

**STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA  
DENGAN METODE TCTO (TIME COST TRADE OFF)  
PADA PROYEK KONSTRUKSI<sup>1</sup>**

(Studi kasus : Pekerjaan Pembangunan Jalan Baru Lingkar Sumpiuh– Kabupaten Cilacap)

Hendro Syahputra<sup>2</sup>, Mandiyo Priyo<sup>3</sup>, Anita Widianti<sup>4</sup>

Abstrak

*Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolak ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan. Dan juga menghindarkan dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek. Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu dan biaya proyek pada Pelaksanaan Pekerjaan Pembangunan Jalan Baru Lingkar Sumpiuh– Kabupaten Cilacap dengan metode penambahan jam kerja (lembur) alat dan penambahan alat berat secara matematis dengan menggunakan program Microsoft Project 2010, dan tidak meninggalkan unsur penambahan jam kerja (lembur) tenaga kerja dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan hasil antara biaya denda dengan perubahan biaya sesudah penambahan jam kerja (lembur) alat dan penambahan alat berat.*

*Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa (1) waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 175 hari dengan biaya Rp.53.396.097.358. (2) Waktu dan biaya total proyek pada penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 115 hari dengan biaya sebesar Rp.52.693.368.826, untuk penambahan 2 jam kerja lembur sebesar 73 hari dengan biaya sebesar Rp.52.377.259.222, dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur sebesar 42 hari dengan biaya Rp.52.214.104.269. (3) Waktu dan biaya total proyek pada penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 1 jam didapatkan durasi crashing 115 hari dan dengan biaya sebesar Rp52.507.659.720, untuk penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 2 jam sebesar 73 hari dengan biaya sebesar Rp51.871.705.030 dan penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam sebesar 42 hari dengan biaya Rp51.413.419.728. (4) Berdasarkan penambahan jam lembur dengan penambahan alat yang paling efektif adalah penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam, karena menghasilkan biaya termurah sebesar Rp51.413.419.728 dengan durasi sebesar 42 hari. (5) Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan jam lembur atau penambahan alat berat lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.*

---

**Kata kunci** : Microsoft Project, Time Cost Trade Off, Penambahan Jam Lembur alat, Penambahan alat.

---

<sup>1</sup>Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

<sup>2</sup>Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
NIM: 20130110328, e-mail : [hendrosyahputr4@gmail.com](mailto:hendrosyahputr4@gmail.com)

<sup>3</sup>Dosen Pembimbing I

<sup>4</sup>Dosen Pembimbing II

### A. Pendahuluan

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka kontraktor proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*Resources*).

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu dan biaya proyek pada Pelaksanaan Pekerjaan Pembangunan Jalan Baru Lingkar Sumpiuh–Kabupaten Cilacap dengan metode penambahan jam kerja (lembur) alat dan penambahan alat berat secara matematis dengan menggunakan program *Microsoft Project 2010*, dan tidak meninggalkan unsur penambahan jam kerja (lembur) tenaga kerja dan penambahan tenaga kerja.

### B. Metode Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dan dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Oleh karena itu, pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

Tahap 1 : Persiapan

Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian ditentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data-data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan serta analisis data.

Tahap 3 : Analisis Data

Data yang dianalisis yaitu terkait analisis percepatan biaya dan waktu metode *Time Cost Trade Off* dengan aplikasi program *Microsoft Project 2010*.

Tahap 4 : Kesimpulan

Kesimpulan disebut juga pengambilan keputusan. Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

### C. Hasil dan Pembahasan

#### 1. Data Umum Proyek

Data yang digunakan dalam penelitian ini, berupa gambaran umum mengenai proyek. Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Jalan baru lingkar Sumpiuh Kabupaten Cilacap. Provinsi Jawa Tengah ini adalah sebagai berikut :

- a. Pemilik Proyek : A
- b. Konsultan Supervisi : PT. B
- c. Kontraktor : PT. C
- d. Anggaran : Rp 53.396.097.358,-
- e. Waktu pelaksanaan : 175 Hari kerja
- f. Pekerjaan dimulai : 01 Februari 2016
- g. Pekerjaan selesai : 05 September 2016

#### 2. Daftar Kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* untuk penjadwalan proyek tersebut diketahui lintasan kritis dari kegiatan – kegiatan kritis. Daftar kegiatan – kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Daftar Kegiatan Kritis Pada Kondisi Normal

Uraian Pekerjaan	Durasi
Mobilisasi	28 hari
Galian Untuk Selokan Drainase	56 hari
Box Culvert Pracetak Pabriasi	21 hari
Timbunan Biasa dari sumber galian	77 hari
Timbunan Pilihan dari sumber galian	70 hari
Lapis Pondasi Agregat Klas A	49 hari
Lapis Pondasi Agregat Kelas A	77 hari
(AC-WC Mod)	28 hari
(AC-BC Mod )	28 hari
(AC-Base)	42 Hari
Beton mutu sedang $f_c=20$ Mpa	70 Hari
Baja Tulangan U 32 Polos	63 Hari
Baja Tulangan U 32 Ulir	28 Hari
LPA Klas A untuk Pekerjaan Minor	7 Hari
Pembersihan Saluran Pasangan	14 Hari

#### 3. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

Di dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Penerapan metode *time cost trade off* dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara untuk mempercepat penyelesaian waktu proyek diantaranya :

- a. Penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 Jam.
- b. Penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan durasi percepatan yang berdasarkan terhadap waktu lembur.

##### a. Penambahan Jam Kerja

###### 1) analisis durasi percepatan

Dalam menganalisa durasi percepatan dari suatu item pekerjaan, hal yang harus diperhatikan adalah

produktivitas normal alat berat, produktivitas lembur, kebutuhan alat per jam, serta volume dan durasi normal.

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 operator dan pembantu operator, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin.

Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur dari durasi normal yang ada. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air  
Volume pekerjaan : 1,981.69 m<sup>3</sup>  
Durasi normal : 56 Hari (7 jam/hari)  
Produktivitas alat :  
Excavator = 16.875 m<sup>3</sup>/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 8.7097 m<sup>3</sup>/jam  
Kebutuhan alat :  
Excavator = 0.2996 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 0.5804 unit/jam

Durasi Percepatan (Dp) :  

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)} \dots \dots \dots \text{Pers (3)}$$

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** :  

$$Dp \ 1 \ \text{jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

$$Dp \ 1 \ \text{jam} = \frac{1,981.69 \ \text{m}^3}{(0.29 \times 16.87 \times 7) + (1 \times 0.9 \times 16.87 \times 0.29)}$$

Dp 1 jam = **49,62 Hari**  
 Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan  
 = 56 Hari – 49,62 Hari  
 = 6,38 Hari

Durasi Percepatan (Dp) **lembur 2 jam** :  

$$Dp \ 2 \ \text{jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

$$Dp \ 2 \ \text{jam} = \frac{1,981.69 \ \text{m}^3}{(0.29 \times 16.87 \times 7) + (1 \times 1.7 \times 16.87 \times 0.29)}$$

Dp 2 jam = **45,06 Hari**  
 Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi

percepatan  
 = 56 Hari – 45,06 Hari  
 = 10,94 Hari

Durasi Percepatan (Dp) **lembur 3 jam** :  

$$Dp \ 3 \ \text{jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

$$Dp \ 3 \ \text{jam} = \frac{1,981.69 \ \text{m}^3}{(0.29 \times 16.87 \times 7) + (1 \times 2.4 \times 16.87 \times 0.29)}$$

Dp 3 jam = **41,70 Hari**  
 Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan  
 = 56 Hari – 41,70 Hari  
 = 14,30 Hari

**2) analisis biaya percepatan**

Biaya percepatan merupakan biaya yang dihasilkan akibat adanya durasi percepatan yang disebabkan oleh lembur 1 – 3 jam dalam sehari. Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatannya berdasarkan penambahan jam lembur dan durasi percepatan, menggunakan *Microsoft Project 2010* dan dikontrol dengan *Microsoft Excel 2010*. Adapun salah satu contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air  
Volume pekerjaan : 1.981,69 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 56 Hari, (jk) 7 jam/hari.  
Kebutuhan *resource* (kr) :  
Excavator = 0.2996 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 0.5804 unit/jam  
Pekerja = 1.1983 orang/jam  
Mandor = 0.2996 orang/jam

Biaya *resource* (Brj) :  
Excavator = Rp. 456.456 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 228.566/jam  
Pekerja = Rp. 9000/jam  
Mandor = Rp. 11.500/jam

**a) Kondisi Normal**

Biaya *resource* perhari (Brh) :  
 Brh = jk × kr × Brj  
 Sehingga,  
 Brh Exc. = 7 × 0.2996 × 456.456  
 = Rp. 958.557,- / hari  
 Brh DT = 7 × 0.5804 × 228.566  
 = Rp. 927.977,- / hari  
 Brh pekerja = 7 × 1.1983 × 9000  
 = Rp.75.510,- / hari  
 Brh mandor = 7 × 0.2996 × 11.500  
 = Rp.24.150,- / hari

Biaya total *resource* (Btrh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 958.557 + 927.977 + 75.510 + 24.150 \\ &= \text{Rp.1.986.194,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp.1.986.194,- /hari} \times 56 \text{ hari}) + \\ &\quad \text{Rp.990.845,-} \\ &= \text{Rp. 112.217.709,-} \end{aligned}$$

#### b) Lembur 1 Jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\begin{aligned} \text{Brh Exc.} &= \{1 \times 456.456 + 0,5(20.000)\} \times 0.2996 \\ &= \text{Rp. 139.750,- / hari} \\ \text{Brh DT} &= \{1 \times 228.566 + 0,5(20.000)\} \times 0.5804 \\ &= \text{Rp. 138.464,- / hari} \\ \text{Brh Pekerja} &= 1,5 \times 9.000 \times 1.1983 \\ &= \text{Rp. 16.177,- / hari} \\ \text{Brh Mandor} &= 1,5 \times 11.500 \times 0.2996 \\ &= \text{Rp.5.168,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* lembur perhari (Btrlh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrlh} &= \text{Btrh} + \text{Brh (Exc+DT+Pekerja+Mandor)} \\ &= 1.986.194 + 139.750 + 138.464 + 16.177 + 5.168 \\ &= \text{Rp. 2.285.753,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrlh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp.2.285.753,- /hari} \times 49,62 \text{ hari}) + 990.845 \\ &= \text{Rp. 114.298.776,-} \end{aligned}$$

#### c) Lembur 2 Jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\begin{aligned} \text{Brh Exc.} &= \{466.456 + 456.456 + 20.000\} \times 0.29 \\ &= \text{Rp. 282.496,- / hari} \\ \text{Brh DT} &= \{238.566 + 228.566 + 20.000\} \times 0.58 \\ &= \text{Rp. 282.731,- / hari} \\ \text{Brh Pekerja} &= (13.500 + 2,0 \times 9.000) \times 1.1983 \\ &= \text{Rp. 37.746,- / hari} \\ \text{Brh Mandor} &= (17.250 + 2,0 \times 11.500) \times 0.2996 \\ &= \text{Rp.12.059,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* lembur perhari (Btrlh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrlh} &= \text{Btrh} + \text{Brh(Exc+DT+Pekerja+Mandor)} \\ &= 1.986.194 + 282.496 + 282.731 + 37.76 + 12.059 \\ &= \text{Rp.2.601.226,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrlh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp. 2.601.226,- /hari} \times 45,06 \text{ hari}) + 990.845 \\ &= \text{Rp.- 118.202.089,-} \end{aligned}$$

#### d) Lembur 3 Jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\begin{aligned} \text{Brh Exc.} &= \{942.912 + 456.456 + 20.000\} \times 0.29 \\ &= \text{Rp. 425.242,- / hari} \\ \text{Brh DT} &= \{487.132 + 228.566 + 20.000\} \times 0.58 \\ &= \text{Rp.427.000,- / hari} \\ \text{Brh Pekerja} &= (31.500 + 2,0 \times 9.000) \times 1.1983 \\ &= \text{Rp. 59.315,- / hari} \\ \text{Brh Mandor} &= (40.250 + 2,0 \times 11.500) \times 0.2996 \\ &= \text{Rp.18.949,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* lembur perhari (Btrlh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrlh} &= \text{Btrh} + \text{Brh (Exc+DT+Pekerja+Mandor)} \\ &= 1.986.194 + 425.22 + 427.000 + 59.315 + 18.949 \\ &= \text{Rp. 2.916.700,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrlh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp.2.916.700,- /hari} \times 41,70 \text{ hari}) + 990.845 \\ &= \text{Rp. 122.617.235,-} \end{aligned}$$

### 3) analisis *cost variance*, *cost slope*, *duration variance*

Pada analisis *cost variance*, *cost slope*, dan *duration variance* dihitung dengan menggunakan *Microsoft Project 2010* yang akan digunakan untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total.

Sebagai contoh diambil salah satu contoh item pekerjaan untuk perhitungan analisis *cost variance* :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Biaya Normal : Rp112.176.991,-

Biaya Percepatan :

Lembur 1 jam = Rp114.374.298,-

Lembur 2 jam = Rp118.155.529,-

Lembur 3 jam = Rp122.563.831,-

Selisih Biaya :

Lembur 1 jam = Rp114.374.298 – Rp112.176.991  
= Rp2.151.964,-

Lembur 2 jam = Rp118.155.529 – Rp112.176.991  
= Rp5.978.538,-

Lembur 3 jam = Rp122.563.831 – Rp112.176.991  
= Rp10.386.840,-

*Cost Slope* merupakan biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungan *cost slope* dari item pekerjaan yang kritis adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

*Cost variance* :

Lembur 1 jam = Rp2.151.964,00

Lembur 2 jam = Rp5.978.538,00

Lembur 3 jam = Rp10.386.840,00

Duration variance:

Lembur 1 jam = 6,38 Hari

Lembur 2 jam = 10,94 Hari

Lembur 3 jam = 14,3 Hari

Cost slope :

Lembur 1 jam =  $Cost\ variance / Duration\ variance$   
 $= Rp2.151.964,00 / 6,38\ Hari$   
 $= Rp337.298,43$

Lembur 2 jam =  $Cost\ variance / Duration\ variance$   
 $= Rp5.978.538,00 / 10,94\ Hari$   
 $= Rp546.484,28$

Lembur 3 jam =  $Cost\ variance / Duration\ variance$   
 $= Rp10.386.840,00 / 14,3\ Hari$   
 $= Rp726.352,44$

#### 4) analisis biaya proyek

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi oleh Soemardi dan Kusumawardani (2010). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

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

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

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(53,396 - 0,21) - \ln(175))$$

$$y = 4.87\%$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 4,87\% \times Rp.53.396.097.358 \\ &= \mathbf{Rp.2.600.389.941,-} \end{aligned}$$

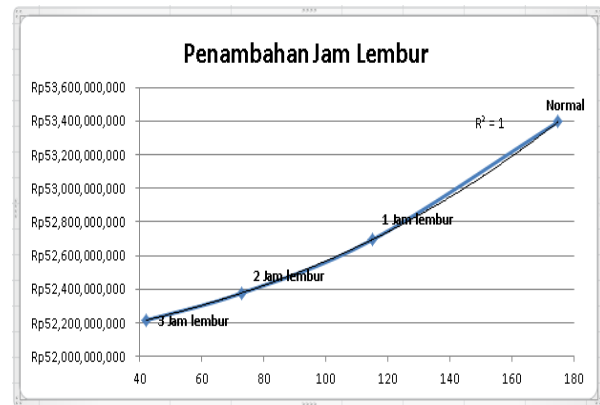
Dalam menentukan biaya langsung terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Biaya langsung} = \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung}$$

$$\begin{aligned} \text{sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah} \\ \text{Biaya langsung} &= Rp.53.396.097.358,00 - \\ &Rp.2.600.389.941,00 \\ &= \mathbf{Rp. 50.795.707.416,67} \end{aligned}$$

Tabel 3 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur

No	Lembur (jam)	Durasi	Biaya
1	Normal	175	Rp 53,396,097,358
2	1	115	Rp 52,693,368,826
3	2	73	Rp 52,377,259,222
4	3	42	Rp 52,214,104,269



Gambar 4 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan jam Lembur

#### b. Penambahan Alat Berat

##### 1) Durasi Percepatan Akibat Waktu Lembur

Durasi percepatan ini menjadi hal penting dalam penambahan alat berat dan tenaga kerja, artinya dengan durasi percepatan tersebut berapa jumlah alat berat dan tenaga kerja setiap hari yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap jenis pekerjaan tersebut. Salah satu contoh durasi percepatan yang akan digunakan untuk perhitungan penambahan alat berat dan tenaga kerja adalah sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Durasi akibat lembur 1jam: 49,62 Hari

Durasi akibat lembur 2jam: 45,06 Hari

Durasi akibat lembur 3jam: 41.70 Hari

##### 2) Analisis Penambahan Alat berat

Untuk perhitungan analisis penambahan alat berat dan tenaga kerja diambil salah satu contoh jenis pekerjaan yaitu sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Volume Pekerjaan : 1.981,69 m<sup>3</sup>

Durasi Normal : 56 Hari

Durasi Percepatan :

Lembur 1 Jam = 49,62 Hari

Lembur 2 Jam = 45,06 Hari

Lembur 3 Jam = 41,70 Hari

Kebutuhan alat :

Excavator = 0,2996 unit/jam

Dump truck 3-4 m<sup>3</sup> = 0,5804 unit/jam

Pekerja = 1.1983 unit/jam

Mandor = 0.2996 unit/jam

Penambahan alat dan tenaga kerja :

**Lembur 1 Jam :**

Excavator = (durasi normal × keb. alat) / durasi

percepatan = (56 × 0,2996) / 49,62

$= 0,3381 \text{ unit/jam} \approx 2,3668 \text{ unit/hari}$   
 Dump truck percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,5804) / 49,62$   
 $= 0,6551 \text{ unit/jam} \approx 4,5857 \text{ unit/hari}$   
 Pekerja percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 1.1983) / 49,62$   
 $= 1,3524 \text{ unit/jam} \approx 9,4667 \text{ unit/hari}$   
 Mandor percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,2996) / 49,62$   
 $= 0,3381 \text{ unit/jam} \approx 2,3667 \text{ unit/hari}$

**Lembur 2 Jam :**

Excavator percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,2996) / 45,06$   
 $= 0,3723 \text{ unit/jam} \approx 2,6063 \text{ unit/hari}$   
 Dump truck percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,5804) / 45,06$   
 $= 0,7213 \text{ unit/jam} \approx 5,0491 \text{ unit/hari}$   
 Pekerja percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 1.1983) / 45,06$   
 $= 1,4892 \text{ unit/jam} \approx 10,424 \text{ unit/hari}$   
 Mandor percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,2996) / 45,06$   
 $= 0,3723 \text{ unit/jam} \approx 2,6063 \text{ unit/hari}$

**Lembur 3 Jam :**

Excavator percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,2996) / 41,70$   
 $= 0,4023 \text{ unit/jam} \approx 2,8163 \text{ unit/hari}$   
 Dump truck percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,5804) / 41,70$   
 $= 0,7794 \text{ unit/jam} \approx 5,4560 \text{ unit/hari}$   
 Pekerja percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 1.1983) / 41,70$   
 $= 1,6092 \text{ unit/jam} \approx 11,264 \text{ unit/hari}$   
 Mandor percepatan  $= (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi}$   
 $= (56 \times 0,2996) / 41,70$   
 $= 0,4023 \text{ unit/jam} \approx 2,8163 \text{ unit/hari}$

**3) Analisis Penambahan Biaya Alat berat**

**a) Kondisi durasi normal**

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air  
 Volume pekerjaan :  $1.981,69 \text{ m}^3$   
 Durasi percepatan : 56 Hari, (jk) 7 jam/hari.  
 Kebutuhan *resource* (kr) :  
 Excavator = 0.2996 unit/jam  
 Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 0.5804 unit/jam  
 Pekerja = 1.1983 orang/jam  
 Mandor = 0.2996 orang/jam  
 Alat bantu = 5.0553

Biaya *resource* (Brj) :  
 Excavator = Rp. 456.456 /jam  
 Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 228.566 /jam  
 Pekerja = Rp. 9000 /jam  
 Mandor = Rp. 11.500 /jam  
 Alat bantu = Rp. 500

Biaya *resource* perhari (Brh) :  
 $\text{Brh} = \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj}$   
 Brh Exc. =  $7 \times 0.2996 \times 456.456$   
 = Rp. 958.557,- / hari  
 Brh DT =  $7 \times 0.5804 \times 228.566$   
 = Rp. 927.977,- / hari  
 Brh pekerja =  $7 \times 1.1983 \times 9000$   
 = Rp.75.510,- / hari  
 Brh mandor =  $7 \times 0.2996 \times 11.500$   
 = Rp.24.150,- / hari

Biaya total *resource* (Btrh) :  
 $\text{Btrh} = \sum \text{Brh}$   
 = (Exc + DT + pekerja + mandor)  
 =  $958.557 + 927.977 + 75.510 + 24.150$   
 = **Rp.1.986.194,- / hari**

Biaya total *resource* (Btr) :  
 $\text{Btr} = (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu}$   
 =  $(\text{Rp.1.986.194,- /hari} \times 56) + 990.845$   
 = Rp. 112.176.991,-

**b) Kondisi durasi percepatan lembur 1 jam**

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air  
 Volume pekerjaan :  $1.981,69 \text{ m}^3$   
 Durasi percepatan : 49,62 Hari  
 Penambahan *resource* (kr) :  
 Excavator = 0.3381 unit/jam  
 Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 0.6551 unit/jam  
 Pekerja = 1.3524 orang/jam  
 Mandor = 0.3381 orang/jam

Biaya *resource* (Brj) :  
 Excavator = Rp. 456.456 /jam  
 Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 228.566/jam  
 Pekerja (bp) = Rp. 9000/jam  
 Mandor (bm) = Rp. 11.500/jam  
 Biaya *resource* perhari (Brh) :  
 $\text{Brh} = \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj}$   
 Brh Exc. =  $7 \times 0,3381 \times 456.456$   
 = Rp. 1.080.294,- / hari  
 Brh DT =  $7 \times 0.6551 \times 228.566$   
 = Rp.1.048.135,- / hari  
 Brh pekerja =  $7 \times 1.3524 \times 9000$   
 = Rp.85.201,- / hari  
 Brh mandor =  $7 \times 0.3381 \times 11.500$   
 = Rp.27.217,- / hari

Biaya total *resource* (Btrh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 1.080.294 + 1.048.135 + 85.201 + 27.217 \\ &= \mathbf{Rp.2.240.847,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (2.240.847,- / \text{hari} \times 49,62 \text{ hari}) + 990.845 \\ &= \text{Rp. 112.181.673,-} \end{aligned}$$

#### c) Kondisi durasi percepatan lembur 2 jam

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Volume pekerjaan : 1.981,69 m<sup>3</sup>

Durasi percepatan : 45,06 Hari

Penambahan *resource* (kr) :

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= \mathbf{0,3732 \text{ unit/jam}} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \mathbf{0,7214 \text{ unit/jam}} \\ \text{Pekerja} &= \mathbf{1,4893 \text{ orang/jam}} \\ \text{Mandor} &= \mathbf{0,3732 \text{ orang/jam}} \end{aligned}$$

Biaya *resource* (Brj) :

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= \text{Rp. 456.456 /jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \text{Rp. 228.566 /jam} \\ \text{Pekerja (bp)} &= \text{Rp. 9000 /jam} \\ \text{Mandor (bm)} &= \text{Rp. 11.500 /jam} \end{aligned}$$

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\begin{aligned} \text{Brh} &= \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj} \\ \text{Brh Exc.} &= 7 \times 0,3732 \times 456.456 \\ &= \text{Rp. 1.192.445,- / hari} \\ \text{Brh DT} &= 7 \times 0,7214 \times 228.566 \\ &= \text{Rp.1.154.212,- / hari} \\ \text{Brh pekerja} &= 7 \times 1.4893 \times 9000 \\ &= \text{Rp.93.825,- / hari} \\ \text{Brh mandor} &= 7 \times 0,3732 \times 11.500 \\ &= \text{Rp.30.042,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btrh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 1.192.445 + 1.154.212 + 93.825 + 30.042 \\ &= \mathbf{Rp.2.470.524,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp.2.470.524,- / hari} \times 45,06) + \text{alat bantu} \\ &= \text{Rp.112.312.656,-} \end{aligned}$$

#### d) Kondisi durasi percepatan lembur 3 jam

Nama pekerjaan : Galian untuk selokan drainase dan saluran air

Volume pekerjaan : 1.981,69 m<sup>3</sup>

Durasi percepatan : 43,08 Hari

Penambahan *resource* (kr) :

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= \mathbf{0,4023 \text{ unit/jam}} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \mathbf{0,7794 \text{ unit/jam}} \\ \text{Pekerja} &= \mathbf{1,6091 \text{ orang/jam}} \\ \text{Mandor} &= \mathbf{0,4023 \text{ orang/jam}} \end{aligned}$$

Biaya *resource* (Brj) :

$$\begin{aligned} \text{Excavator} &= \text{Rp. 456.456 /jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \text{Rp. 228.566/jam} \\ \text{Pekerja (bp)} &= \text{Rp. 9000/jam} \\ \text{Mandor (bm)} &= \text{Rp. 11.500/jam} \end{aligned}$$

Biaya *resource* perhari (Brh) :

$$\begin{aligned} \text{Brh} &= \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj} \\ \text{Brh Exc.} &= 7 \times 0,4023 \times 456.456 \\ &= \text{Rp. 1.285.425,- / hari} \\ \text{Brh DT} &= 7 \times 0,7794 \times 228.566 \\ &= \text{Rp.1.247.010,- / hari} \\ \text{Brh pekerja} &= 7 \times 1.6091 \times 9000 \\ &= \text{Rp.101.373,- / hari} \\ \text{Brh mandor} &= 7 \times 0,4023 \times 11.500 \\ &= \text{Rp.32.385,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btrh) :

$$\begin{aligned} \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 1.285.425 + 1.247.010 + 101.373 + 32.385 \\ &= \mathbf{Rp.2.666.193,- / hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp. 2.666.193,- / hari} \times 41,70) + 990.845 \\ &= \text{Rp. 112.171.093,-} \end{aligned}$$

#### 4) analisis biaya proyek

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi oleh Soemardi dan Kusumawardani (2010). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} y &= -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) \\ y &= -0,95 - 4,888(\ln(53,396 - 0,21) - \ln(175)) \\ y &= 4,87 \% \end{aligned}$$

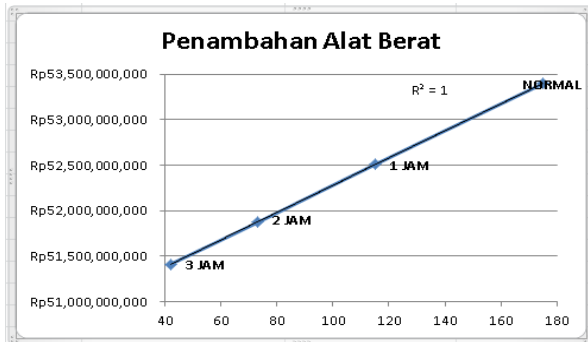
$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 4,87\% \times \text{Rp.53.396.097.358} \\ &= \mathbf{Rp.2.600.389.941,-} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung} \\ &\text{sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah} \\ \text{Biaya langsung} &= \text{Rp.53.396.097.358,00} - \\ &\quad \text{Rp.2.600.389.941,00} \\ &= \mathbf{Rp. 50.795.707.416,67} \end{aligned}$$

Tabel 4 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan alat berat

No	Penambahan alat	Durasi	Biaya	Biaya polinomial
1	Normal	175	Rp 53,396,097,358	
2	1	115	Rp 52,507,659,720	
3	2	73	Rp 51,871,705,030	
4	3	42	Rp 51,413,419,728	



Gambar 4 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan alat berat

### E. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Jalan Baru Lingkar Sumpiuh, Kabupaten Cilacap, hasil penelitian memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Waktu dan biaya total proyek pada penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 115 hari dengan biaya sebesar Rp.52.693.368.826, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 73 hari dengan biaya sebesar Rp.52.377.259.222, dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 42 hari dengan biaya Rp.52.214.104.269.
- 2 Waktu dan biaya total proyek pada penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 1 jam didapatkan durasi crashing 115 hari dan dengan biaya sebesar Rp52.507.659.720, untuk penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 2 jam didapatkan durasi crashing 73 hari dan biaya sebesar Rp51.871.705.030 dan penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam didapatkan durasi crashing 42 hari dengan biaya Rp51.413.419.728.
- 3 Berdasarkan penambahan jam lembur dengan penambahan alat yang paling efektif adalah penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam, karena menghasilkan biaya termurah sebesar Rp51.413.419.728 dengan durasi sebesar 42 hari. Dibandingkan dengan biaya normal dan durasi normal, hasilnya mengalami penurunan

biaya sebesar Rp1.982.677.630 dengan pengurangan durasi sebesar 133 hari.

- 4 Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan jam lembur atau penambahan alat berat lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

### F. Daftar Pustaka

- Atchison, Sania.2011.”Using Microsoft Project 2010”.  
America : United States of America.
- 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> (acccsed January 01, 2017)
- Ervianto, Wulfram I.2002. “Manajemen Proyek Konstruksi”.Yogyakarta : ANDI.
- Donald S.Barrie, Boyd Paulson dan Sudinarto.1990. “Manajemen Konstruksi Profesional” .Jakarta: Erlangga.
- Gosku, Ali. ”Implementation Of Critical Path Method And Project Evaluation And Review Technique”, *International Symposium on Sustainable Development No 3.*(2014).205-212
- Halpin, Daniel W.2009. “Construction Management” . Canada: John Willey & Sons, Inc, edisi kedua.
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2009. “Operation Management”.America: United State of America.
- Hendrickson, Chris.1989. “Project Management For Construction” .Pittsburgh: Prentice Hall.
- Imantoro, Teguh.2016. *Analisis Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Teknik Sipil : UMY
- Jayadewa, Odik Fajrin.2013. “Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya (Studi kasus: Proyek Konstruksi di Provinsi Kalimantan Timur).Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Kerzner, Harold.2009. “A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling”.*The International Institute For Learning New York :John Willey & Sonc, Inc.*
- Kisworo, Rizky Widyo.2016. “Analisis Percepatan



- Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur dan Jumlah Alat*". Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik : Universitas Sebelas Maret.
- Kuddi, Gia Rosalia Sangle.2015. "*Studi Perbandingan Biaya pada Proyek Pembangunan Rumah Khusus bagi Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR) dan TNI di Kab. Dogiyai Prov. Papua*".Makassar : Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Mointi, Rahayu. "Tinjauan Perencanaan Waktu dan Biaya Pada Proyek Kantor BKD Kabupaten Bone Bolango ", *Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*.(2010). 1-8.
- Nugraha, Ahmad Surya.2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Teknik Sipil : Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2012 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 Tentang Pengadaan Barang / Jasa Pemerintah.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2015 Tentang Perubahan Keempat Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 Tentang Pengadaan Barang / Jasa Pemerintah.
- Ridho, Muhammad Rizki.2013. "*Evaluasi Penjadwalan Waktu Dan Biaya Proyek Dengan Metode PERT dan CPM (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Kantor Badan Pusat Statistik Kota Medan Di Jl. Gaperta Medan, Sumatera Utara.)*". Sumatera Utara: Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara.
- Soeharto, Iman. 1997. "*Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*". Jakarta: Erlangga.
- Stelth, Peter and Professor Guy le Roy. "Projects Analysis through CPM (Critical Path Method)", *School of Doctoral Studies (European Union) Journal No 1*.(2009).10-50
- Susilo, Yayuk Sundari. "Analysis Project Implementation By Using Method CPM and PERT", *University Of Riau*.2012
- Yana, A.A Gde Agung.2009. "*Pengaruh Jam Kerja Lembur Terhadap Biaya Percepatan Proyek Dengan Time Cost Trade Off Analysis*".Bali : Universitas Udayana.
- Wale, P M, N D Jain, N R Godhani, S R Beniwal, A A Mir. "Planning and Scheduling of Project using Microsoft Project:Case Study of a Building in India".*IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE) Volume 12, Issue 3 Ver.III* . (2015).57-63
- 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*". Teknik Sipil: Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.