

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Proyek

Proyek dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau *deliverable* yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas (Soeharto, 1999). Lingkup (*scope*) tugas tersebut dapat berupa pembangunan pabrik, pembuatan produk baru atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan. Proyek hampir sama dengan program perbedaannya terletak pada kurun waktu pelaksanaan dan besarnya sumber daya yang diperlukan. Program memiliki skala yang lebih besar dari pada proyek. Umumnya, program dapat dipecah menjadi lebih dari satu proyek. Dengan kata lain, suatu program merupakan kumpulan bermacam-macam proyek.

Dilihat dari komponen kegiatan utamanya macam proyek dapat dikelompokkan sebagai berikut.

a. Proyek *Engineering* Kontruksi.

Komponen utama jenis proyek ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain *engineering*, pengadaan dan kontruksi. Contoh proyek macam ini adalah pembangunan gedung, jembatan, pelabuhan, jalan raya dan fasilitas industri.

b. Proyek *Engineering* Manufaktur.

Proyek ini dimaksudkan untuk menghasilkan produk baru. Jadi, produk tersebut adalah hasil usaha kegiatan proyek. Dengan kata lain, proyek manufaktur merupakan proses untuk menghasilkan produk baru. Contoh proyek ini adalah proyek pembuatan mesin pabrik dan kendaraan.

c. Proyek Penelitian dan Pengembangan.

Proyek penelitian dan pengembangan (*research and development*) bertujuan melakukan penelitian dan pengembangan dalam rangka menghasilkan suatu produk tertentu.

d. **Proyek Pelayanan Manajemen.**

Banyak perusahaan memerlukan proyek semacam ini. Diantaranya merancang sistem informasi manajemen, meliputi perangkat lunak ataupun perangkat keras. Proyek tersebut tidak membuahkan hasil fisik, tetapi laporan akhir.

e. **Proyek Kapital.**

Berbagai badan usaha atau pemerintah memiliki kriteria tertentu untuk proyek kapital. Hal ini berkaitan dengan penggunaan dana kapital (istilah akuntansi) untuk investasi. Proyek kapital umumnya meliputi pembebasan tanah, penyiapan lahan, pembelian material dan peralatan-peralatan (mesin-mesin), manufaktur (pabrikasi) dan konstruksi pembangunan fasilitas produksi.

f. **Proyek Radio-Telekomunikasi**

Proyek di atas dimaksudkan untuk pembangunan jaringan telekomunikasi yang dapat menjangkau area yang luas dengan biaya yang relatif tidak terlalu mahal. Berbeda dengan proyek-proyek mendirikan instalasi industri yang terkonsentrasi disatu atau banyak lokasi, proyek radio telekomunikasi umumnya terdiri dari banyak lokasi dan terpencar di seantero wilayah yang berjauhan. Oleh karena itu, aspek logistik dan koordinasi, seringkali harus mendapatkan perhatian utama.

g. **Proyek Konservasi *Bio-Diversity***

Berbagai proyek ini berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan. Contoh proyek ini adalah proyek reboisasi hutan.

2.2 Manajemen Proyek

Manajemen adalah ilmu dan seni mengatur proses pemanfaatan sumber daya manusia dan sumber-sumber lainnya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu tujuan tertentu (Hasibuan, 2000). ada 6 unsur didalam manajemen yaitu : *man, money, methode, mechines, materials, dan market*, yang biasa disingkat 6 M. Manajemen merupakan aktivitas kerja yang melibatkan koordinasi dan pengawasan terhadap pekerjaan orang lain,

sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan secara efisien dan efektif (Stephen P. Robbins dan Mary Coulter, 2009).

Proyek merupakan rangkaian kegiatan yang mempunyai dimensi waktu, fisik dan biaya guna mewujudkan gagasan serta mendapatkan tujuan tertentu (Imawo, 2016). Proyek merupakan salah satu jenis sistem produksi yang unik. Keunikan bentuk sistem produksi proyek dikarenakan adanya rangkaian kegiatan yang unik yang harus diselesaikan dalam waktu tertentu dengan mendayagunakan sumber-sumber daya yang ada dan terbatas yang berupa waktu, dana, material, tenaga kerja dan lain-lain (Nasution, 2006).

Proyek memiliki ciri-ciri pokok yaitu sebagai berikut (Soeharto, 1999).

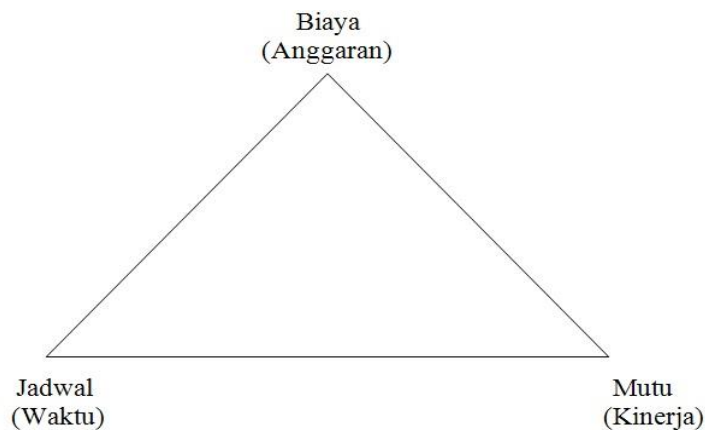
- a. Bertujuan menghasilkan lingkup (*scope*) tertentu berupa produk akhir atau hasil kerja akhir.
- b. Dalam proses mewujudkan lingkup di atas, ditentukan jumlah biaya, jadwal serta kriteria mutu.
- c. Bersifat sementara, dalam arti umurnya dibatasi oleh selesainya tugas. Titik awal dan akhir ditentukan dengan jelas.
- d. *Non rutin*, tidak berulang-ulang. Macam dan intensitas kegiatan berubah sepanjang proyek berlangsung.

Manajemen Proyek adalah suatu ilmu dan seni dalam merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya – sumber daya yang ada yang ada untuk tercapainya tujuan-tujuan dalam kegiatan konstruksi (Ridho, 2013).

2.2 Penjadwalan Proyek.

Penjadwalan proyek adalah kegiatan menetapkan jangka waktu kegiatan proyek yang harus diselesaikan, bahan baku, tenaga kerja, serta waktu yang dibutuhkan untuk setiap aktifitas (Imawo, 2016). Dalam konteks penjadwalan terdapat dua perbedaan yaitu waktu (*time*) dan kurun waktu (*duration*). Jika waktu menyatakan siang atau malam, sedangkan kurun waktu menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan dalam waktu menyelesaikan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu ahri adalah 8 jam.

Didalam proses mencapai tujuan proyek terdapat tiga batasan yaitu besar biaya (anggaran), jadwal (waktu), dan serta mutu. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan diatas disebut (*Triple Constraint*).



Gambar 2.1 *Triple Constraint*
Sumber : Imam Soeharto (1999)

a. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dipecah atas komponen-komponennya atau per periode tertentu (misalnya per kuartal) yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Dengan demikian, penyelesaian bagian – bagian proyek pun memenuhi sasaran anggaran per periode.

b. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang ditentukan.

c. Mutu

Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Sebagai contoh, bila hasil kegiatan proyek tersebut berupa instalasi pabrik, maka kriteria yang harus dipenuhi adalah pabrik harus mampu beroperasi secara memuaskan dalam kurun waktu yang

telah ditentukan. Jadi, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan.

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini selanjutnya berakibat pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya bila ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu dan jadwal.

2.3 Kurva S.

Kurva S adalah gambaran yang menjelaskan tentang seluruh jenis pekerjaan, volume pekerjaan dalam satuan waktu dan kordinatnya adalah jumlah presentase (%) kegiatan pada garis waktu (Messah dkk.,2013). Pada kurva S, sumbu mendatar menunjukkan waktu kalender dan sumbu vertikal menunjukkan nilai kumulatif biaya atau presentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf “S” tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek.

2.4 Metode Bagan Balok (*Ghantt Chart*).

Metode bagan balok diperkenalkan oleh H. L. Gantt pada tahun 1917. Bagan balok disusun dengan maksud mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu penyelesaian dan pada saat pelaporan. Bagan balok dapat dibuat secara manual atau dengan menggunakan komputer. Bagan ini tersusun pada kordinat X dan Y. Pada sumbu tegak lurus X, dicatat pekerjaan atau elemen atau paket kerja dari hasil penguraian lingkup suatu proyek dan digambar sebagai balok. Sedangkan pada sumbu horizontal Y, tertulis satuan waktu misalnya hari, minggu atau bulan. Disini waktu mulai dan waktu akhir masing-masing pekerjaan adalah ujung kiri dan kanan dari balok-balok yang bersangkutan.pada waktu membuat bagan balok telah diperhatikan urutan kegiatan, meskipun belum terlihat hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain.

Format yang lazim dipakai pada bagan balok berisi keterangan singkat proyek antara lain.

a. Pemilik Proyek.

Perusahaan atau perorangan yang memiliki proyek yang sedang dibangun.

b. Lokasi.

Tempat proyek dibangun secara fisik dan bukan kantor pusat.

c. Nomor Kontrak.

Biasanya ditentukan oleh pemilik proyek. Namun, seringkali kontraktor juga memiliki nomor *intern*.

d. Tanggal Pembaharuan.

Pada waktu tertentu, untuk mengetahui kemajuan pelaksanaan, maka jadwal pekerjaan sering mengalami perubahan. Untuk ini dicatat tanggal pembaharuan atau revisi.

e. Keterangan Kegiatan atau Pekerjaan.

Disamping penjelasan diatas, pada masing-masing balok minimal dibubuhi keterangan perihal.

1. Kurun Waktu Kegiatan

Rencana atau perkiraan kurun waktu maupun kenyataan waktu yang digunakan. Kenyataan waktu yang digunakan yang terungkap pada waktu pelaporan biasanya digambarkan dengan garis tebal, sejajar dengan waktu perencanaan. Disini akan terlihat berapa besar perbedaan antara perencanaan dan kenyataan.

2. Sumber Daya

Penjelasan mengenai jumlah sumber daya untuk menyelesaikan kegiatan yang bersangkutan. Berupa jam orang atau jumlah orang dan lain-lain.

3. *Node I* dan *Node J*

Bila bagan balok ini dihasilkan dari analisis jaringan kerja, misalnya CPM, maka akan meningkatkan dan memudahkan

penggunaanya bila dicantumkan pula penjelasan mengenai nomor *node I* dan *node J* pada masing-masing kegiatan.

4. Garis Laporan.

Laporan terakhir (setiapbulan) ditandai dengan garis putus vertikal. Dengan demikian, akan terlihat seberapa jauh kemajuan atau keterlambatan masing-masing kegiatan.

No	Kegiatan	Waktu (Minggu)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Penggalian tanah	■	■										
2	Pondasi batu kali		■	■	■	■	■						
3	Sloof beton			■	■	■							
4	kolom						■	■	■	■	■		
5	Pasangan Batu bata									■	■	■	■

Gambar 2.2 *Gantt Chart*
Sumber : Syafridhon (2012)

2.5 Jaringan Kerja


Metode jaringan kerja diperkenalkan menjelang akhir dekade 1950-an, oleh suatu tim *engineer* dan ahli matematika dari perusahaan Du-Pont bekerja sama dengan Rand Corporation, dalam usaha mengembangkan suatu sistem kontrol manajemen. Sistem ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah desain-engineering, konstruksi dan pemeliharaan. Usaha-usaha ditekankan untuk mencari metode yang dapat meminimalkan biaya, dalam hubungannya dengan kurun waktu penyelesaian suatu kegiatan. Sistem tersebut kemudian dikenal sebagai metode jalur kritis (*Critical Path Method*).

Jaringan kerja dipandang sebagai suatu langkah penyempurnaan metode bagan balok, karena dapat memberi jawaban atas pertanyaan-pertanyaan yang belum terpecahkan oleh metode tersebut. Seperti, berapa lama perkiraan kurun waktu penyelesaian proyek dan apabila terjadi kelambatan dalam pelaksanaan kegiatan tertentu, bagaimana pengaruhnya terhadap sasaran jadwal penyelesaian proyek secara menyeluruh. Disamping itu, jaringan kerja berguna untuk menyusun urutan kegiatan proyek yang memiliki sejumlah besar komponen dengan hubungan ketergantungan kompleks, membuat perkiraan jadwal proyek yang paling ekonomis dan mengusahakan fluktuasi minimal penggunaan sumberdaya.

Kemajuan pesat dibidang perangkat komputer, telah meningkatkan kegunaan dan daya guna metode jaringan kerja yang pada dasarnya memang memerlukan dukungan suatu perangkat yang mampu memroses data dan melakukan perhitungan – perhitungan dalam jumlah yang besar, cepat dan akurat. Sistematika lengkap dari proses dari menyusun jaringan kerja adalah sebagai berikut.

- a. Identifikasi lingkup proyek dan menguraikan menjadi komponen-komponen kegiatan.
- b. Menyusun komponen-komponen kegiatan sesuai urutan logika ketergantungan menjadi jaringan kerja.
- c. Memberikan perkiraan kurun waktu masing-masing kegiatan.
- d. Identifikasi jalur kritis, *float* dan kurun waktu penyelesaian proyek.
- e. Meningkatkan daya guna dan hasil guna pemakaian sumber daya.


Untuk menyusun jaringan kerja digunakan tanda atau simbol sebagai berikut.

- a. Anak panah (*Arrow*) 

Anak panah merupakan lambang aktifitas atau kegiatan. Anak panah menggambarkan keterkaitan antar kegiatan proyek atau urutan kegiatan yang harus diselesaikan. Kegiatan ini memerlukan jangka waktu tertentu dengan menggunakan sumberdaya.

- b. Lingkaran kecil (*node*) 

Lingkaran kecil dapat diartikan kegiatan, peristiwa atau *event*. Kejadian didefinisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau lebih kegiatan.

- c. Anak panah sejajar (*double arrow*) 

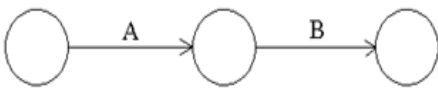
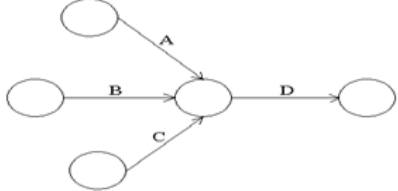
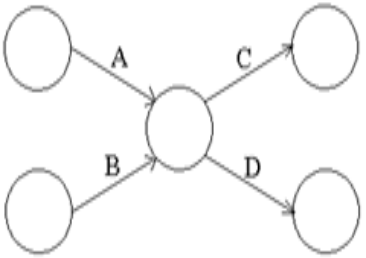
Anak panah sejajar menunjukkan pada kegiatan kritis

- d. Anak panah terputus-putus (*Dummy*) 

Anak panah terputus-putus menunjukkan antara dua kegiatan yang satu harus menunggu selesainya satu kegiatan lain/ kegiatan semu. *Dummy* berfungsi untuk membatasi mulainya kegiatan. *Dummy* tidak mempunyai durasi karena tidak memakai atau menghabiskan sumberdaya.

Pada jaringan kerja terdapat hubungan antar kegiatan yang dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 2.1 Hubungan Ketergantungan Antar Kegiatan

No	Gambar	Keterangan
1		Kegiatan A harus diselesaikan terlebih dahulu untuk dapat memulai kegiatan B
2		Kegiatan A , B dan C dapat dikerjakan secara paralel namun ketiganya harus diselesaikan terlebih dahulu untuk memulai kegiatan D
3		Kegiatan A dan B dapat dikerjakan secara paralel namun keduanya harus selesai untuk dapat memulai kegiatan C dan D, sedangkan kegiatan C dan D dapat dilakukan secara paralel (

		tidak bergantung satu sama lain)
4	<p>The diagram illustrates a project network with two parallel paths. The top path consists of activity A leading to activity C. The bottom path consists of activity B leading to activity D. A dashed arrow labeled 'dummy' connects the end of activity B to the start of activity C, indicating that activity C depends on the completion of activity B.</p>	<p>Kegiatan A dan B dapat dilakukan secara paralel namun keduanya harus diselesaikan dahulu untuk memulai kegiatan C.</p> <p><i>Dummy</i> merupakan kegiatan yang hanya menunjukkan atau memperjelas hubungan antar kegiatan tetapi tidak memiliki dimensi waktu dan sumber daya.</p> <p>Kegiatan B harus selesai sebelum kegiatan D dimulai</p>

Sumber : Soeharto (1999)

2.6 Perkiraan Kurun Waktu kegiatan

Kurun waktu kegiatan adalah lama waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan dari awal sampai akhir (Soeharto : 1999). Pada bisnis konstruksi biasanya tersedia perkiraan jumlah jam orang untuk menyelesaikan suatu macam pekerjaan. Sehingga bila telah diketahui perkiraan tersebut dan ditentukan berapa besar jumlah tenaga kerja yang akan dipakai, maka angka kurun waktu dihitung dari rumus :

$$\text{Kurun Waktu} = \frac{\text{Jam orang untuk menyelesaikan pekerjaan}}{\text{Jumlah tenaga kerja}}$$

Sumber : Soeharto (1999)

2.7 Metode CPM (*Critical Path Method*)

Critical Path Method (CPM) merupakan dasar dari sistem perencanaan dan pengendalian kemajuan pekerjaan yang didasarkan pada *network* atau jaringan kerja (Imawo, 2016). CPM adalah metode perancangan

alur proyek yang menggunakan perkiraan waktu tetap untuk setiap kegiatannya (SyafriDon, 2012).Metode CPM mempunyai beberapa manfaat ketika digunakan dalam kegiatan penjadwalan proyek. Dengan menggunakan CPM kita dapat memprediksi waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek. Kita juga dapat mengetahui alur kegiatan mana yang harus diperhatikan supaya proyek dapat berjalan dengan lancar.

CPM secara luas dipergunakan untuk manajemen proyek. Secara ringkas langkah-langkah CPM adalah sebagai berikut:

1. Pendefinisian proyek kedalam bentuk kegiatan-kegiatan dan peristiwa-peristiwa.
2. Penyusunan suatu *network diagram* yang menunjukkan hubungan antar kegiatan yang sesuai dengan proyek tersebut.
3. Penentuan perkiraan lama waktu setiap kegiatan.
4. Perhitungan lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap lintasan (*path*) yang terdapat didalam *network* (disebut Analisis Waktu Proyek)
5. Penentuan rencana kebutuhan sumberdaya (termasuk biaya) untuk setiap kegiatan didalam proyek untuk mencapai tujuan proyek (disebut Analisis Sumber Daya Proyek).

Lintasan yang memiliki total waktu dari hasil perhitungn langkah keempat diatas disebut sebagai lintasan kritis (*critical path*), artinya untuk waktu-waktu kegiatan dari seluruh item pada lintasan ini adalah kritis terhadap batas waktu penyelesaian proyek. Dalam proses identifikasi jalur kritis dikenal beberapa terminologi dan rumus-rumus perhitungan sebagai berikut :

1. $TE = E$

Waktu paling awal peristiwa (*node/ event*) dapat terjadi (*earliest time of occurance*), yang berarti waktu paling awal suatu kegiatan yang berasal dari *node* tersebut dapat dimulai, karena menurut aturan dasarjaringan kerja, suatu kegiatan baru dapat dimulai bila kegiatan terdahulu telah selesai.

2. $TL = L$

Waktu paling akhir peristiwa boleh terjadi (*latest allowable event/occurrence time*), yang berarti waktu paling lambat yang masih diperbolehkan bagi suatu peristiwa terjadi.

3. ES

Waktu mulai paling awal suatu kegiatan (*earliest start time*). Bila waktu kegiatan dinyatakan atau berlangsung dalam jam, maka waktu ini adalah jam paling awal kegiatan dimulai.

4. EF

Waktu selesai paling awal suatu kegiatan (*earliest finish time*). Bila hanya ada satu kegiatan terdahulu, maka EF suatu kegiatan terdahulu merupakan ES kegiatan berikutnya.

5. LS

Waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai (*latest allowable start time*), yaitu waktu paling akhir kegiatan boleh dimulai tanpa memperlambat proyek secara keseluruhan.

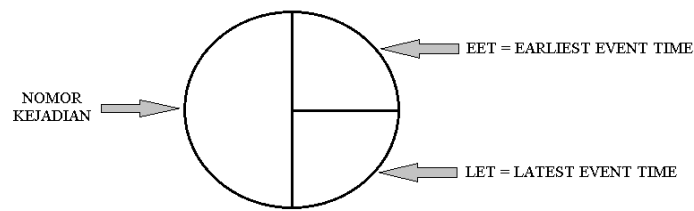
6. LF

Waktu paling akhir kegiatan boleh selesai (*latest allowable finish time*) tanpa memperlambat penyelesaian proyek.

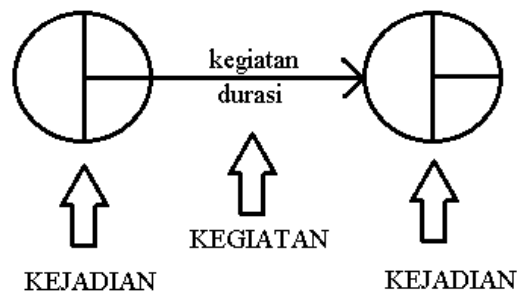
7. D

Kurun waktu suatu kegiatan. Umumnya dengan satuan waktu hari, minggu, bulan dan lain-lain.

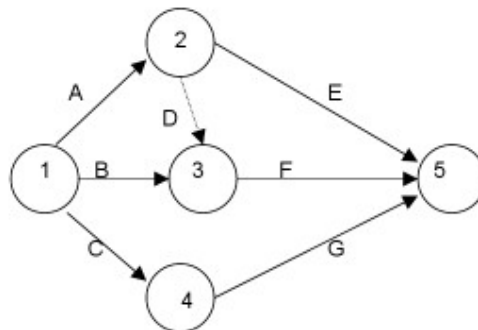
CPM sering juga disebut AOA (*Activity On Arrow*) yang terdiri dari anak panah dan lingkaran atau segiempat. Anak panah menggambarkan kegiatan atau aktifitas sedangkan lingkaran atau segiempat menggambarkan kejadian (*event*). Kejadian diawal diawal anak panah disebut *node* "I", sedangkan kejadian diakhir anak panah disebut *node* "J". Bentuk node yang biasa digunakan dalam diagram CPM adalah sebagai berikut.



Gambar 2.3 Simbol Kegiatan
Sumber : Syafridon (2012)



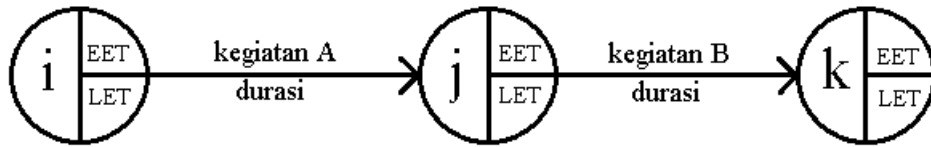
Gambar 2.4 Simbol Antar Kegiatan
Sumber : Syarridon (2012)



Gambar 2.5 Contoh Swderhana Diagram CPM
Sumber : Syafridhon (2012)

Metode CPM (*Critical Path Method*) memiliki beberapa istilah didalamnya, yaitu EET (*Earliest Event Time*), LET (*Latest Event Time*), float dan *Critical Path*. Berikut penjelasannya dari istilah-istilah tersebut.

- a. EET (*Earliest Event Time*) adalah peristiwa paling awal atau waktu tercepat dari *event*. Untuk menghitung besarnya nilai EET digunakan perhitungan kedepan (*forward analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya.



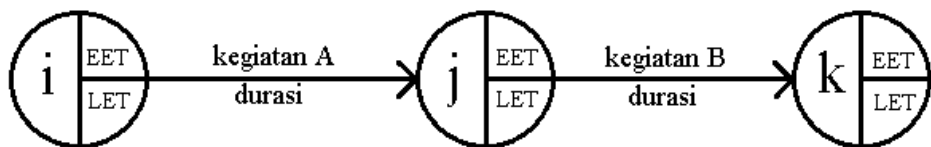
Gambar 2.6 Diagram Perhitungan Maju
Sumber : Syafridon (2012)

Rumus :

$$EET_j = EET_i + \text{Durasi A}$$

$$EET_k = EET_j + \text{Durasi B}$$

- b. *LET (Latest Event Time)* adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari *event*. Untuk menghitung besarnya nilai *LET* digunakan perhitungan kebelakang (*backward analysis*), dimulai dari kegiatan paling akhir dan dilanjutkan dengan kegiatan sebelumnya.



Gambar 2.7 Diagram Perhitungan Mundur
Sumber : Syafridon (2012)

Rumus :

$$LET_j = LET_k - \text{Durasi B}$$

$$LET_i = LET_j - \text{Durasi A}$$

- c. *Float* dapat didefinisikan sebagai sejumlah waktu yang tersedia dalam suatu kegiatan sehingga memungkinkan penundaan atau perlambatan kegiatan tersebut secara sengaja atau tidak sengaja, tetapi penundaan tersebut tidak menyebabkan proyek menjadi terlambat dalam penyelesaiannya.
- d. *Critical path* adalah sebuah kegiatan yang menghubungkan antara kegiatan kritis. Aktifitas jalur terpanjang yang dilewati antar kegiatan merupakan jalur kritis. Sebuah kegiatan dikatakan kritis apabila penundaan saat awal akan menyebabkan penundaan waktu seluruh proyek.

2.8 Metode PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

PERT, seperti CPM, merupakan alat perencanaan dan pengendalian proyek yang berorientasi pada waktu. CPM hanya mengembangkan satu ukuran sentral waktu (*Expected Mean Time*) penyelesaian proyek yang mencerminkan adanya kepastian, sedangkan PERT direkayasa untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. PERT memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga lebih baik perkiraan diberi rentang (*range*), yaitu dengan memakai tiga angka estimasi. PERT juga memperkenalkan parameter lain yang mencoba mengukur ketidakpastian tersebut secara kuantitatif seperti deviasi standar dan varians. Dengan demikian metode ini memiliki cara yang spesifik untuk menghadapi hal tersebut yang memang hampir selalu terjadi pada kenyataan dan mengakomodasinya dalam berbagai bentuk perhitungan.

Metode PERT dalam visualisasi penyajian sama halnya dengan CPM yaitu menggunakan diagram anak panah (*activity on arrow*) untuk menggambarkan kegiatan proyek. Demikian pula dengan perhitungan dan pengertian mengenai kegiatan kritis, jalur kritis, dan *float* yang dalam PERT disebut *Slack*. Salah satu perbedaan yang substansial adalah dalam estimasi kurun waktu kegiatan, dimana PERT memiliki tiga buah perkiraan waktu untuk setiap kegiatan didalam proyek, yaitu :

1. **a = *optimistic time*.**

Waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Waktu demikian diungguli hanya sekali dalam seratus kali bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

2. **m = *most likely time*.**

Kurun waktu yang paling sering terjadi dibanding dengan yang lain bila kegiatan dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

3. **b = *pesimistic time*.**

Waktu yang paling lama untuk menyelesaikan kegiatan, yaitu apabila segala sesuatunya serba tidak baik. Waktu demikian hanya dilampaui sekali dalam seratus kali, bila kegiatan tersebut dilakukan berulang-ulang dengan kondisi yang hampir sama.

Setelah menentukan estimasi angka-angka a , m dan b maka tindak selanjutnya adalah merumuskan hubungan ketiga angka tersebut menjadi satu angka yang disebut *Expected mean time* (t_e). Angka t_e adalah angka rata-rata kalau kegiatan tersebut dikerjakan berulang-ulang dalam jumlah yang besar. Dalam menentukan t_e di pakai asumsi bahwa kemungkinan terjadinya peristiwa *optimistic* (a) dan *pesimistic* (b) adalah sama. Sedang jumlah kemungkinan terjadinya peristiwa paling mungkin (m) adalah 4 kali lebih besar dari kedua peristiwa diatas. Sehingga bila ditulis dengan rumus adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} & \text{Standar Deviasi} \\ t_e &= \frac{a + 4m + b}{6} \end{aligned}$$

Varians Kegiatan

$$\sigma = \left[\frac{b - a}{6} \right]^2$$

Sumber : Nasution (2006)

Dalam menentukan estimasi besarnya angka-angka a , b dan m dalam metode PERT ada beberapahal yang perlu diperhatikan antara lain :

1. Estimator perlu mengetahui fungsi dari a , b dan m dalam hubungannya dengan perhitungan-perhitungan dan pengaruhnya terhadap metode PERT secara keseluruhan. Bila tidak, dikhawatirkan akan mengambil angka estimasi kurun waktu yang tidak sesuai atau tidak membawakan pengertian yang dimaksud.

2. Didalam proses estimasi angka-angka a , b dan m bagi masing-masing kegiatan, jangan sampai dipengaruhi atau dihubungkan dengan target kurun waktu penyelesaian proyek.
3. Bila tersedia data-data pengalaman masa lalu, maka data demikian akan berguna untuk bahan pembandingan dan banyak membantu mendapatkan hasil yang lebih meyakinkan. Dengan syarat data-data tersebut cukup banyak secara kuantitatif dan kondisi kedua peristiwa yang bersangkutan tidak banyak berbeda.

Jadi yang perlu digaris bawahi disini adalah estimasi angka a , b dan m hendaknya bersifat berdiri sendiri, artinya bebas dari pertimbangan-pertimbangan pengaruhnya terhadap komponen kegiatan yang lain, ataupun terhadap perjalanan proyek secara keseluruhan.

Waktu kegiatan individual dijumlahkan melalui masing-masing lintasan dan lintasan dengan total waktu terbesar adalah lintasan kritis. Variansi dari waktu-waktu kegiatan komponen sepanjang lintasan ini dapat dijumlahkan sebab variansi individual bersifat *aditif*, sedangkan deviasi standar tidak bersifat aditif. Asumsi yang dipergunakan disini adalah penyelesaian proyek yang akan dihasilkan berada disekitar rata-rata dan akan mengikutidistribusi normal. Selanjutnya dirumuskan *Mean Completion Time*, T_e , sama dengan jumlah dari waktu masing-masing kegiatan sepanjang lintasan kritis.

$$T_e = \sum t_e$$

Sumber : Nasution (2006)

Deviasi standarnya sama dengan akar dari jumlah variansi waktu-waktu kegiatan pada sepanjang lintasan kritis.

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2 c_p}$$

Sumber : Nasution (2006)

Probabilitas bahwa suatu proyek akan melampaui batas waktu T_x dapat dihitung sebagai berikut :

$$Z = \sqrt{\frac{T_x - T_e}{\sigma}}$$

Sumber : Nasution (2006)

Contoh perencanaan proyek sedang mempertimbangkan tabel data waktu kegiatan proyek yang tercantum dibawah ini.

Tabel 2.2 Contoh data perhitungan PERT

Aktivitas	a	m	b	$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$	$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2$
1-2	10	12	16	12.33	1.00
2-3	2	8	36	11.67	32.11
2-4	1	4	5	3.67	0.44
2-6	2	3	4	3.00	0.11
3-5	8	12	20	12.67	4.00
4-5	15	18	30	19.50	6.25
4-6	3	5	8	5.17	0.69
5-7	2	4	8	4.33	1.00
6-7	6	9	12	9.00	1.00
7-8	4	6	14	7.00	2.78

Sumber : Nasution (2006)

Tentukan :

1. Lintasan Kritis
2. Probabilitas proyek dapat diselesaikan dalam waktu 4 bulan.
3. Probabilitas proyek akan selesai melebihi 55 bulan.

Jawab.

1. Path :

Waktu :

A : 1-2-3-5-7-8	12.33+11.67+12.67+4.33+7.00	= 48.00*
B : 1-2-4-5-7-8	12.33+3.67+19.50+4.33+7.00	= 46.83
C : 1-2-4-6-7-8	12.33+3.67+5.17+9.00+7.00	= 37.17
D : 1-2-6-7-8	12.33+3.0+9.00+7.00	= 30

Keterangan : * = Critical Path

2. Perkiraan waktu penyelesaian proyek terbaik adalah TE = 48.00 bulan.
Dengan demikian terdapat 50% peluang bahwa proyek tersebut akan dapat diselesaikan dalam waktu 4 bulan.
3. Hitung :

$$\sigma = \sqrt{\sum \sigma^2_{cp}}$$

$$\sigma = \sqrt{1,00 + 32,11 + 4,00 + 1,00 + 2,78} = 6,4 \text{ bulan}$$

$$Z = \frac{T_x - T_e}{\sigma} = (55,0 - 48,0) / 6,4 = 1,09$$

$$P(X > T_x) = 0,5000 - 0,3621 = 0,1379 = 14\%$$

2.9 Perbedaan CPM dan PERT

Perbedaan diantara metode CPM dan metode PERT yang dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Tabel 2.3 Perbedaan CPM dan PERT

No.	PERT	CPM
1.	Menggunakan tiga perkiraan waktu untuk setiap kegiatan. Yaitu, waktu tercepat, terlama dan terlayak/paling memungkinkan.	Hanya menggunakan satu perkiraan waktu yaitu waktu yang paling tepat dan layak untuk menyelesaikan suatu proyek.
2.	Penekanan pada tepat waktu	Penekanan pada tepat biaya
3.	Anak panah menunjukkan tata urutan (hubungan presidential)	Anak panah menunjukkan kegiatan
4.	Memusatkan perhatian pada penemuan waktu penyelesaian kegiatan yang bersifat probabilistic sehingga waktu penyelesaian proyek bisa dianalisis dengan menggunakan hukum-hukum statistik.	Memusatkan perhatian pada penemuan waktu percepatan suatu kegiatan dengan biaya minimum agar proyek bisa selesai dalam waktu tertentu.
5.	Digunakan pada proyek yang taksiran waktu kegiatannya tidak bisa dipastikan.	Digunakan apabila taksiran waktu pengerjaan setiap kegiatan dapat diketahui dengan baik, dimana penyimpangannya relatif kecil atau dapat diabaikan.

Sumber : Setiawati (2016)

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang terdahulu merupakan penelitian yang dilakukan oleh Sri Setiawati dari Fakultas Teknik bidang studi Manajemen Rekayasa Kontruksi Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara dengan judul “ Penerapan Metode CPM dan PERT Pada Penjadwalan Proyek Kontruksi (Studi Kasus : Rehabilitasi / Perbaikan dan peningkatan Infrastruktur Irigasi Daerah Lintas Kabupaten / Kota D.I Pekan Dolok)”. Adapun hasil yang diperoleh yaitu perhitungan jadwal dengan menggunakan Metode CPM dan PERT. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan kedua metode yang telah disebutkan maka disarankan untuk melakukan penjadwalan ulang dengan menggunakan metode PERT.

Penelitian yang selanjutnya adalah penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Rizki Ridho dari Fakultas Teknik Bidang Studi struktur Departemen Teknik Sipil Universitas Sumatra Utara dengan judul “Evaluasi Penjadwalan Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode CPM dan PERT (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan di Jl. Gaperta Medan, Sumatra)”. Adapun hasil yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode CPM dan PERT maka disarankan penjadwalan proyek menggunakan Metode PERT dan jika ingin pekerjaan selesai lebih cepat dapat dilakukan percepatan proyek dengan menambah jam kerja pada jalur-jalur kritis dengan tambahan biaya yang telah dianalisa.