

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

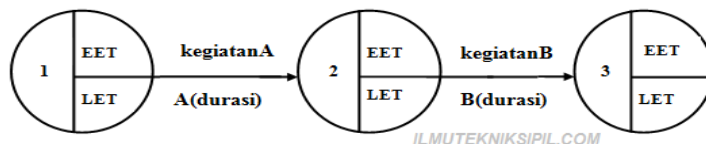
Pada bab ini berisi penjelasan mengenai teori dan metode yang digunakan sebagai dasar yang kuat bagi penulis dalam melakukan penelitian ini. Teori dan metode yang digunakan antara lain berasal dari sumber seperti buku, jurnal, artikel, serta studi terhadap penelitian terdahulu dengan topik utama.

2.1 Network diagram

Network diagram merupakan visualisasi proyek berdasarkan *network planning*. *Network diagram* berupa jaringan kerja yang berisi lintasan – lintasan kegiatan dan urutan – urutan peristiwa yang ada selama penyelenggaraan proyek. Dengan *network diagram* dapat dilihat dari hubungan antara kegiatan – kegiatan lainnya, sehingga bila terjadi keterlambatan akan segera diketahui kegiatan apa saja yang mempengaruhi keterlambatan tersebut dan berapa besar pengaruhnya, juga dengan *network diagram* dapat diketahui kegiatan mana saja atau lintasan – lintasan yang kritis, sehingga bila diketahui tingkat kekritisannya maka dapat diterapkan skala prioritas (bobot) dalam menangani masalah – masalah yang timbul selama penyelenggaraan proyek. Dan peristiwa mana saja yang kritis, sehingga segala usaha dapat segera diusahakan dan dapat dimulai seawal mungkin untuk membuat peristiwa kritis tersebut terjadi pada saatnya.

Langkah-langkah yang harus diambil dalam melakukan perencanaan dengan network adalah sbb:

1. Daftar kegiatan :
Menyusun daftar kegiatan yang perlu didahulukan dalam pekerjaan.
2. Menggambar Diagram :
Menggambar dengan simbol
3. Menghitung dan Menganalisa *Earliest Event Time* (EET)
Untuk menghitung besarnya nilai EET digunakan perhitungan kedepan (*Forward Analysis*), dimulai dari kegiatan paling awal dan dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya.



Gambar 2.1 *Network Diagram*

a) Perhitungan Maju

Pada perhitungan kali ini dihitung dengan mengetahui durasi tiap tiap aktivitas, kemudian dapat diketahui jalur kritisnya. Perhitungan ke depan (*forward analysis*) dilakukan untuk mendapatkan besarnya *earliest start (ES)* dan *earliest finish (FS)* sebagai kegiatan *predecessor* adalah kegiatan A, sedangkan kegiatan yang dianalisis adalah kegiatan B.

Early Start	Duration	Early Finish
Task Name		
Late Start	A	Late Finish

Early Start	Duration	Early Finish
Task Name		
Late Start	B	Late Finish

Besarnya nilai ESB dan EFB dihitung sebagai berikut:

$$ESB = EFA$$

$$EFB = ESB + \text{durasi B}$$

Jika ada lebih dari satu anak panah yang masuk dalam suatu kegiatan, maka diambil nilai yang paling besar. Untuk melakukan perhitungan maju untuk kegiatan awal sebelum dilakukan percepatan sebagai dasar awal perbandingan diperlukan data ES, Durasi, dan EF dari masing-masing kegiatan.

b) Perhitungan mundur

Perhitungan ke belakang (*backward analysis*) dilakukan untuk mendapatkan besarnya *latest start (LS)* dan *latest finish (LF)*. Sebagai kegiatan *successor* adalah kegiatan B, sedangkan kegiatan yang dianalisis adalah kegiatan A.

Early Start	Duration	Early Finish
Task Name		
Late Start	A	Late Finish

Early Start	Duration	Early Finish
Task Name		
Late Start	B	Late Finish

Besarnya nilai

$$LSA = LFA - \text{durasi A}$$

$$LFA = LSB$$

Jika ada lebih dari satu anak panah yang keluar dari suatu kegiatan, maka diambil nilai terkecil. Setelah menentukan perhitungan maju pada kegiatan awal dan kegiatan sesudah dipercepat, kemudian dilakukan juga perhitungan mundur yang diawali dari kegiatan sebelumnya.

2.2 CPM (*Critical Path Method*)

Critical Path Method (CPM) merupakan model kegiatan proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Kegiatan yang digambarkan sebagai titik pada jaringan dan peristiwa yang menandakan awal atau akhir dari kegiatan digambarkan sebagai busur atau garis antara titik.

Komponen-komponen dalam metode CPM adalah:

- a) *Diagram Network*
- b) Hubungan antar symbol dan urutan kegiatan
- c) Jalur kritis
- d) Tenggang waktu kegiatan
- e) Limit jadwal kegiatan

Menurut Badri (1997:24) manfaat yang diperoleh jika mengetahui lintasan kritis adalah sebagai berikut:

- a) Penundaan pekerjaan pada lintasan kritis menyebabkan seluruh proyek tertunda penyelesaiannya.
- b) Proyek dapat dipercepat penyelesaiannya bila pekerjaan-pekerjaan yang ada dilintasan kritis dapat dipercepat.
- c) Pengawasan atau kontrol hanya diperketat pada lintasan kritis saja, sehingga pekerjaan-pekerjaan dilintasan kritis perlu pengawasan ketat agar tidak tertunda dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimum dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) atau dipersingkat waktunya dengan tambahan biaya atau lembur.

2.3 PERT (*Program Evaluation and Review Technique*)

Teknik PERT adalah suatu metode yang bertujuan untuk sebanyak mungkin mengurangi adanya penundaan, maupun gangguan produksi, serta mengkoordinasikan berbagai bagian suatu pekerjaan secara menyeluruh dan mempercepat selesainya proyek (Levin, 1972). Metode PERT tidak hanya memungkinkan pengguna untuk menghitung durasi proyek yang paling mungkin terjadi, namun juga memungkinkan pengguna untuk menghitung kemungkinan (probabilitas) proyek, atau sebagian proyek yang akan diselesaikan dalam jangka waktu tertentu.

Komponen-komponen PERT adalah:

1. Kegiatan (*Activity*)
2. Peristiwa (*Event*)
3. Waktu Kegiatan (*Activity Time*)
4. Taksiran Waktu Penyelesaian
5. Penjadwalan Proyek

Adapun manfaat penerapan metode PERT adalah:

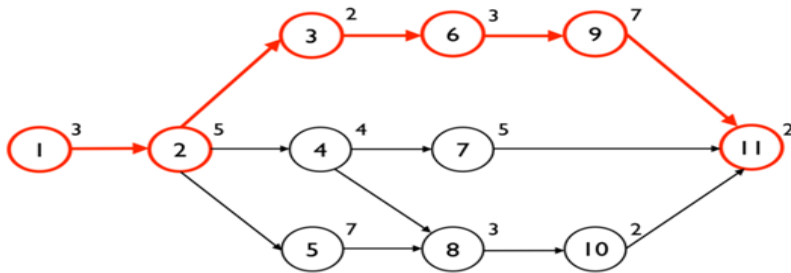
1. Mengetahui ketergantungan dan keterhubungan tiap pekerjaan dalam suatu proyek.
2. Dapat mengetahui implikasi dan waktu jika terjadi keterlambatan suatu pekerjaan.
3. Dapat mengetahui kemungkinan untuk mencari jalur alternatif lain yang lebih baik untuk kelancaran proyek.
4. Dapat mengetahui kemungkinan percepatan dari salah satu atau beberapa jalur kegiatan.
5. Dapat mengetahui batas waktu penyelesaian proyek.

2.4 Pengertian Jalur Kritis

Menurut Badrusomad (2007:1), Jalur kritis adalah serangkaian aktivitas yang saling berurutan dari awal hingga akhir proyek yang jika salah satu atau lebih aktivitas terlambat, akan menyebabkan keterlambatan proyek secara langsung. Jalur kritis mempunyai tiga ciri khusus, ketiga ciri-ciri tersebut bisa dijadikan acuan untuk mengetahui jaringan kerja. Berikut ini adalah ciri-ciri dari jalur kritis:

1. Jalur yang memakan waktu terpanjang dalam suatu proses
2. Jalur dengan tegangan waktu antara selesainya suatu tahap kegiatan dengan mulainya suatu tahap kegiatan berikutnya.
3. Tidak adanya tegangan waktu tersebut yang merupakan sifat kritis dari jalur kritis.

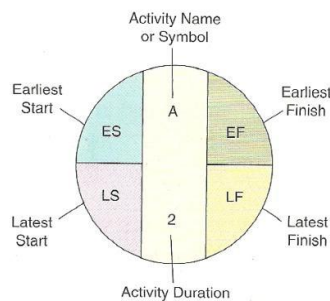
Metode jalur kritis atau *Critical Path Method* (CPM) merupakan suatu metode penjadwalan *project* yang sudah dikenal dan sering digunakan sebagai sarana *management* dalam pelaksanaan suatu "*project*". Jaringan kerja pada suatu penjadwalan CPM terdiri dari beberapa jenis kegiatan yang saling berkaitan antara satu dengan yang lainnya. Bila terjadi keterlambatan pada salah satu kegiatan, sering kali juga menyebabkan keterlambatan durasi *project* secara keseluruhan. Contoh CPM :



Gambar 2.2 Jaringan CPM

Sumber: Heizer dan Render (2009:99)

Penentuan jalur kritis merupakan bagian utama dalam pengendalian proyek. Aktivitas pada jalur kritis merepresentasikan tugas-tugas yang akan menunda keseluruhan proyek, kecuali bila mereka dapat diselesaikan secara tepat waktu. Meskipun PERT dan CPM berbeda pada beberapa hal dalam terminologi dan konstruksi jaringan tapi keduanya memiliki tujuan yang sama. Proses yang digunakan untuk menentukan jadwal waktu setiap aktivitas adalah *two-pass* yang terdiri dari *forward pass* (ES dan EF) dan *backward pass* (LS dan LF). *Forward pass* dan *backward pass* menggunakan notasi untuk menunjukkan jadwal-jadwal aktivitas pada jaringan proyek dengan jelas ditunjukkan pada gambar 2.2

Gambar 2.3 Notasi Pada Titik untuk *Forward* dan *Backward Pass*

Sumber: Heizer dan Render, *Operations Management*, (2011:93)

2.5 Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

Di dalam perencanaan suatu proyek disamping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, dimana biaya yang timbul harus dikendalikan seminim mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya-biaya proyek yang bersangkutan. Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan

proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya).

Di dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah. Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain :

1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur).

Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari, tanpa menambah pekerja. Penambahan ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga penyelesaian suatu aktivitas pekerjaan akan lebih cepat. Yang perlu diperhatikan di dalam penambahan jam kerja adalah lamanya waktu bekerja seseorang dalam satu hari. Jika seseorang terlalu lama bekerja selama satu hari, maka produktivitas orang tersebut akan menurun karena terlalu lelah.

2. Penambahan tenaga kerja

Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambahkan jam kerja. Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja. Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

2.6 Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Didalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi; yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah

satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

2.6.1 Pelaksanaan penambahan jam kerja (jam lembur)

Adapun rencana kerja yang akan dilakukan dalam mempercepat durasi sebuah pekerjaan dengan metode jam kerja lembur adalah:

- ✚ Waktu kerja normal adalah 8 jam (08.00-17.00), sedangkan lembur dilakukan setelah waktu kerja normal.
- ✚ Harga upah pekerja untuk kerja lembur menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP. 102/ MEN/ VI/2004 pasal 11 diperhitungkan sebagai berikut:
 1. Untuk jam kerja lembur pertama, harus dibayar upah lembur sebesar 1,5 (satu setengah) kali upah satu jam.
 2. Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah lembur sebesar 2 (dua) kali upah satu jam.

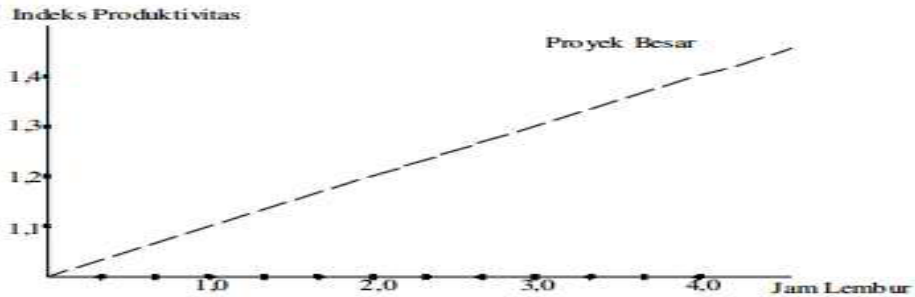
Dari uraian tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

Biaya lembur = (jam kerja lembur pertama x 1.5 x upah satu jam normal) + (jam kerja lembur berikutnya x 2 upah satu jam normal)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 17.00 dengan satu jam istirahat) kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

2.6.2 Produktivitas kerja lembur

Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara output dan input. Di bidang konstruksi, output dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan, meter persegi untuk pemasangan ceiling. Adapun input-nya merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan, seperti tenaga kerja, peralatan dan material. Karena peralatan dan material biasanya bersifat standar, tingkat keahlian tenaga kerja merupakan salah satu faktor penentu produktivitas. Apabila dilakukan kerja lembur, akan terjadi penurunan produktivitas yang dapat dilihat pada Gambar 2.1



(Sumber: Soeharto (1997))

Gambar 2.4 Grafik indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur

Dari uraian tersebut dapat ditulis sebagai berikut:

1. Produktivitas harian $= \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}}$
2. Produktivitas tiap jam $= \frac{\text{produktivitas harian}}{\text{jam kerja perhari}}$
3. Produktivitas harian sesudah *crash* $= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$

Dimana:

a = jumlah jam kerja lembur

b = koefisien penurunan produktivitas kerja lembur

$$4. \text{ Crash Duration} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas harian sesudah crash}}$$

Jam Lembur	Penurunan indeks produktivitas	Presentasi kerja
1 jam	0.1	90
2 jam	0.2	80
3 jam	0.3	70
4 jam	0.4	60

$$\text{Crash duration} = \text{volume} / \text{produktivitas harian sesudah crash}$$

Tabel 2.1 Koefisien Penurunan Produktivitas

Pada subbab sebelumnya, perlu dihitung *cost slope* untuk mengetahui besarnya penambahan biaya dur *cost* yang dimaksud adalah *crash cost* total yaitu besarnya upah pekerja yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan

kurun waktu dipercepat (*crash duration*). Perhitungan *crash cost* dapat ditulis sebagai berikut:

$$\text{Crash cost} = \text{crash cost pekerja} \times \text{crash duration}$$

Crash cost pekerja dapat dicari dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Normal ongkos pekerja per hari = produktivitas harian x harga satuan upah pekerja
2. Normal ongkos pekerja per jam = produktivitas tiap jam x harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja = 1,5 x upah sejam normal untuk jam kerja lembur pertama dan 2 x upah sejam normal untuk jam kerja berikutnya
4. *Crash cost* pekerja perhari= (8 jam x normal cost pekerja) + biaya lembur per jam

2.6.3 Pelaksanaan penambahan tenaga kerja

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja.

$$1. \text{ Jumlah Tenaga Kerja Normal} = \frac{(\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{durasi normal}}$$

$$2. \text{ Jumlah tenaga kerja dipercepat} = \frac{(\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{durasi dipercepat}}$$

2.7 Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan analisis beban kerja berbagai perusahaan maupun organisasi serta metode-metode yang akan penulis lakukan.

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Nama peneliti	Judul peneliti	Metode penelitian	Hasil penelitian
Mandiyo Priyo, Muhamad	Aplikasi Metode Time Cost Trade	<i>Metode Time Cost Trade Off</i>	Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. Berdasarkan penelitian diperoleh hasil : Waktu dan

Nama peneliti	Judul peneliti	Metode penelitian	Hasil penelitian
Raa'uf Aulia (2015)	Off Pada Proyek Konstruksi		biaya optimum akibat penambahan jam kerja (lembur) didapat pada umur proyek 242 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.10.481.732.644,58 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 24 hari (9,02%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp.43.019.556,39 (0,41%). Waktu dan biaya optimum akibat penambahan tenaga kerja didapat pada umur proyek 243 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.10.482.934.084,43 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 23 hari (8,65%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp.41.818.116,54 (0,40%).
Ida Ayu Mita Yoni1, I Putu Darma Warsika2, I Gusti Ketut Sudipta2 (2013)	Perbandingan Penambahan Waktu Kerja (jam lembur) dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek Dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	Metode <i>Time Cost Trade Off</i>	studi khusus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmaasi BLAHKIUH). Diperoleh hasil sebagai berikut : dengan lembur maksimal, biaya proyek terus mengalami peningkatan sepanjang kompresi dan pelaksanaan proyek dapat dipercepat menjadi 113 hari dari sisa durasi 131 hari. Untuk pengurangan durasi proyek maksimal sebanyak 18 hari, biaya proyek mengalami peningkatan sebesar Rp 68.389.265,14, dimana nilai total proyek awal sebesar Rp 2.516.526.998,81 menjadi Rp 2.584.916.263,95. Dengan penambahan tenaga kerja biaya total proyek mengalami penurunan sepanjang kompresi. Untuk

Nama peneliti	Judul peneliti	Metode penelitian	Hasil penelitian
			pengurangan durasi yang sama, biaya proyek mengalami penurunan sebesar Rp 14.605.663,98 sehingga menjadi Rp 2.501.921.334,83.

Sumber: Kajian Penulis

