

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

Landasan teori pada bab ini memuat uraian mengenai teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memperkuat hasil dalam penelitian yang kemudian akan dijadikan sebagai acuan dalam melakukan penelitian.

#### **3.1 MANAJEMEN PROYEK**

Manajemen proyek konstruksi merupakan suatu kegiatan merencanakan, mengorganisir, memimpin, serta mengendalikan sumber daya dengan tujuan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Soeharto, 1999). Menurut Husen (2009), manajemen proyek adalah suatu penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, serta cara teknis yang terbaik dengan ketersediaan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan yang telah direncanakan agar menghasilkan hasil yang optimal dalam hal biaya, mutu, dan waktu serta keselamatan kerja.

Ervianto (2005) menjelaskan bahwa manajemen proyek adalah seluruh perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, serta koordinasi suatu proyek konstruksi yang dimulai dari sebuah gagasan sampai berakhirnya proyek konstruksi dengan tujuan terjaminnya pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

Berdasarkan beberapa definisi tersebut dapat ditarik kesimpulan mengenai manajemen proyek yaitu suatu kegiatan penerapan ilmu pengetahuan dan keterampilan untuk melakukan perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, pengorganisir serta memimpin suatu kegiatan proyek konstruksi dengan ketersediaan sumber daya yang terbatas dengan tujuan tercapainya hasil yang optimal dalam hal tepat mutu, tepat biaya, dan tepat waktu serta keselamatan kerja.

Menurut Soeharto (1999), tujuan dari proses manajemen proyek konstruksi adalah sebagai berikut:

1. Supaya masing-masing kegiatan tersebut diselesaikan tepat waktu, tidak mengalami keterlambatan penyelesaian proyek,
2. Biaya yang digunakan sesuai, maksudnya agar tidak ada biaya penambahan biaya di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan,
3. Kualitas yang dihasilkan sesuai dengan persyaratan,
4. Proses kegiatan sesuai persyaratan.

Menurut Siswanto (2007) dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan suatu proses kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena pada dasarnya penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar perencanaan yang lain, yaitu:

1. penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi lain,
2. proses pengendalian (*controlling*).

### **3.2 PENGENDALIAN PROYEK**

Mockler (1997, dalam Soeharto, 1997) menjelaskan bahwa pengendalian proyek adalah suatu usaha yang sistematis dengan tujuan untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, membandingkan realisasi pelaksanaan dengan standar, merancang system informasi, menganalisis kemungkinan terjadinya penyimpangan antara realisasi dengan standar, lalu kemudian dapat diambil suatu tindakan pembetulan supaya sumber daya yang digunakan dapat efektif dan efisien dalam mencapai suatu tujuan.

Berdasarkan penjelasan yang diberikan Mockler, maka langkah-langkah dalam pengendalian proyek dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Menentukan sasaran,
2. Mendefinisikan lingkup kerja,

3. Kemudian menentukan standard dan kriteria untuk mencapai sasaran yang diharapkan,
4. Lalu dilakukan pembuatan/penyusunan sistem informasi monitoring dan pelaporan hasil dari pelaksanaan pekerjaan,
5. Kemudian dilakukan pengkajian dan penganalisisan kesesuaian antara hasil pekerjaan terhadap standar, kriteria dan sasaran yang telah ditentukan,
6. Kemudian dilakukan tindakan pembetulan.

Dari uraian tersebut fungsi utama dari pengendalian proyek adalah memantau dan mengkaji serta bila diperlukan dilakukan pembetulan agar kegiatan-kegiatan terbimbing ke arah sasaran yang telah ditetapkan. Adanya pengendalian proyek tersebut merupakan suatu usaha dalam menghindari persoalan yang secara umum terjadi dalam pelaksanaan suatu proyek konstruksi, dalam pelaksanaannya perlu adanya laporan harian pekerjaan yang digunakan sebagai alat bantu untuk mempermudah pengontrolan pekerjaan agar sesuai dengan yang telah ditetapkan.

### 3.3 KETERLAMBATAN PROYEK

Menurut Rahman, dkk (2011, dalam Sesmiwati, dkk, 2017), keterlambatan penyelesaian proyek adalah kondisi suatu pekerjaan konstruksi terhambat dalam penyelesaiannya tanpa terhenti sepenuhnya. Jadi keterlambatan penyelesaian proyek adalah apabila suatu proyek dalam penyelesaian pekerjaannya melebihi durasi waktu yang telah direncanakan/ditetapkan dalam dokumen kontrak. Katagori keterlambatan proyek termasuk pada proyek yang melakukan Penambahan waktu (*extension of time*) yang disebabkan oleh pihak lain atau eksternal.

Menurut Kusjadmikahadi (1999, dalam Leonda, 2008), keterlambatan proyek konstruksi adalah bertambahnya durasi waktu penyelesaian pekerjaan konstruksi yang telah direncanakan dan tertera dalam dokumen kontrak.

Dari beberapa definisi mengenai keterlambatan proyek, maka dapat diambil kesimpulan Keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya

waktu pelaksanaan penyelesaian yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak.

Keterlambatan proyek tersebut merupakan suatu kejadian umum yang terjadi pada industri konstruksi. Menurut Levis dan Atherly (1996, dalam Ekawati dkk 2015) keterlambatan proyek terjadi apabila pada tahapan-tahapan aktifitas yang dilaksanakan terjadi penundaan, adanya penambahan waktu dan tidak sesuai dengan rencana karena alasan tertentu sehingga akan mempengaruhi aktifitas selanjutnya yang terhubung dengan pekerjaan yang mengalami penundaan maupun adanya penambahan waktu. Peran aktif dari manajemen merupakan salah satu kunci utama keberhasilan dalam pengelolaan proyek. Pengkajian jadwal proyek diperlukan untuk menentukan langkah perubahan mendasar agar keterlambatan penyelesaian proyek dapat dihindari atau dikurangi.

Kadir dan Salim (2007, dalam Sesmiwati, dkk, 2017) membagi keterlambatan proyek dibagi kedalam 3 (tiga) katagori umum, yaitu:

1. Keterlambatan yang dapat dimaafkan dan tidak dapat dimaafkan (*excusable and non-excusable delays*)

Keterlambatan yang dapat dimaafkan dikenal sebagai *force majeure* dan bukan merupakan tanggung jawab atau kesalahan dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi. Pada umumnya keterlambatan seperti ini di dalam kontrak masih diberikan perpanjangan waktu, sedangkan untuk keterlambatan yang tidak dapat dimaafkan disebabkan oleh kontraktor ataupun subkontraktor atau juga dari pemasok (*supplier*). Keterlambatan seperti di dalam kontrak tidak diberikan waktu perpanjangan.

2. Keterlambatan yang mendapatkan ganti rugi dan tidak layak mendapatkan ganti rugi (*compensable and non-compensable delays*)

Keterlambatan yang mendapatkan ganti rugi disebabkan oleh pemilik (*owner*) atau wakil pemilik seperti tidak lengkapnya gambar maupun spesifikasinya, respon yang tidak tepat waktu oleh pemilik terhadap permintaan informasi mengenai desain maupun perubahan desain dan material oleh pemilik serta adanya gangguan atau perubahan urutan pekerjaan oleh pemilik. Hal-hal tersebut menyebabkan kontraktor berhak untuk mendapatkan penambahan waktu dan biaya.

3. Keterlambatan yang terjadi bersamaan (*concurrent delays*)

Keterlambatan seperti ini terjadi apabila dalam satu waktu terjadi beberapa faktor yang menyebabkan keterlambatan sehingga dalam penyelesaiannya kan menjadi lebih kompleks.

### 3.4 KURVA S

Kurva S adalah grafik yang menggambarkan hubungan antara kemajuan pelaksanaan proyek konstruksi terhadap waktu penyelesaian proyek konstruksi tersebut, di mana fungsi dari kurva s tersebut adalah sebagai alat control terhadap maju mundurnya pelaksanaan pekerjaan (Rani, 2016). Menurut Husen (2011) Kurva S dapat dijadikan sebagai petunjuk kemajuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu, dan bobot pekerjaan yang dipresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan dalam proyek dengan cara membandingkan realisasi kemajuan proyek dengan jadwal rencana, kemudian dari sini dapat diketahui proyek mengalami keterlambatan maupun mengalami percepatan. Indikasi tersebut dapat dijadikan acuan sebagai bahan tindakan koreksi dalam proses pengendalian jadwal.

Menurut Hannum (penemu Kurva S) dalam Rani (2016) menyatakan beberapa hal yang harus dipenuhi dalam membuat Kurva S, yaitu :

1. Seperempat waktu pertama, grafiknya digambarkan naik landai hingga 10%
2. Setengah waktu, grafiknya digambarkan naik terjal hingga mencapai 45%
3. Pada saat 3/4 (tiga per empat) waktu terakhir, grafiknya digambarkan naik terjal hingga mencapai 82%
4. Kemudian waktu terakhir, grafiknya digambarkan naik landai hingga mencapai 100%

Untuk lebih rincinya pembuatan Kurva S dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Pada kolom paling kiri dituliskan nama item-item pekerjaan,
2. Kolom kedua dituliskan durasi dari setiap item pekerjaan;
3. Kolom ketiga berisi harga dari setiap item pekerjaan,
4. Lalu kolom keempat berisi bobot dari setiap pekerjaan,

Bobot pekerjaan dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Bobot (\%)} = \frac{\text{Biaya Setiap Pekerjaan}}{\text{Biaya Total}} \times 100\% \dots \dots \dots (3.1)$$

5. Kemudian dibuat diagram batang yang panjangnya sesuai dengan durasi pekerjaan (hari kerja atau hari kalender);
6. Apabila bobot dari setiap pekerjaan telah dihitung, maka persentase pekerjaan harian dapat dicari dengan cara menjumlahkan bobot harian dari masing-masing pekerjaan. Kemudian persentase harian kumulatif dapat dicari, dimana pada akhir jadwal harus 100%. Hubungan antara persentase kumulatif (sumbu X) dengan nilai persentase 0 s/d 100% (sumbu Y) ditarik sebuah garis yang membentuk huruf S. Garis yang dihasilkan tersebut adalah Kurva S. Kurva S ini berfungsi untuk memberikan gambaran kemajuan setiap pekerjaan terhadap fungsi waktu.

Penggunaan Kurva S ini terkait 2 aspek, yaitu:

1. Aspek perencanaan

Pada aspek ini Kurva S yang dihasilkan adalah Kurva S rencana yaitu Kurva S yang diperoleh dari jadwal rencana. Kurva S ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan suatu proyek terlambat, sesuai jadwal ataupun lebih cepat.

2. Aspek pengendalian

Pada aspek ini Kurva S yang dihasilkan adalah Kurva S Aktual, yaitu Kurva S yang diperoleh selama jangka waktu pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Suatu proyek dikatakan terlambat, sesuai rencana ataupun lebih cepat dapat diketahui dengan membandingkan Kurva S aktual dengan Kurva S rencana, yaitu apabila kurva S aktual di bawah kurva S rencana maka disebut pekerjaan terlambat, lalu apabila kurva S aktual berimpit dengan kurva S rencana maka disebut pekerjaan on schedule (sesuai rencana), dan apabila kurva S aktual di atas kurva S rencana maka disebut pekerjaan lebih cepat dari rencana.

### 3.5 NETWORK PLANNING

*Network planning* adalah alat manajemen yang digunakan dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek secara luas dan lengkap (Rani, 2016). *Network planning* secara prinsipnya adalah suatu hubungan ketergantungan antara masing-masing pekerjaan yang digambarkan dalam sebuah bentuk diagram *network*, sehingga dapat diketahui masing-masing pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang harus menunggu selesainya pekerjaan yang lain (Soeharto, 1997).

Dalam penerapan *network planning* pada penyelenggaraan suatu proyek konstruksi diperlukan persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat dilaksanakan secara maksimal. Persyaratan tersebut adalah adanya kepastian tentang proyek yang harus dilaksanakan, sehingga dapat dilakukan tahap aplikasi *network planning* yang terdiri dari tiga kelompok, yaitu: pembuatan desain, pemakaian desain, dan perbaikan desain.

Proses menyusun jaringan kerja dilakukan secara berulang-ulang sebelum akhirnya sampai pada suatu perencanaan atau jadwal yang dianggap cukup realistis untuk dapat digunakan. Dalam menyusun *network planning* menurut Rani (2016) ada dua tahapan yaitu :

1. Mengidentifikasi kegiatan-kegiatan yang terdapat diproyek serta logika ketergantungan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan lainnya.
2. Memperkirakan durasi waktu setiap pekerjaan, hal ini dapat dari pengalaman, teori maupun dari hitungan. Kemudian dilakukan perhitungan waktu kejadian dari awal pekerjaan proyek hingga pekerjaan akhir proyek sesuai dengan *network* yang telah dibuat. Dalam analisis tersebut terdapat satu atau lebih lintasan yang panjang durasinya seperti durasi total proyek yaitu yang disebut lintasan kritis.

Metode jaringan kerja (*network diagram*) memungkinkan penerapan konsep *management by exception*, karena pada metode tersebut dengan jelas mengidentifikasikan kegiatan-kegiatan yang bersifat kritis bagi proyek, terutama pada aspek jadwal dan perencanaan. Secara umum kegiatan kritis tidak boleh lebih dari 20% dari total kegiatan proyek, dan dengan telah diketahuinya bagian ini maka pengelola dapat memberikan prioritas perhatian pada kegiatan-kegiatan kritis tersebut (Soeharto, 1997)

### 3.6 METODE PDM (*PRECEDENCE DIAGRAM METHOD*)

Menurut Ervianto (2002) PDM (*Precedence Diagram Method*) adalah sebuah lambang segi empat karena letak kegiatan ada di bagian node sehingga sering disebut juga *Activity On Node* (AON). Kelebihan dari PDM (*Precedence Diagram Method*) dibandingkan dengan *Arrow Diagram* adalah:

1. Tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
2. Hubungan *overlapping* yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.

Kegiatan dalam metode PDM diwakili oleh sebuah lambang yang mudah diidentifikasi, misalnya sebagai berikut:

ES	JENIS KEGIATAN	EF
LS		LF
NO. KEG.		DURASI

Gambar 3. 1 Alternatif 1 lambang kegiatan (Ervianto,2002)

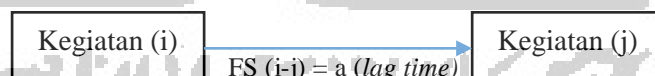
DURASI		FLOAT
ES	NO. KEG.	EF
JENIS KEGIATAN		

Gambar 3. 2 Alternatif 2 lambang kegiatan (Ervianto,2002)

Pada PDM juga dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, dikarenakan setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Pada garis konstrain dibubuhkan penjelasan mengenai waktu mendahului (*lead*) atau terlambat tertunda (*lag*).

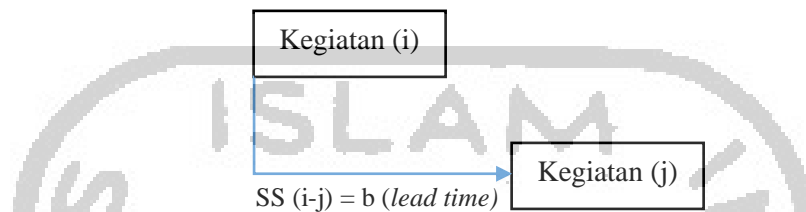
Menurut Soeharto (1999) terdapat 4 (empat) macam konstrain diantaranya :

1. Konstrain selesai ke mulai – *Finish to Start* (FS). Konstrain ini menjelaskan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan sebagai  $FS(i-j) = a$  yang berarti kegiatan (j) mulai a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

Gambar 3. 3 Konstrain *Finish to Start* (Soeharto,1999)

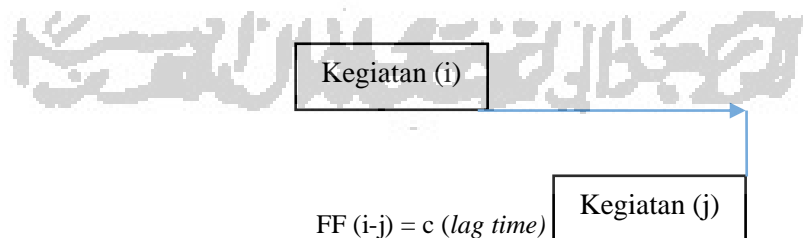
2. Konstrain mulai ke mulai – *Start to Start* (SS). Menjelaskan hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan  $SS(i-j) = b$  yang berarti suatu kegiatan (j) dimulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Konstrain semacam ini terjadi apabila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100 % maka kegiatan (j) boleh mulai setelah bagian tertentu dari kegiatan (i) selesai. Besar nilai b (*lead time*)

tidak boleh melebihi angka kurun waktu kegiatan terdahulu, dikarenakan definisi  $b$  (*lead time*) adalah sebagian dari kurun waktu kegiatan sebelumnya, sehingga di sini terjadi kegiatan yang tumpang tindih.



Gambar 3. 4 Konstrain *Start to Start* (Soeharto,1999)

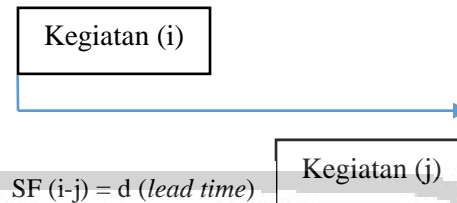
3. Konstrain selesai ke selesai – *Finish to Finish* (FF). Menjelaskan hubungan antara selesainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan  $FF (i-j) = c$  yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah  $c$  hari kegiatan terdahulu (i) selesai. Konstrain semacam ini mencegah selesainya suatu kegiatan mencapai 100% sebelum kegiatan yang terdahulu telah sekian ( $= c$ ) hari selesai. Besar nilai  $c$  (*lag time*) tidak diperbolehkan melebihi angka kurun waktu kegiatan yang bersangkutan (j). Pada Gambar 3.5 terlihat kegiatan (j) boleh dimulai disembarang waktu namun pada waktu kegiatan (i) selesai serta harus masih ada porsi kegiatan (j) yang belum selesai, sehingga apabila kegiatan (i) terlambat penyelesaiannya maka kegiatan (j) akan terlambat.



Gambar 3. 5 Konstrain *Finish to Finish* (Soeharto,1999)

4. Konstrain mulai ke selesai – *Start to Finish* (SF). Menjelaskan hubungan antara selesainya kegiatan dengan mulainya kegiatan terdahulu.

Dirumuskan  $SF(i-j) = d$ , yang berarti suatu kegiatan (j) selesai setelah d hari kegiatan (i) terdahulu mulai.



Gambar 3. 6 Konstrain *Start to Finish* (Soeharto,1999)

### 3.7 LINTASAN KRITIS

Lintasan kritis adalah lintasan sepanjang diagram jaring yang memiliki waktu durasi terpanjang (durasi proyek) atau tidak memiliki float (waktu jeda). Lintasan kritis terdiri dari beberapa rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan awal sampai dengan kegiatan terakhir pada proyek (Pamungkas & Hidayat, 2011). Dalam menentukan jalur kritis, Badri (1997 dalam Thio & Tannady 2016) menyatakan dibutuhkan data durasi pekerjaan dan data urutan pekerjaan yang kemudian kedua data tersebut diurutkan kemudian dihitung dengan menambahkan durasi pekerjaan awal ditambahkan secara kumulatif sampai pada pekerjaan yang terakhir .

Tujuan dari adanya jalur kritis tersebut adalah untuk mengetahui kegiatan yang sensitif yang tinggi akan keterlambatan penyelesaian pekerjaan, atau disebut dengan kegiatan kritis. Apabila kegiatan kritis tersebut mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan maka akan memperlambat dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan walaupun kegiatan lain tidak mengalami keterlambatan.(Yamit, 2001). Dengan demikian durasi jalur kritis adalah sama dengan durasi waktu untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan, sehingga jalur kritis ini penting bagi pelaksana proyek konstruksi dikarenakan pada jalur ini terdapat kegiatan-kegiatan yang dalam pelaksanaannya harus tepat waktu dan selesai juga tepat waktu. Apabila kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis tersebut mengalami kemunduran pelaksanaannya ataupun mengalami keterlambatan penyelesaian maka akan menyebabkan keterlambatan proyek keseluruhan.

Menurut Badri (1997 dalam Dannyanti, 2010) manfaat yang didapatkan apabila diketahui lintasan kritis dalam suatu diagram jaring adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan yang berada di dalam jalur lintasan kritis tidak dikenankan terdapat penundaan pekerjaan karena akan mempengaruhi durasi total proyek,
2. Proyek dapat dipercepat waktu penyelesaiannya, apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dilakukan metode *crashing* ,
3. Pengawasan atau kontrol dapat melalui lama penyelesaian pekerjaan yang berada pada jalur kritis yang tepat dalam penyelesaiannya dan kemungkinan di *trade off* (pertukaran waktu dengan biaya yang efisien) dan *crash program* (diselesaikan dengan waktu yang optimal dipercepat dengan biaya yang bertambah pula) maupun dipersingkat durasi waktunya dengan penambahan biaya lembur,
4. Pekerjaan yang tidak berada dalam jalur lintasan kritis terdapat *Time slack* atau kelonggaran waktu. Hal ini memungkinkan bagi manajer/pimpro untuk memindahkan tenaga kerja, alat, dan biaya ke pekerjaan-pekerjaan di lintasan kritis agar efektif dan lebih efisien.

Secara umum kegiatan-kegiatan kritis pada suatu proyek konstruksi sebesar kurang dari 20% dari total pekerjaan, sehingga pada kegiatan-kegiatan kritis tersebut memerlukan perhatian lebih dengan tujuan agar tidak mengganggu kegiatan lainnya (Soeharto, 1999)

### 3.8 METODE *CRASHING*

Proses *crashing* adalah cara melakukan perkiraan dari variabel *cost* untuk menentukan pengurangan durasi yang paling maksimal dengan biaya yang paling optimal dari kegiatan yang masih mungkin untuk direduksi (Ervianto, 2004). Metode *Crashing* dilakukan dengan tujuan agar pekerjaan selesai dengan pertukaran silang waktu dan biaya dengan alternative diantaranya menambah jumlah shift kerja, jumlah jam kerja, jumlah tenaga

kerja, jumlah ketersediaan bahan serta memakai peralatan yang lebih produktif dan metode pelaksana yang lebih cepat sebagai komponen biaya *direct cost* (biaya langsung). Metode *crashing* ini dilakukan dengan cara perbaikan penjadwalan masing-masing kegiatan menggunakan *network planning* yang berada pada lintasan kritis. Konsekuensi dari metode *crashing* ini adalah akan meningkatnya *direct cost* (biaya langsung) seperti biaya upah pekerja dan biaya penambahan alat (Husen, 2011).

Konsekuensi dari penerapan metode *crashing* ini berakibat pada kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung), namun sebaliknya pada komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung) akan mengalami penurunan harga hal ini dikarenakan durasi pekerjaan diperpendek. Secara teori kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung) pada metode *crashing* ini dapat diimbangi dengan penurunan yang terjadi pada komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung). Akan tetapi pada kenyataannya di lapangan, komponen *direct cost* (biaya langsung) dan *indirect cost* (biaya tidak langsung) memiliki selisih yang jauh. Sehingga yang terjadi adalah penurunan komponen *indirect cost* (biaya tidak langsung) tidak akan berpengaruh banyak terhadap kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung).

Setiap masing-masing kegiatan pekerjaan yang berada pada jalur lintasan kritis proyek dilakukan analisa kenaikan komponen *direct cost* (biaya langsung) dan *indirect cost* (biaya tidak langsung), hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kenaikan biaya dari setiap masing-masing pekerjaan. Sehingga setelah kenaikan biaya sudah diketahui, nilai *cost slope* dapat dicari dari setiap masing-masing kegiatan. Nilai *cost slope* tersebut menunjukkan kenaikan biaya perharinya dari setiap masing-masing kegiatan yang dianalisis. Dan dari nilai *cost slope* ini ditentukan pekerjaan yang akan dilakukan percepatan. Indikator pekerjaan yang dapat dipilih untuk dilakukan percepatan adalah pekerjaan dengan nilai *cost slope* yang terkecil. Karena nilai *cost slope* terkecil menunjukkan kenaikan biaya yang terkecil.

Adapun uraian di atas dapat ditulis sesuai prosedur yang diungkapkan oleh Soeharto (1995 dalam Musabiq, 2015) sebagai berikut :

1. Membuat *network planning* dari rangkaian kegiatan yang ada,
2. Menghitung durasi penyelesaian proyek dan identifikasi PDM
3. Menentukan biaya normal dari masing-masing kegiatan
4. Menentukan biaya percepatan dari masing-masing kegiatan
5. Menentukan *cost slope* dari masing-masing kegiatan, dengan rumus:
 
$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})} \dots\dots\dots (3. 2)$$
6. Mempersingkat durasi kegiatan pada kegiatan yang berada di jalur kritis dengan *cost slope* terendah,
7. Apabila terbentuk jalur kritis baru selama proses percepatan, maka mempercepat kegiatan-kegiatan kritis yang memiliki kombinasi slope terendah,
8. Melanjutkan pereduksian waktu kegiatan sampai titik TPD (Titik Proyek Dipersingkat) atau sampai tidak ada lagi jalur yang kritis,
9. Menggambarkan hubungan antara titik normal (biaya dan waktu normal) dan TPD dalam bentuk grafik,
10. Kemudian menghitung dan menjumlah biaya langsung dan tak langsung untuk mencari biaya total sebelum pereduksian waktu,
11. Memeriksa durasi penyelesaian proyek dengan biaya terendah pada grafik biaya.

Durasi *crash* untuk lembur dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Durasi Crash (Dc)} = \frac{(Dn \times h)}{(h + (ho \times e))} \dots\dots\dots (3. 3)$$

Keterangan:

- Dc = Durasi *crash*  
 Dn = Durasi normal  
 h = Jam normal per hari  
 ho = Jam lembur per hari  
 e = efektifitas tenaga kerja

$$\text{Efektifitas tenaga kerja (e)} = \frac{\text{Produktivitas Lembur}}{\text{Produktivitas Normal}} \times 100 \% \dots(3.4)$$

Durasi *crash* untuk tambah tenaga kerja dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Durasi Crash (Dc)} = \frac{\text{Volume}}{(\text{Produktivitas tenaga kerja})} \dots\dots\dots(3.5)$$

### 3.9 BIAYA TOTAL PROYEK

Biaya total proyek dibagi menjadi 2 (dua) bagian, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

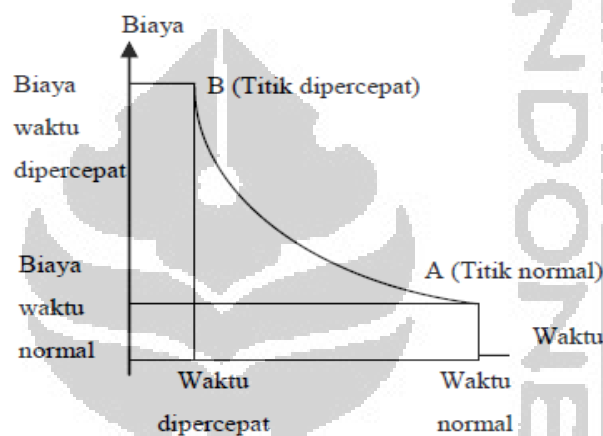
1. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya-biaya yang secara langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan, antara lain:
  - a. biaya bahan/material,
  - b. biaya upah pekerja,
  - c. biaya alat,
  - d. biaya subkontraktor dan lain-lain.
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah semua biaya proyek yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi di lapangan namun tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut, antara lain:
  - a. gaji staf/pegawai tetap tim manajemen,
  - b. biaya konsultan (perencanaan dan pengawas),
  - c. fasilitas sementara di lokasi proyek,
  - d. peralatan konstruksi,
  - e. pajak, pungutan, asuransi, dan perizinan,
  - f. *overhead*,
  - g. biaya tak terduga,
  - h. laba.

Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek.

Walaupun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka semakin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan, sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

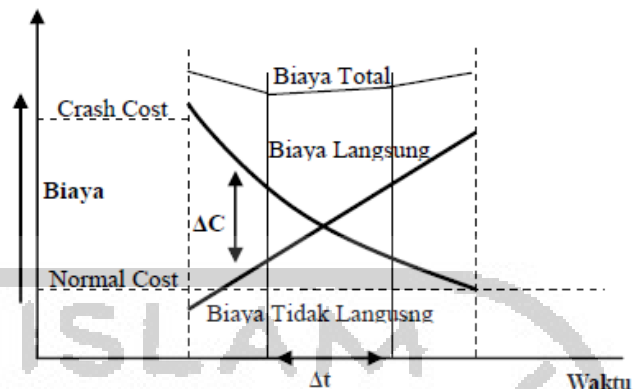
### 3.10 HUBUNGAN ANTARA BIAYA DAN WAKTU

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu pelaksanaan proyek. Hal tersebut dapat digambar seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Gambar 3.7 di atas dapat diuraikan bahwa titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Pada Gambar 3.7 diketahui bahwa semakin besar waktu diperpendek maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan juga akan semakin besar.



Gambar 3. 8 Hubungan antara waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

Pada Gambar 3.8 diperlihatkan antara hubungan biaya langsung, biaya tak langsung, dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.

### 3.11 PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11-PRT-M-2013 “produktivitas diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap *input* (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi dalam analisis produktivitas dapat dinyatakan sebagai *rasio* antara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari). Sehingga bila input dan waktu kecil maka output semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi”.

Menurut Muchdarsyah (1992) produktivitas diartikan sebagai tingkatan efisiensi dalam memproduksi suatu barang atau jasa, serta dapat dihitung dengan cara membagi keseluruhan pengeluaran oleh jumlah yang digunakan atau jam-jam kerja orang.

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11-PRT-M-2013 faktor-faktor yang mempengaruhi analisis produktivitas antara lain waktu siklus, faktor kembang susut atau faktor pengembangan bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

Pada proyek konstruksi, rasio dari produktivitas merupakan nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga

kerja, biaya material metode, dan alat. Salah satu kesuksesan dari suatu proyek konstruksi adalah pada keefektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja, dua hal tersebut merupakan sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter yang berbeda-beda satu sama lainnya.

Dalam menentukan tenaga kerja perlu adanya analisis produktivitas dan indikasi faktor-faktor yang mempengaruhi suatu proyek yang dikerjakan, seperti faktor lokasi, faktor iklim, keterampilan, pengalaman, maupun faktor peraturan-peraturan yang berlaku. Variabel-variabel di atas sulit dinyatakan dalam bentuk nilai numerik. Nilai produktivitas tenaga kerja berpengaruh pada biaya total suatu proyek konstruksi, sehingga perlu adanya tolak ukur dalam memperkirakan produktivitas tenaga kerja yang akan di tangani dalam suatu proyek konstruksi. Dalam menentukan hasil guna tenaga kerja digunakan parameter indeks produktivitas yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Indeks Produktivitas (IP)} = \frac{\text{Jumlah jam-orang yang sesungguhnya digunakan untuk menyelesaikan Pekerjaan tertentu}}{\text{Jumlah jam-orang yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan identik pada kondisi standar}} \dots (3.6)$$

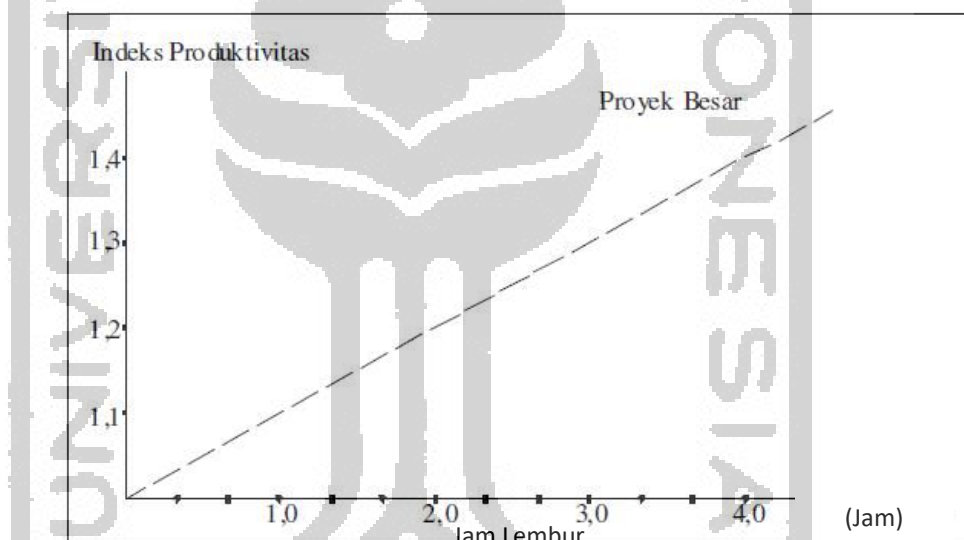
Standar yang dipakai dalam rumus di atas adalah kondisi rata-rata di Gulf Coast USA (1962 – 1963) dengan nilai standar = 1,0. Apabila nilai indeks produktivitas lebih besar dari 1,0 maka produktivitas tenaga kerja lebih kecil dari standar, namun sebaliknya apabila nilai indeks produktivitas lebih kecil dari 1,0 maka produktivitas tenaga kerja lebih besar dari standar.

### 3.12 PENAMBAHAN JAM KERJA (LEMBUR)

Penambahan jam kerja (lembur) pekerja merupakan salah satu strategi dalam penggunaan metode *Crashing*. Menurut Setyorini dan Wiharjo (2005) menjelaskan bahwa penambahan jam kerja (lembur) dapat dilakukan dengan cara menambah jam kerja setiap harinya, tanpa menambah jumlah tenaga kerja.

Kerja lembur memiliki tingkat bahaya dan pekerjaan akan sangat berat. Oleh karena itu kerja lembur harus mendapat tambahan lebih besar dari upah kerja normal. Selain dari adanya penambahan upah, perlu disediakan peralatan tambahan lainnya untuk memfasilitasi pekerjaan seperti lampu, keamanan kerja, fasilitas kesehatan serta dilakukan peningkatan pengawasan kualitas karena menurunnya kemampuan kerja pekerja.

Semakin besar penambahan jam kerja lembur yang diterapkan maka konsekuensinya adalah menimbulkan penurunan produktivitas, hal ini tercantum dalam Gambar 3.9 di bawah ini. Penurunan produktivitas tenaga kerja pada kerja lembur tersebut disebabkan antara lain: kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, dan keadaan cuaca yang dingin.

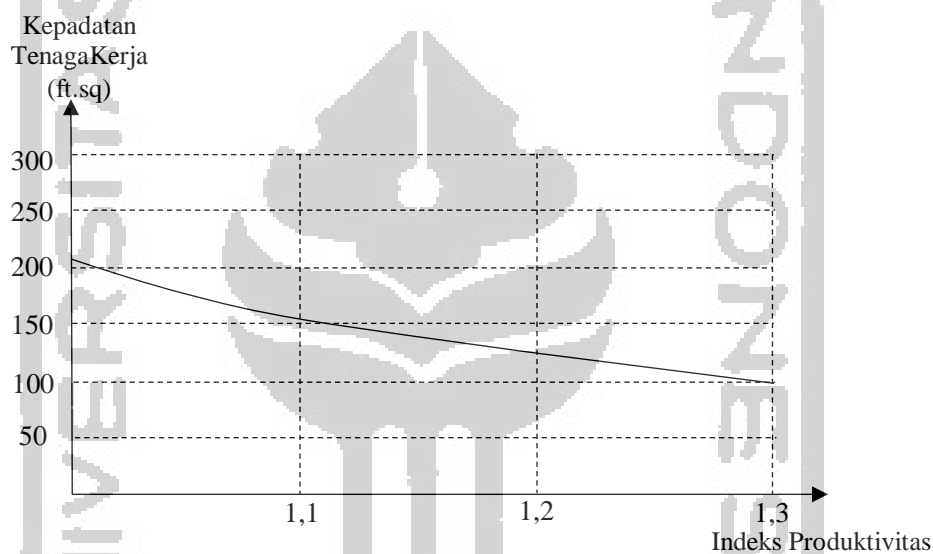


Gambar 3. 9 Grafik indikasi penurunan produktivitas karena kerja lembur (Soeharto, 1997)

### 3.13 PENAMBAHAN TENAGA KERJA

Penambahan tenaga kerja adalah penambahan jumlah dari pekerja dalam satu unit pekerja untuk melakukan suatu kegiatan tanpa harus menambah jam kerja. Penambahan tenaga kerja yang optimum akan meningkatkan produktivitas kerja karena terlalu sempitnya lahan untuk bekerja (Setyorini dan Wiharjo, 2005). Oleh karena itu dalam hal penambahan jumlah pekerja yang harus diperhatikan adalah ruang kerja atau lingkup kerja yang tersedia apakah

terlalu sempit atau cukup luas, karena pada dasarnya penambahan tenaga kerja pada suatu kegiatan tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk kegiatan yang lain yang sedang berlangsung pada waktu yang sama karena akan mengurangi produktivitas tenaga kerja. Selain itu, perlu diimbangi juga dalam pengawasan karena ruang kerja yang sempit dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja. Pengaruh penurunan produktivitas tenaga kerja terhadap kepadatan luas area pekerjaan pada penambahan tenaga kerja ditentukan berdasarkan Gambar 3.10 berikut:



Gambar 3. 10 Grafik Kepadatan Tenaga Kerja dengan Indeks Produktivitas

(sumber : Iman Soeharto, 1995)

Nilai produktivitas penambahan tenaga kerja dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

Produktivitas *crashing* = (Produktivitas harian normal x Jumlah pekerja percepatan)/(Jumlah pekerja normal)

Penelitian ini menggunakan **asumsi** penambahan tenaga kerja sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% dari jumlah tenaga kerja normal dengan pertimbangan luas lokasi proyek yang dikerjakan.

### 3.14 BIAYA PENAMBAHAN AKIBAT LEMBUR (*CRASH COST*)

Sesuai Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 bahwa perhitungan upah penambahan kerja bervariasi, yaitu pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat lembur dapat ditulis ke dalam rumus sebagai berikut:

1. Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari

$$= \frac{\text{biaya upah harian}}{\text{jam kerja per hari}} \dots\dots\dots (3.7)$$

2. Biaya total pekerjaan

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi}) + (\Sigma \text{biaya material}) \dots\dots\dots (3.8)$$

3. Biaya lembur tenaga kerja

$$\text{Lembur jam ke 1} = b_n \times 1,5 \dots\dots\dots (3.9)$$

$$\text{Lembur jam ke 4} = \text{Lembur Jam ke 1} + (2,0 \times 3,0 \times b_n) \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan :

$b_n$  = biaya normal (Rp)

$b_l$  = biaya lembur (Rp)

4. Total *cost* perhari

$$= (\text{biaya normal} + \text{biaya lembur jam ke 1} + \text{biaya lembur jam ke 4}) \dots\dots\dots (3.11)$$

5. Biaya *cost on time*

$$= (\text{jumlah pekerja} \times \text{total cost perhari}) \dots\dots\dots (3.12)$$

6. Total biaya tambah jam kerja

$$= \Sigma \text{ cost on time } \times \text{ durasi crash } \dots\dots\dots (3. 13)$$

7. *Cost slope* (Rp/jam)

$$\text{Cost Slope} = \frac{(\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost})}{(\text{Normal Duration} - \text{Crash Duration})} \dots\dots\dots (3. 14)$$

### 3.15 BIAYA PENAMBAHAN AKIBAT TAMBAH TENAGA KERJA (CRASH COST)

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat tambah tenaga kerja dapat ditulis ke dalam rumus sebagai berikut:

1. Jumlah pekerja normal

$$(S_n) = ((\text{koef} \times \text{volume}) / \text{durasi}) \dots\dots\dots (3. 15)$$

2. Kebutuhan tenaga durasi *crash* perhari

$$(S_c) = (\text{volume} \times \text{koef}) / D_c \dots\dots\dots (3. 16)$$

3. Penambahan tenaga kerja per hari =  $S_c - S_n$  ..... (3. 17)

4. Biaya penambahan upah tenaga kerja (X) =  $S_c \times$  Upah harian ... (3. 18)

5. Total biaya tambah tenaga kerja =  $\Sigma X \times$  durasi *crash* ..... (3. 19)

### 3.16 PROGRAM MICROSOFT PROJECT

*Microsoft Project* adalah program aplikasi pengolah data administrasi yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudahan dalam penggunaan dan keleluasaan lembar kerja yang disediakan serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

*Microsoft Project* merupakan unsur-unsur manajemen proyek yang bisa dikatakan sempurna dengan memadukan kemudahan pengguna, kemampuan,

dan *fleksibel* sehingga penggunaanya dapat lebih mudah mengatur proyek secara lebih efisien dan efektif. Dalam pengelolaan suatu proyek konstruksi membutuhkan waktu yang tidak pendek dan membutuhkan ketelitian yang tinggi. Penggunaan *Microsoft Project* ini dapat menunjang dan membantu tugas dalam pengelolaan sebuah proyek konstruksi sehingga dapat menghasilkan suatu data yang akurat.

Keunggulan dari *Microsoft Project* adalah kemampuannya dalam menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian, maupun pengendalian waktu dan biaya yang dapat mengubah *input* data menjadi sebuah *output* data sesuai dengan tujuannya. *Input* data mencakup unsur-unsur sumber daya manusia, material, mata uang, mesin/alat, dan kegiatan-kegiatan dalam suatu proyek konstruksi. Kemudian diproses menjadi suatu hasil yang maksimal dalam mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai data pertimbangan dalam pengambilan sebuah keputusan yang diperlukan dalam perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Keuntungan yang didapat dari *Microsoft Project* yaitu dapat melakukan suatu penjadwalan kegiatan secara efektif dan efisien, dapat diperoleh secara langsung informasi biaya selama periode yang ditentukan, mudah dilakukan modifikasi dan penyusunan jadwal, kegiatan yang tepat akan lebih mudah dihasilkan dalam waktu yang cepat.

Program *Microsoft Project* ini juga dapat membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*Resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

Tujuan dilakukan penjadwalan menggunakan *Microsoft Project* adalah untuk:

1. mengetahui durasi kerja proyek,
2. membuat durasi optimum,
3. mengendalikan jadwal yang dibuat,
4. mengalokasikan sumber daya (*resources*) yang digunakan

Adapun komponen yang dibutuhkan dalam penjadwalan adalah:

1. kegiatan (rincian tugas, tugas utama),

2. durasi kegiatan untuk tiap pekerjaan,
3. hubungan kerja tiap kegiatan,
4. *resources* (tenaga kerja pekerja dan bahan)

Kemudian *Microsoft Project* akan mengerjakan antara lain:

1. mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor,
2. mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur,
3. menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek,
4. membantu mengontrol pengguna tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga).

