#9 MANAJEMEN PROYEK (CPM)

Definisi

Jika ditinjau dari definisi, **Proyek** dapat diartikan sebagai serangkaian pekerjaan yang saling terkait dan biasanya diarahkan ke beberapa output utama dan membutuhkan jangka waktu yang signifikan untuk melakukannya. Sehingga **Manajemen Proyek** merupakan kegiatan pengelolaan perencanaan, mengarahkan sumber daya, dan mengendalikan (orang, peralatan, material) untuk memenuhi biaya, teknis, dan kendala waktu proyek.

Ada 3 (tiga) fase dalam manajemen proyek, yaitu:

1. **Perencanaan**

   Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi proyek.

2. **Penjadwalan**

   Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.

3. **Pengendalian**

   Fase untuk mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Fase ini juga dapat digunakan untuk merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Perencanaan Proyek

Organisasi proyek adalah cara yang efektif untuk menugaskan orang dan sumber daya fisik yang diperlukan. Organisasi proyek dibentuk untuk memastikan program yang telah ada tetap berjalan dengan lancar. Organisasi proyek akan bekerja baik bila:

1. Pekerjaan dapat didefinisikan dengan sasaran dan terget waktu khusus.
2. Pekerjaan tersebut unik atau tidak begitu biasa dalam organisasi yang ada.
3. Pekerjaan mengandung tugas-tugas kompleks yang membutuhkan keterampilan khusus dan saling berhubungan.
4. Proyek bersifat sementara tetapi pentng bagi organisasi.
5. Proyek meliputi hampir semua lini organisasi.

Hal tersebut merupakan tugas dari manajer proyek (pimpinan) untuk memastikan bahwa:

1. Seluruh kegiatan yang diperlukan diselesaikan dalam urutan yang tepat dan waktu yang tepat;
2. Proyek selesai sesuai dengan anggaran;
3. Proyek memenuhi sasara kualitas;
4. Orang-orang yang ditugaskan pada proyek mendapatkan arahan, dan informasi yang diperlukan.

Ini berarti manajer proyek (pimpinan) haruslah mempunyai kemampuan untuk melatih, berkomunikasi dengan baik, dan dapat mengorganisasikan kegiatan.

Struktur Pemecahan Kerja (*Work Breakdown Stucture* – WBS)

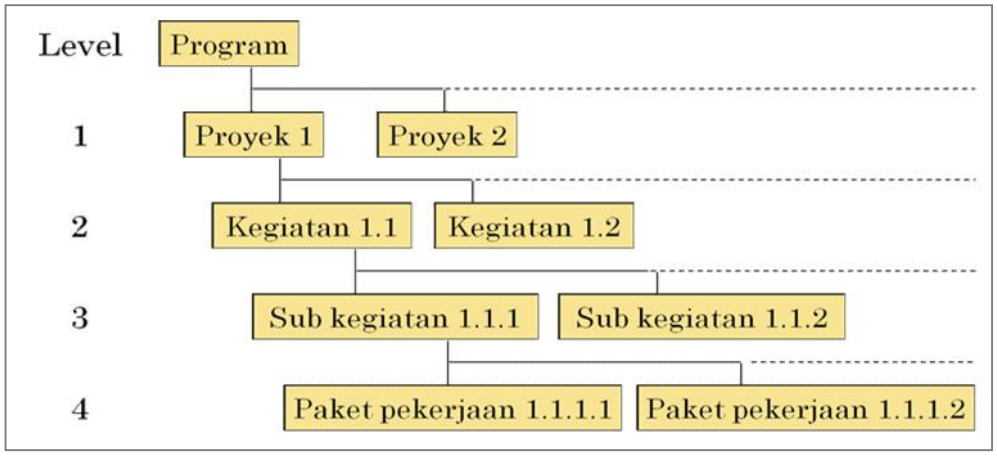
Mendefinisikan proyek dengan membaginya menjadi subkomponen (atau tugas) utama, yang selanjutnya dibagi lagi menjadi komponen yang lebih detail, dan akhirnya menjadi seperangkat kegiatan dan biaya terkait.

Struktur pemecahan kerja umumnya menurun dalam ukuran dari atas ke bawah dan dapat dibuat menjadi uruatn sebagai berikut:

Tingkat	
1	Proyek
2	Tugas-tugas utama proyek
3	Subtugas-subtugas pada tugas utama
4	Kegiatan (atau "paket kerja') yang harus diselesaikan

Gambar 1. Struktur Pemecahan Kerja Proyek

Untuk lebih jelasnya, pemecahan (pembagian) struktur kerja dapat dilihat dalam Gambar 2.



Gambar 2. Struktur Kerja Proyek Murni

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek meliputi pengurutan dan pembagian waktu untuk seluruh kegiatan proyek. Salah satu pendekatan proyek yang populer adalah **Diagram Gantt (*Gantt Chart*)**, yang akan membantu untuk memastikan bahwa:

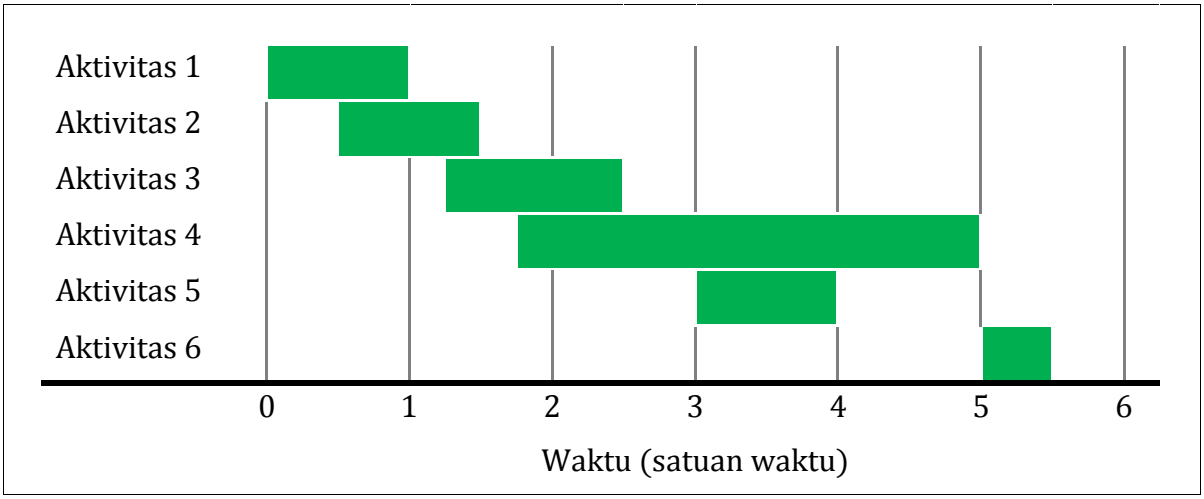
(1) Semua kegiatan telah direncanakan,

(2) Urutan kinerja telah diperhitungkan,

(3) Perkiraan waktu telah tercatat, dan

(4) Keseluruhan waktu proyek telah dibuat.

Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3, balok/batang horizontal (*horizontal bar*) dengan warna hijau dibuat pada tiap kegiatan proyek sepanjang garis waktu.



Gambar 3. Gantt Chart

Penataan Proyek

Dalam manajemen proyek terdapat bebepaa hal terkait dengan penataan proyek, antara lain:

1. Penataan Proyek Murni

   Untuk struktur organisasi penataan proyek murni seperti terlihat dalam Gambar 2. Keuntungan dalam proyek ini antara lain:

   - Manajer proyek memiliki kewenangan penuh atas proyek tersebut.
   - Anggota tim melapor ke satu pimpinan.
   - Memperpendek jalur komunikasi.
   - Memiliki kebanggaan tim, motivasi, dan komitmen yang tinggi.

   Sedangkan kekurangannya antara lain:

   - Duplikasi sumber daya.
   - Tujuan organisasi dan kebijakan diabaikan.
   - Kurangnya transfer teknologi.
   - Anggota tim tidak memiliki kawasan fungsional (seperti tempat kerje pribadi).

2. Penataan Proyek Fungsional

   Untuk struktur organisasi penataan proyek fungsional dapat dilihat pada Gambar 4 dibawah ini.

   Keuntungan dari penataan proyek ini, antara lain:

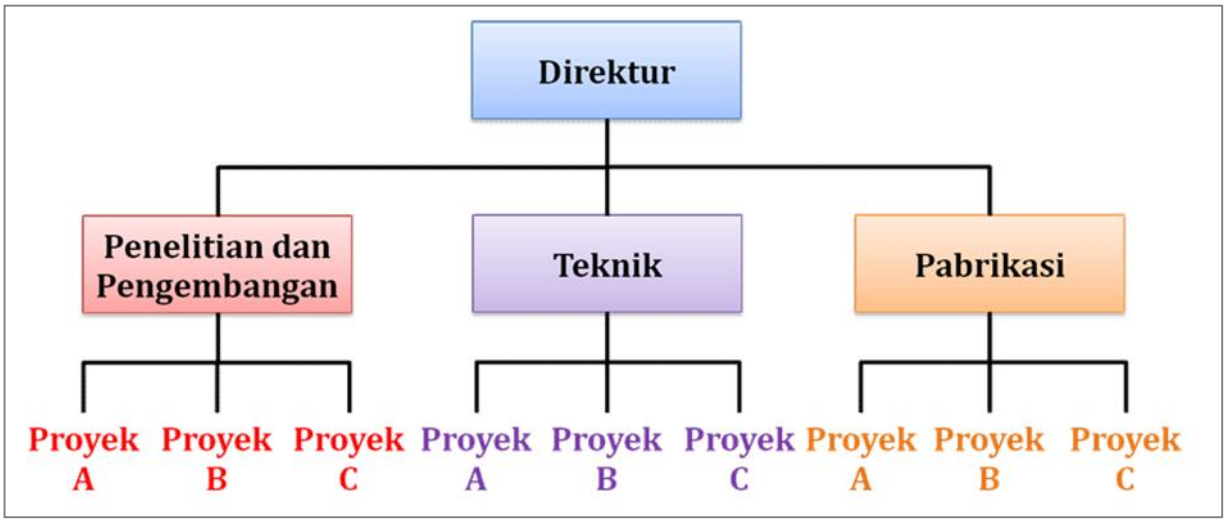
   - Anggota tim dapat bekerja pada beberapa proyek.
   - Keahlian teknis dipertahankan dalam area fungsional.

- Wilayah fungsional adalah “tempat pribadi" setelah proyek selesai.
- Memerlukan pengetahuan khusus.

Sedangkan kekurangannya adalah:

- Aspek proyek tidak secara langsung terkait dengan area fungsional dan cepat mengalami perubahan.
- Motivasi anggota tim lemah.

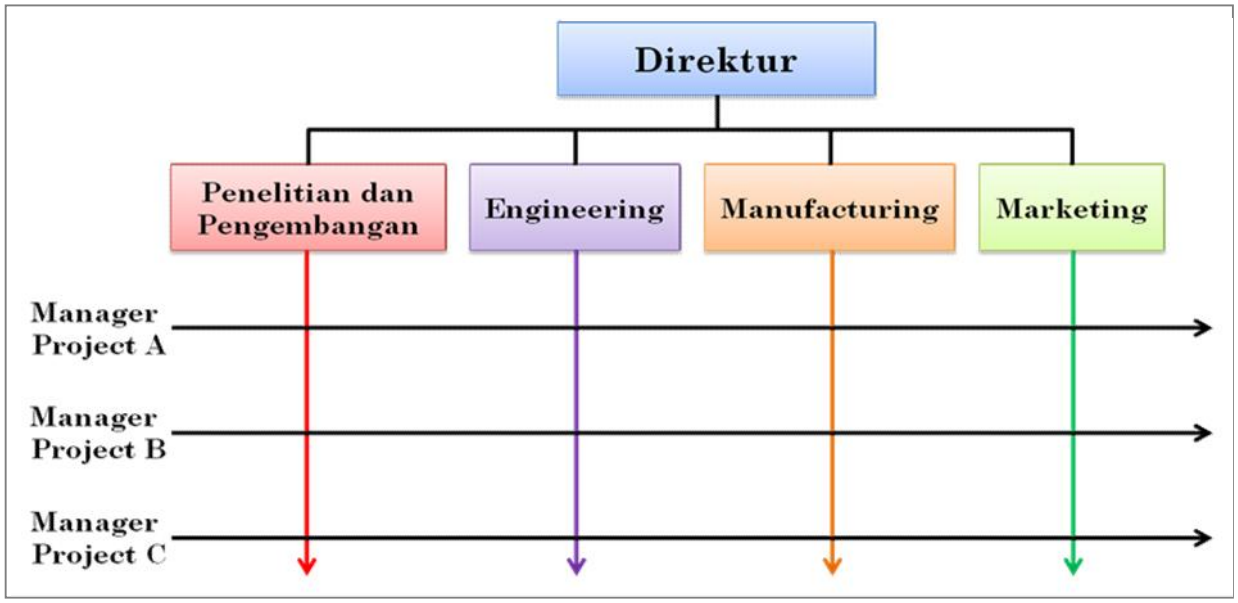
  Kebutuhan klien bersifat sekunder dan di respon secara perlahan.



Gambar 4. Penataan Proyek Fungsional

3. Penataan Proyek Matriks

Untuk struktur organisasi penataan proyek fungsional dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. Penataan Proyek Matriks

Keuntungan penataan proyek ini adalah:

- Meningkatan komunikasi internal.
- Pembagian tanggung jawab tepat.
- Meminimalkan duplikasi sumber daya.
- Anggota tim memiliki area fungsional “tempat pribadi".
- Kebijakan dari induk organisasi dapat diikuti.

Sedangkan kekurangannya adalah:

- Terlalu banyak pimpinan.
- Tergantung pada kemampuan negoisasi manajer proyek.
- Berpotensi untuk tidak optimal (sub-optimisasi).

Teknik Analisa Jaringan

Merupakan teknik analisis yang dapat membantu manajemem proyek (baik yang sedang berjalan, maupun yang sama sekali baru). Kegunaannya antara lain:

1. Membuat perencanaan
2. Mengatur jadwal pelaksanaan
3. Melakukan pengawasan, dan
4. Mengambil keputusan

Suatu proyek pada hakekatnya adalah sejumlah kegiatan yang dirangkaikan satu dengan yang lain maupun terpisah. Dalam hal ini teknik analisa jaringan dapat mengatur rangkaian dari kegiatan tersebut sehingga efisien.

Ada dua teknik jaringan kerja yang berKembang (yang paling terkenal dan banyak diterapkan), yaitu:

(1) CPM (*Critical Path Method*), dan

(2) PERT (*Project Evaluation and Review Technigue*).

Perbedaannya kedua teknik analisis ini terletak pada perkiraan waktu, dimana:

(1) CPM menaksir waktu dengan pasti (*deterministic*), sedangkan

(2) PERT menaksir waktu dengan menggunakan teori kemungkinan (*probabilistic*).

Tahapan Analisa Jaringan

1) Membuat uraian kegiatan-kegiatan, menyusun logika urutan kejadian-kejadian, menentukan syarat-syarat pendahuluan, menguraikan interelasi dan interdependensi antara kegiatan-kegiatan.
2) Memperkirakan waktu yang diperlukan untuk melaksanakan tiap kegiatan, menentukan kapan suatu kegiatan dimulai dan kapan berakhir, menentukan keseluruhan proyek berakhir.

3) Jika dibutuhkan, tetapkan alokasi biaya dan peralatan guna pelaksanaan tiap kegiatan, meskipun pada dasarnya hal ini tidak begitu penting.

Diagram Analisa Jaringan

Dalam teknik analisa jaringan dibutuhkan sebuah diagram untuk membagi keseluruhan proyek menjadi kegiatan-kegiatan menurut struktur pecahan kerja.

Terdapat beberapa lambang khusus dalam diagram analisa jaringan, antara lain:

1) Anak panah (*arrow*)

- ✓ Menyatakan kegiatan (panjang panah tidak mempunyai arti khusus.
- ✓ Pangkal dan ujung panah menerangkan kegiatan mulai dan berakhir.
- ✓ Kegiatan harus berlangsung terus dalam jangka waktu tertentu (*duration*) dengan pemakaian sejumlah sumber (manusia, alat, bahan, dan dana).
- ✓ Pada umumnya kegiatan diberi kode huruf besar A, B, C, dst.

Gambar 6. Lambang Anak Panah

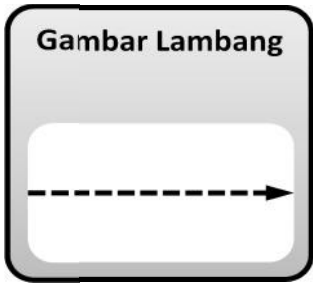
2) Simpul (node)

- ✓ Menyatakan suatu kejadian atau peristiwa.
- ✓ Kejadian diartikan sebagai awal atau akhir dari satu atau beberapa kegiatan.
- ✓ Umumnya kejadian diberi kode dengan angka 1, 2, 3, dst, yang disebut nomor kejadian.

Gambar 7. Lambang Simpul

3) Anak panah putus-putus

- ✓ Menyatakan kegiatan semu (*dummy*).
- ✓ Dummy sebagai pemberitahuan bahwa terjadi perpindahan satu kejadian ke kejadian lain pd saat yg sama.
- ✓ Dummy tidak memerlukan waktu dan tidak menghabiskan sumber.



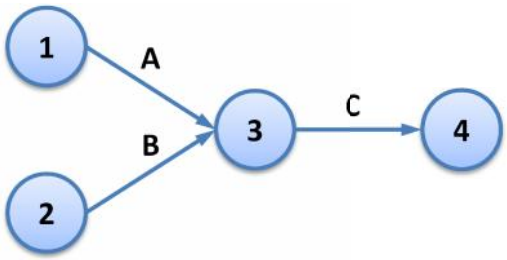
Gambar 8. Lambang Anak Panah Putus-Putus

Ketentuan Logika Kegiatan

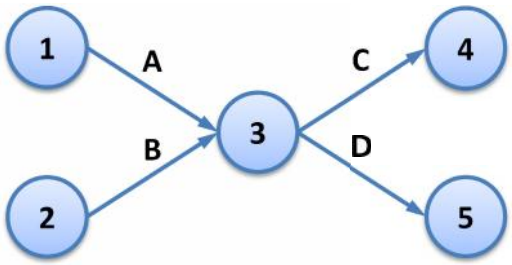
Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam analisa jaringan, antara lain:

1.

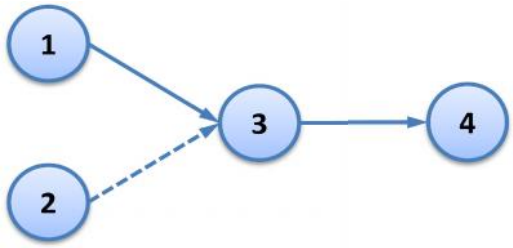
Kegiatan B hanya dapat dimulai setelah kegiatan A selesai.

2. 

Kegiatan C hanya dapat dimulai setelah kegiatan A dan B selesai. Kegiatan A dan B tidak boleh berlangsung bersamaan, namun berakhir pada kejadian yang sama.

3. 

Kegiatan C dan D dapat dimulai setelah kegiatan A dan B berakhir, dan selesai pada kejadian yang berbeda.

4. 

Dua kejadian yang saling ketergantungan yang dihubungkan dengan *dummy.*

5. Bila ada dua kegiatan berbeda yang mulai pada kejadian yang sama dan berakhir pada kejadian yang sama pula, maka kegiatan tersebut tidak boleh berimpit.
6. Dalam suatu jaringan tidak boleh terjadi suatu *loop* atau arus putar.
7. Nomor kejadian terkecil adalah nomor dari kejadian awal dan nomor kejadian terbesar adalah nomor kejadian akhir. Nomor kejadian ditulis di dalam lingkaran kejadian.
8. Tiap kegiatan selain diberi kode berupa huruf besar, juga boleh diberi kode simbol (i,j), dimana i menyatakan nomor kejadian awal, dan j menyatakan nomor kejadian akhir.

Critical Path Method (CPM)

Critical Path Method (CPM) adalah teknik analisa jaringan (*networking*) dengan menggunakan jalur (garis edar) kritis. CPM menaksir (memperkirakan) waktu dengan pasti (*deterministic*). CPM Merupakan teknik jaringan yang banyak digunakan (yang paling terkenal) untuk analisis proyek.

CPM bertujuan untuk mengidentifikasi garis edar (jalur) kritis sebagai garis edar (jalur) yang berisi kejadian-kejadian yang tidak memiliki kesenjangan, sehingga akan diperoleh:

1) Waktu mulai dan selesai paling cepat,
2) Waktu mulai dan selesai paling lambat,

3) Waktu penundaan,
4) Total waktu aktivitas/proyek dapat diselesaikan.

Langkah dasar untuk mengerjakan CPM, yaitu:

1) Mendefinisikan proyek dan menyiapkan struktur pecahan kerja.
2) Membangun hubungan antar kegiatan. Memutuskan kegiatan mana yang harus lebih dahulu mana yang harus mengikuti yang lain.
3) Menggambarkan jaringan yang menghubungkan keseluruhan kegiatan.
4) Menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan.
5) Menghitung jalur waktu terpanjang melalui jaringan. Ini yang disebut jalur kritis.
6) Menggunakan jaringan untuk membantu perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian proyek.

Terdapat beberapa ketentuan dalam CPM, antara lain:

1) Jalur kritis juga diperkenankan melalui *dummy*.
2) Jalur kritis tidak perlu hanya terdiri dari satu jalur, tetapi boleh terdiri dari dua atau lebih jalur.
3) Waktu penyelesaian satu kegiatan kritis tidak boleh melebihi waktu yg sudah ditentukan, karena keterlambatan kegiatan kritis dapat mengganggu (memperpanjang) waktu penyelesaian seluruh proyek.

Contoh CPM

Dari tabel berikut, tentukan garis edar kritis dan waktu penyelesaian proyek.

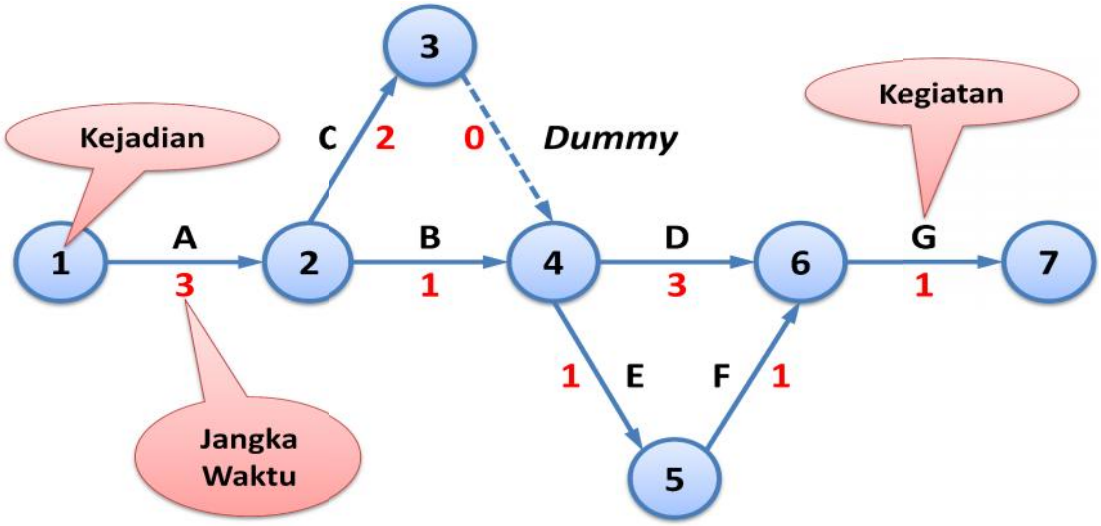
Tabel 1. Tabel CPM

No.	Kegiatan		Kegiatan Sebelumnya	Jangka Waktu (Bulan)
	Nama	Kode		
1	Desain dan pendanaan	A	--	3
2	Memesan bahan baku	B	A	1
3	Mendirikan pondasi	C	A	2
4	Membangun rumah	D	B, C	3
5	Memilih Cat	E	B, C	1
6	Memilih karpet	F	E	1
7	Finishing	G	D, F	1

Karena langkah 1 dan langkah 2 telah diketahui dari Tabel 1, maka langkah selanjutnya (langkah 3) adalah menggambar diagram jaringan. Sesuai dengan data yang ada pada tabel , maka gambar diagram jaringan seperti yang terlihat dalam Gambar 9.

Langkah selanjutnya (langkah 4) yaitu menetapkan perkiraan waktu dan/atau biaya untuk tiap kegiatan. Dari Tabel 1, telah diketahui waktu untuk masing-masing kegiatan,

namun untuk biaya tidak perlu diperhitungkan karena tidak ada dalam soal. Untuk pembahasan selanjutnya, waktu dari tiap kegiatan dapat dikembangkan lagi.



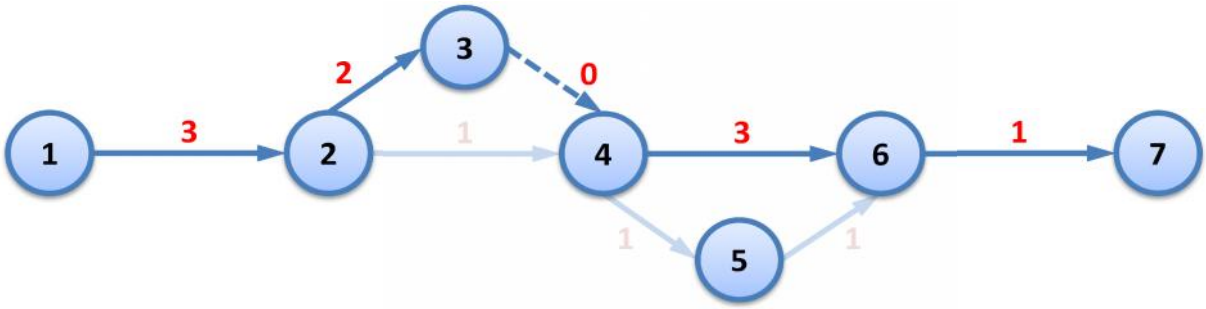
Gambar 9. Diagram Jaringan

Langkah ke-5 yaitu menghitung jalur waktu terpanjang yang melalui jaringan, sehingga akan diperoleh jalur kritis dan waktu proyek. Dari diagram jaringan pada Gambar 9, dapat di identifikasi garis edar (jalur) yang dapat dilalui, seperti yang terlihat pada tabel 2.

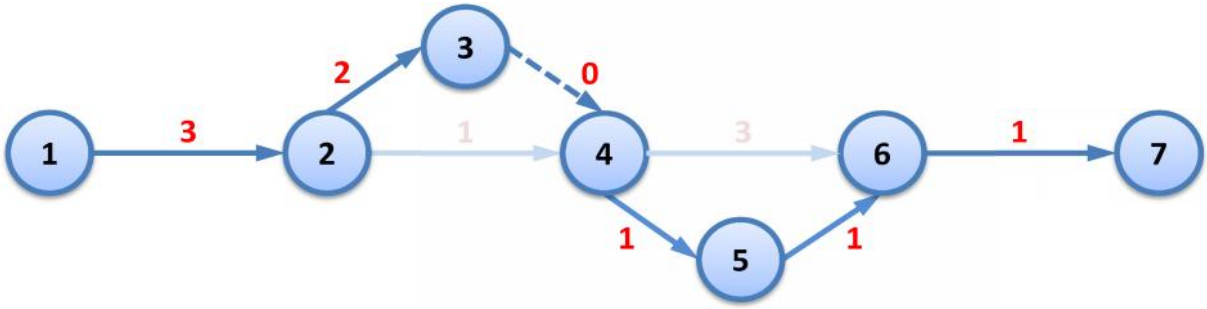
Tabel 2. Garis Edar (Jalur) dari Gambar 9

No.	Garis Edar/Jalur	Kejadian
1	A	1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 7
2	B	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7
3	C	1 – 2 – 4 – 6 – 7
4	D	1 – 2 – 4 – 5 – 6 – 7

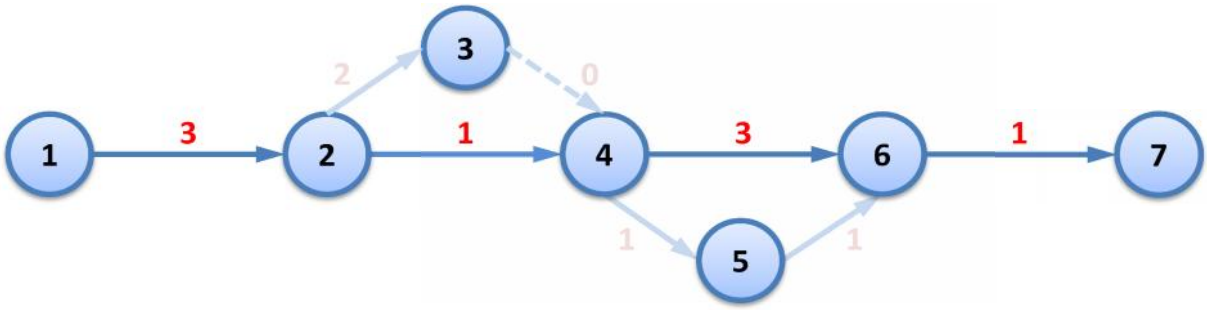
Dari Tabel 2, gambar untuk masing-masing garis edar (jalur) adalah sebagai berikut.



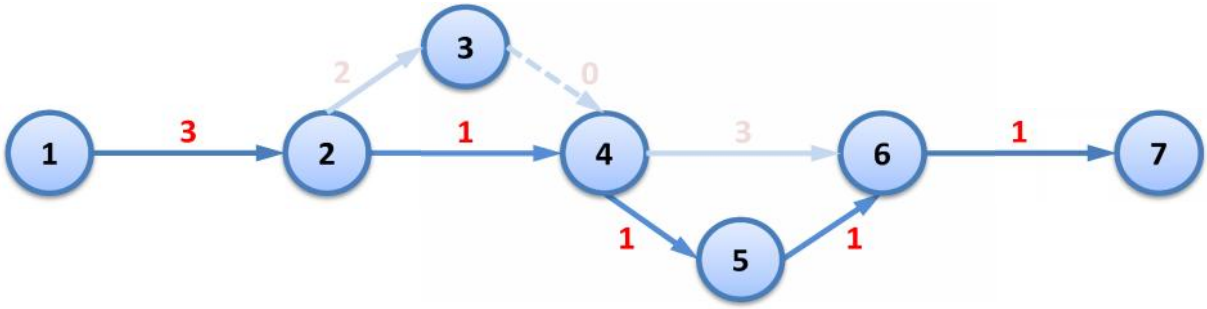
Gambar 10. Garis Edar A



Gambar 11. Garis Edar B



Gambar 12. Garis Edar C



Gambar 13. Garis Edar D

Dari Tabel 2 dan Gambar 10 hingga 13, waktu untuk masing-masing garis edar (jalur) dapat ditentukan. Waktu untuk masing-masing jalur seperti yang terlihat dalam tabel berikut ini.

Tabel 3. Waktu Untuk Masing-masing Garis Edar (Jalur)

No.	Garis Edar / Jalur	Kejadian	Jangka Waktu
1	A	1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 7	3 + 2 + 0 + 3 + 1 = 9 bulan
2	B	1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7	3 + 2 + 0 + 1 + 1 + 1 = 8 bulan
3	C	1 – 2 – 4 – 6 – 7	3 + 1 + 3 + 1 = 8 bulan
4	D	1 – 2 – 4 – 5 – 6 – 7	3 + 1 + 1 + 1 + 1 = 7 bulan

Dari Tabel 3 dapat diketahui waktu dari masing-masing garis edar (jalur). Untuk menentukan waktu proyek dilihat dari waktu yang terpanjang dari garis edar (jalur), hal ini yang disebut garis edar (jalur) kritis atau *Critical Path*. Sehingga waktu proyek dapat ditentukan yaitu 9 bulan, dengan garis edar (jalur) kritis yaitu garis edar (jalur) A pada kejadian 1 – 2 – 3 – 4 – 6 – 7.

Penjadwalan Kejadian

Seperti yang telah dibahas sebelumnya, waktu untuk masing-masing kejadian dapat dikembangkan lebih lanjut, sehingga diperoleh waktu mulai dan waktu selesai untuk setiap kejadian.

Dalam hal ini digunakan dua pendekatan matematis, yang disebut *two-pass*, terdiri atas *forward pass* dan *backward pass* untuk menentukan jadwal waktu untuk tiap kejadian.

Dari hasil perhitungan tersebut, akan diperoleh:

1) Waktu Mulai Terdahulu (*Earliest Start* – ES)

   Waktu terdahulu (paling cepat) suatu kejadian dapat dimulai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.

2) Waktu Selesai Terdahulu (*Earliest Finish* – EF)

   Waktu terdahulu (paling cepat) suatu kejadian dapat selesai, dengan asumsi semua pendahulu sudah selesai.

3) Waktu Mulai Terakhir (*Latest Start* – LS)

   Waktu terakhir (paling lama) suatu kejadian dapat dimulai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

4) Waktu Selesai Terakhir (*Latest Finish* – LF)

   Waktu terakhir (paling lama) suatu kejadian dapat selesai sehingga tidak menunda waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

ES dan EF ditentukan selama *forward pass*. LS dan LF ditentukan selama *backward pass*.

Forward Pass

Secara umum, *ES* dan *EF* untuk kejadian i → j dihitung berdasarkan hubungan matematis berikut:

$$ES_{ij} = \text{Maksimal } (EF_i)$$

$$EF_{ij} = ES_{ij} + t_{ij}$$

Keterangan:

- i = nomor kejadian awal.
- j = nomor kejadian tujuan.
- t = jangka waktu (durasi) kegiatan.

Contoh:

Dari soal sebelumnya, berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 9, akan diperoleh hasil perhitungan *forward pass* sebagai berikut.

✓ Untuk kejadian 1 ke 2

ES kejadian 1 pada jaringan (ES_1), dimana tidak ada kejadian pendahulunya maka nilainya selalu nol, atau:

$ES_{12} = 0$, maka:

$EF_{12} = ES_{12} + t_{12} = 0 + 3 = 3$ bulan

✓ Untuk kejadian 2 ke 3

ES_{23} = Maksimal $EF_2 = 3$ bulan, maka:

$EF_{23} = ES_{23} + t_{23} = 3 + 2 = 5$ bulan

✓ Untuk kejadian setelahnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Forward Pass*

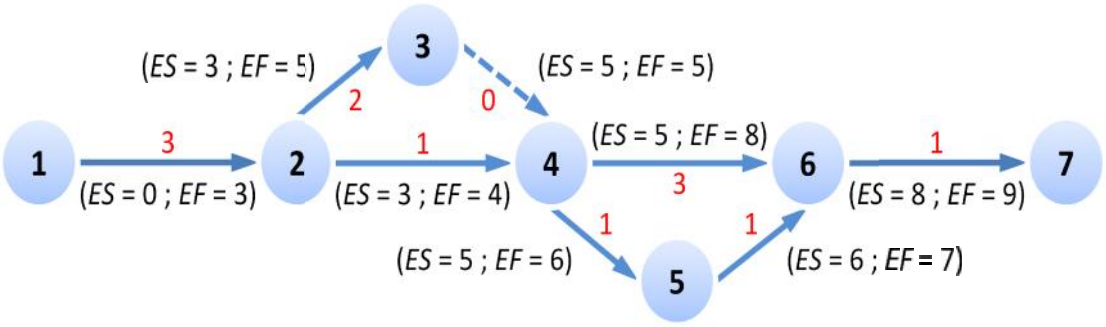
Kejadian	ES	EF
1 → 2	0	3
2 → 3	3	5

Kejadian	ES	EF
2 → 4	3	4
3 → 4	5	5

Kejadian	ES	EF
4 → 5	5	6
4 → 6	5	8

Kejadian	ES	EF
5 → 6	6	7
6 → 7	8	9

Berdasarkan hasil tersebut, maka jika digambarkan dalam bentuk diagram jaringan seperti yang terlihat dalam Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Hasil Perhitungan *Forward Pass*

Backward Pass

Secara umum, LS dan LF untuk kejadian i → j dihitung berdasarkan hubungan matematis berikut:

Keterangan:

- i, j, dan t = sama seperti keterangan pada *forward pass*.

Minimal (LS_j) adalah waktu mulai paling lambat minimal untuk setiap kejadian yang meninggalkan simpul j.

Untuk perhitungan *backward pass*, dimulai dari akhir jaringan (kejadian paling terakhir).

Contoh:

Dari soal sebelumnya, berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 9, akan diperoleh hasil perhitungan *backward pass* sebagai berikut.

✓ Untuk kejadian 6 ke 7

Dari hasil perhitungan *forward pass* diketahui $EF_{67} = 9$ bulan, maka akan menjadi LF_{67}, atau:

$LF_{67} = 9$ bulan, maka:

$LS_{67} = LF_{67} - t_{67} = 9 - 1 = 8$ bulan

✓ Untuk kejadian 5 ke 6

$LF_{56} =$ Minimal $LS_6 = 8$ bulan, maka:

$LS_{56} = LS_{56} - t_{56} = 8 - 1 = 7$ bulan

✓ Untuk kejadian sebelumnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Hasil Perhitungan *Forward Pass*

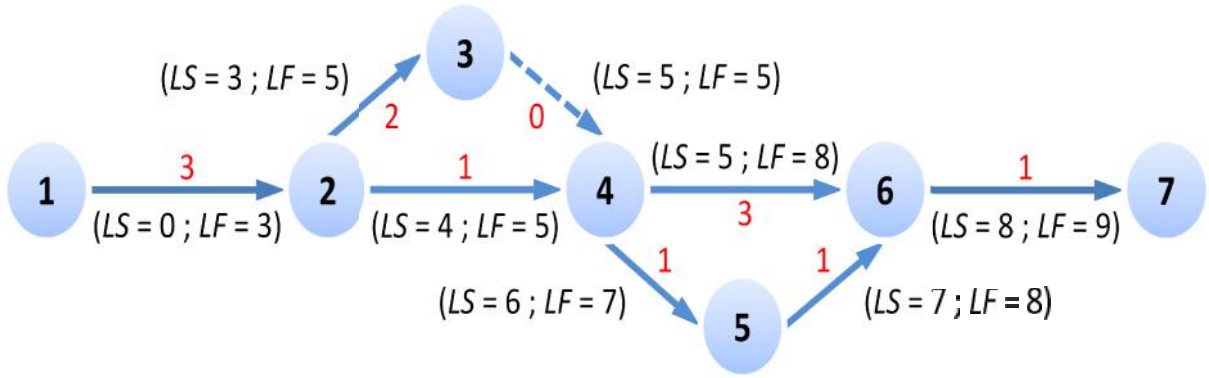
Kejadian	LS	LF
1 → 2	0	3
2 → 3	3	5

Kejadian	LS	LF
2 → 4	4	5
3 → 4	5	5

Kejadian	LS	LF
4 → 5	6	7
4 → 6	5	8

Kejadian	LS	LF
5 → 6	7	8
6 → 7	8	9

Berdasarkan hasil tersebut, maka jika digambarkan dalam bentuk diagram jaringan seperti yang terlihat dalam Gambar 15.



Gambar 15. Diagram Hasil Perhitungan *Backward Pass*

Kesenjangan Kejadian (Slack)

Secara umum, kesenjangankejadian (*slack*) untuk kejadian i → j dihitung berdasarkan hubungan matematis berikut:

Atau

Keterangan:

- S = *slack*
- i, dan j = sama seperti keterangan pada sebelumnya.

Contoh:

Dari soal sebelumnya, berdasarkan Tabel 4 dan 5 serta Gambar 14 dan 15, akan diperoleh hasil perhitungan *slack* sebagai berikut.

- ✓ Untuk kejadian 1 ke 2

  $S_{12} = LS_{12} - ES_{12} = 0 - 0 = 0$ bulan

- ✓ Untuk kejadian 2 ke 4

  $S_{24} = LS_{24} - ES_{24} = 4 - 3 = 1$ bulan

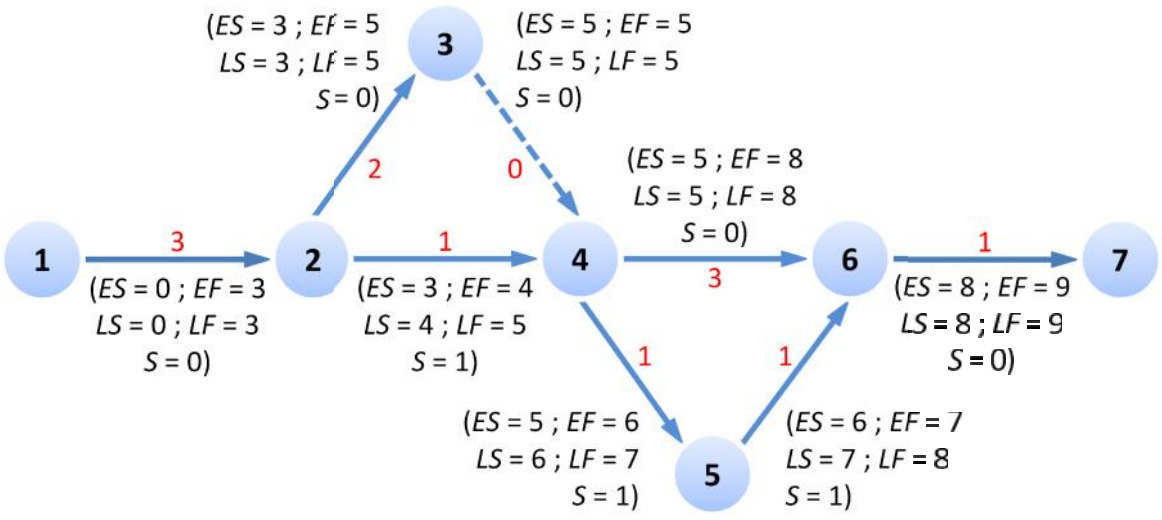
- ✓ Untuk kejadian setelahnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Perhitungan *Slack*

Kejadian	LS	ES	LF	EF	*Slack* (S)
* 1 → 2	0	0	3	3	0
* 2 → 3	3	3	5	5	0
2 → 4	4	3	5	4	1
* 3 → 4	5	5	5	5	0
4 → 5	6	5	7	6	1
* 4 → 6	5	5	8	8	0
5 → 6	7	6	8	7	1
* 6 → 7	8	8	9	9	0

* Kejadian pada jalur kritis (*critical path*)

Berdasarkan hasil tersebut, maka jika digambarkan dalam bentuk diagram jaringan seperti yang terlihat dalam Gambar 16.



Gambar 16. Diagram Hasil Perhitungan *Slack*

Selain digunakan untuk menentukan kesenjangan kejadian atau untuk memperkirakan berapa lama kejadian tersebut dapat ditunda tanpa mempengaruhi waktu penyelesaian proyek, *slack* juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi atau menentukan garis edar kritis (*critical path*). Setiap kejadian yang memiliki nilai *slack* sama dengan nol (=0), maka kejadian tersebut berada pada jalur kritis.

Daftar Pustaka

Jay Heizer and Barry Render, ***Operation Management***, 10th Ed., Pearson Prentice Hall, 2011

Roger G. Schroeder and Susan Meyer Goldstein, ***Operations Management: Contemporary Concepts and Cases***, McGraw Hill, 2011

Taylor III, Bernard W. ***"Intorduction to Management Sicience (Sains Manajemen)"***. Edisi Delapan. Salemba Empat. 2008

Sobarsa Kosasih, ***Manajemen Operasi***, Mitra Wacana Media, 2009

Pangestu Subagyo, ***Manajemen Operasi***, BPFE Yogyakarta, 2000

Lena Ellitan dan Lina Anatan, ***Manajemen Operasi: Konsep dan Aplikasi***, Refika Aditama, 2008