

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

**(Studi kasus : Pembangunan Jembatan Baru Boncong Tuban, Jawa Timur)**

Ahya Ahmad Nugroho<sup>2</sup>, Mandiyo Priyo<sup>3</sup>, Yoga Apriyanto<sup>4</sup>

**Abstrak**

*Faktor yang berpengaruh dalam keberhasilan suatu proyek adalah waktu dan biaya. 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 Jembatan Baru Boncong Tuban, Jawa Timur metode yang digunakan 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 210 hari dengan biaya Rp 15,528,637,619.32 (2) Waktu dan biaya total proyek pada penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 185 hari dengan biaya sebesar Rp 15,357,081,197 untuk penambahan 2 jam kerja lembur sebesar 168 hari dengan biaya sebesar Rp 15,194,770,257, dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur sebesar 155 hari dengan biaya Rp 15,092,857,941. (3) Waktu dan biaya total proyek pada penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 1 jam didapatkan durasi crashing 182 hari dan dengan biaya sebesar Rp15.327.120.302, untuk penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 2 jam sebesar 162 hari dengan biaya sebesar Rp15.141.769.259 dan penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam sebesar 147 hari dengan biaya Rp15.023.737.631. (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 Rp15.023.737.631 dengan durasi sebesar 147 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, Duration Cost Trade Off, Penambahan Jam Lembur alat, Penambahan alat.*

---

Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

NIM: 20130110247, e-mail : [ahyaahmed507@gmail.com](mailto:ahyaahmed507@gmail.com)

### 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 Proyek Pembangunan Jembatan Baru Boncong, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur 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 *Duration 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 Proyek Pembangunan Jembatan Baru Boncong, Kabupaten Tuban, Provinsi Jawa Timur Tengah ini adalah sebagai berikut :

- a. Pemilik Proyek : X
- b. Konsultan Supervisi : PT. Y
- c. Kontraktor : PT. Z
- d. Anggaran : Rp 15,528,637,619.32
- e. Waktu pelaksanaan : 210 Hari kerja
- f. Pekerjaan dimulai : 12 Maret 2015
- g. Pekerjaan selesai : 5 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	36 hari
Manajemen dan Keselamatan Lalu Lintas	208 hari
Manajemen Mutu	208 hari
Anyaman Filter Plastik	36 hari
Galian Biasa	18 hari
Galian Struktur dengan Kedalaman 0-2 meter	12 hari
Galian Perkerasan Beraspal dengan <i>Cold Milling Machine</i>	6 hari
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	36 hari
Penyiapan Badan Jalan	36 hari
Pemotongan Pohon Pilihan 15-30 cm	6 hari

Pemotongan Pohon Pilihan 30-50 cm	6 hari
Pemotongan Pohon Pilihan 50-70 cm	6 Hari
Lapis Pondasi Agregat B	6 Hari
Lapis Pondasi Agregat B	24 Hari
Laston Lapis Antara Modifikasi (AC-BC Mod)	12 Hari
Pembongkaran Pasangan Batu	6 Hari
Penyediaan Tiang Pancang Pracetak diameter 500 mm	6 Hari
Pekerjaan Pemancangan Tiang pPncang Beton	24 hari
Lantai Kerja (K-125)	6 hari
Fondasi Cerucuk Penyediaan dan Pemancangan Cerucuk	30 hari
Penyediaan Cerucuk dan Pemancangan Cerucuk	12 hari
Deck Drain	6 hari
Baja Tulangan U 32 Ulir	30 hari
Residu Bitumen Untuk pekerjaan Minor	6 hari

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

Di dalam analisa *Duration 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 *Duration 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 Biasa  
Durasi pekerjaan : 18 Hari ≈ 126 Jam.  
Jam kerja : 7 jam/hari  
Volume Pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>

Produktivitas alat :  
Excavator = 39,1386 m<sup>3</sup>/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 6,4178 m<sup>3</sup>/jam

Kebutuhan alat :  
Excavator = 0,9656 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 5,8888 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** :  

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

$$Dp \text{ 1 jam} = \frac{4.762,00 \text{ m}^3}{(0,96 \times 39,13 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 39,13 \times 0,9)}$$

Dp 1 jam = **15,95 Hari**  
Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan  
= 18 Hari – 15,9 Hari

= 4,6 Hari

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

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

$$= \frac{4.762,00 \text{ m}^3}{(0,9 \times 39,1 \times 7) + (1 \times (0,9 + 0,8) \times 39,1 \times 0,9)}$$

Dp 2 jam = **14,48 Hari**  
Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan  
= 18 hari – 14,48 Hari  
= 3,52 Hari

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

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

$$= \frac{4.762,00 \text{ m}^3}{(0,9 \times 39,1 \times 7) + (1 \times (0,9 + 0,8 + 0,7) \times 39,1 \times 0,9)}$$

Dp 3 jam = **13,40 Hari**  
Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan  
= 18 Hari – 13,40 Hari  
= 4,6 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 :

**1) Kondisi Normal**

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 18 Hari, dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari.

Kebutuhan *resource* (kr):  
Excavator = 0,9656 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 5,8888 unit/jam  
Pekerja = 1,9313 orang/jam  
Mandor = 0,9656 orang/jam

Biaya *resource* (Brj):  
Excavator = Rp.664.300 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600/jam  
Pekerja = Rp. 8.500/jam  
Mandor = Rp. 12.100/jam

Biaya *resource* perhari (Brh)  
Sehingga,  
Brh Exc. = 7 × 0,9656 × 664.300

$$\begin{aligned} &= \text{Rp. } 4.490.136,- / \text{ hari} \\ \text{Brh DT} &= 7 \times 5,8888 \times 313.600 \\ &= \text{Rp. } 12.927.093,- / \text{ hari} \\ \text{Brh pekerja} &= 7 \times 1.9313 \times 8.500 \\ &= \text{Rp. } 114.912,- / \text{ hari} \\ \text{Brh mandor} &= 7 \times 0,9656 \times 12.100 \\ &= \text{Rp. } 81.786,- / \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource (Btr) :} \\ \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp. } 5.979.367 \text{ hari} \times 18 \\ &\quad \text{hari}) + \text{Rp. } 0,- \\ &= \text{Rp. } 317.050.686,- \end{aligned}$$

### 2) Kondisi Lembur 1 Jam

$$\begin{aligned} \text{Nama pekerjaan} &: \text{Galian Biasa} \\ \text{Volume pekerjaan} &: 4.762,00 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi percepatan} &: 18 \text{ Hari, dengan} \\ &\quad \text{jam lembur (jl)} \\ &\quad 1 \text{ jam/hari.} \\ \text{Kebutuhan resource (kr) :} \\ \text{Excavator} &= 0,9656 \text{ unit/jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= 5.8888 \text{ unit/jam} \\ \text{Pekerja} &= 1.9313 \text{ org/jam} \\ \text{Mandor} &= 0.9656 \text{ org/jam} \\ \text{Biaya resource (Brj) :} \\ \text{Excavator} &= \text{Rp. } 664.300 / \text{jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \text{Rp. } 313.600 / \text{jam} \\ \text{Pekerja} &= \text{Rp. } 8.500 / \text{jam} \\ \text{Mandor} &= \text{Rp. } 12.100 / \text{jam} \\ \text{Biaya resource perhari (Brh):} \\ \text{Sehingga :} \\ \text{Brh Exc.} &= \{ 1 \times 664.300 + 0,5 \\ &\quad (14.200 + 11.400) \} \times 0,9656 \\ &= \text{Rp. } 653.807,- / \text{ hari} \\ \text{Brh DT} &= \{ 1 \times 313.600 + 0,5 \\ &\quad (25.600) \} \times 5.8888 \\ &= \text{Rp. } 1.922.104,- / \text{ hari} \\ \text{Brh Pekerja} &= 1,5 \times 8.500 \times 1.9313 \\ &= \text{Rp. } 24.624,- / \text{ hari} \\ \text{Brh Mandor} &= 1,5 \times 12.100 \times 0.9656 \\ &= \text{Rp. } 17.525,- / \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource lembur perhari (Btrlh) :} \\ \text{Btrlh} &= \text{Btrh} + \text{Brh Exc} + \text{Brh DT} \\ &\quad + \text{Brh Pekerja} + \text{Brh} \\ &\quad \text{Mandor} \\ &= 17.613.927 + 653.807 + \\ &\quad 1.922.104 + 24.624 + \\ &\quad 17.525 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 20.231.987,- / \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource (Btr) :} \\ \text{Btr} &= (\text{Btrlh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{alat} \\ &\quad \text{bantu} \\ &= (\text{Rp. } 20.231.987,- / \text{ hari} \times 5,95 \text{ hari}) \\ &= \text{Rp. } 322.694.187,- \end{aligned}$$

### 3) Kondisi Lembur 2 Jam

$$\begin{aligned} \text{Nama pekerjaan} &: \text{Galian Biasa} \\ \text{Volume pekerjaan} &: 4.762,00 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi percepatan} &: 14,48 \text{ Hari,} \\ &\quad \text{dengan jam lembur} \\ &\quad (\text{jl}) 2 \text{ jam/hari.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan resource (kr) :} \\ \text{Excavator} &= 0.9656 \text{ unit/jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= 5,8888 \text{ unit/jam} \\ \text{Pekerja} &= 1.9313 \text{ unit/jam} \\ \text{Mandor} &= 0.9656 \text{ unit/jam} \\ \text{Biaya resource (Brj) :} \\ \text{Excavator} &= \text{Rp. } 664.300 / \text{jam} \\ \text{Dump Truck 3-4 m}^3 &= \text{Rp. } 313.600 / \text{jam} \\ \text{Pekerja (bp)} &= \text{Rp. } 8.500 / \text{jam} \\ \text{Mandor (bm)} &= \text{Rp. } 12.100 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya resource perhari (Brh) :} \\ \text{Sehingga :} \\ \text{Brh Exc.} &= \{ 664.300 + 0,5(25.600) + 664.300 \\ &\quad + 1(25.600) \} \times 0,9656 \\ &= \text{Rp. } 1.319.975,- / \text{ hari} \\ \text{Brh DT} &= \{ 313.600 + 0,5(25.600) + 313.600 + \\ &\quad 1(25.600) \} \times 5,8888 \\ &= \text{Rp. } 3.919.585,- / \text{ hari} \\ \text{Brh Pekerja} &= (1,5 \times 8.500) + (2,0 \times \\ &\quad 8.500) \times 1,9313 \\ &= \text{Rp. } 57.456,- / \text{ hari} \\ \text{Brh Mandor} &= (1,5 \times 12.100) + (2,0 \times \\ &\quad 12.100) \times 0,9656 \\ &= \text{Rp. } 42.350,- / \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource lembur perhari (Btrlh) :} \\ \text{Btrlh} &= \text{Btrh} + \text{Brh Exc} + \text{Brh DT} + \text{Brh} \\ &\quad \text{Pekerja} + \text{Brh Mandor} \\ &= 17.613.927 + 1.319.975 + \\ &\quad 3.919.585 + 57.456 + 42.350 \\ &= \text{Rp. } 22.953.293,- / \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource (Btr) :} \\ \text{Btr} &= (\text{Btrlh} \times \text{durasi percepatan}) + \text{alat} \\ &\quad \text{bantu} \\ &= (\text{Rp. } 22.953.293,- / \text{ hari} \times 14,48 \\ &\quad \text{hari}) \end{aligned}$$

= Rp.,- 332.410.812,-

#### 4) Kondisi Lembur 3 Jam

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 13,40 Hari,  
dengan jam lembur  
(jl) 3jam/hari.

Kebutuhan *resource* (kr) :  
Excavator = 0.9656 unit/jam  
*Dump Truck* 3-4 m<sup>3</sup> = 5,8888unit/jam  
Pekerja = 1.9313 unit/jam  
Mandor = 0.9656 unit/jam  
Biaya *resource* (Brj) :  
Excavator = Rp. 664.300 /jam  
*Dump Truck* 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600/jam  
Pekerja (bp) = Rp. 8.500/jam  
Mandor (bm) = Rp. 12.100/jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Sehingga :  
Brh Exc. = { 1.367.000 + 664.300 + 1  
(25.600) } × 0.9656  
= Rp. 1.986.142,- / hari

Brh DT = { 665.600 + 313.600 + 1  
(25.600) } × 5,8888  
= Rp.5.917.006,- / hari

Brh Pekerja = (29.750 + 2,0 × 8.500) ×  
1,9313  
= Rp. 90.288,- / hari

Brh Mandor = (42.350 + 2,0 × 11.500) ×  
0.9656  
= Rp.63.100,- / hari

Biaya total *resource* lembur perhari (Btrlh) :  
Btrlh = Btrh + Brh Exc + Brh DT  
+ Brh Pekerja + Brh  
Mandor  
= 17.613.927 + 1.986.142  
+ 5.917.066 + 90.288 +  
63.100  
= Rp. 25.670.523,- / hari

Biaya total *resource* (Btr) :  
Btr = (Btrlh × durasi  
percepatan) + alat bantu  
= (Rp. ,- / hari × 13,40 hari)  
+ 990845  
= Rp. 344.114.877,-

### 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 Biasa  
Biaya Normal Rp. 317.046.114,-

Biaya Percepatan :  
Lembur 1 jam= Rp. 322,694,211,-  
Lembur 2 jam= Rp. 332,413,954,-  
Lembur 3 jam= Rp. 344,118,591,-

Selisih Biaya :  
Lembur 1 jam = Rp.322,694,211–Rp 317.046.114  
= Rp. 5,648,097,-

Lembur 2 jam = Rp. 332,413,954–Rp317.046.114  
= Rp. 15,367,840,-

Lembur 3 jam = Rp. 344,118,591 – Rp317.046.114  
= Rp. 27,072,477,-

*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= Rp. 5,648,097,-  
Lembur 2 jam= Rp. 15,367,840,-  
Lembur 3 jam=Rp. 27,072,477,-

*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*  
= Rp 5.648.097 / 2,05 Hari  
= Rp 2.755.169

Lembur 2 jam = *Cost variance* / *Duration variance*  
=Rp 15.367.840 / 3,52 Hari  
=Rp 4.365.863

Lembur 3 jam = *Cost variance* / *Duration variance*  
=Rp 27.072.477 / 4,6 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 :

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

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

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

$$y = 4.87 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 11,8\% \times \text{Rp} \\ &15.528.637.619,- \\ &= \text{Rp. Rp1,839,704,062.78,-} \end{aligned}$$

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

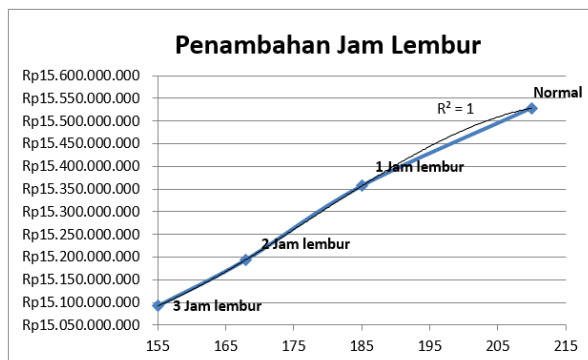
$$\text{Biaya langsung} = \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung}$$

sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 15.528.637.619,- \\ &= \text{Rp. 1,839,704,062.78,-} \\ &= \text{Rp. 13.688.933.557} \end{aligned}$$

Tabel 3 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur

No	Lembur	Durasi	Biaya
1	Normal	210	Rp 15.528.637.619
2	1	185	Rp 15.357.081.197
3	2	168	Rp 15.194.770.257
4	3	155	Rp 15.092.857.941



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 Biasa

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 Biasa

Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>

Durasi percepatan : 18 Hari, dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari.

Durasi Percepatan :

Lembur 1 Jam = 15, 95 hari

Lembur 2 Jam = 14, 48 Hari

Lembur 3 Jam = 13, 40 Hari

Kebutuhan alat :

Excavator = 0,9656 unit/jam

Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 5,8888unit/jam

Pekerja = 1,9313 org/jam

Mandor = 0,9656org/jam

Penambahan alat dan tenaga kerja :

**Lembur 1 Jam :**

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

percepatan = (18 × 0,9656) / 15, 95

= 1,0898 unit/jam ≈ 7,6285 unit/hari

Dump truck = (durasi normal × keb. alat) / durasi

percepatan = (18 × 5,8888) / 15,95

= 6,6460 unit/jam ≈ 46,5218 unit/hari

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

percepatan = (18 × 1,9313) / 15,95

= 2,1796 unit/jam ≈ 15,2571 unit/hari

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

percepatan = (18 × 0,9656) / 15,95

= 10,898 unit/jam ≈ 7,6285 unit/hari

**Lembur 2 Jam :**

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

percepatan = (18 × 0,9656) / 14,48

= 1,2001 unit/jam ≈ 8,4010 unit/hari

Dump truck = (durasi normal × keb. alat) / durasi

percepatan = (18 × 5,8888) / 14,48

= 7,3190 unit/jam ≈ 51,2329 unit/hari

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

percepatan = (18 × 1,9313) / 14,48

= 2,4003 unit/jam ≈ 16,8021 unit/hari

Mandor = (durasi normal × keb. alat) / durasi  
percepatan =  $(18 \times 0,9656) / 14,48$   
= 1,2001 unit/jam ≈ 8,4010 unit/hari

**Lembur 3 Jam :**

Excavator = (durasi normal × keb. alat) / durasi  
percepatan =  $(18 \times 0,9656) / 13,40$   
= 1,2967 unit/jam ≈ 9,0770 unit/hari

Dump truck = (durasi normal × keb. alat) / durasi  
percepatan =  $(18 \times 5,8888) / 13,40$   
= 7,9079 unit/jam ≈ 55,3551 unit/hari

Pekerja = (durasi normal × keb. alat) / durasi  
percepatan =  $(18 \times 1,9313) / 13,40$   
= 2,5934 unit/jam ≈ 18,1540 unit/hari

Mandor = (durasi normal × keb. alat) / durasi  
percepatan =  $(18 \times 0,9656) / 13,40$   
= 1,2967 unit/jam ≈ 9,0770 unit/hari

**3) Analisis Penambahan Biaya Alat berat**

**a) Kondisi durasi normal**

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 13,40 Hari, dengan jam  
lembur (jl) 3jam/hari.

Kebutuhan *resource* (kr) :  
Excavator = 0,9656 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 5,8888 unit/jam  
Pekerja = 1,9313 unit/jam  
Mandor = 0,9656 unit/jam

Biaya *resource* (Brj) :  
Excavator = Rp. 664.300 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600/jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :  
Brh = jk × kr × Brj  
Brh Exc. =  $7 \times 0,9656 \times 664.300$   
= Rp. 4.490.136,- / hari  
Brh DT =  $7 \times 5,8888 \times 313.600$   
= Rp. 12.927.093,- / hari  
Brh pekerja =  $7 \times 1,9313 \times 8.500$   
= Rp. 114.912,- / hari  
Brh mandor =  $7 \times 0,9656 \times 12.100$   
= Rp. 81.786,- / hari

Biaya total *resource* (Btrh) :  
Btrh = ∑Brh  
= (Exc + DT + pekerja + mandor)  
= 4.490.136 + 12.927.093 + 114.912  
+ 81.786  
= Rp. 17.613.927,- / hari

Biaya total *resource* (Btr) :  
Btr = (Btrh × durasi) + alat bantu  
= (Rp. 17.613.927,- / hari × 18 hari) + Rp. 0,-

= **Rp. 317.050.686,-**

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

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 13,40 Hari, dengan jam  
lembur (jl) 3jam/hari.

Kebutuhan *resource* (kr) :  
Excavator = 1,0898 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 6,6460 unit/jam  
Pekerja = 2,1796 orang/jam  
Mandor = 1,0898 orang/jam

Biaya *resource* (Brj) :  
Excavator = Rp. 664.300 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600/jam  
Pekerja (bp) = Rp. 8.500/jam  
Mandor (bm) = Rp. 12.100/jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Brh = jk × kr × Brj

Brh Exc. =  $7 \times 1,0898 \times 664.300$   
= Rp. 5.067.631,- / hari

Brh DT =  $7 \times 6,6460 \times 313.600$   
= Rp. 14.589.869,- / hari

Brh pekerja =  $7 \times 2,1796 \times 8.500$   
= Rp. 129.684,- / hari

Brh mandor =  $7 \times 1,0898 \times 12.100$   
= Rp. 92.305,- / hari

Biaya total *resource* (Btrh) :  
Btrh = ∑Brh  
= (Exc + DT + pekerja + mandor)  
= 5.067.678 + 14.589.229 + 129.686 + 92.306  
= Rp. 19.878.870,- / hari

Biaya total *resource* (Btr) :  
Btr = (Btrh × durasi) + alat bantu  
= (19.878.870,- / hari × 15,95) + 0  
= Rp. 317.055.384,60,-

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

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 13,40 Hari, dengan jam  
lembur (jl) 3jam/hari.

Kebutuhan *resource* (kr) :  
Excavator = 1,2001 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 7,3190 unit/jam  
Pekerja = 2,4003 orang/jam  
Mandor = 1,2001 orang/jam

Biaya *resource* (Brj) :  
Excavator = Rp. 664.300 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600 /jam  
Pekerja = Rp. 8.500 /jam  
Mandor = Rp. 12.100 /jam

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Brh = jk × kr × Brj

$$\begin{aligned} \text{Brh Exc.} &= 7 \times 1,2001 \times 664.300 \\ &= \text{Rp. } 5.580.808,- / \text{ hari} \\ \text{Brh DT} &= 7 \times 7,3190 \times 313.600 \\ &= \text{Rp. } 16.066.640,- / \text{ hari} \\ \text{Brh pekerja} &= 7 \times 2,4003 \times 8.500 \\ &= \text{Rp. } 142.817,- / \text{ hari} \\ \text{Brh mandor} &= 7 \times 1,2001 \times 12.100 \\ &= \text{Rp. } 101.652,- / \text{ hari} \\ \text{Biaya total resource (Btrh)} &: \\ \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 5.580.585 + 16.066.668 + 142.817 + 101.648 \\ &= \text{Rp. } 21.891.919,- / \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total resource (Btr)} &: \\ \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= (\text{Rp. } 21.891.919,- / \text{ hari} \times 14,48 \text{ hari}) + 0 \\ &= \text{Rp. } 317.055.384,- \end{aligned}$$

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

Nama pekerjaan : Galian Biasa  
Volume pekerjaan : 4.762,00 m<sup>3</sup>  
Durasi percepatan : 13,40 Hari  
Penambahan resource (kr):

Excavator = 1,2967 unit/jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = 7,9079 unit/jam  
Pekerja = 2,5934 orang/jam  
Mandor = 1,2967 orang/jam

Biaya resource (Brj) :

Excavator = Rp. 664.300 /jam  
Dump Truck 3-4 m<sup>3</sup> = Rp. 313.600 /jam  
Pekerja = Rp. 8.500 /jam  
Mandor = Rp. 12.100 /jam

$$\begin{aligned} \text{Biaya resource perhari (Brh)} &: \\ \text{Brh} &= \text{jk} \times \text{kr} \times \text{Brj} \\ \text{Brh Exc.} &= 7 \times 1,2967 \times 664.300 \\ &= \text{Rp. } 6,029,839.59,- / \text{ hari} \\ \text{Brh DT} &= 7 \times 7,9079 \times 313.600 \\ &= \text{Rp. } 17,359,358.43,- / \text{ hari} \\ \text{Brh pekerja} &= 7 \times 2,5934 \times 8.500 \\ &= \text{Rp. } 154,308.71,- / \text{ hari} \\ \text{Brh mandor} &= 7 \times 1,2967 \times 12.100 \\ &= \text{Rp. } 109,831.49,- / \text{ hari} \\ \text{Biaya total resource (Btrh)} &: \\ \text{Btrh} &= \sum \text{Brh} \\ &= (\text{Exc} + \text{DT} + \text{pekerja} + \text{mandor}) \\ &= 6,029,839.59 + 17,359,358.43 + 154,308.71 + \\ &109,831.49 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp. } 23,653,338.22,- / \text{ hari}$$

Biaya total resource (Btr) :

$$\begin{aligned} \text{Btr} &= (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu} \\ &= \text{Rp. } 23,653,338.22,- / \text{ hari} \times 13,40 \text{ hari} + 0 \\ &= \text{Rp. } 317,055,384.60,- \end{aligned}$$

#### 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 :

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

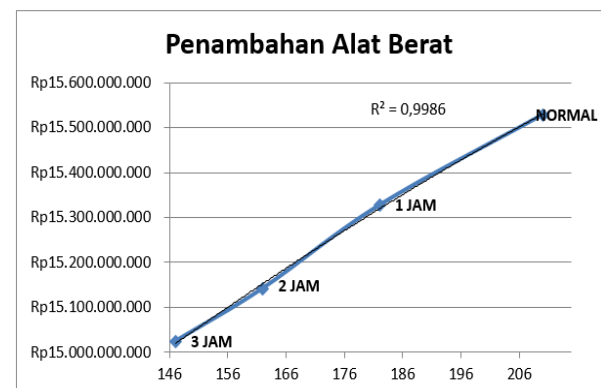
$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 11,8 \% \times 15,528,637,619.32,- \\ &= \text{Rp}1,839,704,062.78 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung} \\ \text{Biaya langsung} &= \text{Rp. } 15,528,637,619.32,- \\ &\text{Rp}1,839,704,062.78 \\ &= \text{Rp. } 13,688,933,557 \end{aligned}$$

Tabel 4 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan alat berat

No	Penambahan alat	Durasi	Biaya
1	Normal	210	Rp 15,528,637,619
2	1	182	Rp 15,327,120,302
3	2	162	Rp 15,141,769,259
4	3	147	Rp 15,023,737,631



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 Pembangunan Jembatan Baru Boncong, Kabupaten Tuban, hasil penelitian memberikan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Waktu dan biaya total proyek pada penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 182 hari dengan biaya sebesar Rp.15.357.081.197, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 162 hari dengan biaya sebesar Rp.15.194.770.257, dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 147 hari dengan biaya Rp.15.092.857.941.
- b. Waktu dan biaya total proyek pada penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 1 jam didapatkan durasi crashing 182 hari dan dengan biaya sebesar Rp15.327.120.302, untuk penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 2 jam didapatkan durasi crashing 162 hari dengan biaya sebesar Rp15.141.769.259 dan penambahan alat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam didapatkan durasi crashing 147 hari dengan biaya Rp15.023.737.631.
- c. 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 Rp15.023.737.631 dengan durasi sebesar 147 hari. Dibandingkan dengan biaya normal dan durasi normal, hasilnya mengalami penurunan biaya sebesar Rp. 504.899.988 dengan pengurangan durasi sebesar 63 hari.
- d. 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.
- e. .

### 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>

- (acssed 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.