

# Percepatan Proyek Jembatan Menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* dengan Penambahan Jam Kerja dan Jumlah Alat pada Proyek Jembatan Talilo Cs

*Acceleration of Bridge Projects Using the Time Trade Off Method with Additional Working Hours and Heavy Equipment on the Talilo Cs Bridge Project*

**Dwi Putri Brilianti, Bagus Soebandono, Mandiyo Priyo**

*Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta*

**Abstrak.** Keberhasilan suatu proyek konstruksi dipengaruhi oleh dua faktor penting, yaitu waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang dikeluarkan sedikit dengan tidak menghilangkan unsur kualitas pekerjaan yang akan dihasilkan diakhir pekerjaan. Cara umum yang dilakukan untuk menghasilkan proyek yang efektif dan efisien adalah dengan cara melakukan perbandingan 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. 3.366.607.584,37 dengan durasi sebesar 147,49 hari, untuk penambahan jam lembur selama 2 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 3.161.278.968,45 dengan durasi sebesar 73,91 hari, untuk penambahan lembur selama 3 jam biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp. 2.992.888.098,43 dengan durasi sebesar 13,98 hari, sementara untuk penambahan alat berat yang durasinya setara dengan 1 jam biaya yang harus dikeluarkan Rp. 3.355.281.001,13 dengan durasi 147,49 hari, untuk penambahan alat yang setara 2 jam biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 3.134.446.382,57 dengan durasi 73,91 hari, lalu untuk penambahan alat yang setara 3 jam didapatkan dengan biaya sebesar Rp. 2.954.553.969,61. 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 a construction project is influenced by two important factors, 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 to produce effective and efficient projects is by comparing construction costs in the addition to working hours (overtime) and adding heavy equipment, which needs to be noticed for expedited work is critical work. Systematic project management is needed to ensure the project implementation time is in accordance with the contract or faster so the costs incurred do not exceed the budgeted and avoid fines due to the delay in the completion of a project. In this case, one of the method used is the *Time Cost Trade Off* with the help of the *Microsoft Project 2010* program. The results of this study indicate that after an additional hour of overtime work for 1 hour, the cost must be Rp. 3,366,607,584.37 with a duration of 147.49 days, for additional hours of overtime for 2 hours the cost to be incurred is Rp. 3,161,278,968.45 with a duration of 73.91 days, for the addition of overtime for 3 hours the cost to be incurred is Rp. 2,992,888,098.43 with a duration of 13.98 days, while for the addition of heavy equipment whose duration is equivalent to 1 hour the cost must be spent Rp. 3,355,281,001,13 with a duration of 147.49 days, for the addition of equipment equivalent to 2 hours the cost of Rp. 3,134,446,382.57 with a duration of 73.91 days, then for the addition of tools equivalent to 3 hours it was obtained at a cost of Rp. 2,954,553,969.61. The cost of adding a tool here is more efficient than time and cost.

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

## 1. Pendahuluan

Pelaksanaan proyek konstruksi merupakan rangkaian dari kegiatan yang saling bergantung antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Dalam pelaksanaannya, proyek konstruksi melibatkan penyedia jasa (kontraktor dan konsultan) dan pemilik proyek (*owner*) yang saling terkait dalam sebuah ikatan perjanjian kerja yang disebut kontrak. Proyek konstruksi dikatakan berhasil jika penyedia jasa dapat melaksanakan pembangunan proyek sesuai waktu, biaya dan mutu yang ditetapkan dalam dokumen kontrak. Waktu dan biaya adalah dua faktor yang mempengaruhi keberhasilan atau kegagalan suatu proyek. Pengelolaan suatu proyek yang dilakukan dengan sistematis akan menghasilkan pekerjaan yang dapat selesai dengan tepat waktu bahkan bisa lebih cepat dan berdampak pada biaya yang dikeluarkan, sehingga akan memberikan keuntungan dan terhindar dari denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Dalam perencanaan proyek konstruksi, perkiraan efisiensi waktu dan biaya sangatlah penting untuk direncanakan. Dengan efisiennya waktu dan biaya maka pelaksana proyek akan mendapatkan ketepatan waktu selesainya proyek dan tentunya keuntungan yang maksimal dari proyek tersebut. Maka, untuk mendapatkan efisiensi waktu dan biaya harus membuat jaringan proyek (*network*) untuk mencari kegiatan-kegiatan apa yang kritis serta menghitung durasi proyek dan mengetahui total dari sumber daya (*resources*) yang dibutuhkan.

Dalam penelitian ini, akan dianalisis percepatan waktu proyek pada Proyek Jembatan Talilo Cs menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) 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 Konstruksi*

Menurut Rani (2016) manajemen konstruksi terdiri dari dua kata yaitu

manajemen dan konstruksi, yaitu usaha yang dilakukan melalui proses manajemen berupa perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian terhadap segala kegiatan proyek dari awal hingga akhir dengan mengalokasikan segala sumber daya secara efektif dan efisien demi tercapainya hasil yang memuaskan dan sesuai target yang diinginkan.

Soeharto (1999) manajemen konstruksi ialah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya dengan cara menggunakan sistem dan arus kegiatan perusahaan untuk mempersingkat waktu yang telah ditentukan.

Manajemen proyek menurut Soeharto (1999) memiliki beberapa tujuan diantaranya sebagai berikut:

1. Pelaksanaan yang sesuai dengan apa yang sudah ditetapkan 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.
5. Gk

Menurut Kerzner (2009) manajemen proyek terdiri atas lima prinsip penting, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan (*Planning*)
2. Pengorganisasian (*Organizing*)
3. Susunan Kepegawaian (*Staffing*)
4. Mengendalikan (*Controlling*)
5. Mengarahkan (*Directing*)

### *Network Planning*

*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (*variable*) yang digambarkan/divisualisasikan kedalam bentuk diagram *network* (Badri, 1997).

Jaringan kerja atau *network planning* adalah salah satu metode yang dapat digunakan sebagai dasar dalam penentuan urutan dan kurun waktu kegiatan proyek serta dapat dipakai untuk memperkirakan waktu penyelesaian suatu proyek secara menyeluruh, sehingga mempermudah untuk menentukan pengerjaan kegiatan yang harus didahulukan karena tidak boleh ditunda dan pekerjaan mana

yang pekerjaannya boleh ditunda, dengan demikian mendapat kejelasan akan tahap pelaksanaan pekerjaan proyek (Yana, 2009).

*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).

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 ada 2 macam 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, yang meliputi :
  - a. Biaya bahan atau material
  - b. Upah
  - c. Biaya alat
  - d. Biaya subkontraktor
  - e. Biaya upah kerja dan lain-lain
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 :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$x1$  = nilai total proyek,

$x2$  = durasi proyek,

$\varepsilon$  = *random error*, dan

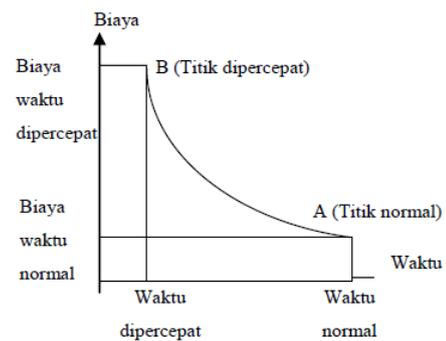
$y$  = prosentase biaya tidak langsung

Hubungan biaya langsung dan biaya tidak langsung terhadap waktu memiliki kecenderungan yang bertolak belakang. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat akan mengakibatkan peningkatan biaya langsung, tetapi terjadi penurunan biaya pada biaya tidak langsung (Sudarsana, 2008).

### Hubungan Antara Biaya dan Waktu

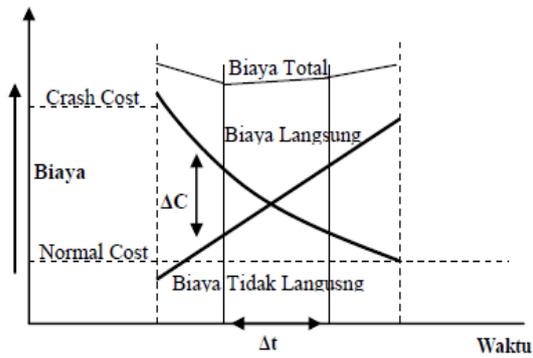
Biaya langsung akan meningkat jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat maupun diperlambat. Sedangkan biaya tidak langsung tergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek, tidak pada kuantitas pekerjaan, sehingga bila biaya tidak langsung dianggap tetap selama umur proyek, maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek. (Kareth dkk., 2012)

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 menunjukkan kondisi dipercepat, sedangkan titik A menunjukkan kondisi normal. Kurva waktu biaya merupakan garis yang menghubungkan antar titik tersebut. Dalam 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 waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara 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**

Metode yang menggunakan *arrow diagram* yang bertujuan untuk menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis adalah CPM (*Critical Path Method*) (Priyo dan Aulia, 2015).

*Critical path method* atau metode jalur kritis disebut juga dengan *activity on arrow* yaitu diagram yang terdiri dari anak panah dan lingkaran. Anak panah merupakan gambaran dari kegiatan atau aktivitas, sedangkan lingkaran merupakan gambaran dari kejadian (*event*). (Handayani dkk., 2015)

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

Menurut Ervianto (dikutip dalam eprints, 2013) penyusunan sebuah *schedule* proyek diharapkan menghasilkan *schedule* yang realistis berdasarkan estimasi yang wajar. Salah satu cara mempercepat durasi proyek adalah dengan Metode *Time Cost Trade Off*. Dengan mereduksi suatu pekerjaan yang akan berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek. *Time Cost Trade Off* adalah suatu proyek yang disengaja, sistematis dan analitik dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis.

Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian

proyek. 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

Cara tersebut dapat dilaksanakan secara kombinasi atau terpisah, misalnya dengan cara *shift* atau giliran yaitu kombinasi antara penambahan jam kerja (lembur) sekaligus dengan penambahan jumlah tenaga kerja. Dalam arti lain, pekerja pagi-sore dapat berbeda waktu pekerjaannya dengan pekerja sore-malam. Metode yang dapat digunakan dalam pengumpulan data-data :

1. Data sekunder berupa kurva S, RAB, daftar satuan upah, dan jumlah pekerja
2. Data primer berupa wawancara dengan pihak kontraktor (Kisworo dkk., 2017).

### **Produktivitas Pekerja dan Alat Berat**

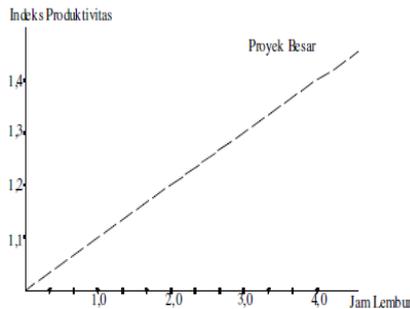
Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 11-PRT-M-2013 tentang pedoman analisis harga satuan pekerjaan bidang pekerjaan umum bahwa produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap input (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi, 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 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 selesai.

Penambahan jam kerja lembur dapat dilakukan dengan cara penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Akan tetapi, perlu diperhatikan bahwa semakin banyak penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas pekerja. Seperti yang terlihat pada Gambar 3 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 (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*

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

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

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

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

Keterangan :

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

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

### **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**

*Microsoft Project* merupakan *software* pengolah data dalam manajemen proyek, pembuatan grafik dan pencarian data. Menurut

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

*Microsoft Project* memiliki keunggulan dan keuntungan. Keunggulan *Microsoft Project*, dapat menangani perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian waktu serta biaya. Keuntungan program *Microsoft Project*, dapat melakukan penjadwalan proyek secara efektif dan efisien, memudahkan modifikasi dan penyusunan jadwal yang tepat.

### 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:

$$\text{Total denda} = \text{total waktu akibat keterlambatan} \times \text{denda per hari akibat keterlambatan}$$

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

### 3. Metode Penelitian

#### Lokasi Penelitian

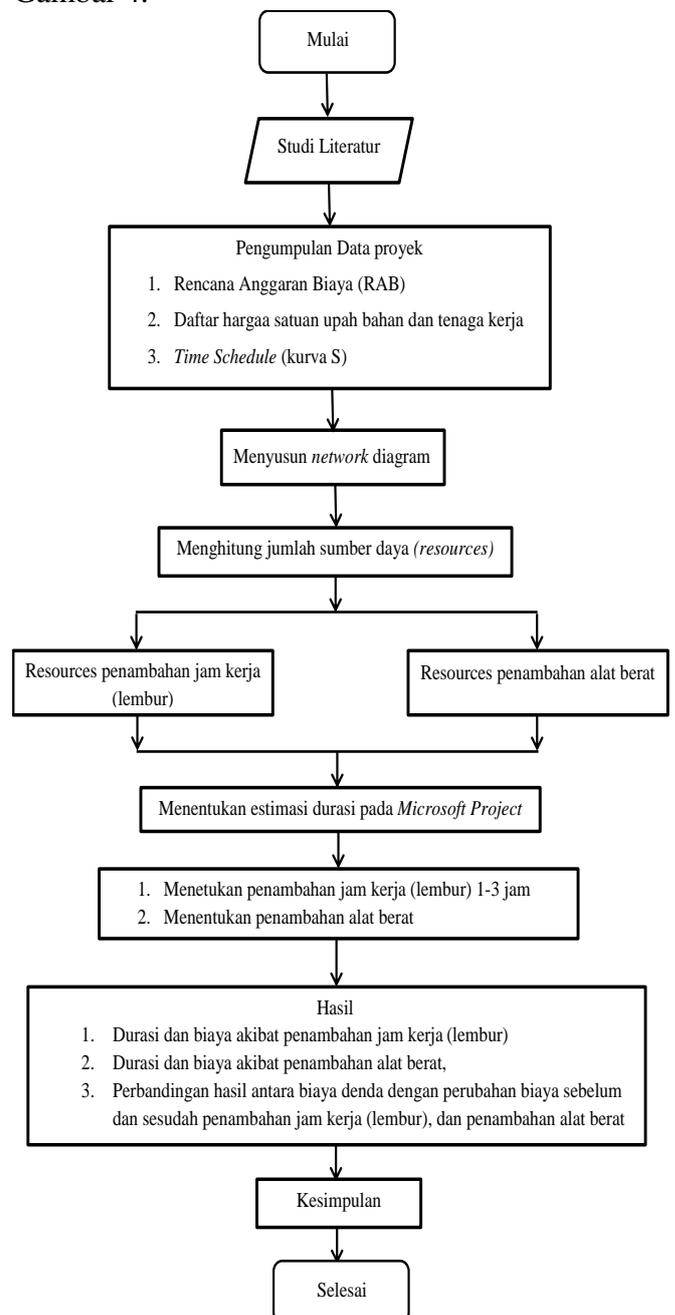
Penelitian ini dilakukan pada Proyek Jembatan Talilo Cs di ruas jalan Gorontalo Utara-Marissa. Lokasi proyek Jalan dan Jembatan berada di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Dilakukannya penelitian ini untuk menganalisis optimasi waktu dan biaya pada proyek tersebut.

#### Tahapan Penelitian

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. Variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya pada proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

a. Variabel Waktu

Data-data yang diperlukan pada variabel waktu dapat diperoleh dari kontraktor pelaksana atau dari konsultan pengawas, antara lain :

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

3. Analisa Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*, hasil penginputan data adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya analisis terfokus pada setiap kegiatan pekerja yang berada dilintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yang dibantu dengan program *Microsoft Excel 2010* untuk mempermudah analisis dan perhitungan.

4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

**Data Penelitian**

Data umum Proyek Jembatan Talilo Cs di ruas jalan Gorontalo Utara-Marissa, dengan rincian sebagai berikut :

Kontraktor Utama : PT. X  
 Konsultan Pelaksana : PT. Y  
 Nilai Proyek :Rp  
 3.632.713.086,03  
 Waktu pelaksanaan : 240 Hari kerja  
 Tanggal pekerjaan dimulai: 12 Februari 2018

**Data-Data Kegiatan Kritis**

Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal

No	Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	GSD	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	86,84
2	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar	86,84
3	GB	Galian Biasa	24,81
4	GSK24	Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	12,41
5	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	43,42
6	LPKS	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	24,81
7	LPKA	Lps. Pond. Agg. Kls. A	24,81
8	LRPAC	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	12,41
9	BMSF30L	Beton mutu sedang dengan f'c=30 MPa Pada Lantai Jembatan	12,41
10	BMSF30	Beton mutu sedang dengan f'c=30 Mpa	49,62
11	BTU39	Baja Tulangan 39 Ulir	93,04
12	DSS	Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	49,62
13	PB	Pasangan Batu	86,84
14	EJ	Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	18,61
15	PES	Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	24,81
16	PP	Patok Pengarah	43,42
17	RP	Rel Pengaman	24,81

Tabel 3 Daftar kegiatan kritis yang memiliki resource alat berat

No	Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)
1	GSD	Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	86,84
2	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar	86,84
3	GB	Galian Biasa	24,81
4	GSK24	Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	12,41
5	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	43,42
6	LPKS	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	24,81
7	LPKA	Lps. Pond. Agg. Kls. A	24,81
8	LRPAC	Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	12,41
9	BMSF30L	Beton mutu sedang dengan f'c=30 MPa Pada Lantai Jembatan	12,41
10	BMSF30	Beton mutu sedang dengan f'c=30 Mpa	49,62
11	PB	Pasangan Batu	86,84
12	PP	Patok Pengarah	43,42
13	RP	Rel Pengaman	24,81

**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 :

1. Alat Berat

Untuk *Resource Name* : Excavator  
 Biaya normal alat per jam : Rp 583.107,90  
 Biaya Operator : Rp 17.267,86  
 Biaya Pemb. Operator : Rp 11.553,57

Keterangan :

bo = Biaya operator (Rp / jam)  
 bpo = Biaya pembantu operator (Rp / jam)  
 bn = Biaya normal alat (Rp / jam)  
 Biaya lembur per jam :  
 Lembur 1 Jam (L1) = bn + 0,5 × ( bo + bpo )  
 Lembur 2 Jam (L2) = L1 + bn + 1,0 × ( bo + bpo )  
 Lembur 3 Jam (L3) = L2 + bn + 1,0 × ( bo + bpo )

2. Tenaga Kerja

Untuk *Resource Name* : Pekerja  
 Biaya normal pekerja per jam (bn) : Rp  
 11.553,57  
 Biaya lembur per jam :

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam (L1)} &= 1,5 \times \text{bn} \\ \text{Lembur 2 Jam (L2)} &= \text{L1} + 2,0 \times \text{bn} \\ \text{Lembur 3 Jam (L3)} &= \text{L1} + 2,0 \times \text{bn} \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan detail biaya normal dan biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat pada lintasan kritis yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Biaya Normal, Biaya Lembur Alat Berat dan Tenaga Kerja

Pekerja / Alat Berat	Biaya normal Per Jam (Rp)	Overtime Cost					
		Lembur 1 Jam		2 Jam		3 Jam	
		1,00	biaya per jam	2,00	biaya per jam	3,00	biaya per jam
Pekerja	11.553,57	17.330,36	17.330,36	40.437,50	20.218,75	63.544,64	21,1
mandor	12.267,86	18.401,79	18.401,79	42.937,50	21.468,75	67.473,21	22,4
Tukang	14.410,71	21.616,07	21.616,07	50.437,50	25.218,75	79.258,93	26,4
Excavator	583.107,90	597.518,61	597.518,61	1.209.447,94	604.723,97	1.821.377,27	607,1
Dump Truck	269.932,38	280.343,09	280.343,09	575.096,90	287.548,45	869.850,71	289,9
Conc. Mixer	166.340,79	180.751,50	180.751,50	375.913,71	187.956,86	571.075,93	190,3
Bulldozer	658.229,73	672.640,44	672.640,44	1.359.691,60	679.845,80	2.046.742,76	682,2
Motor Grader	634.533,22	648.943,93	648.943,93	1.312.298,58	656.149,29	1.975.653,23	658,5
Vibro Roller	390.097,61	404.508,32	404.508,32	823.427,36	411.713,68	1.242.346,40	414,1
Water Tank Truck	239.947,11	254.357,82	254.357,82	523.126,36	261.563,18	791.894,90	263,9
Wheel Loader	642.114,53	656.525,25	656.525,25	1.327.461,21	663.730,61	1.998.397,17	666,1
Tandem	563.004,16	577.414,87	577.414,87	1.169.240,46	584.620,23	1.761.066,05	587,0
Asp. Distributor	380.418,00	394.828,72	394.828,72	804.068,15	402.034,08	1.213.307,59	404,4
Compressor	166.116,90	180.527,62	180.527,62	375.465,95	187.732,98	570.404,28	190,1
AMP	5.687.798,34	5.702.209,05	5.702.209,05	11.418.828,82	5.709.414,41	17.135.448,59	5.711,8
Genset	412.914,91	427.325,63	427.325,63	869.061,97	434.530,99	1.310.798,31	436,9
Asp. Finisher	896.067,01	910.477,72	910.477,72	1.835.366,16	917.683,08	2.760.254,60	920,0
P. Tyre Roller	420.521,41	434.932,12	434.932,12	884.274,96	442.137,48	1.333.617,80	444,5
Pan. Mixer	496.448,86	510.859,57	510.859,57	1.036.129,86	518.064,93	1.561.400,14	520,4
Truk Mixer	621.868,52	636.279,24	636.279,24	1.286.969,19	643.484,59	1.937.659,14	645,8
Con. Vibrator	43.537,62	57.948,34	57.948,34	130.307,39	65.153,69	202.666,44	67,5
Crane 1	442.058,75	456.469,47	456.469,47	927.349,65	463.674,82	1.398.229,83	466,0
Crane 2	423.008,75	437.419,46	437.419,46	889.249,64	444.624,82	1.341.079,82	447,0
Alat Bantu 1	250.000,00	264.410,71	264.410,71	543.232,14	271.616,07	822.053,57	274,0
Alat Bantu 2	100,00	14.510,71	14.510,71	43.432,14	21.716,07	72.353,57	24,1
Alat Bantu 3	10000	24.410,71	24.410,71	63.232,14	31.616,07	102.053,57	34,0
Jack Hammer	36729.98889	51.140,70	51.140,70	116.692,12	58.346,06	182.243,54	60,7
Flat Bed Truck	459628.6216	474.039,34	474.039,34	962.489,39	481.244,69	1.450.939,44	483,6

### 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.

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Volume pekerjaan : 98,43 m<sup>3</sup>

Durasi normal : 28 Hari (dengan jam kerja 7 jam/hari)

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas perhari} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} \\ &= \frac{98,43}{28} \\ &= 3,52 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas normal} &= \frac{\text{produktivitas perhari}}{\text{jam kerja perhari}} \\ &= \frac{3,52}{7} \\ &= 0,5 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} Dp \text{ 1 jam} &= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)} \\ &= \frac{98,43 \text{ m}^3}{(0,004 \times 117,71 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 117,71 \times 0,004)} \\ &= 24,81 \text{ hari} \end{aligned}$$

Maksimal Crashing = Durasi normal – Durasi percepatan

$$= 28 \text{ Hari} - 24,81 \text{ Hari}$$

$$= 3,19 \text{ Hari}$$

Hasil dari perhitungan drasi Crashing, manual diatas sesuai dengan hasil perhitungan pada *Microsoft Project 2010*. Hasil pengolahan data dari *Microsoft Project 2010* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan durasi crashing *Microsoft Project 2010*

Kegiatan	Normal	Durasi		
		Lembur 1 Jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran Air	98	86.84	77.95	70.72
Pasangan Batu dengan Mortar	98	86.84	77.95	70.72
Galian Biasa	28	24.81	22.27	20.21
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	14	12.41	11.14	10.10
Penyiapan Badan Jalan	49	43.42	38.98	35.36
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	28	24.81	22.27	20.21
Lps. Pond. Agg. Kls. A	28	24.81	22.27	20.21
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	14	12.41	11.14	10.10
Beton mutu sedang dengan f'c = 30 MPa Pada Lantai Jembatan	14	12.41	11.14	10.10
Beton mutu sedang dengan f'c = 30 Mpa	56	49.62	44.55	40.41
Baja Tulangan 39 Uilir	105	93.04	83.52	75.77
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	56	49.62	44.55	40.41
Pasangan Batu	98	86.84	77.95	70.72
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	21	18.61	16.70	15.15
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	28	24.81	22.27	20.21
Patok Pengarah	49	43.42	38.98	35.36
Rel Pengaman	28	24.81	22.27	20.21

### Analisis Biaya Percepatan

Berikut salah satu contoh analisis biaya percepatan :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Volume pekerjaan: 98,43 m<sup>3</sup>

Durasi pekerjaan : 28 Hari ( dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari )

Biaya total resource (Btr) :

$$\begin{aligned} Btr &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Agregat S} \\ &= (\text{Rp. } 103.901,14 / \text{hari} \times 28 \text{ hari}) + \text{Rp. } 26.861.151,26 \\ &= \text{Rp. } 29.770.383,18 \end{aligned}$$

Total biaya percepatan (Tbp) :

$$Tbp = (Tbrh \times \text{durasi percepatan}) + \text{Bahan}$$

Hasil analisis biaya percepatan dari semua item pekerjaan sesuai dengan hasil perhitungan pada *Microsoft Project 2010* dapat dilihat pada Tabel 6 dengan waktu lembur 1 jam, Tabel 7 dengan waktu lembur 2 jam, Tabel 8 dengan waktu lembur 3 jam.

Tabel 6 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 1 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal	Lembur 1 ja
Galian untuk Selokan Drainase dan Sahuran Air	Rp17.628.688.30	Rp17.977.9
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp143.553.726.72	Rp143.823.2
Galian Biasa	Rp161.768.133.20	Rp164.920.7
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp10.081.084.17	Rp10.121.7
Penyiapan Badan Jalan	Rp138.712.27	Rp141.5
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp29.770.074.59	Rp29.827.1
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp184.082.451.01	Rp185.326.3
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp25.293.185.73	Rp25.299.2
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp61.586.067.52	Rp61.659.2
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ Mpa	Rp299.415.958.75	Rp299.771.6
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp558.124.679.16	Rp562.695.0
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp114.571.417.60	Rp114.808.8
Pasangan Batu	Rp50.596.384.71	Rp51.314.4
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp1.692.500.00	Rp1.821.0
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp26.275.625.00	Rp26.372.5
Patok Pengarah	Rp2.991.455.08	Rp3.014.1
Rel Pengaman	Rp8.087.602.51	Rp8.219.1

Tabel 7 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 2 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal	Lembur 2 jam
Galian untuk Selokan Drainase dan Sahuran Air	Rp17.628.688.30	Rp18.369.100.28
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp143.553.726.72	Rp144.216.977.12
Galian Biasa	Rp161.768.133.20	Rp168.420.502.31
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp10.081.084.17	Rp10.167.077.32
Penyiapan Badan Jalan	Rp138.712.27	Rp144.647.80
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp29.770.074.59	Rp29.890.867.58
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp184.082.451.01	Rp186.703.930.70
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp25.293.185.73	Rp25.307.280.05
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp61.586.067.52	Rp61.740.803.01
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ Mpa	Rp299.415.958.75	Rp300.168.243.75
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp558.124.679.16	Rp569.749.655.49
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp114.571.417.60	Rp115.175.274.98
Pasangan Batu	Rp50.596.384.71	Rp52.412.992.74
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp1.692.500.00	Rp2.019.460.23
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp26.275.625.00	Rp26.522.052.56
Patok Pengarah	Rp2.991.455.08	Rp3.046.179.12
Rel Pengaman	Rp8.087.602.51	Rp8.402.834.84

Tabel 8 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 3 jam

Uraian Pekerjaan	Biaya	
	Normal	Lembur 3 jam
Galian untuk Selokan Drainase dan Sahuran Air	Rp17.628.688.30	Rp18.687.631.8
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp143.553.726.72	Rp144.537.680.9
Galian Biasa	Rp161.768.133.20	Rp171.270.793.9
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp10.081.084.17	Rp10.204.017.8
Penyiapan Badan Jalan	Rp138.712.27	Rp147.210.2
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp29.770.074.59	Rp29.942.720.6
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp184.082.451.01	Rp187.825.862.8
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp25.293.185.73	Rp25.313.822.2
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp61.586.067.52	Rp61.807.239.4
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ Mpa	Rp299.415.958.75	Rp300.491.240.7
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp558.124.679.16	Rp575.495.171.3
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp114.571.417.60	Rp115.473.724.8
Pasangan Batu	Rp50.596.384.71	Rp53.307.659.5
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp1.692.500.00	Rp2.181.056.7
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp26.275.625.00	Rp26.643.846.6
Patok Pengarah	Rp2.991.455.08	Rp3.072.296.1
Rel Pengaman	Rp8.087.602.51	Rp8.552.467.9

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

Berikut ini sebagai contoh perhitungan analisis *cost variance* diambil salah satu item pekerjaan dengan kode LPAKS :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Biaya Normal : Rp 29.777.197,28

Biaya Percepatan :

Lembur 1 jam = Rp 29.829.592,22

Lembur 2 jam = Rp 29.895.878,03

Lembur 3 jam = Rp 29.943.239,62

Selisih Biaya :

Selisih Biaya = Biaya Percepatan – Biaya Normal

Untuk hasil dari analisis *cost variance* dari seluruh item pekerjaan dengan menggunakan *Microsoft Project 2010* dapat dilihat pada Tabel 9 - Tabel 11 adalah sebagai berikut :

Tabel 9 Hasil *cost variance* pada dengan waktu 1 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian untuk Selokan Drainase dan Sahuran Air	Rp356.558.44
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp266.400.62
Galian Biasa	Rp3.147.843.80
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp38.922.62
Penyiapan Badan Jalan	Rp20.778.59
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp52.394.94
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp1.242.530.81
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp9.436.57
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp68.375.15
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ Mpa	Rp363.149.41
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp4.577.108.30
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp232.489.50
Pasangan Batu	Rp719.621.63
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp134.917.03
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp97.928.26
Patok Pengarah	Rp31.239.02
Rel Pengaman	Rp125.295.33

Tabel 10 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 2 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian untuk Selokan Drainase dan Sahuran Air	Rp750.183.42
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp660.977.75
Galian Biasa	Rp6.666.793.48
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp86.192.60
Penyiapan Badan Jalan	Rp24.070.34
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp118.680.75
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp2.627.444.03
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp20.994.50
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp155.424.02
Beton mutu sedang dengan $f_c' = 30$ Mpa	Rp764.488.77
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp11.642.577.22
Dinding Sumuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp601.222.84
Pasangan Batu	Rp1.850.121.95
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp333.141.34
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp265.302.12
Patok Pengarah	Rp72.625.66
Rel Pengaman	Rp326.751.70

Tabel 11 Hasil *cost slope* pada dengan waktu 3 jam

Uraian Pekerjaan	Selisih Biaya
Galian untuk Selokan Drainase dan Saharan Air	Rp1.069.628.
Pasangan Batu dengan Mortar	Rp981.322.
Galian Biasa	Rp9.507.160.
Galian Struktur dengan kedalaman 2 - 4 meter	Rp134.765.
Penyiapan Badan Jalan	Rp28.259.
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	Rp166.042.
Lps. Pond. Agg. Kls. A	Rp3.750.468.
Lapis Resap Pengikat - Aspal Cair	Rp26.893.
Beton mutu sedang dengan $f_c'=30$ MPa Pada Lantai Jembatan	Rp226.508.
Beton mutu sedang dengan $f_c'=30$ Mpa	Rp1.084.065.
Baja Tulangan 39 Ulir	Rp17.380.220.
Dinding Stunuran Silinder terpasang , diameter 3000 cm	Rp905.306.
Pasangan Batu	Rp2.721.969.
Expansion Joint Tipe Asphaltic Plug Fixed	Rp496.117.
Perletakan Elastomer Sintetis ukuran 350 x 500 x 40	Rp373.298.
Patok Pengarah	Rp98.811.
Rel Pengaman	Rp460.736.

### 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 :

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

dengan :

$x_1$  = Nilai total proyek

$x_2$  = Durasi proyek

$\varepsilon$  = *random error*

$y$  = Prosentase biaya tak langsung

Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x_1 = \text{Rp } 3.632.713.086,03$$

$$x_2 = 240 \text{ hari}$$

$$\varepsilon = \text{random error}$$

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

$$y = -0,95 - 4,888 \left( \ln \left( \frac{3.632.713.086,03}{-0,21} \right) - \ln(240) \right) + \varepsilon$$

$$y = 19,825 \%$$

Biaya tidak langsung

$$= y \times x_1$$

$$= 19,825 \% \times \text{Rp. } 3.632.713.086,03$$

$$= \text{Rp. } 720.185.512,09$$

### Analisis Biaya Langsung

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

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

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung} \\ &= \text{Rp } 3.632.713.086,03 - \text{Rp } 720.185.512,09 \\ &= \text{Rp. } 2.912.527.573,94 \end{aligned}$$

### Analisis Biaya Total

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

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung} \\ &= \text{Rp } 2.912.527.573,94 + \text{Rp } 720.185.512,09 \\ &= \text{Rp. } 3.632.713.086,03 \end{aligned}$$

### Analisis Biaya Penambahan Alat

#### Kondisi Normal

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Volume pekerjaan: 98,43 m<sup>3</sup>

Durasi pekerjaan : 28 Hari ( dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari )

Kebutuhan *resource* (kr) :

Pekerja = 0,030 orang/jam

Mandor = 0,004 orang/jam

Agregat S = 123,88 m<sup>3</sup>

Wheel Loader = 0,004 unit/jam

Dump Truk = 0,027 unit/jam

Motor Grader = 0,002 unit/jam

Tandem Roller = 0,003 unit/jam

Water Tanker = 0,007 unit/jam

Biaya *resource* (Brj) :

Pekerja = Rp 11.553,57 /jam

Mandor = Rp 12.267,86 /jam

Agregat S = Rp 216.823,43 /Kg

Wheel Loader = Rp 642.114,53 /jam

Dump Truk = Rp 265.932,38 /jam

Motor Grader = Rp 634.533,22 /jam

Tandem Roller = Rp 563.004,16 /jam

Water Tanker = Rp 239.947,11 /jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :  $= y \times x_1$

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

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Brh Pekerja} &= 7 \times 0,030 \times 11.553,57 \\ &= \text{Rp. } 2.426,25 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Mandor} &= 7 \times 0,004 \times 12.267,86 \\ &= \text{Rp. } 366,36 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Wheel Loader} &= 7 \times 0,004 \times 642.114,53 \\ &= \text{Rp. } 19.175,94 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Dump Truk} &= 7 \times 0,027 \times 265.932,38 \\ &= \text{Rp. } 49.977,05 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Motor Grader} &= 7 \times 0,002 \times 634.533,22 \\ &= \text{Rp. } 9.501,2 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\text{Brh Tandem Roller} = 7 \times 0,003 \times 563.004,16 \\ = \text{Rp. } 10.597,92 / \text{hari}$$

$$\text{Brh Water Tanker} = 7 \times 0,007 \times 239.947,11 \\ = \text{Rp. } 11.856,42 / \text{hari}$$

Biaya normal total *resource* harian (Btrh) :

$$\text{Btrh} = \Sigma \text{Brh}$$

= (Pekerja + Mandor + Mandor + *Wheel*

*Loader + Dump Truk + Motor Grader + Tandem Roller + Water Tanker)*

$$= 2.426,25 + 366,36 + 19.175,94 + 49.977,05$$

$$+ 9.501,2 + 10.597,92 + 11.856,42$$

$$= \text{Rp. } 103.901,14 / \text{hari}$$

Analisa perhitungan biaya material atau bahan sebagai berikut :

Biaya total *resource* = Harga satuan × volume

$$\text{Agregat S} = \text{Rp } 272.895,98 \times 98,43 \text{ m}^3 \\ = \text{Rp } 26.861.151,26$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\text{Btr} = (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Agregat S}$$

$$= (\text{Rp. } 103.901,14 / \text{hari} \times 28 \text{ hari}) +$$

$$\text{Rp. } 26.861.151,26$$

$$= \text{Rp. } 29.770.383,18$$

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

Untuk perbedaan biaya total antara penambahan waktu jam lembur dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja dapat dilihat dalam Tabel 12, Tabel 13 dan Tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 12 Perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan alat 1 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSD	98	86.8354	3.599.231.066.89	3.599.206.158.76
PBM	98	86.8354	3.565.758.720.26	3.565.702.359.73
GB	28	24.8101	3.556.196.245.17	3.556.126.218.54
GSK24	14	12.4051	3.551.462.597.15	3.551.340.969.62
PBJ	49	43.4177	3.534.748.871.27	3.534.593.887.06
LPKS	28	24.8101	3.525.441.962.52	3.525.022.994.37
LPKA	28	24.8101	3.515.967.901.88	3.515.456.390.69
LRPAC	14	12.4051	3.511.535.740.16	3.510.672.771.53
BMSF30I	14	12.4051	3.506.982.343.60	3.505.897.446.24
BMSF30	56	49.6203	3.487.965.310.04	3.486.765.229.42
BTU39	105	93.038	3.452.137.535.66	3.450.873.466.13
DSS	56	49.6203	3.433.122.955.70	3.431.754.933.20
PB	98	86.8354	3.399.983.176.21	3.398.256.647.66
EJ	21	18.6076	3.393.523.292.83	3.391.109.301.38
PES	28	24.8101	3.388.524.635.33	3.381.565.611.07
PP	49	43.4177	3.373.015.918.24	3.364.833.060.31
RP	28	24.8101	3.366.588.872.92	3.355.281.001.13

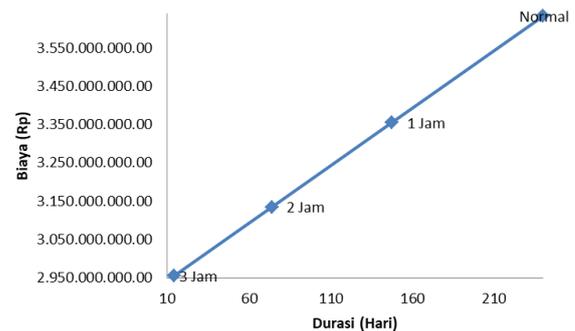
Tabel 13 Perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan alat 2 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSD	98	77.9545	3.572.584.271.59	3.572.523.708.74
PBM	98	77.9545	3.512.449.619.48	3.512.367.848.63
GB	28	22.2727	3.495.325.761.18	3.495.180.164.91
GSK24	14	11.1364	3.486.845.639.59	3.486.585.958.49
PBJ	49	38.9773	3.456.853.713.91	3.456.509.903.33
LPKS	28	22.2727	3.440.324.906.76	3.439.324.354.14
LPKA	28	22.2727	3.423.886.698.70	3.422.142.384.46
LRPAC	14	11.1364	3.415.540.138.59	3.413.550.482.51
BMSF30I	14	11.1364	3.407.096.542.38	3.404.962.652.80
BMSF30	56	44.5455	3.373.035.005.58	3.370.592.668.61
BTU39	105	83.5227	3.308.914.746.85	3.306.147.597.11
DSS	56	44.5455	3.275.141.919.20	3.271.787.668.47
PB	98	77.9545	3.215.749.309.80	3.211.640.386.36
EJ	21	16.7045	3.204.677.322.21	3.198.795.148.54
PES	28	22.2727	3.190.110.024.26	3.181.622.660.40
PP	49	38.9773	3.171.662.636.21	3.151.590.624.68
RP	28	22.2727	3.161.120.812.63	3.134.446.382.57

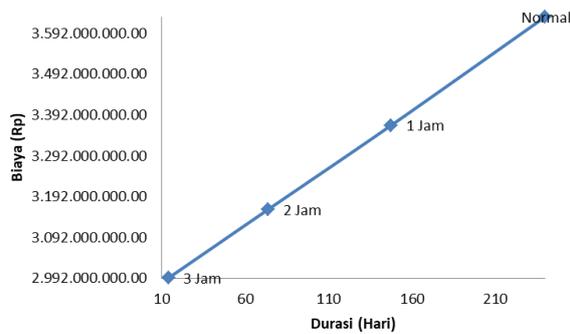
Tabel 14 Perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan alat 3 jam

Kode	Durasi (Hari)		Total Biaya (Rp)	
	Normal	Crash	Penambahan Jam Kerja	Penambahan Alat
GSD	98	70.7216	3.550.882.750.91	3.550.817.889.73
PBM	98	70.7216	3.469.050.441.08	3.468.958.772.00
GB	28	20.2062	3.445.751.667.39	3.445.567.018.89
GSK24	14	10.1031	3.434.223.445.26	3.433.872.375.73
PBJ	49	35.3608	3.393.415.746.21	3.392.939.890.53
LPKS	28	20.2062	3.371.007.054.53	3.369.553.142.08
LPKA	28	20.2062	3.348.685.562.51	3.346.166.290.54
LRPAC	14	10.1031	3.337.361.108.36	3.334.476.388.54
BMSF30I	14	10.1031	3.325.881.253.73	3.322.783.897.67
BMSF30	56	40.4124	3.280.003.805.71	3.276.025.514.42
BTU39	105	75.7732	3.192.761.235.89	3.188.325.677.93
DSS	56	40.4124	3.147.068.883.05	3.141.563.264.92
PB	98	70.7216	3.065.702.187.42	3.059.712.527.42
EJ	21	15.1546	3.050.872.383.37	3.042.199.806.40
PES	28	20.2062	3.031.226.680.90	3.018.826.769.74
PP	49	35.3608	3.006.673.893.37	2.977.913.731.77
RP	28	20.2062	2.992.781.189.75	2.954.553.969.61

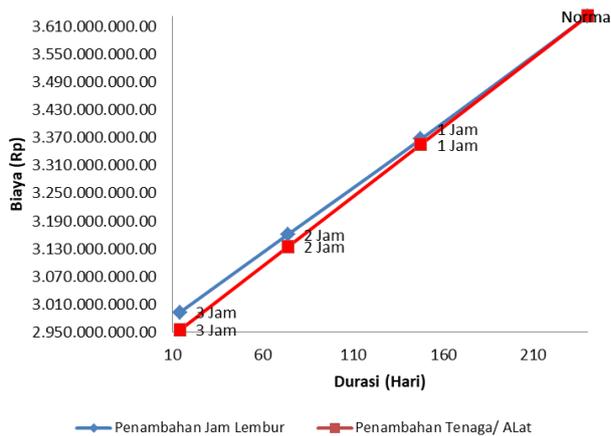
Berdasarkan penerapan metode *time cost trade off* antara penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan perbandingan yang dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7 sebagai berikut.



Gambar 5 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan alat



Gambar 6 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam kerja



Gambar 7 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 dibawah ini salah satu contoh perhitungan biaya denda untuk pekerjaan kode LPKS :

$$\begin{aligned} \text{Total hari keterlambatan} &= 3,19 \text{ hari} \\ \text{Biaya total proyek} &= \text{Rp } 3.632.713.086,03 \\ \text{Total denda} &= 3,19 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp } 3.632.713.086,03 \\ &= \text{Rp } 11.587.894,91 \end{aligned}$$

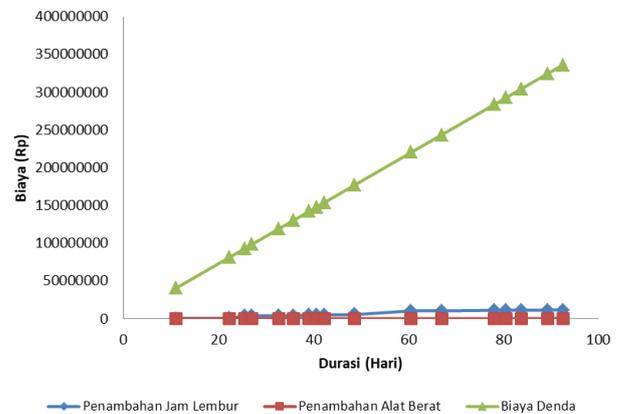
### Perbandingan Antara Penambahan Jam Kerja dengan Alat Berat

Pada tabel 15 dan Gambar 8 dapat dilihat merupakan hasil penambahan biaya dari penambahan alat serta waktu lembur. Kemudian dapat dibandingkan antara durasi

percepatan dan biaya totalnya serta dengan denda apabila proyek mengalami keterlambatan dari jadwal perencanaan.

Tabel 13 Perbandingan Penambahan biaya akibat penambahan jam kerja 1 jam, penambahan alat berat, dan biaya denda.

Kode	Durasi	Selisih Biaya		Denda (Kumulatif)
		Penambahan Jam Lembur (Rp)	Penambahan Alat Berat (Rp)	
GSD	86.84	353.881.24	25.638.91	Rp 40.557.632.18
PBM	86.84	265.177.17	5.482.24	Rp 81.115.264.35
GB	24.81	3.145.040.60	2.423.79	Rp 92.703.159.26
GSK24	12.41	37.424.48	4.015.18	Rp 98.497.106.71
PBJ	43.42	20.281.58	28.395.61	Rp 118.775.922.80
LPKS	24.81	52.394.94	20.026.74	Rp 130.363.817.71
LPKA	24.81	1.242.433.27	18.599.60	Rp 141.951.712.61
LRPAC	12.41	9.610.83	3.558.91	Rp 147.745.660.07
BMSF30L	12.41	67.547.82	(1.498.31)	Rp 153.539.607.52
BMSF30	49.62	362.521.23	31.718.16	Rp 176.715.397.34
BTU39	93.04	4.573.428.42	4.067.80	Rp 220.170.003.24
DSS	49.62	232.646.40	(4.055.26)	Rp 243.345.793.05
PB	86.84	719.181.06	10.717.67	Rp 283.903.425.23
EJ	18.61	129.591.88	794.04	Rp 292.594.346.41
PES	24.81	98.025.28	1.193.23	Rp 304.182.241.32
PP	43.42	29.954.09	11.955.02	Rp 324.461.057.41
RP	24.81	127.138.28	(4.626.56)	Rp 336.048.952.31



Gambar 8 Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Alat Berat/ Tenaga Kerja, dan Denda Pada Lembur 1 Jam

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan data dan hasil analisis serta pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Jembatan Talilo Cs di ruas jalan Gorontalo Utara-Marissa didapatkan hasil kesimpulan, sebagai berikut :

- 1) Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi normal 240 hari dengan biaya sebesar Rp 3.632.713.086,03.
- 2) Setelah dilakukan penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 147,49 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 3.366.607.584,37. Selanjutnya, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 73,91 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 3.161.278.968,45. Kemudian pada

- penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* sebesar 13,98 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 2.992.888.098,43.
- 3) Waktu dan biaya akibat penambahan alat berat 1 jam didapatkan pada umur proyek 147,49 hari kerja dengan total biaya sebesar Rp. 3.355.281.001,13. Untuk penambahan tenaga kerja 2 jam didapatkan pada umur proyek 73,91 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 3.134.446.382,57. Untuk penambahan tenaga kerja 3 jam pada umur proyek 13,98 dengan total biaya sebesar Rp. 2.954.553.969,61.
  - 4) Pada penambahan alat berat dengan durasi sama seperti penambahan jam kerja yaitu untuk durasi jam kerja lembur selama 1 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 147,49 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.355.281.001,13, selanjutnya untuk penambahan alat berat dengan jam kerja lembur selama 2 jam didapatkan durasi *crashing* 73,91 hari dengan biaya sebesar Rp. 3.134.446.382,57, kemudian pada penambahan alat berat dengan jam kerja lembur selama 3 jam didapatkan durasi *crashing* sebesar 13,98 hari dengan biaya sebesar Rp. 2.954.553.969,61.
  - 5) Biaya setelah dilakukannya percepatan dengan penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat didapatkan bahwa, percepatan penambahan alat 3 jam dengan durasi *crashing* sebesar 13,98 hari dengan biaya sebesar Rp.2.954.553.969,61 lebih efisien dan lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan jam kerja lembur. Selain itu jika dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek tersebut mengalami keterlambatan pelaksanaan yang akan dikenakan denda, penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat jauh lebih murah.

## 6. Daftar Pustaka

- 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.
- Arvianto, R., Handayani, F.S., Setiono., 2017, Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 69-70.
- Badri, Sofwan., 1997. *Dasar-Dasar Network Planning*, Jakarta : Rineka Cipta.
- Bangun, T.D., Irwan, H., dan Purabasari, A., 2016, Analisis Percepatan Proyek Dengan Critical Path Method Pada Proyek Pembangunan Ruang Akomodasi 50Pack AWB (Studi Kasus PT. Trikarya Alam), *Jurnal Profisiensi*, 4 (1), 58-67
- Eprints repository software.2000-2012: The School of Electronics and Computer Science at the University of Southampton, England. eprints repository <http://eprints.ung.ac.id/4243/6/2013-1-22201-511407073-bab2-29072013100120.pdf> (accessed Maret 20, 2019)
- Frederika, Ariany. 2010. Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Fakultas Teknik*, Universitas Udayana, Denpasar.
- Handayani, E., Iskandar, D., 2015, Penerapan Manajemen Waktu Menggunakan Network Planning (CPM) pada Proyek Konstruksi Jalan (Studi Kasus Peningkatan Jalan Sp. Berembang – Sp. Jambi Kecil), *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, Vol. 15 No. 1.
- 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.
- Kareth, M., Tarore, H., Tjakra, J., Walangitan, D.R.O., 2012, Analisis Optimalisasi Waktu dan Biaya dengan Program Primavera 6.0 (Studi Kasus: Proyek Perumahan Puri Kelapa Gading), *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1 No. 1, November 2012 (23-59).
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia

- Nomor KEP.102/MEN/VI/2004. Tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Kerzner, Harold. 2009. "A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling". The International Institute For Learning New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Khair, M., 2013, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta.
- Kisworo, Rizky W., Handayani, F.S., Sunarmasto, 2017. Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 766-776
- Novitasari, Vien. 2014. *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- 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 Sumanto, Adi, 2016, Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off: Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendalian Banjir, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 19 (1), 1-15.
- 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 Teknik*, 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.
- Rani, Hafnidar A., 2016, *Manajemen Proyek Konstruksi*, Budi Utama, Yogyakarta.
- Samudra, Muhammad Alfian, 2018. *Efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi dengan metode crashing pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pandaan-Malang Zona 1*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta.
- Soeharto, I., 1995, *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1995, *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Jilid II Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional* Jilid II Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*, Jilid I Edisi Kedua Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional* Jilid I Edisi Kedua Erlangga, Jakarta.
- Sudarsana, D.K. 2008, Pengendalian Biaya Dan Jadwal Terpadu Pada Proyek Konstruksi, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 12, No. 2, Juli 2008.
- Syahputra, Hendro. 2017. *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) pada Proyek Konstruksi*, Tugas Akhir, Teknik Sipil : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Wibowo, Dono Wahyu, 2016. *Analisis Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*, Tugas Akhir, Teknik Sipil:

Universitas Muhammadiyah  
Yogyakarta.

- 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.
- Yana, A.A. Gde Agung. 2009, *Pengaruh Jam Kerja Lembur Terhadap Biaya Pecepatan Proyek dengan Time Cost Trade Off Analysis (Studi Kasus: Proyek Rehabilitasi Ruangan Pertemuan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Bali)*, Konferensi Nasional Teknik Sipil 3 (KoNTekS 3): Jakarta.