

# Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Jembatan Pabelan di Ruas Jalan Tlatar - Talun

*Efficiency of Cost and Time of Construction Project Implementation with Crashing Method on Bridge Construction Project Tlatar – Talun Road*

**Rini Setianingsih, Mandiyo Priyo**

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Keberhasilan berjalannya suatu proyek dipengaruhi oleh faktor-faktor, diantaranya waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang dikeluarkan sedikit namun tidak menghilangkan unsur kualitas pekerjaan yang akan dihasilkan di akhir pekerjaan. Cara umum yang dilakukan untuk menghasilkan proyek yang efektif dan efisien adalah dengan cara melakukan pembandingan biaya konstruksi dalam penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat, hal yang perlu diperhatikan untuk pekerjaan yang dipercepat adalah pekerjaan yang kritis. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan tidak melebihi dari yang dianggarkan dan menghindari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian suatu proyek. Dalam kasus ini salah satu metode yang digunakan adalah metode *Time Cost Trade Off* dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa setelah dilakukan penambahan jam kerja lembur selama 1 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 4.529.642.950,10 dengan durasi sebesar 192,46 hari, untuk penambahan jam lembur selama 2 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 4.480.214.771,29 dengan durasi sebesar 178,50 hari, untuk penambahan lembur selama 3 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 4.440.003.210,43 dengan durasi akhir sebesar 167,13 hari, sementara untuk penambahan alat berat yang durasinya setara dengan 1 jam biaya yang harus dikeluarkan Rp. 4.525.437.367,00 dengan durasi 192,46 hari, untuk penambahan alat yang setara 2 jam biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 4.470.569.682,67 dengan durasi 178,50 hari, lalu untuk penambahan alat yang setara 3 jam didapatkan dengan biaya sebesar Rp. 4.425.902.377,53 dengan durasi 167,13 hari. Biaya penambahan alat disini lebih efisien dari waktu dan biaya.

Kata-kata kunci : *TCTO, Microsoft Project 2010, Penambahan Jam Lembur, Penambahan Alat Berat.*

**Abstract.** The success of the net of a project is influenced by factors such as duration of completion of the project briefly and at a minimal cost but do not eliminate the quality element of the work that will be generated from the end on the job. The most common way to generate effective and efficient is to compare construction cost in the addition of heavy equipment, which needs to be noticed for expedited work is critical work. The result of this research shows that if after the addition of overtime working hours for 1 hours the cost must be Rp. 4.529.642.950,10 with the duration of 192,46 days, for additional hours overtime for 2 hours cost incurred Rp. 4.480.214.771,29 with duration of 178,50 days. For the addition of overtime for 3 hours, cost be incurred Rp. 4.440.003.210,43 with a final duration of 167,13 days, while for the addition of heavy equipment whose duration is equivalent to 1 hour cost incurred Rp. 4.525.437.367,00 with a duration of 192,46 days, for the addition of equipments 2 hour with the cost Rp. 4.470.569.682,67 with 178,50 days duration, then for the addition of equipment equivalent to 3 hours obtained at a cost Rp. 4.425.902.377,53 with a duration of 167,13 days. The cost of adding heavy equipment here is more efficient than time and cost.

Keywords: *TCTO, Microsoft Project 2010, Additional Hours Overtime, Addition of Heavy Equipment*

## 1. Pendahuluan

Waktu dan biaya adalah salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan suatu proyek. Biasanya akan terlihat pada durasi penyelesaian proyek yang singkat,

mutu yang dihasilkan tetap sesuai dengan yang direncanakan, dan biaya yang dikeluarkan minimal. Pengelolaan suatu proyek yang dikeluarkan minimal. Pengelolaan suatu proyek yang dilakukan dengan sistematis akan

memberikan keuntungan pada biaya yang dikeluarkan seperti memastikan waktu pelaksanaan sesuai atau bahkan lebih cepat dari yang direncanakan agar dapat menghindari adanya denda (*fine*) akibat keterlambatan suatu proyek.

*Time Cost Trade Off* (TCTO) atau pertukaran waktu dan biaya merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu dan pelaksanaan pada proyek dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang disengaja dan sistematis (Izzah, 2017). Dalam hal ini ada beberapa faktor yang berpengaruh diantaranya durasi normal (*normal duration*), serta biaya percepatan (*crash cost*) (Andhita dan Dani, 2017).

Dalam penelitian ini, menggunakan metode *Crashing* yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat dengan durasi yang sama, yaitu 1 jam lembur, 2 jam lembur, hingga 3 jam lembur. Setelah itu, membandingkan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan biaya setelah penambahan alat dan penambahan jam kerja (lembur).

## 2. Landasan Teori

### *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 dan Hartono, 2017). Merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya dengan cara menggunakan sistem dan arus kegiatan perusahaan untuk mempersingkat waktu yang telah ditentukan hal ini disebut manajemen proyek menurut Soeharto (1999). Manajemen proyek menurut Soeharto (1999) memiliki beberapa tujuan diantaranya sebagai berikut:

1. Pelaksanaan yang sesuai dengan apa yang sudah di tetapkan atau tepat waktu,
2. Efisiensi sumber dana sesuai dengan apa yang telah direncanakan, sehingga tidak ada tambahan dana yang harus dikeluarkan,
3. Kesesuaian kualitas dengan persyaratan yang berlaku,

4. Tahapan kegiatan yang sesuai dengan persyaratan.

### *Network Planning*

*Network planning* merupakan sebuah gambaran dalam kegiatan dan kejadian yang diharapkan dapat terjadi dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya (Anggraeni dkk., 2017). *Network Planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variable*) yang digambarkan/divisualisasikan kedalam bentuk diagram *network* (Badri, 1997).

Jaringan kerja adalah suatu alat atau panduan yang digunakan untuk merencanakan, menjadwalkan, dan mengawasi kemajuan dari suatu proyek (Bangun dkk., 2016). 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

### *Biaya Total Proyek*

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 perkerjaan konstruksi dilapangan, yang meliputi :
  - a. Biaya bahan atau material
  - b. Upah
  - c. 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.

Pada presentase biaya tidak langsung ditentukan berdasarkan hasil penelitian berupa persamaan, sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \varepsilon$$

$x_1$  = nilai total proyek,

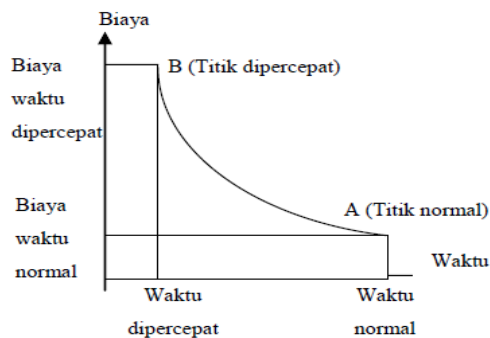
$x_2$  = durasi proyek,

$\varepsilon$  = *random error*, dan

$y$  = prosentase biaya tidak langsung

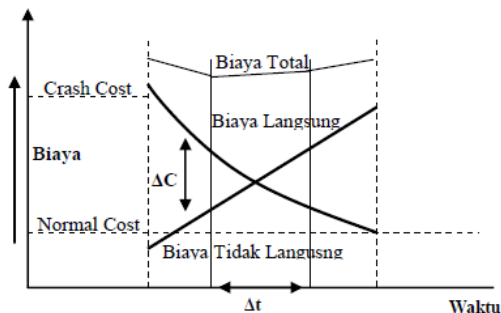
### Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total atau biaya akhir suatu proyek sangat bergantung pada durasi pelaksanaan proyek. Hubungan antara waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



Gambar 1. Hubungan biaya normal dengan waktu yang dipercepat dalam suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Titik B pada gambar tersebut menunjukkan kondisi dipercepat, sedangkan titik A menunjukkan kondisi normal. Kurva waktu biaya merupakan garis yang menghubungkan antar titik tersebut. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin besar penambahan jam lembur dan biaya maka akan semakin cepat durasi penyelesaian proyek, tetapi sebagai konsekuensinya biaya tambahan yang dikeluarkan semakin besar.



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

Gambar tersebut menunjukkan hubungan biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung dalam suatu grafik. Dalam grafik tersebut menunjukkan bahwa biaya optimum didapat dengan cara mencari total biaya proyek terkecil.

### Critical Path Method

CPM (*Critical Path Method*) adalah suatu metode dengan menggunakan arrow

diagram yang bertujuan untuk menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis (Priyo dan Aulia, 2015).

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

Frederika (2010) menyatakan bahwa durasi percepatan maksimum dalam proyek dibatasi oleh lokasi kerja atau luas proyek, tetapi ada 4 faktor yang dapat dioptimumkan dalam pelaksanaan percepatan suatu aktivitas pekerjaan proyek, meliputi penjadwalan lembur, penambahan jumlah tenaga kerja, penggunaan alat berat, dan pengubahan dalam metode konstruksi dilapangan.

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

1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)
2. Penambahan Tenaga Kerja
3. Penambahan atau pergantian alat
4. Metode yang efektif dan efisien
5. Sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas

### Produktivitas Pekerja dan Alat Berat

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11-PRT-M-2013 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum bahwa produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi, dalam analisis produktivitas hal ini dapat dinyatakan sebagai rasio antara output terhadap input dan waktu (jam atau hari). Apabila input dan waktu kecil maka output semakin besar sehingga produktivitas tinggi.

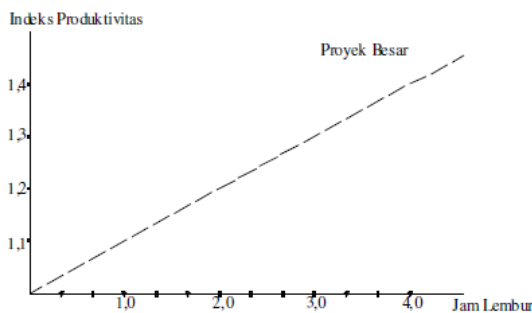
Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Didalam proyek konstruksi rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat (Priyo dan Sartika, 2014).

### Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Jam lembur pada proyek ini dimulai setelah pekerja melaksanakan pekerjaan selama 8 jam kerja normal yang dimulai pada pukul 08.00 sampai 16.00 dengan satu jam istirahat, kemudian jam lembur dilaksanakan setelah jam

normal yang dimulai pada pukul 08.00 sampai 16.00.

Penambahan jam kerja lembur dapat dilakukan dengan cara penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Perlu diperhatikan bahwa semakin banyak penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas pekerja. Indikasi penurunan produktivitas pekerja dapat dilihat seperti Gambar dibawah ini :



Gambar 3 Grafik indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

Dari uraian diatas, dapat ditulis rumus sebagai berikut :

1. Produktivitas harian  

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Durasi Normal}}$$
2. Produktivitas tiap jam  

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$
3. Produktivitas harian sesudah *crash*  

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

Dengan :

- a = lama penambahan jam lembur
- b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur.

Tabel 1 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

#### 4. *Crash Duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}}$$

#### ***Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat***

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

Dibawah ini merupakan perhitungan penambahan tenaga kerja :

1. Penambahan tenaga kerja  

$$= (\text{keb. Tenaga} \times \text{durasi normal}) / \text{durasi percepatan}$$
2. Penambahan alat berat  

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

#### ***Biaya Penambahan Alat Berat dan Pekerja (Crash Cost)***

Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 dapat diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja sangat bervariasi. Dalam penambahan waktu kerja selama satu jam pertama, pekerja mendapatkan upah sebesar 1,5 kali upah perjam waktu normal, pada penambahan jam kerja berikutnya pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Biaya tambahan akibat penambahan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Biaya normal alat dan tenaga kerja perhari  

$$= \text{Keb. Resource} \times \text{Biaya normal} \times \text{Jam kerja}$$
2. Biaya total pekerjaan  

$$= (\text{Durasi} \times \text{Biaya total resource}) + (\Sigma \text{biaya material})$$
3. Biaya lembur tenaga kerja  
 Lembur 1 jam = Biaya normal  $\times$  1,5  
 Lembur 2 jam = b1 1 jam + (bn  $\times$  2,0)  
 Lembur 3 jam = b1 2 jam + (bn  $\times$  2,0)
4. Biaya lembur alat berat  
 Lembur 1 jam = Biaya normal + (0,5  $\times$  (bo+bpo))  
 Lembur 2 jam = Biaya normal + Lembur 1 jam + (1,0  $\times$  (bo+bpo))  
 Lembur 3 jam = Biaya normal + Lembur 2 jam + (1,0  $\times$  (bo+bpo))

5. *Crash cost* pekerja perhari  

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi crashing}) + (\Sigma \text{biaya material})$$
6. *Cost slope*  

$$= \text{Crash Cost} - \text{Durasi Crash} - \text{Normal Cost Durasi Normal}$$

### Software Microsoft Project

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 (Walean dkk., 2012). Menurut Wowor dkk. (2013) *Microsoft Project* merupakan salah satu bagian dari *Microsoft Office Professional* yang mampu mengelola data-data mengenai kegiatan dalam sebuah proyek konstruksi.

### 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”.

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

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

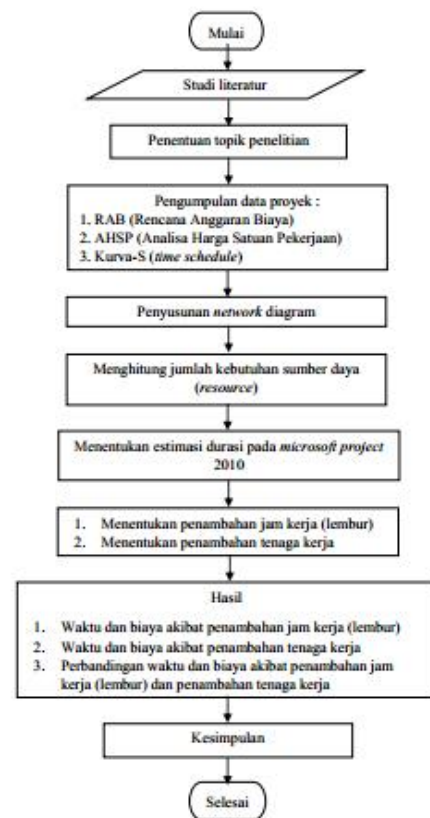
### 3. Metode Penelitian

#### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jembatan Pabelan di Ruas Jalan Tlatar – Talun. Lokasi proyek Jalan dan Jembatan berada di Kabupaten Magelang. Dilakukannya penelitian ini untuk menganalisis optimasi waktu dan biaya pada proyek tersebut.

Tahap penelitian ini harus dilakukan secara sistematis dengan urutan yang sesuai,

jelas dan berurutan, sehingga didapatkan hasil yang sesuai dengan apa yang diharapkan. Tahapan ini disajikan secara skematis dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 4.



Gambar 4 Bagan alir penelitian

1. Tahapan Persiapan  
 Sebelum melakukan penelitian, penulis melakukan studi literature penelitian terlebih dahulu, untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian Kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.
2. Tahap Pengumpulan Data  
 Tahap pengumpulan data dan informasi dari suatu proyek sangat bermanfaat untuk evaluasi optimasi waktu dan biaya secara menyeluruh.
  - a. Variable Waktu  
 Data-data yang diperlukan pada variabel waktu :  
 Data *Commulative Progress (Kurva-S)*, meliputi :
    - 1) Jenis Kegiatan,
    - 2) Persentase Kegiatan
    - 3) Durasi Kegiatan
 Rekapitulasi perhitungan biaya proyek
  - b. Variabel biaya  
 Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :

- 1) Jumlah biaya normal
- 2) Durasi normal
- 3) Daftar-daftar harga bahan dan upah tenaga kerja
- 4) Gambar rencana proyek

#### 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

##### Data Penelitian

Data umum Proyek:

Kontraktor Utama : PT. X  
 Konsultan Pelaksana : PT. Y  
 Nilai Proyek : Rp 4.594.661.732,00  
 Waktu pelaksanaan : 210 Hari kerja  
 Tanggal pekerjaan dimulai : 9 April 2018

##### Data – Data Kegiatan Kritis

Tabel 1 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

No	Kode	Uraian Pekerja	Durasi (Hari)
1	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar (Permukaan diplester + aci)	14
2	GB	Galian Biasa (Kedalaman 0 – 2 m)	14
3	TPSG	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	14
4	LPAKB	Lapis Pondasi Agregat kelas B	7
5	LPAE	Lapis perekat – Aspal Emulsi	7
6	LLAAW	Laston Lapis Aus (AC – WC)	7
7	BMS30	Beton Mutu Sedang f'c'30 Mpa Lantai Jembatan	14
8	BTU32	Baja Tulangan U 32 Ulir	21
9	PBT	Pasangan Batu	14
10	PNJ	Papan Nama Jembatan	7
11	PB	Pembongkaran Beton	7
12	MJT	Marka Jalan Termoplastik	7
13	PP	Patok Pengarah	7
14	PJ	Paku jalan	7
15	KPJ1	Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	7

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis yang memiliki resource alat berat

No	Kode	Uraian Pekerja	Durasi (Hari)
1	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar (Permukaan diplester + aci)	14
2	GB	Galian Biasa (Kedalaman 0 – 2 m)	14
3	LPAKB	Lapis Pondasi Agregat kelas B	7
4	LPAE	Lapis perekat – Aspal Emulsi	7
5	LLAAW	Laston Lapis Aus (AC – WC)	7
6	BMS30	Beton Mutu Sedang f'c'30 Mpa Lantai Jembatan	14
7	PBT	Pasangan Batu	14
8	PB	Pembongkaran Beton	7
9	MJT	Marka Jalan Termoplastik	7
10	PP	Patok Pengarah	7
11	KPJ1	Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	7

##### Analisis Biaya Lembur untuk Pekerja dan Alat Berat

Analisis biaya lembur dihitung untuk mencari besarnya upah biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat yang berguna untuk mengetahui biaya total dari suatu kegiatan yang akan dilembur. Salah

satu contoh analisis perhitungan lembur dari tenaga kerja dan alat berat sebagai berikut :

##### 1. Alat Berat

Untuk Resource Name : Wheel Loader  
 Biaya normal alat per jam : Rp 315.000,00  
 Biaya Operator : Rp 9.500,00  
 Biaya Pemb. Operator : Rp 9.142,86

Keterangan :

bo = Biaya operator (Rp / jam)  
 bpo = Biaya pembantu operator (Rp / jam)  
 bn = Biaya normal alat (Rp / jam)  
 Biaya lembur per jam :

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam (L1)} &= bn + 0,5 \times (bo + bpo) \\ &= 315.000 + 0,5 \times (9.500,00 + 9.142,86) \\ &= 315.000 + 9.321,4286 \\ &= \text{Rp } 324.321,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Per Jam} &= \left( \frac{324.321,43}{1 \text{ Jam}} \right) \\ &= \text{Rp. } 324.321,43 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 Jam (L2)} &= L1 + bn + 1,0 \times (bo+bpo) \\ &= 324.321,43 + 315.000 + 1 \\ &\quad \times (9.500,00 + 9.142,86) \\ &= \text{Rp } 657.964,29 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Per Jam} &= \left( \frac{657.964,29}{2 \text{ Jam}} \right) \\ &= \text{Rp. } 328.982,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 Jam (L3)} &= L2 + bn + 1,0 \times (bo+ bpo) \\ &= 657.964,29 + 315.000 + 1 \\ &\quad \times (9.500,00 + 9.142,86) \\ &= \text{Rp } 991.607,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 3 Jam} &= \left( \frac{991.607,14}{3} \right) \\ &= \text{Rp. } 330.535,71 \end{aligned}$$

##### 1. Tenaga Kerja

Untuk Resource Name : Pekerja  
 Biaya normal pekerja per jam : Rp 8.571,43  
 Biaya lembur per jam

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam (L1)} &= 1,5 \times bn \\ &= 1,5 \times 8.571,43 \\ &= \text{Rp } 12.857,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 Jam (L2)} &= L1 + 2,0 \times bn \\ &= (1,5 \times 8.571,43) + (2 \times 1 \\ &\quad \times 8.571,43) \\ &= \text{Rp } 30.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam} &= \left( \frac{12.857,14}{1 \text{ Jam}} \right) \\ &= \text{Rp. } 12.857,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur 2 Jam (L2)} &= L1 + 2,0 \times bn \\ &= (1,5 \times 8.571,43) + (2 \times 1 \\ &\quad \times 8.571,43) \\ &= \text{Rp } 30.000,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Per Jam} &= \left( \frac{30.000,00}{2} \right) \\ &= \text{Rp. } 15.000,00 \\ \text{Lembur 3 Jam (L3)} &= L2 + 2,0 \times \text{bn} \\ &= (1,5 \times 8.571,43) + \\ &\quad (2 \times 2 \times 8.571,43) \\ &= \text{Rp } 47.142,86 \\ \text{Lembur 3 Jam} &= \left( \frac{47.142,86}{3} \right) \\ &= \text{Rp. } 15.714,29 \end{aligned}$$

### Analisis Durasi Percepatan

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 80%, dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 70% dari produktivitas normal.

Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari bekerja, serta keadaan cuaca yang dingin dan cuaca yang tidak memungkinkan untuk melakukan pekerjaan. Berikut contoh analisis durasi percepatan salah satu item pekerjaan :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B

Volume pekerjaan : 17 m<sup>3</sup>  
Durasi normal : 7 Hari ( dengan jam kerja 7 jam/hari )

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} \\ &= \frac{25.440,10}{56} \\ &= 454,29 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas normal} &= \frac{\text{produktivitas perhari}}{\text{jam kerja perhari}} \\ &= \frac{454,29}{7} \\ &= 64,9 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Durasi Percepatan (Dp) :

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

dengan :

k = kebutuhan alat (unit/jam)  
Pa = produktivitas alat (m<sup>3</sup>/jam)  
jk = jam kerja (jam/hari)  
jl = jam lembur (jam/hari)  
pp = penurunan produktivitas  
Durasi Percepatan (Dp) lembur 1 jam :

$$\begin{aligned} Dp \text{ 1 jam} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)} \\ &= \frac{17 \text{ m}^3}{(0,003 \times 117,71 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 117,71 \times 0,003)} \\ &= \mathbf{6,20 \text{ hari}} \\ \text{Maksimal Crashing} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi percepatan} \\ &= 7 \text{ Hari} - 6,20 \text{ Hari} \\ &= \mathbf{0,80 \text{ Hari}} \end{aligned}$$

Tabel 3 Hasil Perhitungan durasi crashing Microsoft Project 2010

Kegiatan	Normal	Durasi		
		Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Pasangan Batu dengan Mortar (permukaan diplester +)	14	12.41	11.14	10.10
Galian Biasa (Kedalaman 0 - 2 m)	14	12.41	11.14	10.10
Timbunan Pilihan dari sumber galian	14	12.41	11.14	10.10
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	7	6.20	5.57	5.05
Lapis Perekat - Aspal Emulsi	7	6.20	5.57	5.05
Laston Lapis Aus (AC-WC)	7	6.20	5.57	5.05
Beton mutu sedang f'c 30 MPa lantai jembatan	14	12.41	11.14	10.10
Baja Tulangan U 32 Ulir	21	18.61	16.70	15.15
Pasangan Batu	14	12.41	11.14	10.10
Papan Nama Jembatan	7	6.20	5.57	5.05
Pembongkaran Beton	7	6.20	5.57	5.05
Marka Jalan Termoplastik	7	6.20	5.57	5.05
Patok Pengarah	7	6.20	5.57	5.05
Paku Jalan	7	6.20	5.57	5.05
Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	7	6.20	5.57	5.05

### Analisis Biaya Percepatan

Berikut salah satu contoh analisis biaya percepatan :

#### 1) Kondisi Normal

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B  
Volume pekerjaan : 17 m<sup>3</sup>  
Durasi pekerjaan : 17 Hari ( dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari )

Biaya total resource (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Agregat B} + \text{Alat bantu l} \\ &= (\text{Rp. } 341.564,087 / \text{hari} \times 7 \text{ hari}) + \text{Rp. } 17.000,00 \\ &= \mathbf{\text{Rp. } 5.831.365,83} \end{aligned}$$

#### 2) Kondisi Lembur 1 Jam

B. lembur alat 1 jam = biaya normal perjam + (0.5 × (b.operator atau supir) + b.pembantu operator atau pembantu supir

B. lembur pekerja 1 jam = 1.5 × biaya normal per jam

Operator/supir = 9.500,00 /jam

Pmb. Operator/pmb. Sopir = 9.142,86 /jam

### 3) Kondisi Lembur 2 Jam

B. lembur alat 2 jam = biaya normal perjam + biaya lembur alat 1 jam + (1 x (b.operator atau supir+ b.pembantu operator atau pembantu supir))

B. lembur pekerja 2 jam = biaya lembur 1 jam + 2 x biaya normal per jam

Operator/supir = 9.500,00 /jam  
Pmb. Operator/pmb. Sopir = 9.142,86 /jam

### 4) Kondisi Lembur 3 Jam

B. lembur alat 3 jam = biaya normal perjam + biaya lembur alat 2 jam + (1 x (b.operator atau supir+ b.pembantu operator atau pembantu supir))

B. lembur pekerja 3 jam = biaya lembur 2 jam + 2 x biaya normal per jam

Operator/supir = 9.500,00 /jam  
Pmb. Operator/pmb. Sopir = 9.142,86 /jam

Tabel 4 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 1 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal (Rp)	Lembur 1 Jam (Rp)
Pasangan Batu dengan Mortar (permukaan diplester + aci)	3,713,831.40	3,741,237.23
Galian Biasa (Kedalaman 0 - 2 m)	793,005.26	806,686.28
Timbunan Pilihan dari sumber galian	3,338,727.70	3,388,150.06
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	5,831,365.83	5,873,357.42
Lapis Perekat - Aspal Emulsi	265,967.97	267,507.44
Laston Lapis Aus (AC-WC)	52,486,902.20	52,766,570.65
Beton mutu sedang f'c 30 MPa lantai jembatan	175,537,163.56	176,369,226.79
Baja Tulangan U 32 Ulir	239,814,900.00	242,060,821.52
Pasangan Batu	2,436,888.95	2,453,311.04
Papan Nama Jembatan	467,666.67	482,286.92
Pembongkaran Beton	444,050.54	460,730.53
Marka Jalan Termoplastik	11,716,174.29	11,730,914.43
Patok Pengarah	11,818,743.61	12,007,740.89
Paku Jalan	4,680,758.21	4,711,472.13
Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	16,524,784.78	16,680,692.28

### Analisis Cost Variance, Duration Variance, dan Cost Slope

a. Berikut ini, salah satu perhitungan *Cost Variance* item pekerjaan kode LPAKB :

Selisih Biaya = Biaya Percepatan - Biaya Normal

Biaya Normal Rp 5.831.475,00

Biaya Percepatan

Lembur 1 jam = Rp 5.873.356,00

Lembur 2 jam = Rp 5.910.676,00

Lembur 3 jam = Rp 5.953.023,00

Selisih Biaya :

Lembur 1 jam = Rp 5.873.356,00 – Rp 5.831.475,00  
= Rp 41.901,00

Berikut ini, salah satu perhitungan *Cost Slope* item pekerjaan kode LPAKB :

*Cost variance* :

Lembur 1 jam = Rp 41.901,00

Lembur 2 jam = Rp 79.201,00

Lembur 3 jam = Rp 121.548,00

*Cost slope* :

Lembur 1 jam = *Cost variance / Duration variance*

= Rp 41.901,00 / 0,80 hari

= Rp 52.542,52

Tabel 5 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 1 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya (Rp)	Selisih Durasi (Hari)	Cost Slope (Rp/Hari)
Pasangan Batu dengan Mortar (permukaan diplester + aci)	27,419.00	1.59	17,191.28
Galian Biasa (Kedalaman 0 - 2 m)	13,662.00	1.59	8,565.86
Timbunan Pilihan dari sumber galian	49,443.00	1.59	30,999.98
Lapis Pondasi Agregat Kelas B	41,901.00	0.80	52,542.52
Lapis Perekat - Aspal Emulsi	2,771.00	0.80	3,474.75
Laston Lapis Aus (AC-WC)	279,645.00	0.80	350,665.95
Beton mutu sedang f'c 30 MPa lantai jembatan	831,854.00	1.59	521,559.25
Baja Tulangan U 32 Ulir	2,243,119.00	2.39	937,600.01
Pasangan Batu	16,809.00	1.59	10,538.98
Papan Nama Jembatan	14,650.00	0.80	18,370.63
Pembongkaran Beton	16,676.00	0.80	20,911.17
Marka Jalan Termoplastik	14,749.00	0.80	18,494.78
Patok Pengarah	189,077.00	0.80	237,096.56
Paku Jalan	30,744.00	0.80	38,552.00
Kerb Pracetak Jenis 1 (Peninggi/Mountable)	155,888.00	0.80	195,478.60

### Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang berhubungan dengan pengawasan, pengarahan kerja dan pengeluaran umum diluar biaya konstruksi, biaya ini disebut juga biaya overhead (Wohon dkk., 2015).

### Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0.95 - 4,888(\ln - \ln(x2)) + \varepsilon$$

dengan :

$x1$  = Nilai total proyek

$x2$  = Durasi proyek

$\varepsilon$  = *random error*



$y$  = Prosentase biaya tak langsung  
 Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :  
 $x_1$  = Rp. 4.594.661.732,00  
 $x_2$  = 210 hari  
 $\varepsilon$  = *random error*  
 $y = -0,95 - 4.888(\ln - \ln(x_2)) + \varepsilon$   
 $y = -0,95 - 4.888(\ln(4.594.661.732,00) - \ln(210)) + \varepsilon$   
 $y = 17,96 \%$   
 Biaya tidak langsung  
 $= y \times x_1$   
 $= 17,96 \% \times \text{Rp. } 4.594.661.732,00$

### Analisis Biaya Langsung

Biaya Langsung (*Direct Cost*), adalah biaya-biaya yang langsung berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan konstruksi di lapangan, seperti: Biaya bahan/material, pekerja/upah, dan peralatan (Frederika, 2010)

Dalam menentukan biaya langsung terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp. } 4.594.661.732,00 - \text{Rp. } 825.276.958,09 \\
 &= \text{Rp. } 3.769.384.773,91
 \end{aligned}$$

### Analisis Biaya Total

Berikut perhitungan total biaya pada proyek pembangunan jembatan pabelan di Ruas Jalan Tlatar Talun :  
 Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

$$\begin{aligned}
 \text{Total biaya} &= \text{Rp. } 3.769.384.773,91 + \text{Rp. } 825.276.958,09 \\
 &= \text{Rp. } 4.594.661.732,00
 \end{aligned}$$

### Analisis Biaya Penambahan Alat

#### Kondisi Lembur 1 Jam

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas B

Volume pekerjaan : 17,00 m<sup>3</sup>

Durasi pekerjaan : 7 Hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari )

Kebutuhan *resource* (kr) :

Sehingga,

Pekerja = 0,021 orang/jam  
 Mandor = 0,003 orang/jam  
 Agregat B = 21,40 m<sup>3</sup>

*Wheel Loader* = 0,003 unit/jam  
*Dump Truk* = 0,181 unit/jam  
*Motor Grader* = 0,001 unit/jam  
*Tandem Roller* = 0,002 unit/jam  
*Water Tanker* = 0,005 unit/jam  
 Alat Bantu 1 = 17 Ls

Biaya *resource* (Brj) :

Sehingga,

Pekerja = Rp 8.571,43 /jam  
 Mandor = Rp 10.357,00 /jam  
 Agregat B = Rp 160.000,00 /Kg  
*Wheel Loader* = Rp 315.000,00 /jam  
*Dump Truk* = Rp 250.000,00 /jam  
*Motor Grader* = Rp 400.000,00 /jam  
*Tandem Roller* = Rp 450.000,00 /jam  
*Water Tanker* = Rp 225.000,00 /jam  
 Alat Bantu 1 = Rp 1.000,00 /Ls

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\text{Brh} = \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj}$$

Sehingga

Brh Pekerja =  $7 \times 0,023 \times 8.571,43$   
 = Rp. 1.398,00 / hari  
 Brh Mandor =  $7 \times 0,003 \times 10.357,00$   
 = Rp. 246,50 / hari  
*Wheel Loader* =  $7 \times 0,003 \times 315.000$   
 = Rp. 7.497,00 / hari  
 Brh *Dump Truk* =  $7 \times 0,204 \times 250.000$   
 = Rp. 356.650,00 / hari  
 Brh *Motor Grader* =  $7 \times 0,002 \times 400.000$   
 = Rp. 4.760,00 / hari  
 Brh *Tandem Roller* =  $7 \times 0,002 \times 450.000$   
 = Rp. 6.615,00 / hari  
 Brh *Water Tanker* =  $7 \times 0,006 \times 225.000$   
 = Rp. 8.820,00 / hari

Biaya normal total *resource* harian (Btrh) :

$$\begin{aligned}
 \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\
 &= (\text{Pekerja} + \text{Mandor} + \text{Wheel Loader} \\
 &\quad + \text{Dump Truk} + \text{Motor Grader} + \\
 &\quad \text{Tandem Roller} + \text{Water Tanker}) \\
 &= 1.398,00 + 246,50 + 7.497,00 + \\
 &\quad 356.650,00 + 4.760,00 + 6.615,00 + \\
 &\quad 8.820,00 \\
 &= \text{Rp. } 385.986,50 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

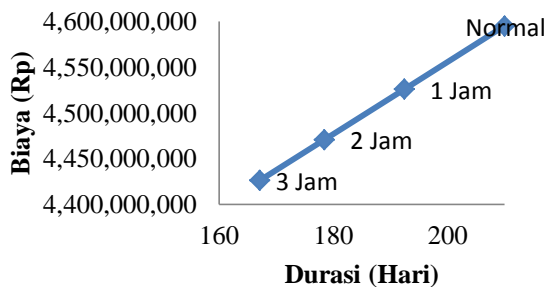
$$\begin{aligned}
 \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Agregat B} + \text{Alat bantu 1} \\
 &= (\text{Rp. } 385.986,50 / \text{hari} \times 7 \text{ hari}) + \text{Rp. } 3.423.417,22 + \text{Rp. } 17.000,00 \\
 &= \text{Rp. } 5.834.510,70
 \end{aligned}$$

## Analisa Perbandingan Antara Penambahan Jam lembur dan Penambahan Alat Berat

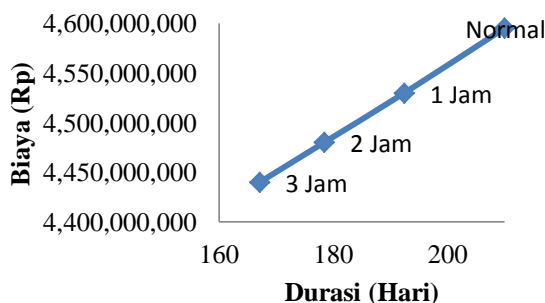
Tabel 6 Perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan alat 1 jam

PB	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
PBM	14	6.20	4,526,089,759.99	4,517,761,051.20
GB	14	12.41	4,571,736,810.33	4,464,166,456.53
TPSG	14	6.20	4,510,963,128.22	4,571,360,819.58
LPAKB	21	18.61	4,495,886,991.44	4,456,511,025.30
LPAE	7	12.41	4,587,011,441.11	4,433,545,131.46
LLAAW	7	6.20	4,467,368,687.88	4,425,902,377.53
BMS30	14	6.20	4,454,438,977.10	4,441,200,178.73
BTU32	21	12.41	4,440,003,210.43	4,533,075,083.83
PBT	14	6.20	4,556,483,167.55	4,502,447,196.29
PNJ	7	6.20	4,548,881,579.66	4,563,703,665.05
PB	7	6.20	4,541,283,247.77	4,586,675,151.18
MJT	7	12.41	4,488,421,351.55	4,479,477,696.84
PP	7	12.41	4,474,293,315.77	4,494,790,562.65
PJ	7	6.20	4,503,422,652.33	4,556,046,512.44
KPJ1	7	0.00	4,481,288,984.66	4,487,134,013.59

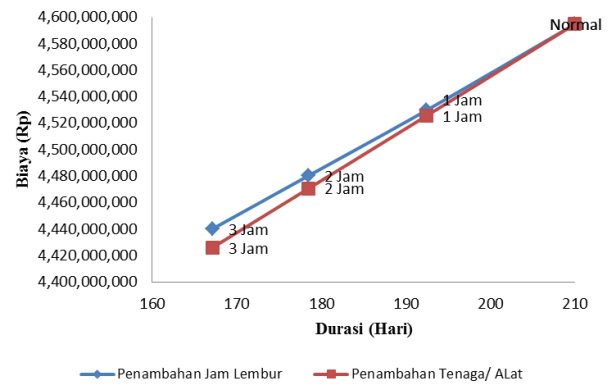
Kemudian di dapatkan perbandingan biaya penambahan alat dan biaya normal :



Gambar 2 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan alat



Gambar 3 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam kerja.



Gambar 4 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan alat dan tenaga kerja dan penambahan jam lembur

### Perhitungan biaya denda akibat keterlambatan

Berikut perhitungan biaya denda akibat keterlambatan proyek :

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

Denda perhari sebesar 1 ‰ ( satu permil ) dari nilai kontrak.

Berikut perhitungan denda pekerjaan LPAKB:

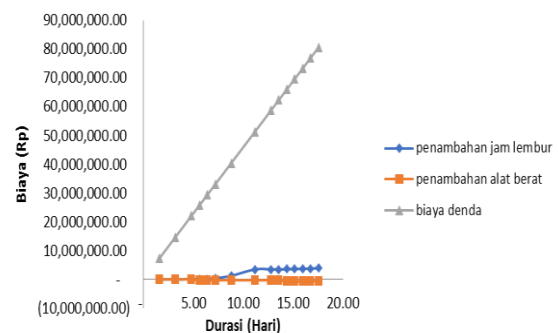
Total hari keterlambatan = 0,80 hari

Biaya total proyek = Rp. 594.661.732,00

Total denda

$$= 6,38 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp} .594.661.732,00$$

$$= \text{Rp} 3.664.097,33$$



Gambar 5 Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Alat Berat/ Tenaga Kerja, dan Denda Pada Lembur 1 Jam

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Pengadaan Rangka Baja Jembatan Pabelan di Ruas Jalan Tlatar Talun didapatkan hasil kesimpulan, sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi normal 210 hari dengan biaya sebesar Rp. 4.594.661.732,00.

2. Setelah dilakukan penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 192,46 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 4.529.642.950,10. Selanjutnya, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 178,50 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 4.480.214.771,29. Kemudian pada penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 167,13 dengan biaya sebesar Rp. 4.440.003.210,43.
3. Waktu dan biaya akibat penambahan alat berat 1 jam didapatkan pada umur proyek 192,46 hari kerja dengan total biaya sebesar Rp. 4.529.437.367,00. Untuk penambahan tenaga kerja 2 jam didapatkan pada umur proyek 178,50 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 4.470.569.682,67. Untuk penambahan tenaga kerja 3 jam pada umur proyek 167,13 dengan total biaya sebesar Rp. 4.470.569.682,67.
4. Pada penambahan alat berat dengan durasi jam kerja lembur selama 1 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 192,46 hari dengan biaya sebesar Rp. 4.525.437.367,00, selanjutnya untuk penambahan alat berat dengan jam kerja lembur selama 3 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 167,13 hari dengan biaya sebesar Rp. 4.425.902.377,53.
6. Biaya setelah dilakukannya percepatan dengan penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat didapatkan bahwa, percepatan penambahan alat 3 jam dengan durasi *crashing* sebesar 167,13 hari dengan biaya sebesar Rp. 4.425.902.377,53 lebih efisien dan lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan jam kerja lembur dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek tersebut mengalami keterlambatan pelaksanaan yang akan dikenakan denda.

## 6. Daftar Pustaka

Andhita, A.P., dan Dani, H., 2017, Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartemen Project dengan menggunakan Metode Time

- Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, 3 (3), 47-55.
- Anggraeni, E.R., Hartono, W., dan Sugiyarto., 2017, Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Crashing dengan Penambahan Tenaga Kerja Dan Shift Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 5 (2), 605-614.
- Badri, S., 1997, *Dasar-Dasar Network Planning*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Bangun, T.D., Irwan, H., dan Purabasari, A., 2016, Analisis Percepatan Proyek Dengan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50 Pack AWB (Studi Kasus PT. Trikarya Alam), *Profisiensi*, 4 (1), 58-67
- Frederika, A., 2010, Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa), *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14 (2), 113-126.
- Izzah, N., 2017, Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT.X. *Jurnal Rekayasa*, 10 (1), 51-58.
- Ningrum, F.G.A., dan Hartono, W., 2017, Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha), *Matriks Teknik Sipil*, 5 (2), 583-591.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor KEP.11/PRT/M/2013. Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2012 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 Tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah.
- Priyo, M., dan Aulia, M.R., 2015, Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 18 (1), 30-43.

- Priyo, M., dan Sartika, 2014, Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 17 (2), 98-105.
- Soeharto, I., 1995, *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid I Edisi Kedua* Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid II* Erlangga, Jakarta.
- Walean, D.M., dan Mandagi, R.J.M., Tjakra, J., Malingkas, G.Y., 2012, Perencanaan Dan Pengendalian Jadwal Dengan Menggunakan Program Microsoft Project 2010 (Studi Kasus: Proyek PT. Trakindo Utama), *Jurnal Sipil Statik*, 1 (1), 22-26.
- Wowor, F.N., Sompie, B.F., Walangitan, D.R.O., dan Malingkas, G.Y., 2013, Aplikasi Microsoft Project Dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek, *Jurnal Sipil Statik*, 1 (8), 543-548.

