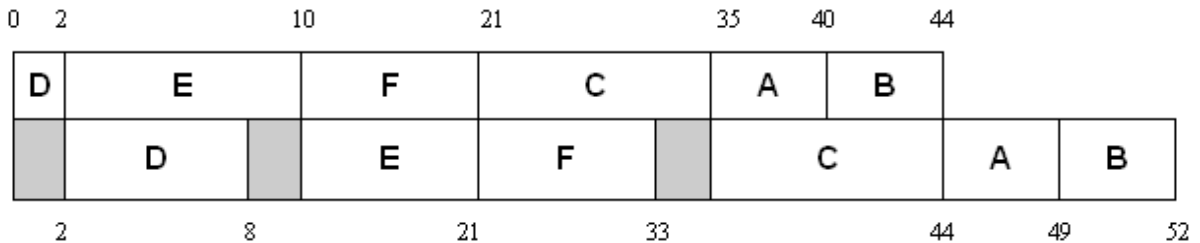
Dengan cara yang sama urutannya menjadi :



Dan akhirnya secara keseluruhan urutan dari keenam pekerjaan tersebut adalah:



Setelah urutan dari keenampekerjaan tersebut diketahui, penjadwalan secara lengkapnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Dari visualisasi di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada departemen 1, semua pekerjaan akan selesai pada hari ke-44
2. Pada departemen 2 atau secara keseluruhan, semua pekerjaan akan selesai pada hari ke 52
3. Jumlah hari 'kosong'/menganggur pada departemen 2 terjadi sebanyak 6 hari dan terjadi pada hari ke- 1-2, hari ke-9-10, dan hari ke 34-35
4. Sehingga misalnya, karyawan departemen 1 ingin ijin libur, hanya bisa dilakukan setelah hari ke 44. dan di departemen 2 hanya boleh ijin pada hari ke- 1-2, hari ke-9-10, dan hari ke 34-35.

Pengurutan Pada Lebih dari Dua Departemen Kerja

Metode tetap dengan metode Johnson, namun dengan sedikit modifikasi dan memenuhi salah satu dari kondisi berikut ini :

1. Waktu proses terpendek dari departemen 1 harus lebih lama dari waktu proses terpanjang pada departemen 2
2. Waktu proses terpendek dari departemen 3 harus lebih lama dari waktu proses terpanjang pada departemen 2

Contoh :

Pekerjaan	Waktu Proses		
	Departemen 1	Departemen 2	Departemen 3
D	8	4	5
E	12	6	10
F	7	5	9

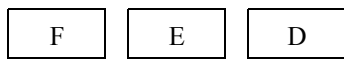
Contoh di atas telah memenuhi salah satu kondisi dimana, waktu terpendek di departemen 1 (7), ternyata lebih lama dari waktu terpanjang di departemen 2 (6). Selanjutnya tabel di atas perlu dimodifikasi, dimana tiga departemen yang ada 'diubah' menjadi dua departemen bayangan, sehingga menjadi :

Departemen bayangan 1 = merupakan penjumlahan nilai di departemen 1 dan 2
Departemen bayangan 2 = merupakan penjumlahan nilai di departemen 2 dan 3

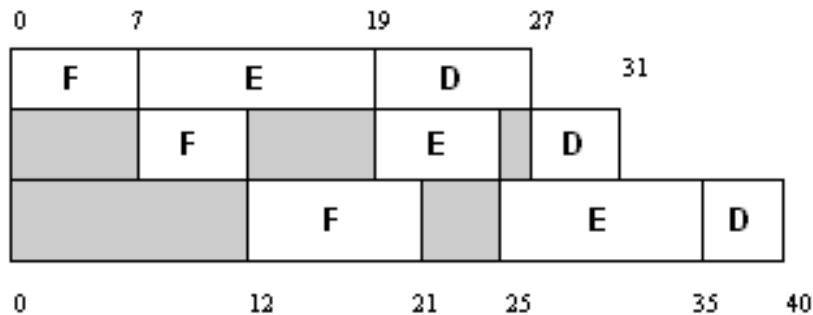
Pekerjaan	Waktu Proses	
	Dep. bayangan 1	De. bayangan 2
D	$8 + 4 = 12$	$4 + 5 = 9$
E	$12 + 6 = 18$	$6 + 10 = 16$
F	$7 + 5 = 12$	$5 + 9 = 14$

Selanjutnya proses pengurutannya adalah sama seperti ketika proses produksi dilakukan pada dua departemen saja.

Dengan demikian hasil pengurutannya adalah sebagai berikut :



Dan penjadwalan lengkapnya adalah sebagai berikut :



PENJADWALAN dan Metode PERT (Program Evaluatin and Review Technique)

→ Untuk proyek-proyek khusus yang secara terus menerus direncanakan dan di produksi

Manfaat :

1. Menerencanakan proyek yang kompleks/rumit
2. Penjadwalan pekerjaan, shg memiliki urutan yang praktis dan efisien
3. Alokasi sumber daya tang tersedia secara optimal
4. Mengatasi hambatan dan keterlabatan
5. menentukan kemungkinan pertukaran (trade-off) antara waktu dan biaya
6. Menentukan probabilitas/kemungkinan penyelesaian suatu proyek tertentu

Beberapa pengertian Penting :

1. **Kegiatan** : merupakan bagian dari keseluruhan pekerjaan yang mengkonsumsi waktu dan sumber daya, serta ada waktu mulai dan waktu selesainya. Biasanya disimbolkan dengan anak panah. (→)
2. **Peristiwa** : Sesuatu yang menandai dimulainya dan diakhirinya suatu kegiatan biasanya disimbolkan dengan tanda lingkaran (o)
3. **Jalur Kritis** : adalah jalur terpanjang dalam keseluruhan pekerjaan, dan waktunya menjadi waktu penyelesaian minimum yang diharapkan, sehingga :
 - a. Penundaan kegiatan pada jalur ini akan mengakibatkan keterlambatan penyelesaian proyek
 - b. Penyelesaian proyek dapat dipercepat bila dapat memperpendek waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan yang ada di jalur kritis ini, dengan memanfaatkan sumber daya yang longgar pada kegiatan-kegiatan yang tidak termasuk jalur kritis.
4. **Waktu Kegiatan** : Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Dalam PERT digunakan expected time, yang merupakan kombinasi dari ketiga waktu sebagai berikut :
 - a. **Waktu optimistik (a)** : adalah waktu kegiatan apabila semua berjalan dengan lancar tanpa hambatan atau penundaan-penundaan
 - b. **Waktu realistik (m)** : waktu kegiatan yang akan terjadi apabila suatu kegiatan berjalan dengan normal, dengan hambatan atau penundaan yang wajar dan dapat diterima
 - c. **Waktu pesimistik (b)** : Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, apabila terjadi hambatan atau penundaan yang melebihi semestinya.

Dari ketiga waktu tersebut, waktu yang digunakan adalah waktu yang diharapkan atau expected time, yang diperoleh dari rumusan :

$$\text{Expected Time (ET)} = \frac{A + 4(m) + b}{6}$$

Contoh ;

Sebuah perusahaan memiliki pekerjaan khusus dengan rincian sebagai berikut :

Kegiatan	Kegiatan yg mendahului	Peristiwa		Waktu optimistik (a)	Waktu realistik (m)	Waktu psmistik (b)	Waktu yang diharapkan (ET)
		Mulai	Akhir				
A	-	1	2	1	3	5	3
B	A	2	3	3	4	11	5
C	A	2	4	2	6	10	6
D	B	3	5	2	6	13	6.5
E	C	4	5	-	-	-	-
F	C	4	6	3	6	9	6
G	D, E	5	7	2	4	6	4
h	F	6	7	1	4	7	4
I	G, H	7	8	2	3	10	4

E* = Kegiatan Dummy (Semu)

Kolom ET (terakhir) nilainya icari dengan formulasi di atas. Waktu dalam hari.

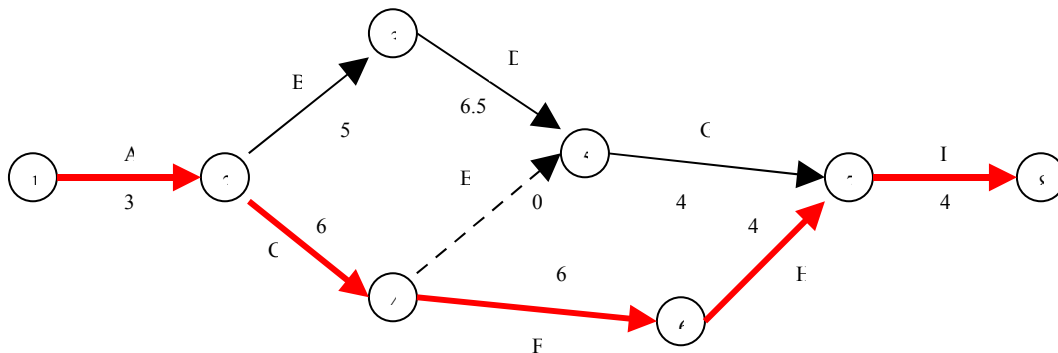
Dari tabel di tas, bagaimanakan penjadwalan yang harus dilakukan agar diperoleh waktu penyelesaian yang optimal, dana bagaimana probabilitas penyelesaian keseluruhan pekerjaan tersebut ?

Berkaitan dengan dimuali dan diakhirinya suatu kegiatan, beberapa istilah penting adalah :

- Earliest Start Time (ES)* : adalah waktu tercepat suatu kegiatan dapat dimulai
- Latest Star Time (LS)* : adalah waktu paling lambat untuk memmulai suatu kegiatan tanpa penundaan keseluruhan pekerjaan
- Earliest Finish Time (EF)* : adalah waktu tercepat suatu pekerjaan dapat diselesaikan (ES + ET)
- Latest Finish Time (LF)* : adalah waktu painglambat untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tanpa penundaan pekerjaan secara keseluruhan (LS + ET)

Langkah untuk menyelesaikan masalah di atas adalah :

Langkah 1, menggambarkan keseluruhan pekerjaan menurut urutan pekerjaan, seperti gambar berikut ini :

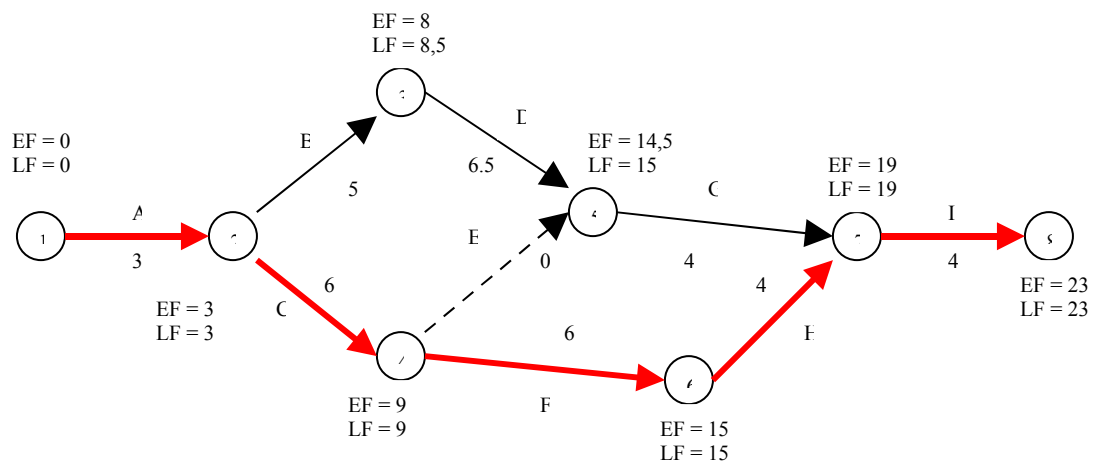


Langkah 2 : Menentukan jalur kritis. Dari gambar di atas, jalur kritisnya adalah kegiatan-kegiatan A, C, F, H, dan I atau pada peristiwa 1, 2, 4, 6, 7, dan 8, dengan waktu terpanjang sebesar $3+6+6+4+4 = 23$ hari.

Jalur lain bukan merupakan jalur kritis, karena waktu yang diperlukan lebih kecil dari 23 hari.

Jalur kritis dapat juga dicari dengan bantuan algoritma EF (Earliest Finish Time) dan LF (Latest Finish Time), khususnya untuk proyek-proyek yang semakin kompleks atau rumit.

Dengan algoritma EF dan LF, hasilnya adalah :



Jalur kritis dapat ditentukan atau diketahui dengan melihat mana algoritma EF dan LF-nya yang memiliki nilai yang sama, dan dari gambar di atas, jalur 1, 2, 4, 5, 7, dan 8 lah yang memiliki nilai yang sama.

Probabilitas selesainya keseluruhan pekerjaan dalam contoh di atas dalam waktu 23 hari adalah 50 %. Namun demikian biasanya perusahaan menjadwalkan selesainya lebih dari 23 hari, misal 25 hari (mengapa..?). Dengan jadwal 25 hari tersebut, kita dapat mengetahui kemungkinan/probabilitas pekerjaan tersebut akan benar selesai dalam 25 hari, yakni dengan menggunakan bantuan rumusan variasi standar normal (Z) berikut ini:

$$Z = \frac{T_D - T_E}{\sigma T_E}$$

Di mana :

T_D = Waktu penyelesaian yang dijadwalkan atau ditargetkan

T_E = Waktu penyelesaian yang diharapkan untuk keseluruhan proyek

σT_E = Deviasi standar untuk T_E

Nilai σT_E ini diperoleh dengan menjumlahkan seluruh variance dari masing-masing kegiatan pada jalur kritisnya. Secara matematis σT_E dicari dengan cara :

$$\sigma T_E = \sqrt{\sum \left(\frac{b - a}{6} \right)^2} \rightarrow \text{pada semua kegiatan jalur kritis}$$

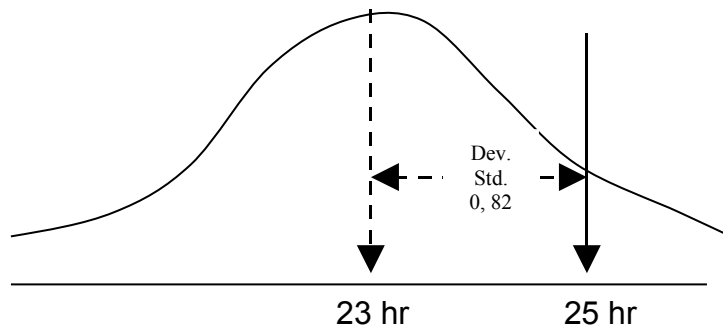
5 - 1

Untuk kegiatan A = $(\frac{\quad}{6})^2 = 0,44$
 Untuk kegiatan C = $(\frac{10 - 2}{6})^2 = 1,78$
 Untuk kegiatan F = $(\frac{9 - 3}{6})^2 = 1$
 Untuk kegiatan H = $(\frac{7 - 1}{6})^2 = 1$
 Untuk kegiatan I = $(\frac{10 - 2}{6})^2 = 1,78$

Lima kegiatan jalur kritis

Sehingga nilai $\sigma T_E = \sqrt{0,44 + 1,78 + 1 + 1 + 1,78} = \sqrt{6} = 2,45$

$$Z = \frac{T_D - T_E}{\sigma T_E} = \frac{25 - 23}{2,45} \approx 0,82$$



Nilai 0,82 ini apabila dilihat pada tabel kurva normal akan memiliki nilai 0,2939, sehingga besarnya kemungkinan proyek secara keseluruhan akan selesai dalam 25 hari adalah sebesar $0,50 + 0,2939 = 0,7939$ atau sekitar 79,39 %.