

# Efisiensi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Dengan Metode Crashing pada Proyek Pembangunan Jembatan Pabelan di Ruas Jalan Mendut-Tanjungjapuan

*Efficiency of Cost and Time of Construction Project Implementation with Crashing Method on Mendut-Tanjungjapuan Bridge Construction Project*

**Faishal Rachman Arief, Mandyo Priyo**

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

**Abstrak.** Keberhasilan penyelesaian suatu proyek sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor tertentu, diantaranya adalah waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang dikeluarkan rendah namun tidak mengabaikan unsur kualitas pekerjaan yang akan dihasilkan di akhir proyek. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menghasilkan proyek yang efektif dan efisien adalah dengan cara melakukan pembandingan biaya konstruksi pada penambahan jam kerja dan penambahan kuantiti alat berat, memilih pekerjaan kritis yang dipercepat adalah opsi yang sangat penting untuk mengetahui biaya dan waktu optimal jika dilakukan percepatan pekerjaan. Pengelolaan proyek secara tertata dan sistematis diperlukan untuk memastikan waktu penyelesaian pekerjaan proyek sesuai dengan kontrak atau lebih cepat agar tidak melebihi dari yang di anggarakan dan menghindari denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek. Dalam kasus ini metode yang digunakan adalah metode *Time Cost Trade Off* dengan bantuan program *Microsoft Project*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa biaya setelah dilakukannya perhitungan percepatan dengan penambahan jam kerja dan penambahan alat didapatkan bahwasannya, percepatan penambahan alat selama 3 jam dengan durasi *crashing* sebesar 85.70 hari dengan biaya senilai Rp. 5,484,678,214.67 lebih efisien dan lebih murah jika dibandingkan dengan penambahan jam kerja serta juga lebih murah dari biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek tersebut mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan tersebut.

Kata kunci : *Microsoft Project 2019, Time Cost Trade Off, Penambahan Alat Berat, Penambahan Jam Lembur, Teknik Sipil.*

**Abstract.** *The successful completion of a project is strongly influenced by certain factors, including short completion times and low costs but does not neglect the quality of work that will be produced at the end of the project. One way that can be done to produce an effective and efficient project is by comparing construction costs to additional working hours and increasing the quantity of heavy equipment, choosing accelerated critical jobs is a very important option to know the optimal cost and time if accelerating the job. Arranged and systematic project management is needed to ensure the time of completion of project work in accordance with the contract or faster so as not to exceed the budgeted and avoid penalties due to late completion of the project. In this case the method used is the Time Cost Trade Off method with the help of the Microsoft Project program. The results of this study show that the cost after the acceleration calculation with the addition of working hours and the addition of tools is that the acceleration of the addition of equipment for 3 hours with a crashing duration of 85.70 days with a cost of Rp. 5,484,678,214.67 is more efficient and cheaper compared to the addition of working hours and also cheaper than the costs that must be incurred if the project experiences a delay in the completion of the work*

*Keywords: Microsoft Project 2019, Time Cost Trade Off, Addition of Heavy Equipment, additional Hours Overtime, Civil Engineering*

## 1. Pendahuluan

Keberhasilan suatu proyek dipengaruhi oleh 2 faktor antara lain adalah waktu dan biaya. Hal tersebut menjadi salah satu faktor yang menjadi tolak ukur akan keberhasilan suatu proyek. Waktu pada suatu proyek

meliputi durasi penyelesaian pekerjaan yang akan mempengaruhi biaya yang dikeluarkan dan harus dapat memenuhi mutu yang telah direncanakan. Suatu proyek yang dikelola secara sistematis akan memberikan efisiensi biaya dan menghindari keterlambatan pekerjaan.

*Time Cost Trade Off* (TCTO) atau pertukaran waktu dan biaya merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu dan pelaksanaan pada proyek. Variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (cost) mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu perencanaan (Priyo & Sarwidi, 2017)

Dalam penelitian ini, percepatan waktu proyek pada pelaksanaan pembangunan jembatan Pabelan di ruas jalan Mendut-Tanjungjapuran dianalisis menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) dengan variabel waktu dan biaya yang diambil dari rancangan anggaran biaya (RAB) dan *time schedule* pada proyek tersebut.

Frederika (2010) melakukan penelitian mengenai pembangunan Super Villa dengan metode *Time Cost Trade Off Analysis* memperoleh biaya optimum pada penambahan 1 jam kerja dapat mengurangi biaya sebesar Rp.784.101,16 dari biaya total normal sebesar Rp.2.886.283.000,- dengan meminimalisir waktu dari 284 hari menjadi 276 hari.

Ardika, dkk, (2014) melakukan penelitian pada proyek pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road II A pada minggu ke-24 memperoleh waktu penyelesaian proyek selama 562,34 hari bahwa keterlambatan selama 52,34 hari dari perencanaan 510 hari dan perkiraan total biaya sebesar Rp.350.147.243.076,54, lebih besar daripada anggaran kontraktor sebesar Rp.309.870.356.826,84. Kemudian dari hasil analisis *time cost trade off* dengan menambahkan 4 jam kerja per hari, memperoleh pengurangan durasi sebesar 5 minggu (35 hari) menjadi 68 minggu (476 hari) dengan perubahan total biaya akibat penambahan jam kerja dari biaya semula sebesar Rp.309.870.356.826,84 menjadi Rp 311.854.684.527,07 dan menyebabkan kenaikan biaya langsung dari biaya semula Rp.303.672.949.690,30 menjadi sebesar Rp.306.081.209.386,18 serta *variable cost* mengalami pengurangan dari Rp.6.189.407.136,54 menjadi Rp.5.765.475.140,89.

Chusairi (2015) melakukan penelitian analisis *time cost trade off* (TCTO) dengan alternatif percepatan jam kerja, maka didapatkan durasi optimum selama 291 hari dengan biaya optimum sebesar

Rp.5.789.862.276,72 dan selisih antara durasi normal dengan durasi optimum proyek adalah selama 24 hari, sedangkan selisih antara biaya normal dengan prediksi biaya optimum proyek adalah sebesar Rp.13.197.065,76 serta penurunan biaya tidak langsung (turun Rp 22.548.800,00) yang lebih besar daripada kenaikan biaya langsung (naik Rp 9.351.734,24) menyebabkan perkiraan biaya optimum proyek lebih kecil daripada biaya normal proyek.

Yana (2009) melakukan penelitian analisis *time cost trade off* (TCTO) dan mendapatkan hasil pelaksanaan selama 117 hari dari waktu pelaksanaan normal 150 hari atau terjadi pengurangan durasi selama 33 hari dan perubahan biaya dari total biaya normal sebesar Rp.1.025.250.107 menjadi Rp.1.018.549.188.

Dalam penelitian yang dilakukan Setiawan, dkk (2012) dengan menggunakan metode analisis *time cost trade off* (TCTO) memperoleh dari segi waktu penyelesaian pelaksanaan untuk : Opsi 1: 315 hari terjadi pengurangan 40 hari ; Opsi 2: 321 hari terjadi pengurangan 34 hari; Opsi 3: 302,5 hari terjadi pengurangan 53 hari ; Dari waktu pelaksanaan nyata lapangan 355,5 hari dan perubahan biaya total proyek yang terjadi akibat percepatan pelaksanaan pekerjaan: Alternatif 1 : Rp.18.468.332.922 ; Alternatif 2: Rp.18.424.417.006 ; Alternatif 3: Rp.18.166.643.494. Dari segi biaya terjadi peningkatan akibat pelaksanaan dari ke 3 alternatif tersebut.

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

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mendapatkan pengaruh perubahan waktu dan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) pada proyek konstruksi.
2. Mendapatkan pengaruh perubahan waktu dan biaya akibat penambahan alat pada proyek konstruksi.
3. Mendapatkan perbandingan biaya dan durasi yang optimal akibat penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat, dan biaya denda.

## 2. Landasan Teori

### *Manajemen Kontruksi*

Manajemen konstruksi adalah sumber daya yang terlibat dalam suatu proyek konstruksi yang dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi manpower, material, machines, money, method.(Sumaga, 2013).

### *Neetwork Planing*

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

### *Biaya Total Proyek*

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

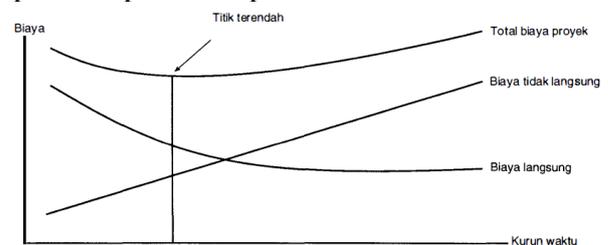
1. Biaya langsung merupakan biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumberdaya yang akan digunakan untuk penyelesaian suatu proyek, yang meliputi :

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

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

### *Hubungan Antara Biaya dan Waktu*

Biaya total akhir suatu proyek sangat dipengaruhi oleh durasi suatu pelaksanaan proyek. Hubungan biaya total, langsung, tidak langsung dan optimal dapat dilihat pada Gambar 1.



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

### *Critical Path Method*

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

### *Metode Penyesuaian Waktu dan Biaya*

*Duration Cost Trade Off* adalah proses yang disengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengkajian dari semua kegiatan dalam suatu pekerjaan proyek yang dipusatkan pada pekerjaan yang berada dalam jalur kritis. Selanjutnya akan dilakukan kompresi pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Penyesuaian durasi proyek metode *duration-cost trade off* bertujuan untuk mengatasi beberapa masalah seperti

penjadwalan proyek yang tidak sesuai dengan durasi kontrak yang telah ditetapkan, untuk memperoleh keuntungan lebih apabila penyelesaian proyek dapat dipercepat dari kontrak awal, mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk yang tidak dapat diperkirakan pada sisa waktu proyek (Husen & Puspipetek, 2013).

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

Berdasarkan PM Pekerjaan Umum No. 11-PRT-M-2013 mengenai pedoman analisis harga satuan pekerjaan umum bahwa produktivitas pekerjaan dapat diartikan sebagai perbandingan antara *output* (hasil produksi) dengan *input* (komponen-komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Maka, dalam analisis produktivitas hal ini dapat dinyatakan sebagai nilai rasio antara *output* dengan *input* dan waktu. Apabila *input* dan waktu kecil maka *output* semakin tinggi sehingga produktivitas memiliki nilai yang besar. Adapun beberapa faktor yang mempengaruhi analisis produksi antara lain adalah waktu siklus, faktor kembang susut atau faktor pengembangan bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

### ***Penambahan Jam Kerja***

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

### ***Penambahan Pekerja dan Alat Berat***

Penambahan pekerja dan alat berat perlu diperhatikan, apakah terlalu sempit atau lapang, karena pengawasan dan ruang kerja yang

sempit dapat menurunkan produktivitas pekerja.

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

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

### ***Software Microsoft Project***

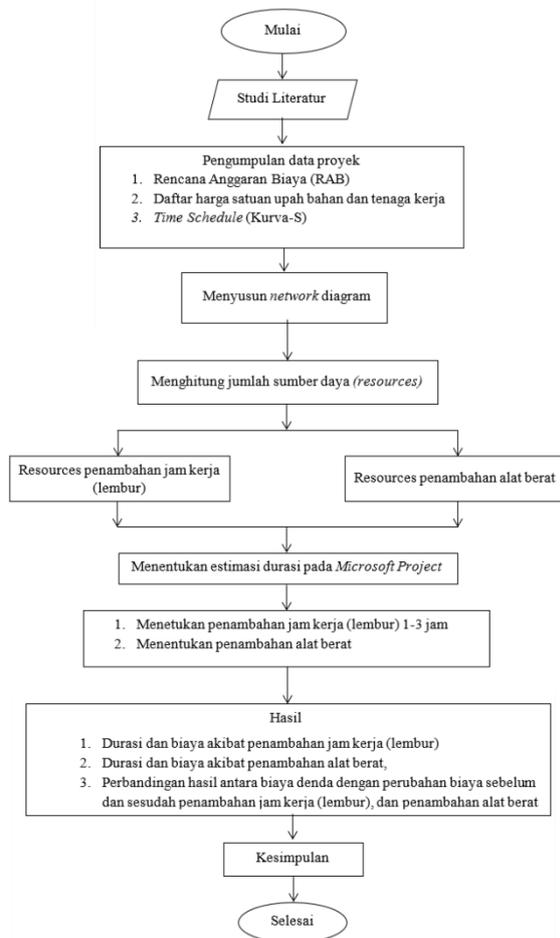
*Microsoft Project* merupakan sebuah aplikasi program pengolah data untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik (Priyo & Sumanto, 2016). Menurut Priyo & Aulia (2015), *Microsoft Project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun *schedule* suatu proyek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

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

## **3. Metode Penelitian**

### ***Lokasi Penelitian***

Dilakukan pada Proyek pembangunan jembatan Pabelan di Ruas Jalan Mendut-Tanjungjapuan, Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

### Tahap Persiapan

Penulis melakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian menentukan rumusan dari penelitian tersebut.

### Tahap Pengumpulan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder. Pengumpulan data dan informasi didapat dari kontraktor yang mengerjakan proyek pembangunan jembatan Pabelan di Ruas Jalan Mendut-Tanjungjapuan, Kabupaten Magelang Provinsi Jawa Tengah. Variabel yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### a. Variabel waktu

Data-data yang diperlukan pada variabel waktu:

- 1) Data *Commulative Progress* (Kurva-S), meliputi:
  - a) Jenis kegiatan pekerjaan
  - b) Durasi kegiatan
- 2) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek

#### b. Variabel biaya

Data-data yang diperlukan pada variabel biaya antara lain:

- 1) Daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB), meliputi:
  - a) Jumlah biaya normal
  - b) Daftar-daftar harga bahan dan upah tenaga kerja
  - c) Analisa harga satuan pekerjaan

### Analisa Data

Analisis data dilakukan menggunakan program *Microsoft Project 2019*, dan menginputkan data yang digunakan ke dalam program *Microsoft Project 2019*. Hasil analisa data dari program *Microsoft Project 2019* adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya analisis terfokus pada setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja atau alat yang dibantu dengan *Microsoft Excel 2019* untuk mempermudah analisis dan perhitungan. Hasil dari analisis adalah percepatan durasi dan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan kritis yang dipercepat.

## 4. Hasil Penelitian dan Pembahasan

### Penambahan Jam Kerja

Dalam proyek tersebut jam kerja normal adalah 7 jam (08.00-16.00) dan 1 jam istirahat (12:00 – 13:00), sedangkan kerja lembur dilakukan selama 3 jam (18.00-21.00) sesuai keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7, dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

- 1) Waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu.
- 2) Memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih.
- 3) Untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.
- 4) Untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

## Analisis Biaya Lembur

Besarnya upah biaya lembur dari tenaga kerja dan alat berat dianalisa untuk mengetahui biaya total dari kegiatan yang akan dilembur. Contoh analisis perhitungan 1 jam lembur dari alat berat dan tenaga kerja sebagai berikut:

### 1. Alat Berat

Nama alat	: Exc. 80 -140 HP
Biaya normal alat per jam	: Rp 202.137
Biaya Operator	: Rp 9.428,57
Biaya Pembantu Operator	: Rp 9.035,71

Keterangan:

bo = Biaya operator (Rp / jam)

bpo = Biaya pembantu operator (Rp / jam)

bn = Biaya normal alat (Rp / jam)

Biaya lembur per jam :

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam} &= \text{bn} + 0,5 \times (\text{bo} + \text{bpo}) \\ &= 202.137 + 0,5 \times (9.428,57 + 9.035,71) \\ &= \text{Rp } 211.369,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Perjam} &= \left( \frac{211.369,14}{1 \text{ Jam}} \right) \\ &= \text{Rp. } 211.369,14 \end{aligned}$$

### 2. Tenaga Kerja

Untuk Resource Name	: Pekerja
Biaya normal per jam (bn)	: Rp 8.571,43
Biaya lembur per jam	:

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 Jam} &= 1,0 \times \text{bn} \\ &= 1,5 \times 8.571,43 \\ &= \text{Rp } 12.857,14 \end{aligned}$$

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

## Analisis Durasi Percepatan

Hal yang harus di perhatikan dalam mencari durasi percepatan item pekerjaan adalah produktivitas normal alat berat, produktivitas lembur, kebutuhan alat per jam, serta volume dan durasi normal. Contoh perhitungan 1 jam lembur adalah sebagai berikut:

Nama pekerjaan	: GB01
Volume pekerjaan	: 1211,95m <sup>3</sup>
Durasi normal	: 35 Hari (7 jam/hari)
Produktivitas alat	:
Excavator	= 39,14 m <sup>3</sup> /jam
Dump Truck	= 1,92 m <sup>3</sup> /jam
Kebutuhan Alat	:
Excavator	= 0,04 unit/jam
Dump Truck	= 0,48 unit/jam

Durasi Percepatan (Dp):

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

$$= \mathbf{31,01 \text{ hari}}$$

$$\begin{aligned} \text{MC} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi percepatan} \\ &= 35 \text{ hari} - 31,01 \text{ hari} \\ &= \mathbf{3,99 \text{ hari}} \end{aligned}$$

## Analisis Biaya Percepatan

Analisa biaya percepatan digunakan untuk mencari biaya percepatan setelah dilakukan lembur 1 - 3 jam dalam sehari. Analisa tersebut menggunakan *Microsoft Project 2019* dan dikontrol dengan *Microsoft Excel 2019*. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

Kode : LPBA

Vol : 17 m<sup>3</sup>

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

Kebutuhan resource (kr)

Pekerja	= 0,15 orang/jam
Mandor	= 0,04 orang/jam
Excavator	= 0,04 unit/jam
Dump Truk	= 0,47 unit/jam
Alat Bantu 1	= 4,95 Ls

Biaya resource (Brj)

Pekerja	= Rp 8.500,00 /jam
Mandor	= Rp 10.214,29 /jam
Excavaor	= Rp 202.137,29 /jam
Dump Truk	= Rp 156.564,29 /jam
Alat Bantu 1	= Rp 1.000,00 /Ls

Biaya lembur perhari (Blh)

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

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

Operator	= Rp 9.428,57 /jam
P.Operator	= Rp 9.035,71 /jam
Excavator	= 202.137,29 + (0.5 × (9.428,57 + 9.035,71))
	= Rp 211.369,43
Dump Truk	= 156.564,29 + (0.5 × (9.428,57 + 9.035,71))
	= Rp 165.796,43
Pekerja	= 1.5 × 8.500,00
	= Rp 12.857,14
Mandor	= 1.5 × 10.214,29
	= Rp 15.535,71

Biaya *resource* lembur perhari (Brlh)  
 $Brlh = kr \times Blh$   
 Sehingga,  
 $Brlh Exc. = 0,04 \times 211.369,43$   
 $= Rp 7.901,63 / hari$

$Brlh DT = 0,47 \times 165.796,43$   
 $= Rp 78.525,53 / hari$

$Brlh Pekerja = 0,15 \times 12.857,14$   
 $= Rp 1.922,56 / hari$

$Brlh Mandor = 0,04 \times 15.535,71$   
 $= Rp 580,77 / hari$

Total biaya *resource* perhari (Tbrh)  
 $Tbrh = Btrh normal + \sum Brlh$   
 $= 618.163,33 + 7.901,63 + 78.525,53 +$   
 $1.922,56 + 580,77$   
 $= Rp 672.466,68 / hari$

Total biaya percepatan (Tbp)  
 $Tbp = (Tbrh \times durasi percepatan) + Bahan +$   
 Alat bantu  
 $= (Rp 672.466,68 / hari \times 31,1 hari) + 0$   
 $+ Rp 1.211.950,00$   
 $= Rp 22.066.929,26$

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

Selisih antara biaya setelah percepatan dan biaya normal suatu kegiatan proyek adalah *cost variance*, sedangkan selisih antara durasi normal dan durasi percepatan adalah *duration variance* dan perbandingan antara selisih biaya percepatan dengan biaya normal dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan adalah *cost slope*.

Contoh perhitungan analisis *cost variance*:

Selisih biaya = biaya percepatan – biaya normal  
 Nama pekerjaan : GB01  
 Biaya normal : Rp 21.635.716,695  
 Biaya percepatan :  
 Lembur 1 jam = Rp 22.066.929,26  
 Lembur 2 jam = Rp 22.564.516,22  
 Lembur 3 jam = Rp 22.969.767,46  
 Selisih Biaya :  
 Lembur 1 jam = Rp 22.066.929,26 -  
 Rp21.635.716,695  
 $= Rp 431.559,00$

Lembur 2 jam = Rp22.564.516,22 -  
 Rp21.635.716,695  
 $= Rp 929.570,00$

Lembur 3 jam = Rp22.066.929,26 -  
 Rp21.635.716,695  
 $= Rp 1.334.214,00$

Contoh perhitungan *duration variance*:

Selisih durasi = durasi normal – durasi percepatan

Nama pekerjaan : GB02

Durasi normal : 35 hari

Durasi percepatan :

Lembur 1 jam = 31,01 hari

Lembur 2 jam = 27,84 hari

Lembur 3 jam = 25,26 hari

Selisih durasi :

Lembur 1 jam = 35 hari – 31,01 hari  
 $= 3,99 hari$

Lembur 2 jam = 35 hari – 27,84 hari  
 $= 7,14 hari$

Lembur 3 jam = 35 hari – 25,26 hari  
 $= 9,74 hari$

Contoh perhitungan *cost slope*

Nama pekerjaan : GB02

*Cost variance* :

Lembur 1 jam = Rp 431.559,00

Lembur 2 jam = Rp 929.570,00

Lembur 3 jam = Rp 22.969.767,46

*Duration variance* :

Lembur 1 jam = 3,99 hari

Lembur 2 jam = 7,14 hari

Lembur 3 jam = 9,74 hari

*Cost slope = Cost variance / Duration variance*

Lembur 1 jam = Rp 431.559,00 / 3,99  
 $= Rp 108.232,26$

Lembur 2 jam = Rp 929.570,00 / 7,14  
 $= Rp 129.844,70$

Lembur 3 jam = Rp 1.334.214,00 / 9,74  
 $= Rp 136.951,07$

### Analisis Biaya Total Proyek

#### 1) Biaya Tidak Langsung

Cara menentukan biaya tidak langsung yaitu menggunakan hasil dari pemodelan biaya dengan model regresi non linier menggunakan algoritma genetika, persamaannya adalah sebagai berikut:

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

dengan:

$x_1$  = Nilai total proyek

$x_2$  = Durasi proyek

$\epsilon$  = *random error*

$y$  = Prosentase biaya tak langsung

sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut:

$$x1 = \text{Rp } 5.863.528.465,00$$

$$x2 = 150 \text{ hari}$$

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

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(5.863.528.465,00 - 0,21) - \ln(112)) + \varepsilon$$

$$y = 15,075 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 15,075 \% \times \text{Rp } 5.863.528.465,00 \\ &= \text{Rp } 883.903.542,61 \end{aligned}$$

## 2) Biaya Langsung

Biaya langsung dapat di hitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Biaya langsung = Nilai total proyek – biaya tidak langsung

$$\text{Biaya langsung} = \text{Rp } 4.979.624.922,39$$

Untuk mencari biaya langsung akibat percepatan (Galian biasa (kedalaman 0-2 m) selanjutnya menggunakan persamaan: Biaya langsung + selisih biaya

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Rp. } 4.980.038.598,39$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Rp. } 4.980.540.152,39$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Rp. } 4.980.641.561,39$$

## 3) Biaya Total

Biaya total durasi proyek dapat dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung. Hasil analisis perhitungan biaya

total dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Perhitungan Biaya Total

Kode	Biaya Total (Rp)		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
	5.863.528.465,00	5.863.528.465,00	5.863.528.465,00
LRPAE	5.858.811.347,98	5.855.076.863,91	5.851.741.540,35
GB02	5.835.746.736,86	5.813.820.128,47	5.840.247.622,71
GS2-4	5.817.626.789,76	5.781.574.764,11	5.784.173.668,48
BA	5.799.700.610,66	5.749.724.831,76	5.740.423.999,89
GB2-4	5.786.335.077,59	5.725.990.274,50	5.697.234.466,31
KA	5.773.009.427,52	5.702.363.080,23	5.665.055.454,37
LPAA	5.764.147.883,47	5.686.637.624,05	5.633.037.912,43
PA	5.746.842.713,38	5.656.143.561,70	5.611.721.815,14
LPAB	5.738.323.667,33	5.641.149.794,52	5.570.486.061,55

Kode	Biaya Total (Rp)		
	1 Jam	2 Jam	3 Jam
ACBC	5.734.223.481,30	5.633.940.556,43	5.550.219.381,26
TPSG	5.718.170.791,21	5.607.143.185,08	5.514.671.145,67

## Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Efisiensi waktu dan biaya dapat di hitung berdasarkan analisis durasi percepatan dan biaya total. Contoh perhitungan analisis efisiensi waktu dan biaya proyek pada pekerjaan Galian Biasa (kedalaman 0-2 m):

Lembur 1 jam

Efisiensi waktu:

$$Et = \left( \frac{150 - 145,22}{150} \right) \times 100\%$$

$$Et = 3,19 \%$$

Efisiensi biaya:

$$Ec = \left( \frac{\text{Rp } 5.863.528.465,00 - \text{Rp } 5.835.746.736,86}{\text{Rp } 5.863.528.465,00} \right) \times 100\%$$

$$Ec = 0,47 \%$$

## Analisis Biaya Penambahan Alat Berat

Kondisi Lembur 1 Jam

Nama : GB2-4

Volume : 1,102.5 m<sup>3</sup>

Durasi : 18.61 Hari (7jam/hari)

Kebutuhan resource (kr)

Pekerja = 0,433 orang/jam

Mandor = 0,216 orang/jam

Excavator = 0,216 unit/jam

Dump Truk = 1,383 unit/jam

Alat Bantu 1 = 7,5 Ls

Biaya resource (Brj)

Pekerja = Rp 8,500.00 orang/jam

Mandor = Rp 10,214.29 orang/jam

Excavator = RP 202,137.29 unit/jam

Dump Truk = Rp 156,564.29 unit/jam

Alat Bantu 1 = Rp 1.000,00 /Ls

Biaya resource perhari (Brh) :

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

Sehingga,

$$\text{Brh Pekerja} = 7 \times 0,38 \times 8.500.00$$

$$= \text{Rp. } 25.739.70 / \text{hari}$$

$$\text{Brh Mandor} = 7 \times 0,216 \times 10.214.29$$

$$= \text{Rp. } 15.465.45 / \text{hari}$$

$$\text{Brh Excavator} = 7 \times 0,216 \times 202.137.29$$

$$= \text{Rp. } 306.056.06 / \text{hari}$$

$$\text{Brh Dump Truk} = 7 \times 1,383 \times 156.564.29$$

$$= \text{Rp. } 1.516.027.64 / \text{hari}$$

Biaya normal total resource harian (Btrh)

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

$$\begin{aligned}
&= (\text{Pekerja} + \text{Mandor} + \text{Excavator} + \text{Dump Truk}) \\
&= \text{Rp. } 25,739.70 + \text{Rp. } 15,465.45 + \text{Rp. } 306,056.06 + 1,516,027.64 \\
&= \text{Rp. } 1,863,288.85 / \text{hari}
\end{aligned}$$

Analisa perhitungan biaya material atau bahan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Biaya total resource} &= \text{Harga satuan} \times \text{volume} \\
\text{Alat Bantu 1} &= \text{Rp } 1.000,00 \times 1,102.5 \text{ m}^3 \\
&= \text{Rp } 1,102,500.00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Biaya total resource (Btr)} &: \\
\text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{Agregat B} + \text{Alat bantu 1} \\
&= (\text{Rp. } 1,863,288.85 / \text{hari} \times 18.61 \text{ hari}) + \text{Rp } 1,102,500.00 \\
&= \text{Rp. } 35,773,824.16
\end{aligned}$$

### Biaya Biaya Denda Akibat Keterlambatan

Untuk biaya denda akibat terlambatnya suatu proyek dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Total biaya denda} = \text{total keterlambatan (hari)} \times \text{denda perhari}$$

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

Berikut merupakan contoh perhitungan biaya denda untuk suatu pekerjaan kode LPAKB :

$$\begin{aligned}
&\text{Keterlambatan (hari) } 4 \text{ hari} \\
&\text{Biaya total proyek Rp } 5.863.528.465,00
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Total} &= 4 \times \frac{1}{1000} \times 5.863.528.465,00 \\
&= \text{Rp}23.454.113,86
\end{aligned}$$

### Perbandingan Penambahan Jam Kerja dan Alat Berat

Berdasarkan analisis metode *Duration cost trade off* antara penambahan waktu lembur atau jam kerja selama 1 hingga 3 jam dengan menambahkan alat berat dan tenaga kerja didapatkan hasil sebagai berikut. Perbandingan biaya dan waktu saat dilakukan penambahan jam kerja dan penambahan alat dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2 Perbandingan antara Biaya Normal dengan Penambahan Jam Kerja

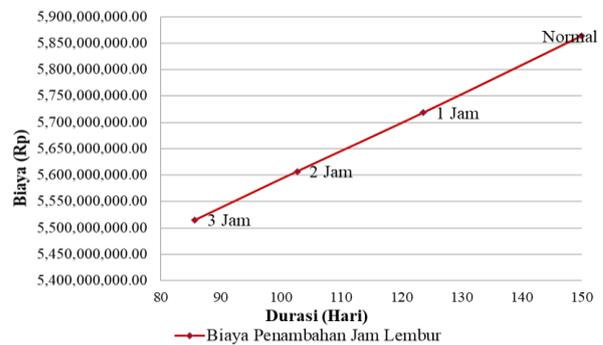
No	Penambahan Alat	Durasi	Biaya
1	Normal	150	5,863,528,465.00
2	1	123.68	5,718,170,791.21

3	2	102.75	5,607,143,185.08
4	3	85.70	5,514,671,145.67

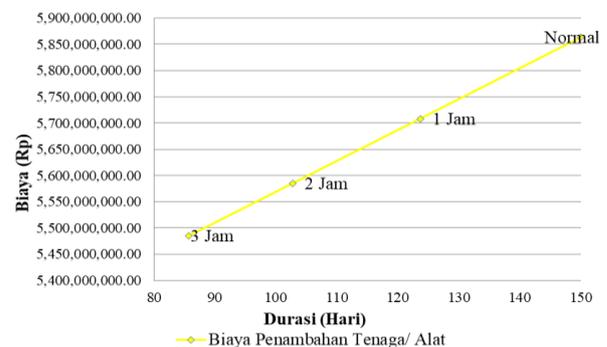
Tabel 3 Perbandingan Biaya Normal dengan Biaya Penambahan Alat

No	Penambahan Alat	Durasi	Biaya
1	Normal	150	5,863,528,465.00
2	1	123.68	5,708,516,224.87
3	2	102.75	5,585,133,869.77
4	3	85.70	5,484,678,214.67

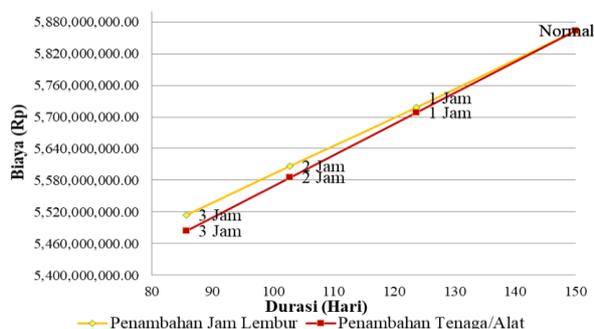
Grafik Perbandingan biaya dan waktu saat dilakukan penambahan jam kerja dan penambahan alat dapat dilihat pada Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 3 Perbandingan antara Biaya Normal dengan Biaya Tambahan Jam Kerja.



Gambar 4 Perbandingan Biaya Normal dan Biaya Penambahan Tenaga/Alat.



Gambar 5 Perbandingan Biaya Normal, Biaya Penambahan Alat/Tenaga dan Penambahan Jam Lembur

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan data serta perkiraan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Jembatan Pabelan Di Ruas Jalan Mendut-Tanjungjapuan didapatkan hasil kesimpulan, sebagai berikut :

- Setelah dilakukan perhitungan penambahan 1 jam kerja didapatkan perkiraan durasi *crashing* selama 123.68 hari kerja dengan biaya senilai Rp. 5,718,170,791.21. Dan, untuk perhitungan penambahan 2 jam kerja didapatkan perkiraan durasi *crashing* selama 102.75 hari kerja dengan biaya senilai Rp. 5,607,143,185.08. Serta pada perhitungan penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan perkiraan durasi *crashing* selama 85.70 dengan biaya senilai Rp. 5,514,671,145,67.
- Waktu dan biaya akibat perhitungan penambahan alat berat 1 jam didapatkan selama 123.68 hari kerja dengan total biaya senilai Rp. 5,708,516,224.87. Untuk perhitungan penambahan tenaga kerja 2 jam didapatkan pada selama 102.75 hari kerja dengan total biaya proyek senilai Rp. 5,585,133,869.77. Untuk perhitungan penambahan tenaga kerja 3 jam pada umur proyek selama 85.70 hari dengan total biaya senilai Rp. 5,484,678,214.67.
- Biaya setelah dilakukannya perhitungan percepatan dengan penambahan jam kerja dan penambahan alat didapatkan bahwasannya, percepatan penambahan alat selama 3 jam dengan durasi *crashing* sebesar 85.70 hari dengan biaya senilai Rp. 5,484,678,214.67 lebih efisien dan lebih murah jika dibandingkan dengan

penambahan jam kerja serta juga lebih murah dari biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek tersebut mengalami keterlambatan penyelesaian pekerjaan tersebut.

## 6. Daftar Pustaka

- Ardika, O. P. C., Sugiarto, & Handayani, F. S. (2014). Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A). *E-Journal Matriks Teknik Sipil*, (September), 273–280.
- Assadipour, Ghazal & Iranmanesh, H. (2010). The Discrete Time, Cost and Quality Trade-off Problem in Project Scheduling an Efficient Solution Method Based on Cellde Algorithm. *South African Journal of Industrial Engineering*, 21(May), 210.
- Ayu, I., Yoni, M., Warsika, I. P. D., & Sudipta, I. G. K. (2013). Perbandingan Penambahan Waktu Kerja ( Jam Lembur ) dengan Penambahan Tenaga Kerja Terhadap Biaya Pelaksanaan Proyek dengan Metode Time Cost Trade Off ( Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Instalasi Farmasi Blahkiuh ) A Comparison Between Additionals Work. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 17(2), 129–138.
- Chusairi, M. (2015). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B Smpn Baru Siwalankerto. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 7(1), 9–15.
- Erviyanto. (2002). Manajemen Proyek Konstruksi. *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2002.
- Frederika, A. (2010). Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget-Badung). *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2), 113–126.
- Husen, I. A., & Puspipetek, J. R. (2013). “ Duration-Cost Trade Off ” Sebagai Solusi Mengatasi Keterlambatan Waktu di Proyek. *Iptek*, 7–14. <https://doi.org/10.1007/s11745-014-3883-x>
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004. Tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Mandiyo Priyo, M. R. A. (2015). *Aplikasi Metode*

- Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia*. 18(1), 30–43.
- Matos, S., & Lopes, E. (2013). Prince2 or PMBOK – A Question of Choice. *Procedia Technology*, 9, 787–794. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.087>
- 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., & Sarwidi, S. (2017). Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik*, 20(2), 172–186.
- Priyo, M., & Sumanto, A. (2016). Analisis Percepatan Waktu Dan Biaya Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Menggunakan Metode Time Cost Trade Off : Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 1–15.
- Radujković, M., & Sjekavica, M. (2017). Project Management Success Factors. *Procedia Engineering*, 196(June), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.048>
- Setiawan, B. B., Teknik, J., Universitas, S., Jakarta, M., Jurusan, D., Sipil, T., & Muhammadiyah, U. (2012). Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off ( Tcto ) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta. *Jurnal Kontruksia*, 10(1), 25–34.
- Soeharto, I. (1999). Manajemen Proyek. In *Erlangga* (Edisi Kedu, Vol. 2). <https://doi.org/10.3938/jkps.60.674>
- Sugiyarto, Qomariyah, S., & Hamzah, F. (2013). Analisis Network Planning dengan CPM (Critical Path Method) dalam Rangka Efisiensi dan Biaya Proyek. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret*, 1(4), 408.
- Sumaga, A. U. (2013). Analisis Kepuasan Pengguna jasa Terhadap Penerapan Manajemen Rekayasa Konstruksi Profesional Ruko Di Kawasan Bussiness Park Kota Gorontalo. *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 3(1), 6–13.
- Yana, A. . G. A. (2009). *Pengaruh Jam Kerja Lembur Terhadap Biaya Percepatan Proyek*. 3(KoNTekS 3), 6–7.