

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1. Tinjauan Pustaka**

##### **2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Metode *Time Cost Trade Off***

Fazil dkk. (2018) melakukan penelitian dengan menambahkan jam kerja (lembur) dari 1 – 4 jam sehingga setelah dilakukan penelitian tersebut akan didapatkan hasil waktu dan biaya yang optimum sehingga proyek tidak mengalami keterlambatan yang lebih lama. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh waktu dan biaya optimum pada lembur 2 jam dengan pengurangan waktu selama 8 hari dengan waktu optimum yang didapatkan selama 160 hari dari rencana awal 168 hari dan dengan biaya optimum sebesar Rp. 14.961.360.000,00 dengan adanya penambahan biaya dari biaya awal rencana, penambahan biaya tersebut sebesar Rp. 742.000,00.

Ningrum dkk. (2017) melakukan penelitian dengan membandingkan besarnya durasi dan biaya jika dilakukannya percepatan durasi dengan menambahkan jam kerja (lembur) dan *shift* kerja. Berdasarkan hasil penelitiannya pada penambahan jam kerja (lembur). Pada penelitiannya menyatakan percepatan pekerjaan proyek dilakukan dengan 2 landasan yang berbeda, yaitu landasan pertama sesuai dengan persetujuan dan perintah pemilik proyek atau konsultan MK yang ada kepada kontraktor dengan penambahan jam kerja (lembur), tenaga kerja atau *shift work*. Landasan kedua berdasarkan kontraktor sendiri tanpa adanya perintah langsung dari pemilik proyek atau konsultan MK untuk dilakukan dalam memenuhi tenggang waktu penyelesaian kegiatan. Berdasarkan hasil penelitian ini pada percepatan durasi dengan penambahan jam kerja diperoleh waktu optimum selama 392 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 1.012.856.772,54 dengan biaya optimum sebesar Rp. 89.608.042.107,30 dari biaya normal Rp. 90.620.898.879,84. Sementara untuk *shift* kerja diperoleh hasil durasi optimum sebesar 382 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 1.240.492.176,44 dengan biaya optimum sebesar Rp. 89.380.406.703,40 dari biaya normal sebesar Rp. 90.620.898.879,84.

Ardika dkk. (2014) melakukan penelitian pada proyek yang mengalami keterlambatan dengan membandingkan hasil dari nilai EAC dan EAS dengan analisis penambahan jam kerja (lembur) selama 4 jam per hari. Berdasarkan hasil penelitian dengan nilai EAC dan EAS yang dilakukan pada minggu ke-24 diketahui nilai EAS 562,34 hari dari waktu rencana proyek 510 hari dengan nilai EAC sebesar Rp. 350.147.243.076,54 dari biaya rencana proyek Rp. 309.870.356.826,84. Sedangkan hasil dari penambahan jam kerja (lembur) didapatkan pengurangan waktu menjadi 476 hari dengan biaya Rp. 311.854.684.527,07 dari biaya normal sebesar Rp. 309.870.356.826,84.

Priyo dan Aulia (2015) melakukan penelitian percepatan durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja. Berdasarkan hasil penelitian dengan penambahan jam kerja (lembur) diperoleh waktu optimum selama 242 hari dari waktu normal 266 hari dengan biaya optimum sebesar Rp. 10.481.732.644,58 dengan efisiensi waktu proyek selama 24 hari (9,02%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 43.019.556,39. Sedangkan dari penambahan tenaga kerja didapat waktu optimum selama 243 hari dari waktu normal selama 266 hari dengan biaya optimum sebesar Rp. 10.482.934.084,43 dari biaya normal sebesar Rp. 9.822.927.200,97.

Putra dkk. (2014) melakukan penelitian percepatan durasi menggunakan metode *crashing*. Berdasarkan hasil penelitiannya dari durasi normal yang selama 364 hari mengalami pemendekan durasi sebesar  $\pm 29\%$  dengan durasi optimum menjadi 259 hari.

Priyo dan Sumanto (2016) dalam penelitiannya menyatakan bahwa untuk melakukan penelitian percepatan durasi dapat menggunakan berbagai cara yaitu penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, penambahan atau bahkan pergantian peralatan, pemilihan sumber daya dan juga penggunaan metode-metode pelaksanaan yang efektif. Pada penelitian ini menggunakan penambahan jam kerja (lembur). Berdasarkan hasil penelitian tersebut diperoleh pengurangan durasi selama 57 hari dari durasi normal 196 hari yang menjadi 139 hari dengan biaya efektif sebesar Rp. 16.133.558.292,57 dari biaya normal sebesar Rp. 16.371.654.833,56.

Wohon dkk. (2015) melakukan penelitian percepatan durasi dengan menggunakan aplikasi program *Microsoft Project* 2013. Berdasarkan hasil penelitiannya tersebut diperoleh durasi maksimum sebesar 233 hari dengan biaya efektif sebesar Rp. 3.857.112.297 dari biaya normal sebesar 3.843.913.131. Namun ketika dianalisis kembali dari hubungan biaya dan durasi diperoleh durasi paling efektif sebesar 249 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.845.740.631. Berdasarkan hasil analisis metode *crash* mengakibatkan biaya langsung semakin bertambah dan menyebabkan biaya tidak langsung juga berkurang.

Muhammad dkk. (2015) melakukan penelitian dengan menggunakan metode *time cost trade off*. Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh pengurangan waktu selama 26 hari dengan waktu optimum selama 204 hari dari waktu normal 230 hari dengan biaya total sebesar Rp. 61.228.168.724,00 dari biaya normal Rp. 61.443.954.427,00.

Chusairi dkk. (2015) melakukan penelitian dengan metode yang sama menggunakan penambahan jam kerja (lembur). Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh waktu optimum selama 291 hari dari durasi normal 315 hari dengan biaya optimum Rp. 5.789.862.276,72 dari biaya normal sebesar Rp. 5.803.059.342,48.

Priyo dan Sartika (2014) melakukan penelitian dengan metode penambahan waktu kerja (lembur) dengan waktu 1 – 4 jam dan membandingkan antara biaya normal dengan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur). Berdasarkan hasil penelitiannya diperoleh waktu minimum selama 197,84 hari dari durasi normal 217 hari dengan biaya percepatan bertambah menjadi sebesar Rp. 26.139.474.650,44 dari biaya normal sebesar Rp. 25.923.636.641,50.

### 2.1.2. Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Terdapat perbedaan pada penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut ini.

Tabel 2. 1 Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

No	Penelitian	Perbedaan Penelitian	
		Terdahulu	Sekarang
1	Analisis <i>Time Cost Trade Off</i> dengan Penambahan Jam Kerja. (Ardika, dkk. 2014)	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja dan nilai hasil EAC dan EAS	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda

Tabel 2. 1 Lanjutan

2	Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> . (Chusairi dan Suryanto, 2015)	Analisis waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
3	Analisa Waktu dan Biaya dengan Menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> . (Fazil dkk. 2015)	Analisis waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
4	Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar Sentral Gadang Malang. (Muhammad dan Indriyani 2015)	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
5	Penerapan Metode <i>Crashing</i> dalam Percepatan Durasi Proyek dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan <i>Shift</i> Kerja. (Ningrum dan Hartono, 2017)	Analisis <i>crashing</i> dengan penambahan jam lembur dan <i>shift</i> kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
6	Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Gedung Konstruksi. (Priyo dan Aulia, 2015)	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam lembur dan tenaga kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
7	Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja. (Priyo dan Sartika, 2014)	Analisis waktu dan biaya dengan variasi penambahan jam kerja	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
8	Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) menggunakan Metode <i>Time Cost Trade Off</i> . (Priyo dan Sumanto, 2015)	Analisis percepatan waktu dan biaya dengan penambahan jam kerja (lembur)	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
9	Penerapan Metode <i>Crashing</i> Proyek Gedung Elizabeth. (Putra, dkk. 2015)	Analisis metode <i>crashing</i> dengan penambahan jam lembur	Analisis <i>time cost trade off</i> dengan penambahan jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja, dan biaya denda
10	Analisa Percepatan Durasi pada Biaya Proyek Menggunakan Program <i>Microsoft Project</i> 2013. (Wohon, dkk. 2015)	Analisa pengaruh percepatan durasi pada biaya proyek menggunakan <i>microsoft project</i> 2013	Analisis <i>time cost trade off</i> menggunakan <i>microsoft project</i> 2010 dan <i>microsoft excel</i> 2013

Analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* pada data gedung dalam penelitian ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Penelitian dengan judul “Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung” merupakan data penelitian yang murni dan belum pernah ada yang meneliti sebelumnya.

## **2.2. Dasar Teori**

### **2.2.1. Manajemen Proyek**

Manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya suatu proyek konstruksi dalam memperpendek waktu yang telah ditentukan dengan cara mengikuti alur yang telah ada dalam suatu proyek (Soeharto, 1997).

Menurut Soeharto (1997), manajemen proyek konstruksi memiliki tujuan dari proses memajemen suatu proyek, yaitu sebagai berikut ini.

1. Pelaksanaan seluruh kegiatan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan agar tidak terjadi keterlambatan dalam menyelesaikan proyek,
2. Pengeluaran biaya sesuai dengan yang telah direncanakan agar tidak terjadi penambahan biaya diluar biaya rencana,
3. Kualitas sesuai dengan persyaratan yang berlaku, dan
4. Alur kegiatan sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

### **2.2.2. Network Planning**

*Network planning* merupakan suatu hubungan pekerjaan yang saling ketergantungan dalam tahap proses pengerjaannya, sehingga dapat diketahui pekerjaan atau kegiatan yang harus dikerjakan terlebih dahulu dan pekerjaan mana yang harus dikerjakan setelah pekerjaan lainnya selesai (Soeharto, 2001). Dengan adanya *network planning* maka manajemen dapat menyusun tahapan kegiatan suatu proyek dengan waktu dan biaya yang paling efektif dan dapat tergambar dengan jelas. Sehingga seluruh aktivitas yang dilakukan pada suatu proyek dapat dilakukan dengan cepat dan efisien agar hasil dari proyek tersebut sesuai dengan yang diharapkan serta saling berhubungan dengan kegiatan yang lainnya.

### 2.2.3. Biaya Total Proyek

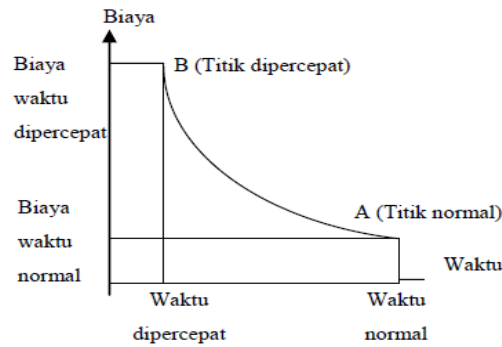
Biaya proyek konstruksi terdapat dua jenis kelompok biaya, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

1. Biaya langsung adalah biaya yang berhubungan langsung dengan kegiatan proyek yang berlangsung dan akan menjadi komponen hasil akhir proyek. Biaya langsung meliputi sebagai berikut ini.
  - a. Biaya bahan atau material proyek,
  - b. Biaya upah tenaga kerja proyek, dan
  - c. Biaya peralatan proyek.
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berhubungan langsung dengan proyek konstruksi tetapi sangat dibutuhkan selama proyek berlangsung dan tidak dapat dilepaskan dari suatu proyek konstruksi. Walaupun biaya tidak langsung tetap sangat dibutuhkan namun harus tetap dilakukan pengendalian agar tidak melebihi biaya rencana proyek konstruksi. Biaya tidak langsung meliputi sebagai berikut ini.
  - a. Gaji pegawai,
  - b. Fasilitas selama proyek berlangsung,
  - c. Biaya konsultan,
  - d. Pajak, dan
  - e. Biaya tak terduga lainnya.

Jadi biaya total adalah jumlah dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya tersebut bergantung dari waktu pelaksanaan penyelesaian suatu proyek. Jika proyek mengalami keterlambatan atau lebih lama maka semakin besar biaya tidak langsung yang diperlukan dalam proyek konstruksi.

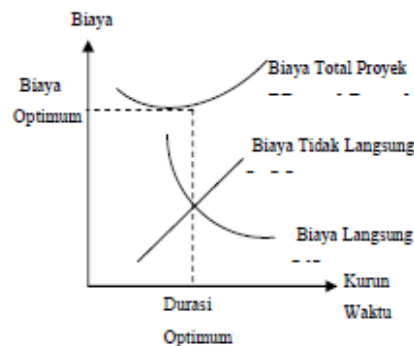
### 2.2.4. Hubungan Antara Waktu dan Biaya

Dalam menentukan biaya total proyek sangat bergantung pada waktu pelaksanaan penyelesaian suatu proyek konstruksi. Berikut adalah hubungan antara waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Hubungan biaya – waktu normal dan dipercepat untuk suatu item kegiatan (Soeharto, 1997)

Pada grafik di atas terdapat titik A yang merupakan titik normal dan terdapat titik B yang merupakan titik dipercepat. Garis yang menghubungkan antara titik A dan titik B merupakan kurva hubungan antara waktu dan biaya. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin lama waktu lembur ditambah maka waktu akan semakin lebih cepat sehingga akan menimbulkan biaya yang lebih besar juga.



Gambar 2. 2 Hubungan biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung dengan waktu (Soeharto, 1997)

### 2.2.5. Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*)

Dalam perencanaan suatu proyek waktu dan biaya merupakan hal penting yang sangat berkaitan. Waktu dan biaya proyek juga merupakan aspek penting sebagai acuan keberhasilan suatu proyek. Dalam suatu proyek biasanya banyak ditemukan masalah bagaimana proyek tersebut selesai tanpa mengalami keterlambatan penyelesaian dan pengeluaran yang diluar biaya rencana. Analisis mengenai penyesuaian waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off*. Jika waktu suatu proyek berubah maka biaya yang dikeluarkan juga akan berubah. Misalnya jika

waktu pelaksanaan proyek dipercepat maka biaya proyek akan mengalami penambahan dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

#### **2.2.6. Produktivitas Pekerja**

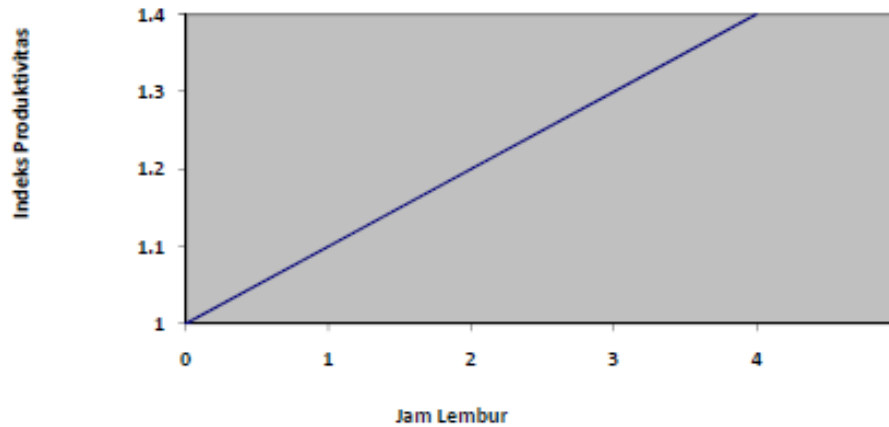
Produktivitas diartikan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi rasio dari produktivitas ini adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi berlangsung yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode dan alat. Keberhasilan suatu proyek konstruksi bergantung pada efektifitas sumber daya yang salah satunya adalah pekerja. Upah yang diberikan bergantung pada kecakapan setiap pekerja karena masing – masing pekerja memiliki karakter yang berbeda-beda.

#### **2.2.7. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan jam kerja (lembur) sangat sering dilakukan pada proyek konstruksi yang ingin dilakukan percepatan waktu proyek tanpa ada penambahan tenaga kerja hanya dengan menambah jam kerja dengan memanfaatkan sumber daya yang telah ada. Pada proyek konstruksi ini jam kerja normal adalah 9 jam (sejak pukul 07.00 sampai 17.00 WIB) dengan jam istirahat 1 jam (12.00 sampai 13.00 WIB) lalu penambahan jam kerja (lembur) dilaksanakan setelah jam kerja normal selesai.

Pada penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan menambah 1 jam, 2 jam hingga 3 jam kerja (lembur) sesuai dengan penambahan jam kerja (lembur) yang diinginkan. Bertambahnya jam kerja (lembur) maka menimbulkan produktivitas yang semakin menurun, indikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.





Gambar 2. 3 Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

Tabel 2. 2 Koefisien penurunan produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70

Sumber: Soeharto (1997)

Berdasarkan uraian di atas dapat ditulis persamaan sebagai berikut ini.

$$1. \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (2.1)$$

$$2. \text{ Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam Kerja per Hari}} \quad (2.2)$$

$$3. \text{ Produktivitas harian setelah crash} \\ = (c \times d) + (a \times b \times d) \quad (2.3)$$

dengan :

a = lama penambahan jam kerja (lembur),

b = koefisien penurunan produktivitas,

c = jam kerja per hari, dan

d = produktivitas tiap jam.

$$4. \text{ Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah crash}} \quad (2.4)$$

### 2.2.8. Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Pada pelaksanaan tahap ini harus sangat diperhatikan agar ruang kerja yang tersedia tidak mengalami kepenuhan atau cukup lapang agar tidak mengganggu pekerjaan lain. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut ini.

$$1. \text{ Jumlah tenaga kerja normal} = \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}} \quad (2.5)$$

$$2. \text{ Jumlah tenaga kerja percepatan} = \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi percepatan}} \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan rumus di tersebut maka akan diketahui jumlah pekerja pada saat durasi normal dan jumlah pekerja setelah dilakukan penambahan pada saat durasi dipercepat.

### 2.2.9. Denda

Keterlambatan suatu proyek akan menyebabkan pelaksana proyek terkena hukuman yang berupa denda sebesar kesepakatan dalam dokumen kontrak sebesar 1/1000 (satu perseribu/satu permil) dari nilai kontrak. Besarnya biaya denda yang diberikan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ini.

Total denda = total waktu akibat keterlambatan × denda per hari akibat keterlambatan

### 2.2.10. Program *Microsoft Project*

*Microsoft Project* memberikan suatu kemudahan dalam mengatur manajemen dan administrasi suatu proyek. *Software* ini digunakan untuk melakukan suatu perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan suatu proyek.

*Software microsoft project* memiliki keunggulan dalam pemakaian program ini. Keunggulan tersebut adalah mempermudah menangani perencanaan, pengorganisasian dan pengendalian kegiatan serta waktu dan biaya yang di input kemudian akan mengeluarkan sebuah output data sesuai tujuan.

Tujuan penjadwalan dalam *Microsoft Project* adalah sebagai berikut ini.

1. Mengetahui durasi proyek,
2. Membuat durasi optimum,
3. Mengendalikan jadwal yang dibuat, dan
4. Mengalokasikan sumber daya (*resource*) yang digunakan.

Dalam pengelolaan *Microsoft Project* terdapat berbagai hal yang dikerjakan antara lain:

1. mencatat kebutuhan tenaga kerja,
2. mencatat jam kerja pegawai dan jam lembur,
3. menghitung pengeluaran biaya tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung biaya total proyek, dan
4. membantu mengontrol kelebihan beban pada pengguna tenaga kerja (*overallocation*).

Pada setiap program *Microsoft Project* mempunyai beberapa macam tampilan layar, tetapi setiap kali membuka *file* baru maka yang selalu akan muncul pertama kali adalah *Ghantt Chart View*.

Berikut adalah beberapa istilah yang selalu digunakan dalam pengoprasian program *Microsoft Project*.

1. *Task*

*Task* merupakan bentuk lembar kerja pada *Microsoft Project* yang rinciannya berupa kegiatan sebuah proyek.

2. *Duration*

*Duration* merupakan jangka waktu seberapa lama yang diperlukan dalam menyelesaikan suatu kegiatan sebuah proyek.

3. *Start*

*Start* merupakan tempat tanggal tertulis dimulainya suatu kegiatan sesuai dengan perencanaan jadwal kegiatan proyek konstruksi.

4. *Finish*

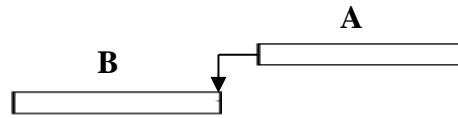
*Finish* merupakan tempat tanggal tertulis selesainya suatu kegiatan yang akan otomatis tertulis sesuai dengan tanggal mulai (*start*) dan lama waktu kegiatan (*duration*)

5. *Predecessor*

*Predecessor* merupakan hubungan keterkaitan antara satu kegiatan dengan kegiatan lainnya. Dalam *Microsoft Project* terdapat 4 jenis hubungan keterkaitan antar kegiatan, yaitu.

a. *Start to Finish (SF)*

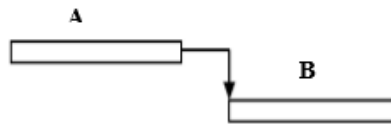
Pekerjaan B baru akan boleh diakhiri ketika pekerjaan A dimulai, dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Start to Finish (SF)*

b. *Finish to Start (FS)*

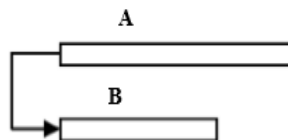
Pekerjaan B baru akan dimulai setelah pekerjaan A selesai, dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 *Finish to Start (FS)*

c. *Start to Start (SS)*

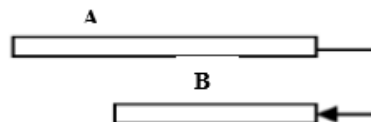
Pekerjaan A harus bersamaan dikerjakan dengan pekerjaan B, dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2. 6 *Start to Start (SS)*

d. *Finish to Finish (FF)*

Pekerjaan A harus selesai bersamaan dengan pekerjaan B, dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 *Finish to Finish (FF)*

6. *Resources*

*Resources* merupakan sumber daya pada suatu proyek, baik sumber daya manusia ataupun material dalam *Microsoft Project*.

7. *Baseline*

*Baseline* merupakan suatu rencana dari segi jadwal maupun biaya yang telah disepakati.

8. *Gantt Chart*

*Gantt Chart* merupakan bentuk tampilan utama yang berupa batang horisontal yang mengibaratkan suatu kegiatan beserta dengan panjang durasinya.

9. *Tracking*

*Tracking* merupakan pengisian data yang sesuai dengan lapangan pada perencanaan yang sudah dibuat.

### 2.2.11. Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Penambahan waktu kerja akan mengalami penambahan pada biaya untuk tenaga kerja juga dari biaya normal. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 bahwa upah dari tenaga kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja akan mendapatkan penambahan sebesar 1,5 kali upah perjam dari waktu normal sedangkan pada penambahan jam kerja berikutnya pekerja akan mendapatkan tambahan sebesar 2 kali upah perjam dari waktu normal. Jumlah biaya tambahan pekerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. Ongkos normal pekerja per hari

$$\text{onph} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (2.7)$$

2. Ongkos normal pekerja per jam

$$\text{onpj} = \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (2.8)$$

3. Biaya lembur pekerja

$$\text{blk} = 1,5 \times \text{Upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + (2 \times n \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur)}) \quad (2.9)$$

Dengan,  $n$  = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari

$$\text{cch} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{blk}) \quad (2.10)$$

5. *Cost slope*

$$\text{cs} = \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}} \quad (2.11)$$

Penambahan tenaga kerja dapat melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. Normal ongkos pekerja per hari sesuai dengan harga satuan setiap lokasi
2. Biaya penambahan pekerja

$$\text{bpp} = \text{Jumlah pekerja} \times \text{upah normal pekerja per hari} \quad (2.12)$$

3. *Crash cost* pekerja

$$\text{ccp} = \text{Biaya total pekerja percepatan} - \text{biaya total pekerja} \quad (2.13)$$

4. *Cost Slope*

$$\text{cs} = \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}} \quad (2.14)$$

### 2.2.12. Critical Path Methode (CPM)

CPM (*Critical Path Methode*) merupakan suatu kegiatan dalam menentukan lintasan kritis menggunakan *arrow diagram* yang kemudian disebut sebagai kegiatan kritis (Priyo dan Aulia, 2015). Tujuan diketahuinya lintasan kritis adalah untuk mengetahui kegiatan yang sangat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian suatu proyek sehingga akan mudah ditentukan tingkat prioritas suatu proyek jika mengalami keterlambatan. Dalam menentukan lintasan kritis digunakan suatu cara yang disebut hitungan maju. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung EET (*Earliest Even Time*) yang merupakan peristiwa paling awal atau waktu yang cepat dari suatu kegiatan (Soeharto, 1995). Perumusan EET adalah sebagai berikut ini.

$$\text{EET}_j = (\text{EET}_i + \text{D}_{ij}) \max \quad (2.15)$$

dengan.

$\text{EET}_i$  = waktu mulai paling cepat dari kegiatan i,

$\text{EET}_j$  = waktu mulai paling cepat dari kegiatan j, dan

$\text{D}_{ij}$  = durasi untuk suatu kegiatan antara kegiatan i dan kegiatan j.

Perhitungan mundur digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*). LET adalah peristiwa paling terakhir atau waktu paling lama dari kegiatan (Soeharto, 1995). Perumusan dari LET adalah sebagai berikut ini.

$$\text{LET}_i = (\text{LET}_j - \text{D}_{ji}) \min \quad (2.16)$$

dengan.

$\text{LET}_i$  = waktu mulai paling lambat dari kegiatan i,

$LET_j$  = waktu mulai paling lambat dari kegiatan j, dan

$D_{ij}$  = durasi untuk kegiatan antara kegiatan i dan kegiatan j.

Pada perhitungan LET tidak berbeda dengan cara perhitungan EET, namun perhitungan LET dimulai dari kegiatan yang paling akhir (dari arah kanan) ke kegiatan awal (ke arah kiri). Apabila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka diambil nilai LET yang paling kecil.