

Penjadwalan Proyek

Kompetensi:

Setelah membaca modul kuliah ini, diharapkan mahasiswa mampu:

1. Memahami konsep Penjadwalan Proyek
2. Memahami penjadwalan dengan waktu yang diharapkan .
3. Memahami penjadwalan dengan waktu yang tidak pasti

I. Konsep Penjadwalan Proyek

Dalam banyak situasi, manajer bertanggung jawab atas perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek yang terdiri dari berbagai pekerjaan atau tugas terpisah yang dilakukan oleh berbagai departemen dan individu.

Seringkali proyek-proyek ini begitu besar atau kompleks sehingga manajer tidak mungkin mengingat semua informasi yang berkaitan dengan rencana, jadwal, dan kemajuan proyek.

Dalam situasi ini teknik evaluasi dan peninjauan program (PERT) dan metode jalur kritis (CPM) telah terbukti sangat berguna. PERT dan CPM dapat digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengendalikan berbagai proyek:

1. Penelitian dan pengembangan produk baru dan proses
2. Konstruksi pabrik, bangunan, dan jalan raya
3. Pemeliharaan peralatan besar dan kompleks
4. Desain dan pemasangan sistem baru

Dalam jenis proyek ini, manajer proyek harus menjadwalkan dan mengoordinasikan berbagai pekerjaan atau kegiatan sehingga seluruh proyek selesai tepat waktu.

Faktor yang menyulitkan dalam melaksanakan tugas ini adalah saling ketergantungan kegiatan; misalnya, beberapa kegiatan bergantung pada penyelesaian kegiatan lain sebelum pekerjaan itu dapat dimulai.

Karena proyek mungkin memiliki banyak ribuan kegiatan, manajer proyek mencari prosedur yang akan dilakukan untuk membantu mereka menjawab pertanyaan seperti berikut:

1. Berapa total waktu untuk menyelesaikan proyek?
2. kapan tanggal mulai dan selesai yang dijadwalkan untuk setiap kegiatan tertentu
3. Kegiatan mana yang kritis dan harus diselesaikan sesuai dengan yang dijadwalkan agar proyek sesuai jadwal.
4. Berapa lama kegiatan yang tidak kritis dapat ditunda sebelum menyebabkan penambahan
5. total waktu penyelesaian proyek

Model CPM dan PERT dapat memberikan bantuan dalam menjawab pertanyaan tersebut.

Meskipun PERT dan CPM memiliki tujuan umum yang sama dan menggunakan banyak hal yang sama terminologi, tetapi tekniknya dikembangkan secara sendiri-sendiri. PERT dikembangkan pada akhir 1950 oleh Angkatan Laut khusus untuk proyek rudal Polaris. Banyak aktivitas terkait dengan proyek ini yang belum pernah dicoba sebelumnya, sehingga PERT dikembangkan untuk menangani waktu aktivitas yang tidak pasti. CPM awalnya dikembangkan oleh DuPont dan Remington Rand terutama untuk proyek-proyek industri yang waktu kegiatannya pasti dan variabilitasnya bukan masalah. CPM menawarkan pilihan untuk mengurangi waktu aktivitas dengan menambah lebih banyak pekerja atau sumber daya, biasanya dengan biaya yang meningkat. Dengan demikian, fitur pembeda dari CPM adalah bahwa ia mengidentifikasi pertukaran antara waktu dan biaya untuk berbagai kegiatan proyek. Penjadwalan PERT dan CPM yang terkomputerisasi saat ini dengan pendekatan menggabungkan fitur yang terbaik dari keduanya.

II. Penjadwalan Proyek Berdasarkan Waktu Kegiatan yang Diharapkan

Untuk memahami penjadwalan proyek ini dengan waktu aktivitas yang diharapkan selesai dalam waktu tertentu dapat kita lihat ilustrasikan pada contoh berikut:

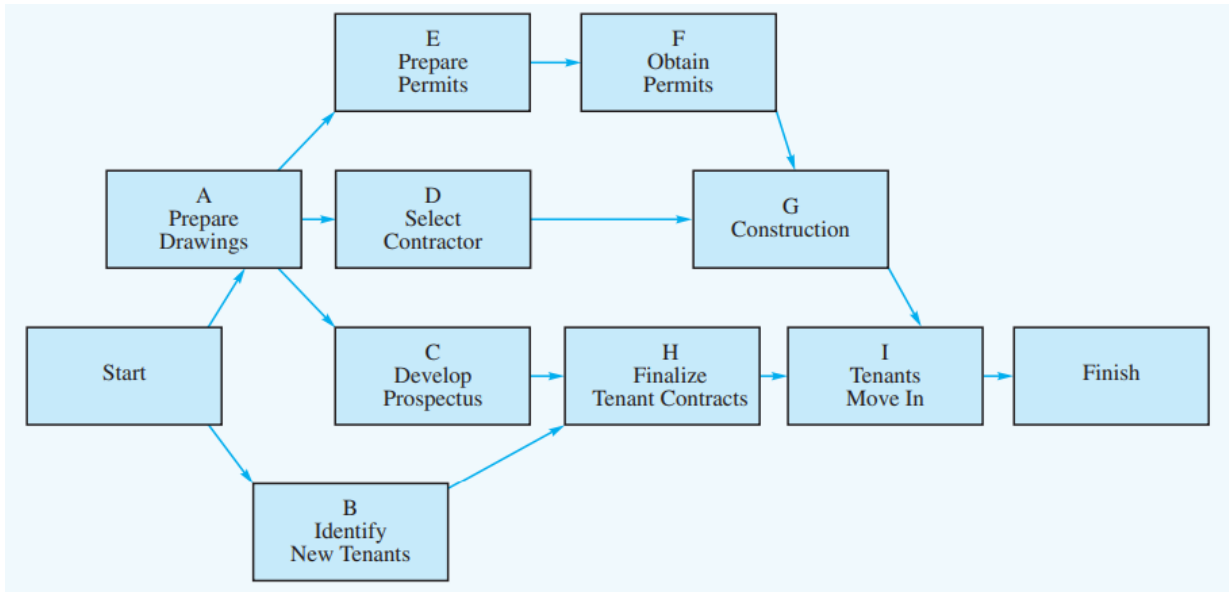
Contoh kasus 1

Pemilik Western Hills Shopping Center berencana untuk memodernisasi dan memperluas kompleks pusat perbelanjaan 32-bisnis saat ini. Proyek ini diharapkan menyediakan ruang untuk 8 hingga 10 bisnis baru. Pendanaan telah diatur melalui investor swasta. Yang belum ditangani adalah pemilik pusat perbelanjaan harus merencanakan, menjadwalkan, dan menyelesaikan ekspansi proyek tersebut. List aktivitas proyek tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. List Aktivitas Proyek Western Hills Shopping Center

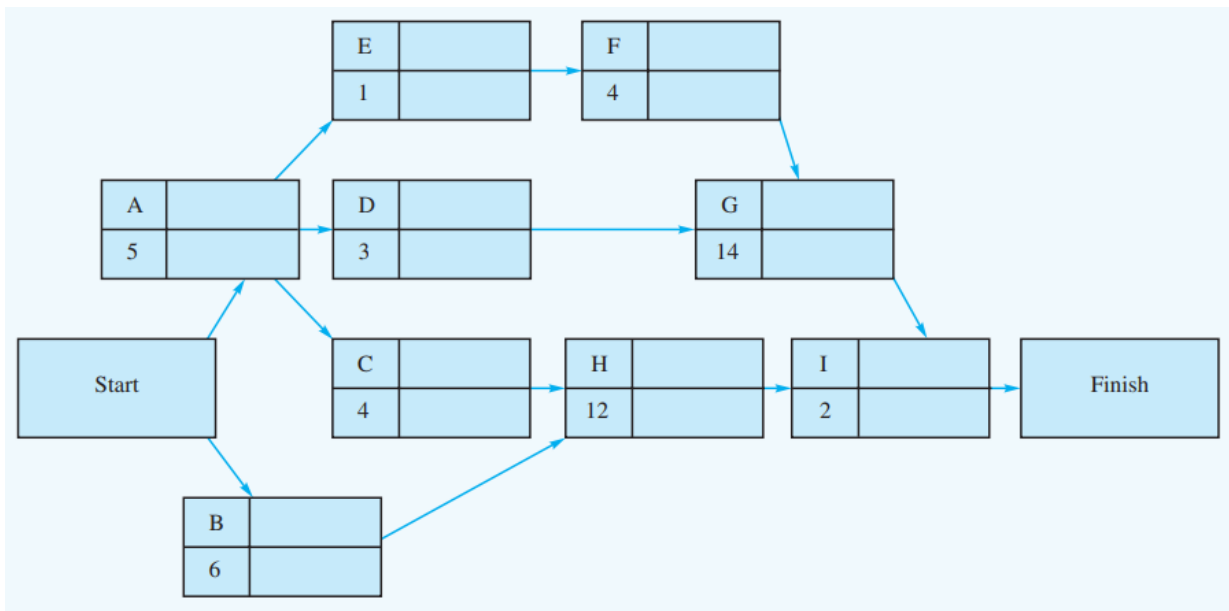
Activity	Activity Description	Immediate Predecessor	Expected Activity Time
A	Prepare architectural drawings	-	5
B	Identify potential new tenants	-	6
C	Develop prospectus for tenants	A	4
D	Select contractor	A	3
E	Prepare building permits	A	1
F	Obtain approval for building permits	E	4
G	Perform construction	D,F	14
H	Finalize contracts with tenants	B,C	12
I	Tenants move in	G,H	2
Total			51

Dari list kegiatan di atas kita akan menggambarkan alur prosesnya dengan melihat aktivitas sebelumnya (predecessor). Apabila aktivitas sebelumnya tidak ada, berarti aktivitas tersebut merupakan aktivitas awal yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Untuk menggambarkan aktivitas jaringan proyek tersebut menggunakan CPM yang dimulai dengan Start dan diakhiri dengan Finish, hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 1. Penjadwalan aktivitas jaringan proyek dengan CPM/PERT

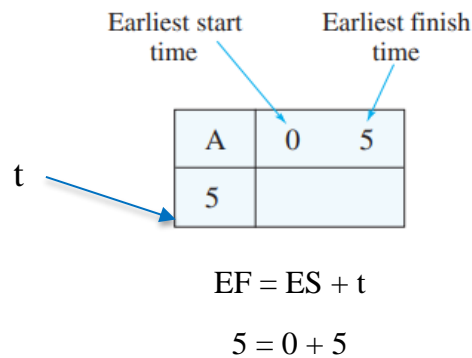
Setelah penjadwalan aktivitas jaringan proyek digambarkan, kemudian kita bagi dari masing-masing gambar aktivitas untuk menuliskan durasi dari masing-masing aktivitasnya. Hasil tampilan gambarnya dapat dilihat seperti di bawah ini:



Gambar 2. Penjadwalan aktivitas jaringan proyek dengan waktu

Dari gambar di atas, kita dapat menghitung durasi waktu dengan pada masing-masing aktivitas yang kemudian dikompilasi mulai durasi waktu dari awal sampai akhir dari aktivitas. Pada bagian atas masing-masing aktivitas dibagi menjadi dua bagian untuk menunjukkan waktu paling awal bisa dimulai (*earliest start time*) dan waktu paling awal bisa selesai (*latest start time*) yang

hasilnya dengan menambahkan waktu dari aktivitas. Gambarnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Dimana :

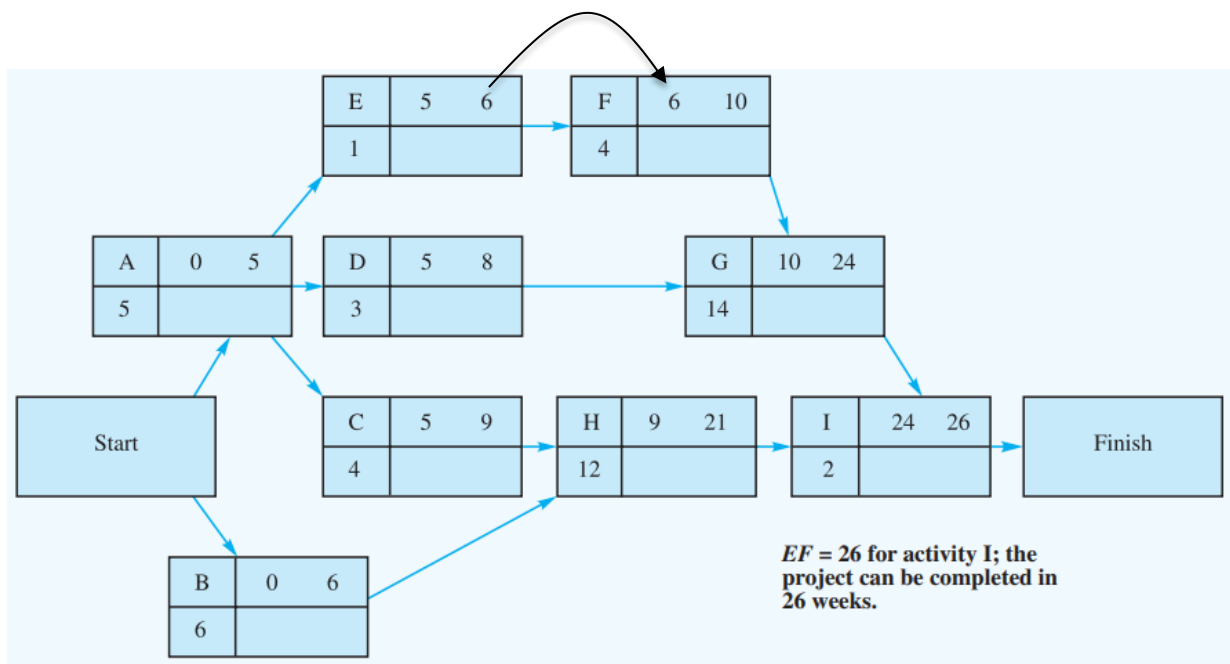
ES = earliest start time for an activity

EF = earliest finish time for an activity

t = expected activity time

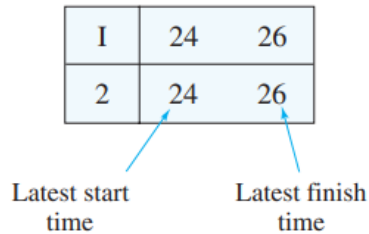
Hasil nilai dari EF akan disimpan atau dituliskan menjadi nilai ES pada aktivitas setelahnya, agar dapat ditambahkan dengan durasi waktu pada aktivitas tersebut. Apabila pada satu aktivitas dengan aktivitas sebelumnya ada dua atau lebih aktivitas, maka nilai yang diambil untuk ES pada aktivitas tersebut adalah nilai dari EF yang terbesar dari dua atau lebih aktivitas sebelumnya, karena aktivitas tersebut dapat dimulai pengerjaannya apabila semua aktivitas sebelumnya sudah selesai dikerjakan.

Selanjutnya kita akan menggambarkan semua aktivitas dengan durasi yang sudah ditambahkan dan ini dapat disebut alur maju (*forward pass*). Hasil dari penambahan pada alur maju (*forward pass*), dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 3. Penjadwalan aktivitas *forward pass*

Selanjutnya pada bagian bawah masing-masing aktivitas dibagi menjadi dua bagian juga untuk menunjukkan waktu paling lambat bisa dimulai (*latest start time*) dan waktu paling lambat bisa selesai (*latest finish time*) yang hasilnya dengan mengurangkan waktu dari aktivitas yang dimulai dari akhir aktivitas sampai awal aktivitas. Gambarnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



$$LS = LF - t$$

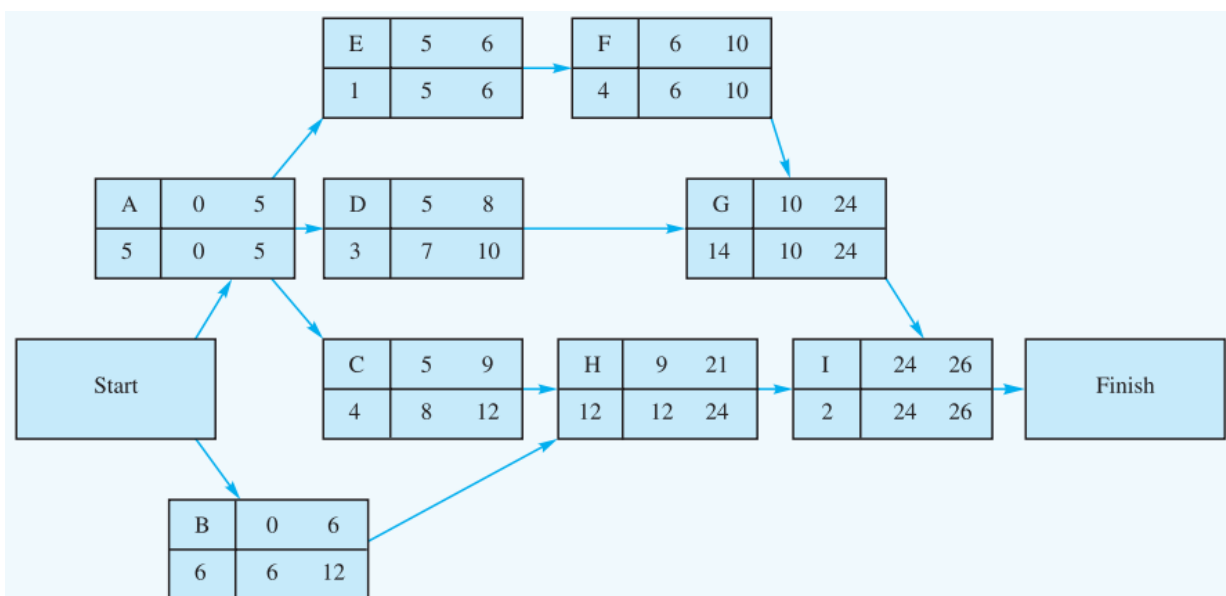
$$24 = 26 - 2$$

Dimana :

- LS = latest start time for an activity
- LF = latest finish time for an activity
- t = expected activity time

Hasil nilai dari LF akan disimpan atau dituliskan menjadi nilai LS pada aktivitas sebelumnya, agar dapat dikurangkan dengan durasi waktu pada aktivitas tersebut. Apabila pada satu aktivitas dengan aktivitas sesudahnya ada dua atau lebih aktivitas, maka nilai yang diambil untuk LS pada aktivitas tersebut adalah nilai dari LF yang terkecil dari dua atau lebih aktivitas setelahnya, karena aktivitas tersebut harus selesai paling cepat selesai.

Selanjutnya kita akan menggambarkan semua aktivitas dengan durasi yang sudah dikurangkan dan ini dapat disebut alur mundur (*backward pass*). Hasil dari pengurangan pada alur mundur (*backward pass*), dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 4. Penjadwalan aktivitas *backward pass*

Setelah menyelesaikan gambar penjadwalan proyek baik *forward pass* dan *backward pass*, selanjutnya dapat menentukan jumlah slack dari setiap aktivitas. Slack adalah lamanya waktu suatu kegiatan yang dapat ditunda tanpa menambah waktu penyelesaian proyek. Jumlah slack untuk suatu aktivitas dihitung sebagai berikut:

$$\text{Slack} = \text{LS} - \text{ES} = \text{LF} - \text{EF}$$

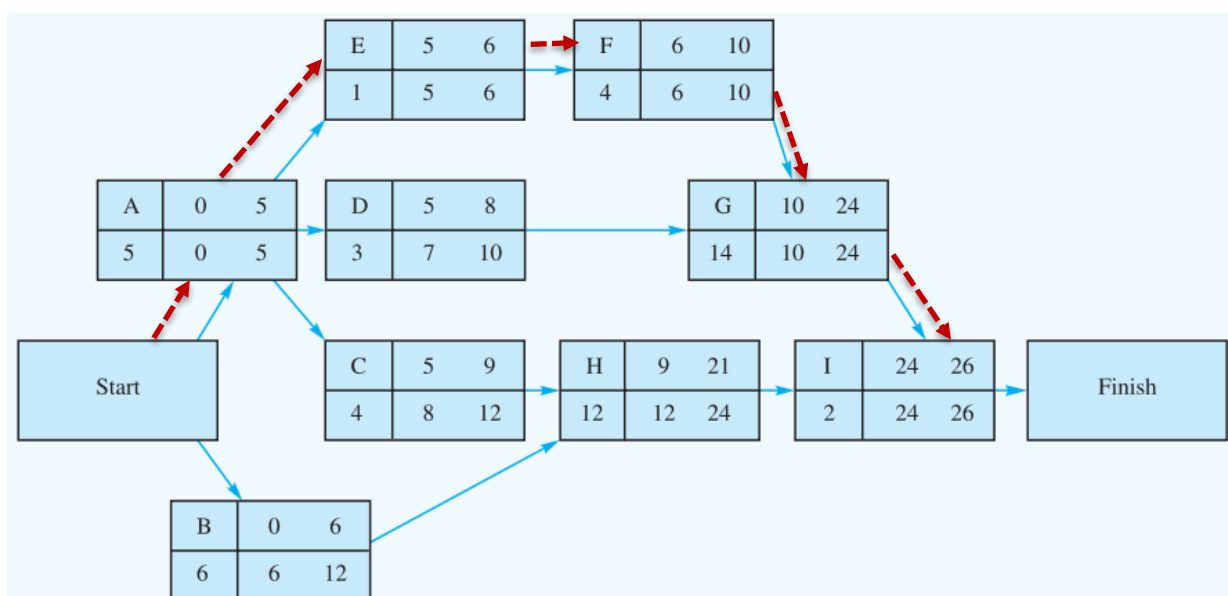
Hasil penghitungan slack pada masing-masing aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Slack Masing-masing aktivitas

Activity	Earliest Start (ES)	Latest Start (LS)	Earliest Finish (EF)	Latest Finish (LF)	Slack (LS - ES)	Critical Path?
A	0	0	5	5	0	Yes
B	0	6	6	12	6	
C	5	8	9	12	3	
D	5	7	8	10	2	
E	5	5	6	6	0	Yes
F	6	6	10	10	0	Yes
G	10	10	24	24	0	Yes
H	9	12	21	24	3	
I	24	24	26	26	0	Yes

Dari tabel slack di atas dapat ditentukan jalur kritisnya dengan melihat hasil nilai slack dari masing-masing aktivitas yang bernilai = 0, maka aktivitas yang menjadi jalur kritis adalah dimulai dari aktivitas A-E-F-G-I.

Penentuan jalur kritis dapat juga ditentukan dengan melihat jalur yang nilai ES sama dengan nilai LS dan nilai EF sama dengan nilai LF. Jalur kritis pada proyek di atas dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 5. Jalur Kritis Pada Penjadwalan Proyek

III. Penjadwalan Proyek Berdasarkan Waktu Kegiatan yang Tidak Pasti

Pada bahasan ini akan mempertimbangkan rincian penjadwalan proyek untuk masalah yang melibatkan penelitian dan pengembangan produk baru. Karena banyak kegiatan dalam proyek semacam itu tidak pernah dilakukan, manajer proyek ingin membuat penjadwalan kegiatan tersebut dengan waktu yang tidak pasti. Disini akan ditunjukkan bagaimana penjadwalan proyek dapat dilakukan dengan waktu aktivitas yang tidak pasti. Untuk membahas penjadwalan dengan waktu kegiatan yang tidak pasti, akan diilustrasikan pada contoh berikut ini.

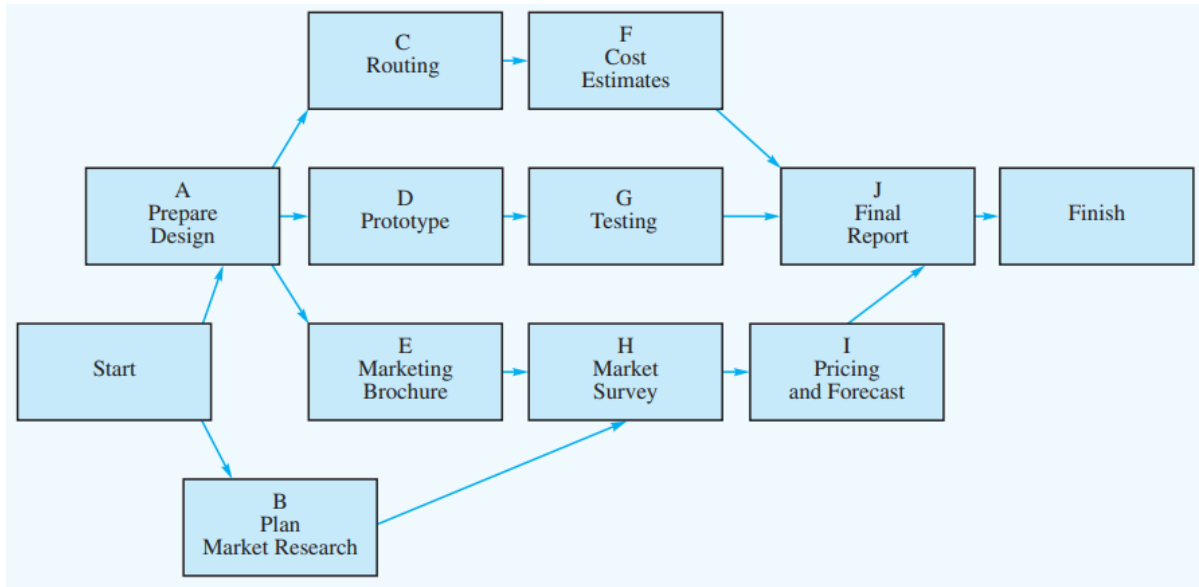
Contoh kasus 2

Perusahaan H. S. Daugherty telah memproduksi sistem pembersih vakum industri yang bertahun-tahun. Untuk perencanaan kedepan, anggota tim riset produk baru perusahaan mengajukan kepada perusahaan untuk mempertimbangkan pembuatan penyedot debu nirkabel. Produk baru ini diharapkan dapat berkontribusi pada ekspansi Daugherty ke dalam pasar rumah tangga. Manajemen berharap dapat memproduksi produk baru tersebut dengan biaya yang murah dan mendapatkan portabilitas serta kenyamanan tanpa kabel akan membuatnya sangat menarik. Manajemen Daugherty ingin mempelajari kelayakan pembuatan produk tersebut. Studi kelayakan akan memberikan rekomendasi tentang tindakan yang akan diambil. Untuk dapat menyelesaikan studi ini, informasi harus diperoleh dari penelitian dan pengembangan (R&D) perusahaan, pengujian produk, manufaktur, estimasi biaya, dan kelompok riset pasar. Langkah pertama dalam proses penjadwalan proyek adalah mengidentifikasi semua kegiatan secara detail pada proyek dan kemudian menentukan kegiatan pendahulu yang langsung untuk setiap kegiatan. List aktivitas proyek tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. List Aktivitas Proyek H. S. Daugherty

Activity	Description	Immediate Predecessor
A	Develop product design	—
B	Plan market research	—
C	Prepare routing (manufacturing engineering)	A
D	Build prototype model	A
E	Prepare marketing brochure	A
F	Prepare cost estimates (industrial engineering)	C
G	Do preliminary product testing	D
H	Complete market survey	B, E
I	Prepare pricing and forecast report	H
J	Prepare final report	F, G, I

Dari list kegiatan di atas kita akan menggambarkan alur prosesnya dengan melihat aktivitas sebelumnya (predecessor). Apabila aktivitas sebelumnya tidak ada, berarti aktivitas tersebut merupakan aktivitas awal yang harus diselesaikan terlebih dahulu. Untuk menggambarkan aktivitas jaringan proyek tersebut menggunakan CPM/PERT yang dimulai dengan Start dan diakhiri dengan Finish, hasilnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. Penjadwalan aktivitas jaringan proyek produk baru

Untuk waktu dari masing-masing kegiatan tidak diketahui secara pasti, sehingga dalam penentuan waktu aktivitas yang tidak pasti diperlakukan sebagai variabel acak dengan distribusi probabilitas terkait. Sebagai hasilnya, pernyataan probabilitas akan diberikan tentang kemampuan untuk memenuhi tanggal penyelesaian proyek tertentu.

Untuk memasukkan waktu aktivitas yang tidak pasti ke dalam analisis proyek, kita terlebih dahulu perlu memperoleh tiga waktu perkiraan untuk setiap aktivitas yaitu:

- Optimistic time (a) = waktu aktivitas minimum jika semuanya berjalan secara ideal
- Most probable time (m) = waktu aktivitas yang paling memungkinkan dalam kondisi normal
- Pessimistic time (b) = waktu aktivitas maksimum jika ditemui penundaan yang signifikan

Untuk menentukan waktu pada masing-masing aktivitas dengan adanya tiga waktu yang berbeda-beda menjadi satu waktu (t), kita dapat menggunakan rumus berikut:

$$t = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Dimana:

- t = Waktu aktivitas
- a = Waktu Optimistic
- m = Waktu Most probable
- b = Waktu Pessimistic

Waktu dari setiap aktivitas pada proyek pembuatan produk vakum baru nirkabel dengan menampilkan waktu optimistic, waktu most probable, dan waktu pessimistic dapat dilihat pada tabel berikut ini:

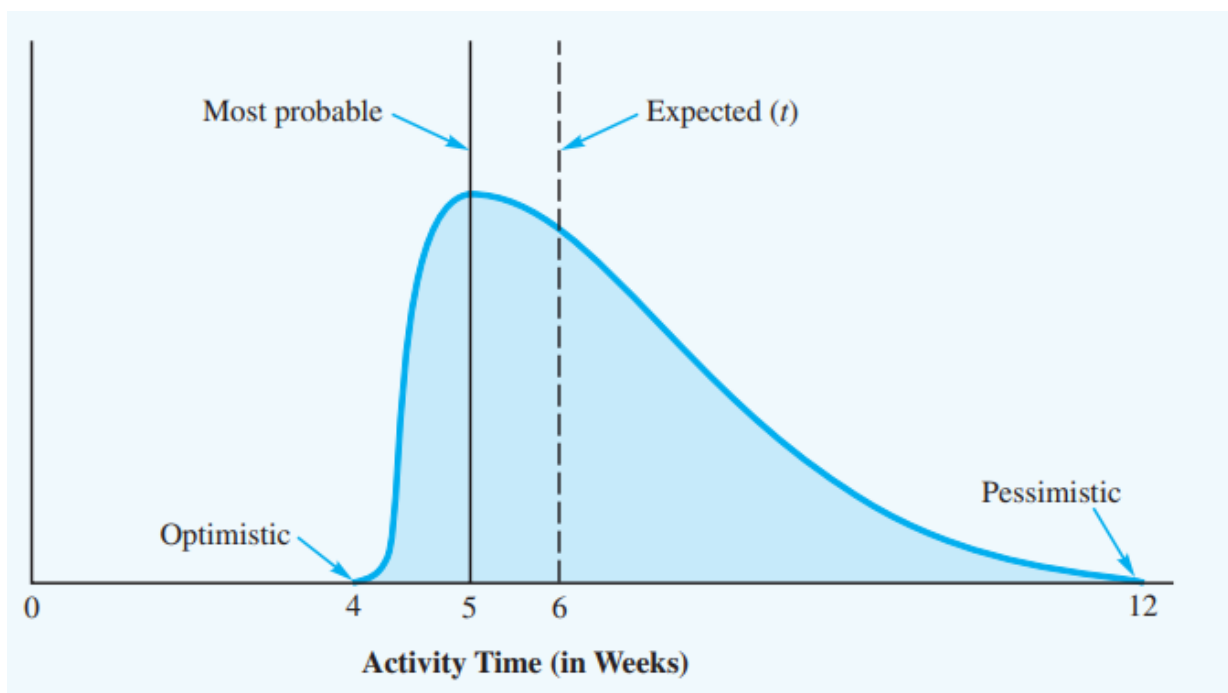
Tabel 4. Waktu Aktivitas Proyek H. S. Daugherty

Activity	Optimistic (a)	Most Probable (m)	Pessimistic (b)
A	4	5	12
B	1	1.5	5
C	2	3	4
D	3	4	11
E	2	3	4
F	1.5	2	2.5
G	1.5	3	4.5
H	2.5	3.5	7.5
I	1.5	2	2.5
J	1	2	3

Misalnya untuk mencari waktu aktivitas A adalah sebagai berikut:

$$t_A = \frac{4 + 4(5) + 12}{6} = \frac{36}{6} = 6 \text{ weeks}$$

Untuk mengilustrasikan waktu aktivitas A dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 7. Waktu untuk Aktivitas A

Dengan waktu aktivitas yang tidak pasti, kita dapat menggunakan varian untuk menggambarkan dispersi atau variasi dalam nilai waktu aktivitas. Untuk mencari Varian dari aktivitas dapat menggunakan rumus berikut:

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Dimana:

- σ = Varian aktivitas
- a = Waktu Optimistic
- b = Waktu Pessimistic

Misalnya untuk mencari varian aktivitas A adalah sebagai berikut:

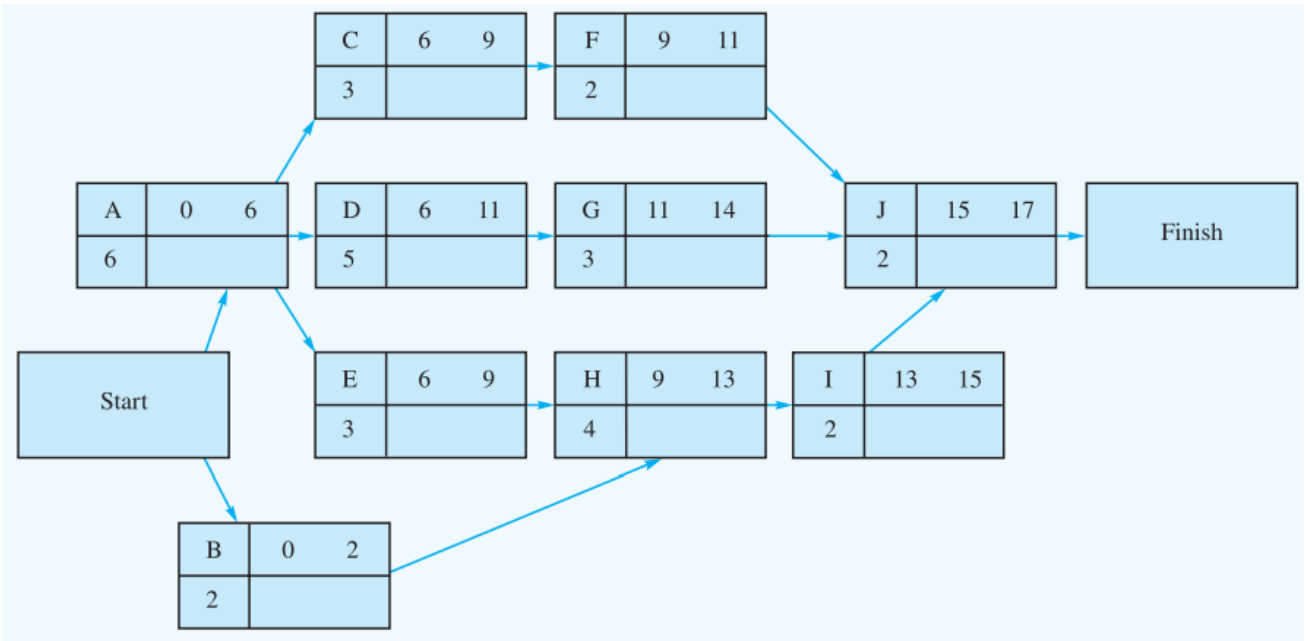
$$\sigma_A^2 = \left(\frac{12 - 4}{6} \right)^2 = \left(\frac{8}{6} \right)^2 = 1.78$$

Hasil perhitungan waktu dari setiap aktivitas dan varian setiap aktivitas dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. Waktu Aktivitas dan Varian Proyek H. S. Daugherty

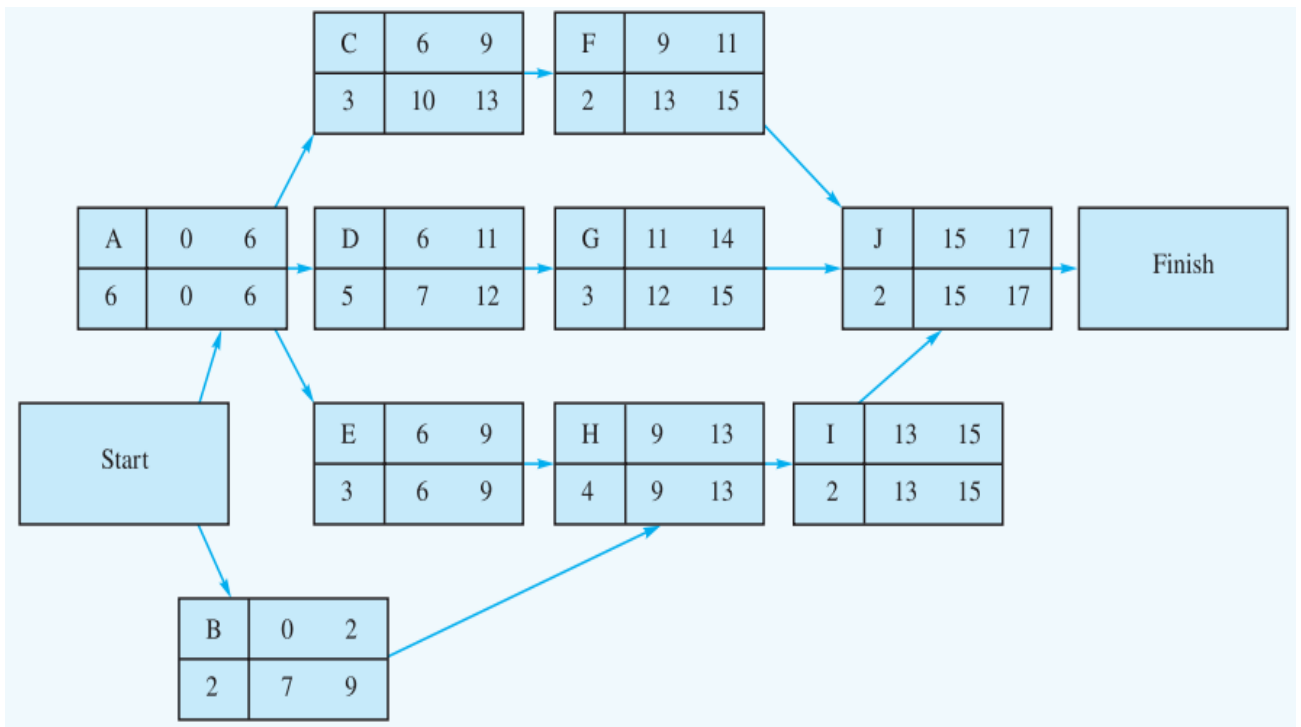
Activity	Expected Time (weeks)	Variance
A	6	1.78
B	2	0.44
C	3	0.11
D	5	1.78
E	3	0.11
F	2	0.03
G	3	0.25
H	4	0.69
I	2	0.03
J	2	0.11
Total	32	

Setelah waktu aktivitasnya dari tiga waktu perkiraan menjadi satu waktu aktivitas, maka kita dapat menggambarkan waktu pada setiap aktivitas pada alur maju (*forward pass*) jaringan proyeknya sesuai dengan predecessor aktivitas dan mengisi nilai dari ES dan EF dapat dilihat seperti gambar di bawah ini:



Gambar 8. Waktu untuk Aktivitas pada alur *forward pass*

Selanjutnya untuk menggambarkan setiap aktivitas pada alur mundur (*backward pass*) jaringan proyeknya sesuai dengan mengisi nilai dari LS dan LF dapat dilihat seperti gambar di bawah ini:



Gambar 9. Waktu untuk Aktivitas pada alur *backward pass*

Hasil penghitungan slack pada masing-masing aktivitas dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Slack Aktivitas pada Proyek H. S. Daugherty

Activity	Earliest Start (ES)	Latest Start (LS)	Earliest Finish (EF)	Latest Finish (LF)	Slack (LS - ES)	Critical Path?
A	0	0	6	6	0	Yes
B	0	7	2	9	7	
C	6	10	9	13	4	
D	6	7	11	12	1	
E	6	6	9	9	0	Yes
F	9	13	11	15	4	
G	11	12	14	15	1	
H	9	9	13	13	0	Yes
I	13	13	15	15	0	Yes
J	15	15	17	17	0	Yes

Dari tabel slack di atas kita dapat mengetahui jalur kritisnya yaitu (A - E - H - I - J) dengan total waktu pengerjaan proyek tersebut rata-rata adalah 17 minggu hasil dari penjumlahan waktu pada jalur kritis seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 E(T) &= t_A + t_E + t_H + t_I + t_J \\
 &= 1,78 + 0,11 + 0,69 + 0,03 + 0,11 \\
 &= 2,72
 \end{aligned}$$

Varian proyek tersebut dalam waktu penyelesaian proyek adalah jumlah dari varian pada jalur aktivitas kritisnya dapat dihitung seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 \sigma^2 &= \sigma_A^2 + \sigma_E^2 + \sigma_H^2 + \sigma_I^2 + \sigma_J^2 \\
 &= 6 + 3 + 4 + 2 + 2
 \end{aligned}$$

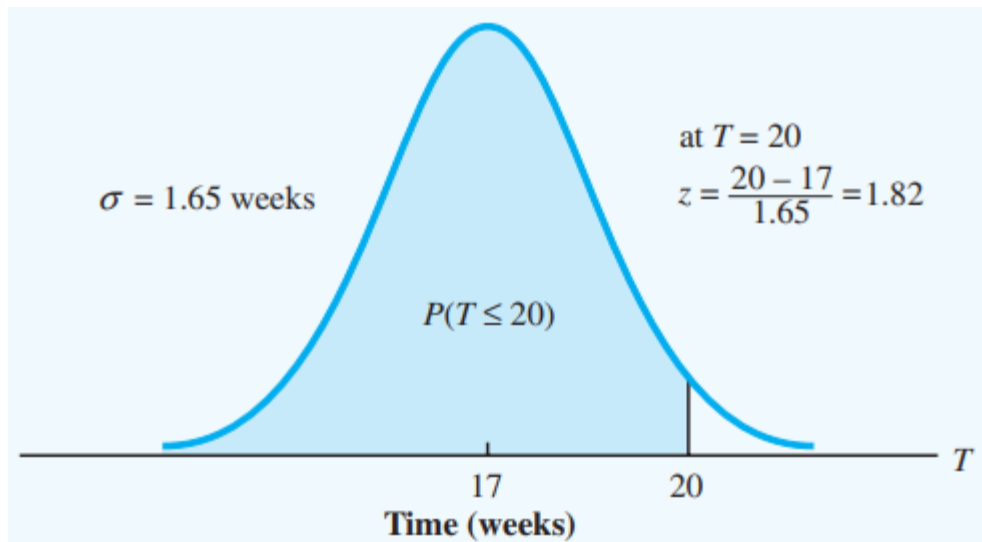
Dari hasil perhitungan varian di atas kita dapat mencari standar deviasinya yaitu:

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} = \sqrt{2,72} = 1,65$$

Apabila pada pada proyek tersebut dapat selesai dalam 20 minggu, maka hitunglah berapa probabilitas proyek tersebut dapat selesai?

Jawab

Untuk menyelesaikan soal tersebut kita dapat menggunakan model distribusi normal dengan gambar sebagai berikut:



Gambar 10. Distribusi Normal Aktivitas proyek

Kita dapat menghitung z seperti berikut:

$$z = \frac{20 - 17}{1.65} = 1.82$$

Dari hasil perhitungan $z = 1,82$, kita dapat menggunakan tabel distribusi normal untuk menentukan berapa probabilitas apabila proyek tersebut dapat diselesaikan diatas 20 minggu.

Hasil dari tabel diketahui luas area dari $z = 1,82$ adalah 0,9656, maka kita dapat mengetahui bahwa hasil probabilitas proyek dapat dikerjakan di atas 20 minggu adalah $1 - 0,9656 = 0,0344$.

Jadi proyek penjadwalan produk baru dengan waktu diatas 20 minggu adalah 3,44%.

Daftar Pustaka

Quantitative Methods for Business, Twelfth Edition, Anderson, Sweeney, Williams, Camm, Cochran, Fry, Ohlmann, 2013, Cengage Learning.