

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Manajemen proyek adalah perencanaan, organisasi, pemantauan dan pengendalian semua aspek proyek, dengan motivasi semua termasuk untuk mencapai tujuan proyek pada cara yang aman, dalam waktu yang terjadwalkan, anggaran dan kinerja (Radujković & Sjekavica, 2017). Perencanaan antara waktu, biaya dan kualitas merupakan salah satu masalah penting dari manajemen proyek, masalah ini mengasumsikan bahwa semua kegiatan proyek dapat dijalankan dalam mode yang berbeda dari biaya (Assadipour, Ghazal & Iranmanesh, 2010). Manajemen proyek telah menjadi alat yang sangat diperlukan dalam pengembangan suatu proyek (Matos & Lopes, 2013)

Pada proses penjadwalan proyek, faktor yang perlu dipertimbangkan salah satunya adalah membuat hubungan waktu dan biaya dalam setiap aktivitas proyek. Jika kondisi pekerjaan berada dalam zona kritis maka dibutuhkan percepatan waktu untuk pelaksanaan, dalam hal ini waktu bersifat minimum dengan kemungkinan biaya yang dikeluarkan maksimum, hal tersebut disebut dengan *Crash Program* (Arvianto dkk., 2015). Durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja, namun ada empat faktor yang akan dapat dioptimalkan untuk melakukan sebuah percepatan suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penambahan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan (Frederika, 2010).

2.1.1. Penelitian Terdahulu mengenai Metode *Duration Cost Trade Off*

Penulis menghamparkan beberapa penelitian terdahulu yang dapat menjadi referensi yang relevan untuk penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Frederika (2010) melakukan penelitian mengenai pembangunan Super Villa dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis* memperoleh biaya optimum pada penambahan 1 jam kerja dapat mengurangi biaya sebesar Rp.784.101,16

2. dari biaya total normal sebesar Rp.2.886.283.000,- dengan meminimalisir waktu dari 284 hari menjadi 276 hari.
3. Ardika, dkk, (2014) melakukan penelitian pada proyek pembangunan Jalan Tol Bogor *Ring Road II A* pada minggu ke-24 memperoleh waktu penyelesaian proyek selama 562,34 hari bahwa keterlambatan selama 52,34 hari dari perencanaan 510 hari dan perkiraan total biaya sebesar Rp.350.147.243.076,54, lebih besar daripada anggaran kontraktor sebesar Rp.309.870.356.826,84. Kemudian dari hasil analisis *time cost trade off* dengan menambahkan 4 jam kerja per hari, memperoleh pengurangan durasi sebesar 5 minggu (35 hari) menjadi 68 minggu (476 hari) dengan perubahan total biaya akibat penambahan jam kerja dari biaya semula sebesar Rp.309.870.356.826,84 menjadi Rp 311.854.684.527,07 dan menyebabkan kenaikan biaya langsung dari biaya semula Rp.303.672.949.690,30 menjadi sebesar Rp.306.081.209.386,18 serta *variable cost* mengalami pengurangan dari Rp.6.189.407.136,54 menjadi Rp.5.765.475.140,89.
4. Chusairi (2015) melakukan penelitian analisis *time cost trade off* (TCTO) dengan alternatif percepatan jam kerja, maka didapatkan durasi optimum selama 291 hari dengan biaya optimum sebesar Rp.5.789.862.276,72 dan selisih antara durasi normal dengan durasi optimum proyek adalah selama 24 hari, sedangkan selisih antara biaya normal dengan prediksi biaya optimum proyek adalah sebesar Rp.13.197.065,76 serta penurunan biaya tidak langsung (turun Rp 22.548.800,00) yang lebih besar daripada kenaikan biaya langsung (naik Rp 9.351.734,24) menyebabkan perkiraan biaya optimum proyek lebih kecil daripada biaya normal proyek.
5. Yana (2009) melakukan penelitian analisis *time cost trade off* (TCTO) dan mendapatkan hasil pelaksanaan selama 117 hari dari waktu pelaksanaan normal 150 hari atau terjadi pengurangan durasi selama 33 hari dan perubahan biaya dari total biaya normal sebesar Rp.1.025.250.107 menjadi Rp.1.018.549.188.
6. Dalam penelitian yang dilakukan Setiawan, dkk., (2012) dengan menggunakan metode analisis *time cost trade off* (TCTO) memperoleh dari segi waktu penyelesaian pelaksanaan untuk : Opsi 1: 315 hari terjadi pengurangan 40 hari ;

Opsi 2: 321 hari terjadi pengurangan 34 hari; Opsi 3: 302.5 hari terjadi pengurangan 53 hari ; Dari waktu pelaksanaan nyata lapangan 355.5 hari dan perubahan biaya total proyek yang terjadi akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan: Alternatif 1 : Rp.18.468.332.922 ; Alternatif 2: Rp.18.424.417.006 ; Alternatif 3: Rp.18.166.643.494. Dari segi biaya terjadi peningkatan akibat pelaksanaan dari ke 3 alternatif tersebut.

7. Menurut penelitian yang dilakukan Ayu, dkk., (2013) dengan menggunakan metode analisis *time cost trade off* (TCTO) bahwa penambahan lembur maksimal, biaya proyek terus mengalami peningkatan dan pelaksanaan proyek dapat diperkecil menjadi 113 hari dari sisa durasi proyek 131 hari. Untuk pengurangan durasi proyek maksimal adalah selama 18 hari, biaya proyek mengalami peningkatan sebesar Rp.68.389.265,14, dimana nilai total proyek semula sebesar Rp.2.516.526.998,81 turun menjadi Rp.2.584.916.263,95. Dengan penambahan beberapa tenaga kerja biaya total proyek mengalami penurunan. Untuk pengurangan durasi yang sama, biaya proyek mengalami perubahan sebesar Rp 14.605.663,98, yaitu menjadi Rp 2.501.921.334,83.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Manajemen Konstruksi

Manajemen konstruksi adalah sumber daya yang terlibat dalam suatu proyek konstruksi yang dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi *manpower*, material, *machines*, *money*, *method*.(Sumaga, 2013). Menurut Ervianto, (2002) manajemen konstruksi sipil meliputi beberapa fungsi dasar manajemen yaitu:

1. Penetapan tujuan (goal setting);
2. Perencanaan (planning);
3. Pengorganisasian (organizing);
4. Pengisian staff (staffing);
5. Pengarahan (directing);
6. Pengawasan (supervising);
7. Pengendalian (controlling) dan Koordinasi (coordinating).

2.2.2. Network Planning

Network planning (jaringan kerja) merupakan salah satu metode yang menjelaskan mengenai hubungan antara kegiatan dan waktu yang secara grafis mencerminkan urutan sebuah rencana kegiatan/pekerjaan suatu proyek (Soeharto, 1999). Jaringan kerja pada dasarnya ialah hubungan ketergantungan antara bagian pekerjaan yang digambarkan/divisualisasikan dalam diagram jaringan. Dengan demikian dapat diketahui dimana pekerjaan yang termasuk dalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaan pekerjaannya, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak harus tergesa-gesa sehingga alat dan orang dapat digeser ketempat lain demi efisiensi waktu (Sugiyarto, dkk., 2013).

2.2.3. Biaya Total Proyek

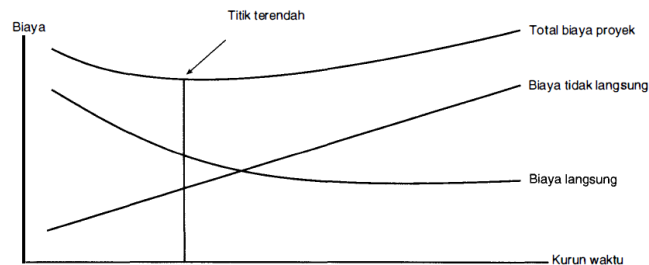
Biaya dalam suatu proyek konstruksi ada 2 macam yaitu biaya *Direct Cost* (langsung) dan *Indirect Cost* (biaya tidak langsung):

1. Biaya langsung merupakan biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumberdaya yang akan digunakan untuk penyelesaian suatu proyek, yang meliputi :
 - a. Biaya bahan atau material
 - b. Upah
 - c. Biaya alat yang digunakan
 - d. Biaya subkontraktor
 - e. Biaya upah kerja dan yang lainnya
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan pekerjaan dan pengeluaran diluar biaya konstruksi, atau dapat disebut juga biaya *overhead*. Biaya ini tergantung pada lama waktu pelaksanaan suatu pekerjaan.

Penjumlahan dari biaya langsung dan tidak langsung merupakan biaya total yang dikeluarkan selama pelaksanaan proyek, besarnya biaya ini sangat tergantung pada lama waktu penyelesaian suatu proyek (Ayu dkk., 2013)

2.2.4. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total akhir suatu proyek sangat dipengaruhi oleh durasi suatu pelaksanaan proyek. Hubungan biaya total, langsung, tidak langsung dan optimal dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Biaya total, langsung, tidak langsung, optimal (Soeharto, 1999)

Dari grafik hubungan diatas dapat disimpulkan bahwa total biaya proyek diperoleh dari total biaya langsung dan tidak langsung dimana biaya langsung dan tidak langsung memiliki garis yang berbanding terbalik. Semakin lama kurun waktu pelaksanaan proyek maka semakin kecil biaya langsung yang dikeluarkan, sedangkan untuk biaya tidak langsung semakin lama kurun waktu pelaksanaan proyek maka semakin tinggi biaya yang harus dikeluarkan.

2.2.5. Critical Path Method

Critical Path Method (CPM) ialah metode yang menggunakan arrow diagram dalam menentukan lintasan kritis sehingga disebut juga sebagai diagram lintasan kritis (Priyo & Sumanto, 2016)

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

Duration Cost Trade Off adalah proses yang disengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengkajian dari semua kegiatan dalam suatu pekerjaan proyek yang dipusatkan pada pekerjaan yang berada dalam jalur kritis. Selanjutnya akan dilakukan kompresi pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Penyesuaian durasi proyek metode *duration-cost trade off* bertujuan untuk mengatasi beberapa masalah seperti penjadwalan proyek yang tidak sesuai dengan durasi kontrak yang telah ditetapkan, untuk memperoleh keuntungan lebih apabila penyelesaian proyek dapat dipercepat dari kontrak awal, mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk

yang tidak dapat diperkirakan pada sisa waktu proyek (Husen & Puspipitek, 2013). Dengan demikian *duration-cost trade off* adalah melakukan pertukaran silang antara biaya dan waktu yang dikompensasikan dengan penambahan tenaga kerja atau jumlah peralatan sehingga beberapa kegiatan dapat dipercepat dari waktu normalnya.

Berikut ini cara-cara pelaksanaan percepatan waktu dalam penyelesaian proyek :

1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambahkan jam kerja para pekerja (Priyo & Aulia, 2015).

2. Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dalam suatu proyek bertujuan untuk penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerjaan untuk melaksanakan suatu pekerjaan tertentu tanpa menambah jam kerja.

3. Penambahan atau pergantian alat

Penambahan alat bertujuan untuk menambah hasil produktivitas. Tetapi, dalam penambahan atau pergantian alat akan mengakibatkan biaya langsung untuk mobilitas dan demobilitas alat menjadi lebih besar.

4. Sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas

Dalam pelaksanaan proyek harus memiliki Sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas yaitu tenaga kerja yang memiliki tingkat produktivitas tinggi dan hasil pekerjaan yang dihasilkan baik, dan pekerjaan selesai dengan cepat.

Cara tersebut dapat dilakukan secara kombinasi atau terpisah, misalnya dengan cara *shift* atau giliran tergantung pada kebutuhan pada kondisi lapangan.

2.2.7. Produktivitas Pekerja dan Alat Berat

Berdasarkan PM Pekerjaan Umum No. 11-PRT-M-2013 mengenai pedoman analisis harga satuan pekerjaan umum bahwa produktivitas pekerjaan dapat diartikan sebagai perbandingan antara *output* (hasil produksi) dengan *input* (komponen-komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Maka, dalam analisis produktivitas hal ini dapat dinyatakan sebagai nilai rasio antara *output* dengan *input* dan waktu. Apabila *input* dan waktu kecil maka *output* semakin

tinggi sehingga produktivitas memiliki nilai yang besar. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi analisis produksi antara lain adalah waktu siklus, faktor kembang susut atau faktor pengembangan bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

Berikut rumus persamaan produktivitas kapasitas alat berat yang digunakan dalam pekerjaan proyek pekerjaan jalan dan jembatan pada penelitian ini:

1. *Excavator*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s \times F_v} \dots\dots\dots(2.1)$$

dengan:

- Q = Kapasitas produksi (m³/jam)
- V = Kapasitas bucket (m³)
- F_b = Faktor bucket
- F_a = Faktor efisiensi alat
- F_v = Faktor konversi
- T_s = Waktu siklus (menit)

2. *Dump truck*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times F_a \times 60}{D \times T_s} \dots\dots\dots(2.2)$$

dengan:

- Q = Kapasitas produksi (m³/jam)
- V = Kapasitas bak (m³)
- D = Berat isi material (gembur, lepas) (ton/m³)
- F_a = Faktor efisiensi alat
- T_s = Waktu siklus (menit)

3. *Bulldozer*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{q \times F_b \times F_m \times F_a \times 60}{T_s} \dots\dots\dots(2.3)$$

dengan:

- Q = Kapasitas produksi (m²/jam)
- q = Kapasitas pisau
- F_b = Faktor pisau (blade)
- F_m = Faktor kemiringan pisau (blade)
- F_a = Faktor efisiensi alat

T_s = Waktu siklus (menit)

4. *Vibratory roller*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{(b_e \times v \times 1000) \times t \times F_a}{n} \dots\dots\dots(2.4)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

b_e = Lebar efektif pemadatan

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

t = Tebal pemadatan

F_a = Jumlah efisiensi alat

n = Jumlah lintasan (lintasan)

5. *Motor grader*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{L_h \times \{n(b-b_0) + b_0\} \times F_a \times 60}{N \times n \times T_s} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m²/jam)

L_h = Panjang hamparan (m)

b = Lebar efektif kerja blade (m)

b_0 = Lebar *overlap* (m)

F_a = Faktor efisiensi alat

60 = Perkalian 1 jam ke menit

N = Jumlah pengusapan tiap lintasan

n = Jumlah lintasan (lintasan)

T_s = Waktu siklus (menit)

6. *Wheel loader*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times F_b \times F_a \times 60}{T_s} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas bucket (m³)

F_b = Faktor bucket

T_s = Waktu siklus (menit)

7. *Water tank truck*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times n \times Fa}{Wc} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Volume tangki (m³)

Wc = Kebutuhan air/m³ material padat

n = Pengisian tangki perjam

Fa = Faktor efisiensi alat

8. *Asphalt sprayer*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{q \times Fb \times Fm \times Fa \times 60}{Ts} \dots\dots\dots(2.8)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi

Pa = Kapasitas pompa aspal (liter/menit)

Fa = Faktor efisiensi alat

60 = Perkalian 1 jam ke menit

9. *Air compressor*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times 60}{Fa} \dots\dots\dots(2.9)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m²)

V = Kapasitas konsumsi udara

Fa = Faktor efisiensi alat

10. *Asphalt mixing plant*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = Vb \times Fa \dots\dots\dots(2.10)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (ton/jam)

Vb = Kapasitas alat (ton/jam)

Fa = Faktor efisiensi alat

11. *Generator set*

Kapasitas produksi = kapasitas AMP (ton/jam)

12. *Asphalt finisher*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = V \times Fa \dots\dots\dots(2.11)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V = Kapasitas alat (ton/jam)

Fa = Faktor efisiensi alat

13. *Tandem roller*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{(b \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n} \dots\dots\dots(2.12)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (m)

t = Tebal pemadatan (m)

n = Jumlah lintasan (lintasan)

Fa = Jumlah efisiensi alat

14. *Pneumatic tyre roller*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{(b \times v \times 1000) \times t \times Fa}{n} \dots\dots\dots(2.13)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

v = Kecepatan rata-rata alat (km/jam)

b = Lebar efektif pemadatan (m)

t = Tebal pemadatan (m)

n = Jumlah lintasan (lintasan)

Fa = Jumlah efisiensi alat

15. *Concrete mixer*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{Va \times Fa \times 60}{1000 \times Ts} \dots\dots\dots(2.14)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)Va = Kapasitas alat (m³)

Fa = Jumlah efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

16. *Concrete vibrator*

Kapasitas pemadatan = kapasitas produksi concrete mixer (m³/jam)

17. *Batching plant*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V_b \times F_a \times 60}{T_s \times 1000} \dots\dots\dots(2.15)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³/jam)

V_b = Kapasitas 1 batch (m³)

F_a = Jumlah efisiensi alat

T_s = Waktu siklus (menit)

60 = Perkalian 1 jam ke menit

1000 = Perkalian dari satuan km ke meter

18. *Truck mixer*

$$\text{Kapasitas produksi, } Q = \frac{V \times F_a \times 60}{T_s} \dots\dots\dots(2.16)$$

dengan:

Q = Kapasitas produksi (m³)

V = Kapasitas bak (m³)

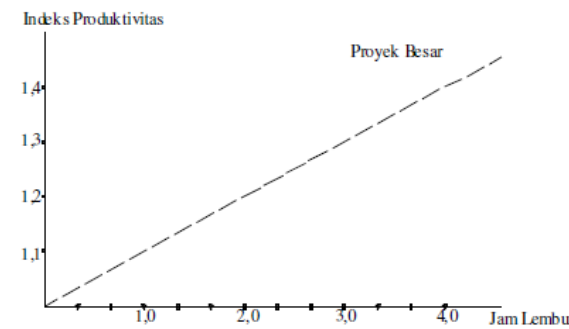
F_a = Jumlah efisiensi alat

T_s = Waktu siklus (menit)

2.2.8. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambahkan jam kerja para pekerja (Priyo & Aulia, 2015). Lembur adalah salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mempercepat pekerjaan suatu proyek, yaitu dengan cara memberdayakan sumber daya manusia yang ada di lapangan dan cukup dengan menambahkan biaya yang harus dikeluarkan oleh pihak kontraktor. Jam lembur dimulai setelah pekerja menyelesaikan pekerjaan pokoknya. Penambahan jam kerja dapat dilakukan dengan cara penambahan 1-3 jam, sesuai dengan waktu yang telah diperkirakan sebelumnya. Akan tetapi, semakin banyak penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas sumber daya manusia dalam suatu proyek tersebut.

Perkiraan penurunan produktivitas pekerja dapat dilihat pada Gamabr 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2. 2 Grafik perkiraan penurunan produktivitas Soeharto, (1999)

Dari uraian diatas, dapat ditulis rumus sebagai berikut:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}} \dots\dots\dots(2.17)$$

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}} \dots\dots\dots(2.18)$$

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam}) \dots\dots\dots(2.19)$$

dengan:

a = lama penambahan jam lembur

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur

Tabel 2. 1 Nilai koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada (Sumber: Priyo, 2015)

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*

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \dots\dots\dots(2.20)$$

2.2.9. Penambahan Pekerja dan Alat Berat

Penambahan pekerja dan alat berat perlu diperhatikan, apakah terlalu sempit atau lapang, karena pengawasan dan ruang kerja yang seempit dapat menurunkan produktivitas pekerja.

Berikut persamaan untuk menghitung penambahan tenaga kerja:

1. Penambahan tenaga kerja

$$= (\text{keb. Tenaga} \times \text{durasi normal}) / \text{durasi percepatan} \dots \dots \dots (2.21)$$

2. Penambahan alat berat

$$= (\text{keb alat} \times \text{durasi normal}) / \text{durasi percepatan} \dots \dots \dots (2.22)$$

dengan:

$$\text{Penambahan tenaga kerja} = (\text{orang/jam})$$

$$\text{Penambahan alat berat} = (\text{unit/jam})$$

2.2.10. Biaya Penambahan Alat Berat dan Pekerja (*Crash Cost*)

Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia NO KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3 dan pasal 7 serta pasal 11 dapat dihitung bahwa upah penambahan kerja sangat beragam. Dalam penambahan waktu kerja selama satu jam awal, pekerja mendapatkan upah sebesar 1,5 kali upah perjam waktu normal, pada jam kerja berikutnya pekerja akan mendapatkan 2 kali dari upah perjam dari waktu normal.

Biaya tambahan akibat penambahan tenaga kerja dapat dilihat pada persamaan berikut:

1. Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari

$$= \text{Keb. Resource} \times \text{Biaya normal} \times \text{Jam kerja} \dots \dots \dots (2.23)$$

2. Biaya total pekerjaan

$$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya total resource}) + (\Sigma \text{biaya material}) \dots \dots \dots (2.24)$$

3. Biaya lembur tenaga kerja

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} \times 1,5 \dots \dots \dots (2.25)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = b1 \text{ 1 jam} + (bn \times 2,0) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = b1 \text{ 2 jam} + (bn \times 2,0) \dots \dots \dots (2.27)$$

dengan :

b_n = biaya untuk normal (dalam Rupiah)

b_1 = biaya untuk lembur (dalam Rupiah)

4. Biaya lembur alat berat

Lembur 1 jam = Biaya normal + $(0,5 \times (b_o + b_{po}))$(2.28)

Lembur 2 jam = Biaya normal + Lembur 1 jam + $(1,0 \times (b_o + b_{po}))$(2.29)

Lembur 3 jam = Biaya normal + Lembur 2 jam + $(1,0 \times (b_o + b_{po}))$(2.30)

dengan:

b_o = biaya untuk operator (dalam Rupiah)

b_{po} = biaya untuk pembantu operator (dalam Rupiah)

5. *Crash cost* pekerja perhari

= $(\text{Biaya total resource} \times \text{durasi crashing}) + (\Sigma \text{ biaya material})$(2.31)

6. *Cost slope*

= $\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost} / (\text{Durasi Crash} - \text{Durasi Normal})$(2.32)

2.2.11. *Software Microsoft Project*

Microsoft Project merupakan sebuah aplikasi program pengolah data untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik (Priyo & Sumanto, 2016). Menurut Priyo & Aulia (2015), *Microsoft Project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun *schedule* suatu proyek atau rangkaian pekerjaan

Microsoft Project memudahkan penggunanya dalam mengatur administrasi suatu proyek yaitu untuk melakukan suatu perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan pelaporan dari proyek tersebut. Salah satu keunggulan dari *Microsoft Project* adalah dapat menangani perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian waktu serta biaya. Salah satu keuntungan dari program *Microsoft Project* yaitu dapat melakukan penjadwalan proyek secara lebih efektif dan efisien dan memudahkan modifikasi penjadwalan suatu proyek serta penyusunan jadwal yang lebih tepat.

Tujuan dari penyusunan jadwal pada *Microsoft Project* yaitu sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui waktu durasi proyek
2. Dapat membuat waktu durasi lebih optimum
3. Dapat melihat sumber daya (*resource*) yang digunakan pada suatu proyek
4. Dapat mengendalikan *schedule* yang telah dibuat

Beberapa komponen yang dibutuhkan untuk penjadwalan yaitu sebagai berikut:

1. Kegiatan proyek
2. Durasi kegiatan
3. *Resource*
4. Hubungan kerja pada setiap kegiatan proyek

Yang dilakukan pada aplikasi *Microsoft Project* yaitu :

1. Pencatatan kebutuhan tenaga kerja pada setiap kegiatan
2. Pencatatan jam kerja serta jam lembur para pekerja
3. Menghitung jumlah total biaya proyek, pengeluaran biaya tenaga kerja, dan memasukan biaya tetap.
4. Membantu dalam mengontrol tenaga kerja agar dapat menghindari *overallocation*.

Istilah-istilah yang sering digunakan pada pengoperasian aplikasi *Microsoft Project* yaitu:

1. *Task*

Task merupakan lembar kerja yang berisi berupa rincian pekerjaan dalam suatu proyek.

2. *Duration*

Duration adalah waktu yang diperlukan untuk penyelesaian suatu pekerjaan dalam sebuah proyek yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. *Start*

Start adalah tanggal dimana suatu pekerjaan dimulai sesuai dengan perencanaan jadwal kegiatan proyek yang sebelumnya telah diperhitungkan dan ditetapkan.

4. *Finish*

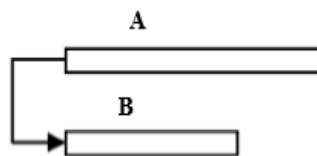
Finish adalah tanggal dimana suatu pekerjaan telah selesai yang diisi secara otomatis dari perhitungan tanggal mulai pekerjaan (*start*) ditambah lama durasi pekerjaan (*duration*).

5. *Predecessor*

Predecessor adalah hubungan antara satu kegiatan pekerjaan dengan kegiatan pekerjaan yang lain pada aplikasi *Microsoft Project*. *Microsoft Project* memiliki beberapa hubungan antar pekerjaan, yaitu :

a. *Start to Start* [SS]

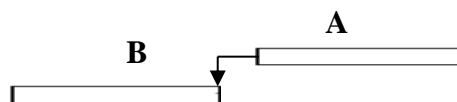
Start to Start, adalah pekerjaan [A] dimulai bersamaan dengan pekerjaan [B].



Gambar 2. 3 *Start to Start* [SS]

b. *Start to Finish* [SF]

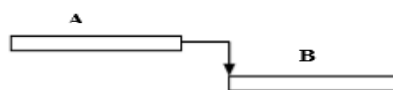
Start to Finish, adalah pekerjaan [B] boleh diberhentikan apabila pekerjaan lain [A] dimulai.



Gambar 2. 4 *Start to Finish* [SF]

c. *Finish to Start* [FS]

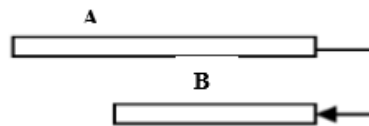
Finish to Start, adalah pekerjaan [B] boleh dimulai apabila pekerjaan [A] telah selesai.



Gambar 2. 5 *Finish to Start* [FS]

d. *Finish to Finish* [FF]

Finish to Finish, adalah pekerjaan [A] harus selesai secara bersamaan dengan pekerjaan yang lainnya [B].



Gambar 2. 6 *Finish to Finish* [FF]

6. *Baseline*

Baseline ialah rencana baik *schedule* maupun biaya yang telah ditetapkan dan disetujui.

7. *Resources*

Resources merupakan sumber daya yang digunakan dalam suatu proyek, baik sumber daya manusia maupun bahan material.

8. *Gantt Chart*

Gantt Chart merupakan salah satu tampilan yang menggambarkan beberapa pekerjaan beserta waktu durasi pada program *Microsoft Project* yang berbentuk batang-batang horizontal.

9. *Tracking*

Tracking, mengisikan data yang terdapat pada lapangan pada perencanaan yang telah dibuat.

2.2.12. Biaya Denda

Menurut Perpres Nomor 70 Tahun 2012 Pasal 120 menegaskan bahwa “Selain perbuatan atau tindakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 118 ayat (1), Penyedia Barang maupun Jasa yang terlambat menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu sebagaimana ditetapkan dalam Kontrak karena kesalahan Penyedia Barang ataupun Jasa, dikenakan denda keterlambatan sebesar 1/1000 (satu perseribu) dari nilai Kontrak atau nilai bagian Kontrak untuk setiap hari

keterlambatan". Keterlambatan penyelesaian suatu proyek akan menyebabkan kontaktor mendapatkan sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam kontrak sebelumnya. Besarnya biaya denda umumnya dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Jumlah denda = jumlah waktu akibat keterlambatan \times denda per hari akibat keterlambatan

-Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1/1000 dari nilai kontrak.