

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

2.1.1. Penelitian Terdahulu tentang Metode *Duration Cost Trade Off* dan Metode *Crashing*

Frederika (2010) pada penelitiannya menyatakan durasi percepatan maksimum dibatasi oleh faktor luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan suatu aktivitas yaitu penggunaan alat berat, penjadwalan lembur, penambahan jumlah tenaga kerja dan perubahan metode konstruksi di lapangan. Dari penelitian tersebut didapat hasil biaya optimum didapat pada penambahan satu jam kerja, dengan pengurangan biaya sebesar Rp 784.104,16 dari biaya total normal yang jumlahnya sebesar Rp 2.886.283.000,00 menjadi sebesar Rp 2.885.498.895,84, dengan pengurangan waktu selama 8 hari dari waktu normal 284 hari menjadi 276 hari. Dan waktu optimum didapat pada penambahan dua jam kerja, dengan pengurangan waktu selama 14 hari dari waktu normal 284 hari menjadi 270 hari, dengan pengurangan biaya sebesar Rp 700.377,35 dari biaya normal Rp 2.886.283.000,00 yang menjadi sebesar Rp 2.885.582.622,65.

Walean dkk. (2012) melakukan penelitian untuk merencanakan penjadwalan proyek menggunakan *software Microsoft Project 2010* dan dilakukan *crashing* dengan hasil durasi yang diperoleh 66 hari kerja untuk menyelesaikan proyek dengan durasi awal 87 hari kerja.

Wowor dkk. (2013) melakukan penelitian dengan menggunakan program *Microsoft Project 2007* pada tahap perencanaan menunjukan percepatan durasi didapatkan durasi awal selama 33 hari menjadi 27 hari. Didapatkan pada tahap pengendalian pada item pekerjaan pengecatan dilakukan *crashing* dengan penambahan 3 jam kerja lembur sehingga didapatkan durasi 6 hari lebih cepat dari durasi awal 21 hari menjadi 15 hari.

Priyo dan Sartika (2014) melakukan penelitian dengan analisis percepatan waktu proyek dengan variasi waktu lembur 1 - 4 jam serta membandingkan perubahan pada biaya. Dari hasil penelitiannya didapatkan biaya minimum proyek

saat kondisi normal (tanpa penambahan jam lembur) dengan total biaya sebesar Rp. 25.923.636.641,50 dan untuk waktu minimum proyek diperoleh pada saat penambahan 4 jam pada jam kerja yaitu 197,84 hari dari durasi pekerjaan normal 217 hari. Penambahan biaya dari biaya total normal sebesar Rp. 25.923.636.641,50 menjadi sebesar Rp. 26.139.474.650,44.

Putra dkk. (2014) melakukan penelitian dengan metode *crashing* untuk membandingkan durasi dan biaya proyek sebelum dan sesudah *crash program*. Dari hasil penelitiannya didapatkan durasi optimum proyek yaitu selama 259 hari dengan pengurangan $\pm 29\%$ dari durasi awal proyek dan perubahan pada biaya proyek terhadap biaya total pada proyek sebesar $\pm 0,64\%$.

Wohon dkk. (2015) menganalisa tentang pengaruh dari percepatan durasi proyek pada biaya menggunakan *software Microsoft project 2013*. Waktu percepatan yang diperoleh sebesar 22 hari dengan hasil durasi maksimum setelah *crashing* 233 hari dengan biaya total proyek menjadi Rp.3.857.112.297 dari biaya awal sebesar Rp.3.843.913.131 dari hubungan antara durasi dan biaya yang paling efisien terjadi pada durasi 249 hari dengan biaya total proyek sebesar 3.845.740.631. Semakin dipercepatnya durasi mengakibatkan biaya tidak langsung berkurang dan mengakibatkan biaya langsung makin bertambah.

Priyo dan Aulia (2015) melakukan penelitian optimalisasi waktu proyek dan biaya proyek pada pelaksanaan dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan metode penambahan tenaga kerja. Dari penelitian didapatkan hasil yang terbaik dengan penambahan jam kerja (lembur) menghasilkan efisiensi waktu dan biaya dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 24 hari sebesar 9,02% dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 43.019.556,39 (0,41%). Biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan jam lembur atau tenaga kerja lebih murah dibanding mengalami keterlambatan.

Bangun dkk. (2016) menjelaskan bahwa manajemen proyek adalah faktor yang mendukung dan mempengaruhi keberhasilan dari suatu proyek karena manajemen proyek merupakan suatu sistem pengendali terpadu yang mengawasi mulai dari awal proyek berjalan sampai akhir proyek dengan menggunakan 3 (tiga) unsur utama suatu proyek yaitu waktu, biaya dan kualitas. Metode yang digunakan pada penelitiannya adalah *Critical Path Method* serta menghitung

percepatan dengan melakukan *crash program* untuk mendapatkan durasi penyelesaian dan biaya total proyek.

Ningrum dkk. (2017) melakukan penelitian untuk mengetahui dan membandingkan besarnya durasi dan biaya proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) dan shift kerja. Proyek yang ditinjau memiliki durasi normal pengerjaan 438 hari dengan total biaya sebesar Rp. 90.620.898.879,84. Alternatif percepatan yang digunakan untuk mempersingkat durasi proyek adalah dengan menerapkan shift kerja. Setelah dilakukan percepatan menggunakan metode *crashing* untuk alternatif penambahan jam kerja menghasilkan pengurangan biaya total sebesar Rp. 1.012.856.772,54 menjadi Rp. 89.608.042.107,30 dan dengan durasi yang lebih singkat menjadi 392 hari. Untuk alternatif shift kerja terjadi pengurangan biaya total sebesar Rp. 1.240.492.176,44 menjadi Rp. 89.380.406.703,40 dengan durasi waktu yang lebih singkat menjadi 382 hari.

Anggraeni dkk. (2017) melakukan penelitian dengan menggunakan metode *crashing* untuk mengetahui perbedaan biaya. Setelah melakukan proses *crashing* dengan penambahan tenaga kerja pada proyek memperoleh durasi selama 404 hari dan biaya proyek sebesar Rp 89.919.089.225,00. Selain penambahan tenaga kerja, dilakukan perbandingan dengan alternatif shift kerja diperoleh durasi selama 404 hari dan biaya proyek sebesar Rp 89.905.927.558,34. Setelah perhitungan maka diperoleh pada kedua alternatif efisiensi waktu 7,76 % atau 34 hari. Dan efisiensi pada biaya 0,77% atau Rp 701.809.654,74 pada alternatif penambahan tenaga kerja dan pada alternatif shift kerja efisiensi biaya 0,79 % atau Rp 714.971.321,41.

2.2. Dasar Teori

5.6.2. Manajemen Proyek

Proses yang efektif untuk perencanaan, organisasi, pelaksanaan dan pengendalian suatu proyek dengan sumber daya yang tersedia secara efektif untuk mencapai suatu tujuan yang efektif (Ningrum dkk., 2017).

Manajemen konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya dengan cara menggunakan sistem dan arus

kegiatan perusahaan untuk mempersingkat waktu yang telah ditentukan (Soeharto, 1999).

Menurut Soeharto (1999), manajemen proyek memiliki beberapa tujuan diantaranya sebagai berikut:

2. Pelaksanaan yang sesuai dengan apa yang sudah ditetapkan atau tepat waktu,
3. Efisiensi sumber dana sesuai dengan apa yang telah direncanakan, sehingga tidak ada tambahan dana yang harus dikeluarkan,
4. Kesesuaian kualitas dengan persyaratan yang berlaku,
5. Tahapan kegiatan yang sesuai dengan persyaratan.

2.2.2. Network Planning

Network planning adalah gambaran kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya (Anggraeni dkk., 2017). Dengan adanya *network*, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

Bangun dkk. (2016) menyatakan bahwa konsep *network planning* adalah Metode Lintasan Kritis (*CPM*). Orientasi sistem ini semata-mata tidak terbatas pada faktor waktu, melainkan juga menerapkan sistematika alokasi sumber daya maupun sumber dana. *Critical Path Method (CPM)* memerlukan data yang cocok untuk diterapkan dalam bidang konstruksi, penelitian dan pengembangan, perawatan peralatan. Jaringan kerja menggambarkan beberapa hal seperti berikut:

1. Kegiatan – kegiatan proyek yang harus dilaksanakan
2. Urutan kegiatan yang harus logis
3. Ketergantungan antara kegiatan
4. Waktu kegiatan melalui kegiatan kritis

Menurut Badri (1991), *network planning* (jaringan kerja) merupakan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proyek yang digambarkan dalam bentuk jaringan. Melalui jaringan tersebut kita dapat memperoleh informasi mengenai kegiatan yang harus didahulukan dan sebagai dasar untuk memulai pekerjaan selanjutnya.

2.2.3. Biaya Total Proyek

Biaya total proyek adalah biaya langsung di tambahkan dengan biaya tidak langsung. Kedua biaya bisa berubah tergantung dengan waktu dan kemajuan suatu proyek yang sedang berjalan. Biaya proyek konstruksi di bagi menjadi dua yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*) :

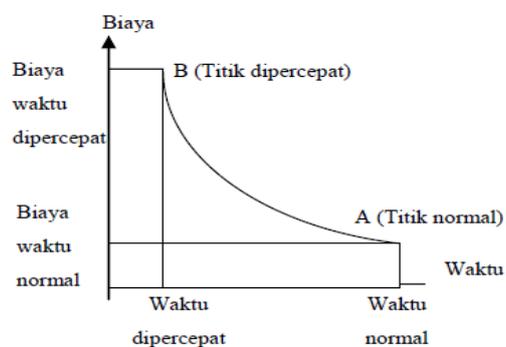
1. Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumberdaya yang akan digunakan untuk menyelesaikan suatu proyek. Berhubungan langsung dengan pekerjaan konstruksi dilapangan seperti, bahan atau material, upah dan biaya alat.
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja dan pengeluaran umum diluar biaya konstruksi, biaya ini disebut juga biaya *overhead*. Biaya ini tergantung pada jangka waktu pelaksanaan pekerjaan. Termasuk biaya tidak langsung adalah gaji pegawai, sewa gedung, rekening listrik dan pajak.

Biaya langsung = vol. pekerjaan x *unit cost* (harga satuan pekerja)

Untuk harga satuan pekerja sendiri terdiri dari harga bahan, upah dan biaya alat dengan satuan (Rp/m', Rp/m², Rp/m³, Rp/buah,dll). Metode untuk menghitung *unit cost* dengan cara SNI, Bina Marga, gabungan dan pengalaman.

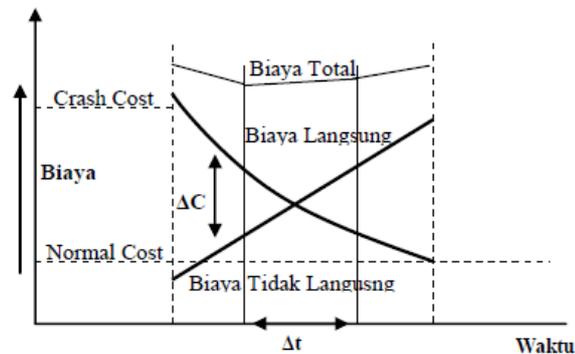
2.2.4. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Untuk biaya total proyek sangat bergantung pada waktu pelaksanaan proyek. Hubungan antara biaya dan waktu dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Garis yang menghubungkan titik A dan titik B adalah kurva waktu dan biaya dengan titik A adalah titik normal sedangkan titik B adalah titik yang dipercepat. Pada grafik di atas semakin tinggi waktu lembur maka semakin cepat pula waktu selesainya suatu proyek. Tetapi biaya yang akan dikeluarkan semakin besar.



Gambar 2.2 Grafik Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

2.2.5. Program *Microsoft Project*

Walean dkk. (2012) menyatakan bahwa *software Microsoft Project* memberikan kemudahan untuk mengatur administrasi pada proyek. Aplikasi ini untuk pengolahan data administrasi yang digunakan untuk melakukan suatu perencanaan, pengelolaan, pengawansan, dan pelaporan dari suatu proyek. Dalam bidang rekayasa konstruksi, aplikasi *Microsoft Project 2010* digunakan untuk mengelola rencana atau waktu suatu proyek sehingga proyek yang sedang berjalan dapat dievaluasi sesuai dengan keseluruhan tahapan tugas yang ada dalam proyek tersebut.

Keunggulan program *Microsoft Project* adalah mempermudah menangani perencanaan suatu kegiatan, pengorganisasian, dan pengendalian waktu serta biaya yang mengubah input data menjadi sebuah output data sesuai tujuannya.

Keuntungan program *Microsoft Project* adalah melakukan penjadwalan produksi secara efektif dan efisien. Mudah untuk melakukan modifikasi dan penyusunan jadwal produksi yang tepat.

Tujuan penjadwalan dalam *Microsoft Project* yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui durasi proyek

2. Mengendalikan jadwal yang dibuat
3. Membuat durasi optimum
4. Mengalokasikan sumber daya (*resource*) yang digunakan

Dikerjakan oleh *Microsoft Project* 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 *over allocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga).

Pada Program *Microsoft Project* memiliki beberapa macam tampilan layar, namun sebagai *default* setiap kali membuka *file* baru, yang akan ditampilkan adalah *Ghantt Chart View*.

Beberapa istilah yang sering digunakan dalam pengoperasian Program *Microsoft Project* sebagai berikut :

1. *Task*

Task adalah salah satu bentuk lembar kerja dalam *Microsoft Project* yang berisi rincian pekerjaan sebuah proyek.

2. *Duration*

Duration merupakan jangka waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan.

3. *Start*

Start merupakan nilai tanggal untuk dimulainya suatu pekerjaan sesuai dengan perencanaan jadwal kegiatan proyek.

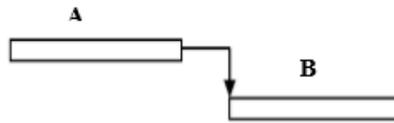
4. *Finish*

Pada Program *Microsoft Project* tanggal akhir pekerjaan disebut *finish*, yang akan diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai (*start*) ditambah lama pekerjaan (*duration*).

5. *Predecessor*

Predecessor merupakan hubungan keterkaitan antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Dalam *Microsoft Project* mengenal 4 macam hubungan antar pekerjaan, yaitu :

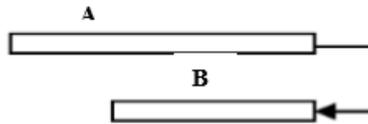
- a. FS (*Finish to Start*)
- b. Suatu pekerjaan baru boleh dimulai (B) jika pekerjaan yang lain (A) selesai, dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 FS (*Finish to Start*)

- c. FF (*Finish to Finish*)

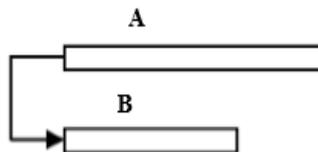
Suatu pekerjaan (A) harus selesai bersamaan dengan selesainya pekerjaan lain (B), dapat dilihat pada Gambar 2.4



Gambar 2.4 FF (*Start to Start*)

- d. SS (*Start to Start*)

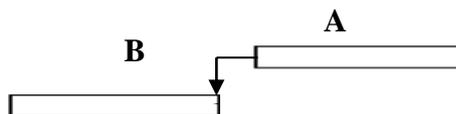
Suatu pekerjaan (A) harus dimulai bersamaan dengan pekerjaan lain (B), dapat dilihat pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 SS (*Start to Start*)

- e. SF (*Start to Finish*)

Suatu pekerjaan (B) baru boleh diakhiri jika pekerjaan lain (A) dimulai, dapat dilihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 SF (*Start to Finish*).

6. *Resources*

Sumber daya, baik sumber daya manusia maupun material dalam *Microsoft Project* disebut dengan *resources*.

7. *Baseline*

Baseline adalah suatu rencana baik jadwal maupun biaya yang telah disetujui dan ditetapkan.

8. *Gantt Chart*

Gantt Chart merupakan salah satu bentuk tampilan dari *Microsoft Project* yang berupa batang-batang horisontal yang menggambarkan masing-masing pekerjaan beserta durasinya.

9. *Tracking*

Tracking adalah mengisi data yang terdapat di lapangan pada perencanaan yang telah dibuat.

2.2.6. Metode Penyesuaian Durasi dan Biaya (*Duration Cost Trade Off*)

Di dalam perencanaan suatu proyek waktu dan biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya merupakan aspek penting dalam manajemen, dimana biaya dikendalikan seminim mungkin. Biaya dan waktu berhubungan erat untuk menyelesaikan proyek. Di dalam proyek masalah yang sering di hadapi adalah masalah bagaimana mempercepat penyelesaian suatu proyek dengan biaya minimum. Analisis mengenai penyesuaian waktu dan biaya disebut dengan *Duration Cost Trade Off* (Penyesuaian Durasi dan Biaya) dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

2.2.7. Produktivitas Pekerja

Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara *output* dan *input*. Dibidang konstruksi, *output* dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan seperti meter kubik galian atau timbunan. Sedangkan *input*

merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan seperti tenaga kerja, peralatan dan material.

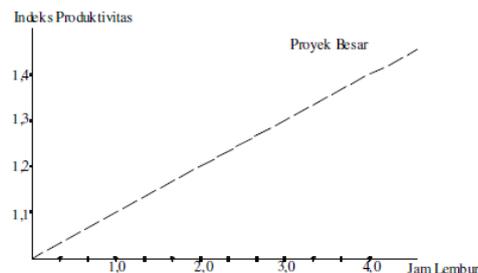
Didalam proyek konstruksi rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja. Upah yang diberikan tergantung pada kecakapan pekerja karena setiap pekerja memiliki karakter yang berbeda-beda satu sama lainnya.

2.2.8. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Secara umum, produktivitas merupakan perbandingan antara *output* dan *input*. Dibidang konstruksi, *output* dapat dilihat dari kuantitas pekerjaan yang telah dilakukan seperti meter kubik galian atau timbunan. Sedangkan *input* merupakan jumlah sumber daya yang dipergunakan seperti tenaga kerja, peralatan dan material (Wowor dkk., 2013).

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan jam kerja (lembur) sering dilakukan karena dapat memberdayakan sumber daya yang ada dilapangan. Pada umumnya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan istirahat satu jam), kemudian jam kerja lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Untuk penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Penambahan jam kerja (lembur) menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Grafik indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut :

1. Produktivitas harian

$$= \frac{Volume}{Durasi normal} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{Produktivitas harian}{Jam kerja perhari} \dots$$

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (Jam kerja perhari \times Produktivitas tiap jam) + (a \times b \times Produktivitas tiap jam) \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

a = lama penambahan jam lembur

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur.

Nilai koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada *Tabel 2.1*

Tabel 2.1 Koefisien Penurunan Produktivitas (Soeharto, 1997)

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

4. *Crash Duration*

$$= \frac{Volume}{Produktivitas harian sesudah crash} \dots\dots\dots(2.5)$$

2.2.9. 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. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kerja normal

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}} \dots\dots\dots (2.1)$$

2. Jumlah tenaga kerja dipercepat

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi dipercepat}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dari rumus diatas maka akan diketahui jumlah pekerja normal dan jumlah penambahan tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek.

2.2.10. Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. 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 pekerja akibat lembur dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Normal ongkos pekerja perhari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \dots\dots\dots (2.3)$$

2. Normal ongkos pekerja perjam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \dots\dots\dots (2.4)$$

3. Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + (2 \times n \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur)}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan: n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{Biaya lembur perjam}) \dots\dots\dots (2.6)$$

5. *Cost slope*

$$= \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi crash}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat penambahan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Normal ongkos pekerja per hari sesuai dengan harga satuan setiap daerah.

2. Biaya penambahan pekerja

$$= \text{Jumlah pekerja} \times \text{upah normal pekerja per hari} \dots \dots \dots (2.8)$$

3. *Crash cost* pekerja

$$= (\text{Biaya total pekerja yang dipercepat} - \text{Biaya total pekerja normal}) \dots \dots \dots (2.9)$$

4. *Cost slope*

$$= \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi crash}} \dots \dots \dots (2.10)$$

2.2.11. Biaya Denda

Berdasarkan Perpres Nomor 70 Tahun 2012 Pasal 120 menyatakan bahwa “Selain perbuatan atau tindakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 118 ayat (1), Penyedia Barang/Jasa yang terlambat menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu sebagaimana ditetapkan dalam kontrak karena kesalahan penyedia barang/jasa, dikenakan denda keterlambatan sebesar 1/1000 (satu perseribu) dari nilai kontrak atau nilai bagian kontrak untuk setiap hari keterlambatan”. Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontaktor terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung sebagai berikut:

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

Dengan: Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

2.2.12. Critical Path Methode (CPM)

CPM (*Critical Path Method*) adalah suatu metode dengan menggunakan *arrow diagram* dalam menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis (Priyo dan Aulia, 2015). Tujuan lintasan kritis adalah untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan sehingga setiap saat dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat. Dalam mengidentifikasi jalur kritis dipakai suatu cara yang disebut hitungan maju. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung

EET (*Earliest Even Time*). EET adalah peristiwa paling awal atau waktu yang cepat dari event. (Soeharto, 1995)

$$EET_j = (EET_i + D_{ij}) \max \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana :

EET_i = waktu mulai paling cepat dari event i

EET_j = waktu mulai paling cepat dari event j

D_{ij} = durasi untuk melakukan suatu kegiatan antara event i dan event j

Perhitungan mundur ini digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*). LET adalah peristiwa paling akhir atau waktu paling lambat dari event. (Soeharto, 1995).

$$LET_i = (LET_j - D_{ij}) \min \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

LET_i = waktu mulai paling lambat dari event i

LET_j = waktu mulai paling lambat dari event j

D_{ij} = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

Pada perhitungan LET tidak berbeda dengan cara perhitungan EET, hanya perhitungan LET dimulai dari kegiatan terakhir (dari kanan) ke kegiatan awal (strat) dan apabila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka dipilih LET yang minimum.