

# Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan *Metode Time Cost Trade Off* pada Pekerjaan Jalan Bugel – Girijati Tahap II Kabupaten Sleman

*Optimization of Cost and Time Project with Addition of Time Working (Overtime) Compared to Addition of Labor by Using Time Cost Trade Off Method in Road Construction of Bugel - Girijati Sleman Regency*

**Raden Helmy M.R, Mandiyo Priyo, Yoga Aprianto H.**

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

**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. Cara yang biasa dilakukan untuk menghasilkan proyek konstruksi yang efektif dan efisien adalah dengan melakukan perbandingan biaya konstruksi dalam penambahan jam kerja (lembur) untuk mempersingkat waktu pekerjaan yang akan dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja. Dalam kasus ini, salah satu metode yang sering digunakan adalah metode time cost trade off dengan bantuan Aplikasi Microsoft Project 2013. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk penambahan jam kerja (lembur) selama 1 jam lebih rendah dari harga normal yaitu Rp. 32,754,443,989.90 dengan percepatan durasi 242.89 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 2 jam adalah Rp. 32,813,206,687.64 dengan percepatan durasi 223.49 hari, untuk biaya penambahan jam kerja (lembur) selama 3 jam adalah Rp. 32,955,634,436.58 dengan percepatan durasi 209.23 hari. Sementara untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 1 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 32,594,028,629.84 dengan durasi 242.89 hari, dan untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 2 jam biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 32,372,419,830.75 dengan durasi 223.49 hari, dan biaya untuk penambahan tenaga/ alat berat selama 3 jam adalah Rp. 32,209,533,272.31 dengan durasi percepatan 209.23 hari. Biaya – biaya yang mungkin dikeluarkan tersebut jauh dibawah biaya normal Rp. 32,901,411,503.40 dengan durasi 270 hari.

Kata kunci : Time Cost Trade off, Microsoft Project 2013, Penambahan Jam lembur, Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja, Biaya, Waktu

**Abstract.** Time and cost are very affective for the success and failure of a project. The benchmark of project success is usually seen from a short turnaround time with minimal cost without leaving the quality of the work. The usual way to produce an effective and efficient construction project is to compare the construction costs in the addition of working hours (overtime) to shorten the time of work to be compared with the addition of labor. In this case, one of the most commonly used methods is the time cost trade off method with the help of Microsoft Project 2013 Application. The results show that the cost incurred for additional hours (overtime) for 1 hour is lower than the normal price of Rp. 32,754,443,989.90 with acceleration of 242.89 days duration, for the cost of additional working hours (overtime) for 2 hours is Rp. 32,813,206,687.64 with acceleration of 223.49 days duration, for the cost of adding work hours (overtime) for 3 hours is Rp. 32,955,634,436.58 with acceleration of 209.23 days duration. While for the addition of power / heavy equipment for 1 hour the cost incurred is Rp. 32,594,028,629.84 with duration 242.89 days, and for the addition of labor / equipment for 2 hours the cost is Rp. 32,372,419,830.75 with a duration of 223.49 days, and the cost for adding power / heavy equipment for 3 hours is Rp. 32,209,533,272.31 with acceleration duration of 209.23 days. The costs may be far below the normal cost of Rp. 32,901,411,503.40 with a duration of 270 days.

Keywords: Time Cost Trade off, Microsoft Project 2013, Additional Hours Overtime, Addition of Heavy Equipment and Labor, Cost, Time

## 1. Pendahuluan

Pelaksanaan proyek pembangunan Jalan Baru Raya Bugel-Girijati (Bugel-Galur-Poncosari CS) Tahap 2 sangat berperan dalam mendukung laju perekonomian serta berperan sangat besar dalam kemajuan dan perkembangan suatu daerah.

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 (Priyo dkk., 2015).

Dalam penjadwalan proyek, aspek biaya diperhitungkan dengan membuat hubungan biaya dan waktu untuk setiap aktivitas pada proyek. Pada kondisi dibutuhkan percepatan waktu untuk pelaksanaan maka waktu bersifat minimum dengan maksimum biaya yang mungkin, demikianlah yang disebut dengan Crash Program. (Arvianto dkk., 2015)

Menurut Wibowo (2016) dalam penelitiannya tentang analisis biaya dan waktu proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja (lembur) dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja menggunakan metode *time cost trade off* dengan studi kasus pekerjaan peningkatan jalan Siluk-Kretrek STA. 13+000 – 15+900, mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya optimum akibat penambahan lembur 1 jam didapat pada umur proyek 104,98 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.056.110.917,11.
2. Untuk penambahan lembur 2 jam didapat durasi proyek 101,24 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.045.515.615,74, dan untuk penambahan lembur 3 jam didapat durasi proyek 97,92 hari kerja dengan total biaya

proyek sebesar Rp.6.041.418.149,56. Dari ketiga penambahan jam lembur didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi 97,92 hari dan total biaya proyek Rp.6.041.418.149,56.

3. Waktu dan biaya total akibat penambahan tenaga kerja 1 didapat durasi proyek 104,98 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.049.998.075,53. Untuk penambahan tenaga kerja 2 didapat pada durasi proyek 101,24 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.042.355.075,59, untuk penambahan tenaga kerja 3 didapat durasi proyek 97,92 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp.6.032.372.481,17. Dari ketiga penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja 3 dengan durasi 97,92 hari dan total biaya proyek Rp.6.032.372.481,17.
4. Biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pekerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah antara lain, Besar perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek dengan penambahan jam kerja dan tambahnya tenaga kerja, menghitung bagaimana perbandingan durasi optimal dan biaya optimal dari penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja, dan Selisih perbandingan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan kerja dan tenaga kerja.

Adapun tujuan dan manfaat dilakukannya penelitian ini adalah menghitung perubahan biaya, waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja, dan penambahan jam kerja, dan membandingkan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja serta tambahnya jam kerja. Serta untuk bahan pertimbangan masukan bagi perusahaan yang mengambil

keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan pembangunan proyek jalan raya, dan untuk memberikan gambaran dan pengetahuan tentang menggunakan *Microsoft Project* dalam manajemen proyek.

Diantaranya dibuat batasan – batasan masalah guna membatasi dan mengarahkan ruang lingkup penelitian, antara lain :

- A. Hari kerja langsung dalam proyek berikisar 08:00-16:00 dengan walti istirahat 11:00-12:00 WIB dan maksimum jam lembur 8 jam 16:00-19:00 yang diperkenankan.
- B. Pengoptimasian waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja menggunakan *Microsoft Project 2013*.
- C. Perhitungan Analisis percepatan waktu proyek pada penelitian ini menggunakan alternative variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.
- D. Perhitungan biaya denda menggunakan alternative besarnya perubahan durasi proyek sesudah dilakukan kompresi akibat penambahan tenaga kerja dikalikan 1 per mil biaya total proyek.

## 2. Landasan Teori

### *Manajemen Proyek*

Menurut Soeharto (1997), manajemen proyek adalah merencanakan, menyusun organisasi, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh lagi manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hierarki (arus kegiatan) vertikal dan horizontal.

Berdasarkan Pernyataan Mockler (1972) dalam Soeharto (1997), memberikan pengertian tentang pengendalian. Menurutnya, pengendalian adalah usaha yang sistematis untuk menentukan standar yang sesuai dengan sasaran perencanaan, merancang sistem informasi, membandingkan pelaksanaan dengan standar, menganalisis kemungkinan adanya penyimpangan antara pelaksanaan dan standar, kemudian mengambil tindakan pembetulan yang diperlukan agar sumber daya digunakan secara efektif dan efisien dalam rangka mencapai sasaran.

Berdasarkan pengertian yang diberikan oleh Mockler, maka proses pengendalian proyek dapat diuraikan menjadi langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Menentukan sasaran.
- b. Definisi lingkup kerja.
- c. Menentukan standar dan kriteria sebagai patokan dalam rangka mencapai sasaran.
- d. Merancang/menyusun sistem informasi, pemantauan, dan pelaporan hasil pelaksanaan pekerjaan.
- e. Mengkaji dan menganalisis hasil pekerjaan terhadap standar, kriteria, dan sasaran yang telah ditentukan.
- f. Mengadakan tindakan pembetulan.

Pada penelitian ini menggunakan berbagai data angka berupa data mengenai waktu dan biaya yang digunakan selama proses pembangunan proyek berlangsung, sehingga penelitian ini disebut penelitian kuantitatif (Izzah, 2017).

Percepatan proyek dapat dilakukan dengan kondisi proyek yang tidak terlambat/normal, dengan maksud: owner/pemilik proyek ingin mempercepat jadwal penyelesaian proyek, karena pertimbangan proyeksi margin keuntungan akan bertambah bila jadwal penyelesaian dipercepat dari rencana semula ( Husen, 2013)

### *Network Planning*

*Network planning* adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya

Aplikasi atau penerapan network planning pada penyelenggaraan proyek memerlukan persyaratan yang harus dipenuhi agar dapat dilaksanakan. Persyaratan tersebut adanya kepastian tentang proyek yang harus dilaksanakan. Jika sudah ada ketetapan mengenai proyek yang akan dilaksanakan, maka selanjutnya dilakukan tahap aplikasi network planning yang terdiri dari tiga kelompok, yaitu: pembuatan desain, pemakaian desain, dan perbaikan desain (Federika, 2010).

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan

penyelesaian waktu proyek. (Priyo dkk., 2017). Cara-cara tersebut antara lain:

- Penambahan jumlah jam kerja (lembur)
- Penambahan tenaga kerja
- Pergantian atau penambahan peralatan
- Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
- Penggunaan metode konstruksi yang efektif

### Biaya Total

Secara umum biaya proyek konstruksi dibagi menjadi dua kelompok, yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung.

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya langsung tersingkat untuk menyelesaikan proyek dengan durasinormal. (Maddepungeng dkk., 2015).

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah Biaya akan turun bila waktu proyek diperpendek. Tetapi terbatas pada biaya supervisi atau biaya variabel (*variable cost*) seperti gaji pengawas maupun logisti (e.g.. makanan). (Mangitung, 2008), yang meliputi:

Presentase biaya tidak langsung ditentukan berdasarkan hasil penelitian dari Jayadewa (2016) berupa persamaan sebagai berikut :

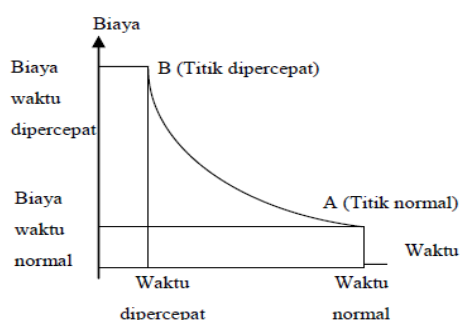
$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (1)$$

dengan:

- $x1$  = nilai total proyek,
- $x2$  = durasi proyek,
- $\varepsilon$  = *random error*, dan
- $y$  = prosentase biaya tidak langsung

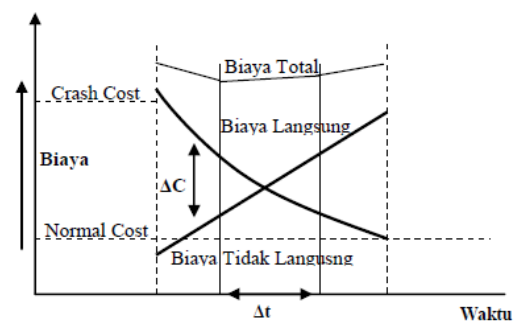
### Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu pelaksanaan proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1 Hubungan waktu – biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997)

Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 2.1 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar.



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

Gambar 2 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung, dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.

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

Di dalam perencanaan suatu proyek di samping variabel waktu dan sumber daya, variabel biaya (*cost*) mempunyai peranan yang sangat penting. Biaya (*cost*) merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen, di mana biaya yang timbul harus dikendalikan seminimal mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu karena terdapat hubungan yang erat antara waktu penyelesaian proyek dengan biaya – biaya yang bersangkutan.

Di dalam analisis *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian

proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Crashing adalah istilah suatu kegiatan untuk mempersingkat umur proyek. Crashing dalam penelitian ini menggunakan dua alternatif yaitu penambahan shift kerja dan kapasitas alat (Handayani dkk., 2017).

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Adapun cara – cara tersebut antara lain :

1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur)  
Kerja lembur (*working time*) dapat dilakukan dengan menambah jam kerja perhari tanpa menambah pekerja.
2. Penambahan tenaga kerja  
Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambah jam kerja.
3. Pergantian atau penambahan peralatan  
Penambahan peralatan dimaksudkan untuk menambah produktivitas. Namun, perlu diperhatikan adanya penambahan biaya langsung untuk mobilitas dan demobilitas alat tersebut.
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas  
Yang dimaksud dengan sumber daya manusia yang berkualitas adalah tenaga kerja yang mempunyai produktivitas yang tinggi dengan hasil yang baik. Dengan mempekerjakan tenaga kerja yang berkualitas, maka aktivitas akan lebih cepat terselesaikan.
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif  
Metode konstruksi berkaitan erat dengan sistem kerja dan tingkat penguasaan pelaksanaan terhadap metode tersebut serta ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan.  
Cara – cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

Metode Pengumpulan Data Data yang digunakan adalah:

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

### **Alternatif Percepatan/ Skenario Crashing**

Adapun asumsi – asumsi untuk menyederhanakan percepatan dengan penambahan jam kerja adalah :

- a. Jam kerja normal adalah pukul 08.00-16.00 dengan 1 jam istirahat siang. Maka jam kerja efektif adalah 7 jam sedangkan jam lembur adalah pukul 16.00-19.00 sehingga durasi lembur adalah 3 jam.
- b. Perlu diperhatikan karena kemampuan fisik pekerja maka pada saat lembur sudah menurun dan kondisi penerangan buatan maka produktivitasnya hanya diperhitungkan 75% dari produktivitas normal. (Ardika dkk., 2014)

### **Produktivitas Kerja**

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11-PRT-M-2013 produktivitas dapat diartikan sebagai perbandingan antara output (hasil produksi) terhadap *input* (komponen produksi: tenaga kerja, bahan, peralatan, dan waktu). Jadi dalam analisis produktivitas dapat dinyatakan sebagai *rasio* antara *output* terhadap *input* dan waktu (jam atau hari). Bila *input* dan waktu kecil maka *output* semakin besar sehingga produktivitas semakin tinggi. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi analisis produktivitas antara lain waktu siklus, faktor kembang susut atau faktor pengembangan bahan, faktor alat, dan faktor kehilangan.

Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi, salah satunya tergantung pada keefektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing – masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter yang berbeda – beda satu sama lainnya.

### **Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)**

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam lembur para pekerja. Penambahan jam lembur ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam normal selesai. Penambahan jam lembur bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan waktu yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam kerja lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas.

1. Produktivitas harian (PH)

$$PH = \frac{Volume}{Durasi\ normal} \quad (2)$$

2. Produktivitas setiap jam (PJ)

$$PJ = \frac{Produktivitas\ harian}{Jam\ kerja\ perhari} \quad (3)$$

3. Produktivitas harian sesudah crash (PC)

$$PC = (jam\ kerja\ perhari \times produktivitas\ tiap\ jam) + (a \times b \times produktivitas\ setiap\ jam) \quad (4)$$

4. Crash duration (CD)

$$CH = \frac{Volume}{Produktivitas\ harian\ sesudah\ crash} \quad (5)$$

Tabel 1 Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1 jam	0,1	90
2 jam	0,2	80
3 jam	0,3	70
4 jam	0,4	60

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

Dalam penambahan jumlah pekerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedia apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang

lain yang sedang berlangsung pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja.

1. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja diirumuskan sebagai berikut :

2. Jumlah tenaga kerja normal
 
$$Normal = \frac{(Koefisien\ tenaga\ kerja \times volume)}{Durasi\ normal} \quad (6)$$

3. Jumlah tenaga kerja dipercepat
 
$$Dipercepat = \frac{(Koefisien\ tenaga\ kerja \times volume)}{Durasi\ dipercepat} \quad (7)$$

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

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

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat penambahan tenaga kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari
 
$$= \text{Biaya Normal} \times \text{keb. resource} \times \text{Jam kerja} \quad (8)$$

2. Biaya total pekerjaan
 
$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi}) + (\Sigma \text{biaya material}) \quad (9)$$

3. Biaya lembur tenaga kerja
 
$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} \times 1,5 \quad (10)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{bl 1 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \quad (11)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{bl 2 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \quad (12)$$

Keterangan :

bn = biaya normal (Rp)

bl = biaya lembur (Rp)

4. Biaya lembur alat berat
 
$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} + (0,5 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (13)$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \text{Lembur 1 jam} + \text{Biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (14)$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \text{Lembur 2 jam} + \text{Biaya normal} + (1,0 \times (\text{bo} + \text{bpo})) \quad (15)$$

Keterangan :

bo = biaya operator (Rp)

bpo = biaya pembantu operator (Rp)

#### 5. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi crashing}) + (\Sigma \text{ biaya material}) \quad (16)$$

#### 6. *Cost slope*

$$= \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}} \quad (17)$$

### 3. Metode Penelitian

#### *Lokasi Penelitian*

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Girijati D.I. Yogyakarta.

#### *Tahap dan Prosedur Penelitian*

##### 1. Tahap Persiapan

Tahapan persiapan adalah tahapan awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian, pada tahapan ini perlu dilakukan studi literature berupa pendalaman ilmu kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan komplikasi data

##### 2. Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan suatu pelaksanaan untuk melakukan evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan.

Variable – variable yang mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya diantaranya adalah :

##### a. Variable Waktu

Data yang mempengaruhi variable waktu diperoleh dari kontraktor PT. X. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah:

Data cumulative progress (kurva-S), meliputi: jenis kegiatan, persentase kegiatan, durasi kegiatan.

Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

##### b. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain: daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran (jumlah biaya normal dan durasi normal), daftar-daftar harga bahan dan upah, dangambar rencana proyek.

Data-data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan ini diperoleh dari kontraktor pelaksana, meliputi : Rencana Anggaran Biaya (RAB); Analisa harga satuan pekerjaan; Daftar-daftar harga satuan upah; bahan dan alat; *Time schedule*; dan Biaya tidak langsung

#### *Tahap Analisa Percepatan dengan Aplikasi Program dan Metode Time Cost Trade Off*

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*. Dengan menginputkan data yang terkait untuk dianalisis ke dalam program, maka *Microsoft Project* ini nantinya akan melakukan kalkulasi secara otomatis sesuai dengan rumus – rumus kalkulasi yang telah dibuat oleh program ini.

Proses menginputkan ke program untuk perencanaan dan *update* perencanaan dengan bantuan *Microsoft Project* ini dilakukan pengujian dari semua kegiatan yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kemudian membandingkan hasil analisis percepatan yang berupa perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah penambahan jam lembur dan penambahan alat berat dengan biaya denda akibat keterlambatan.

#### *Tahap Kesimpulan*

Tahap kesimpulan merupakan tahap mengambil keputusan dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

### 4. Hasil dan Pembahasan

#### *Data Penelitian*

Data umum dari Proyek Pembangunan Jembatan Lemah Abang yang terletak di Kabupaten Sleman adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : P

Konsultan Supervisi : PT. Q

Kontraktor : PT. X  
 Anggaran : Rp. 37.091.963.712,52  
 Tanggal pekerjaan dimulai: 18 Desember 2016  
 Tanggal pekerjaan selesai: 26 Agustus 2017

**Data – Data Kegiatan Kritis**

Tabel 2 menjelaskan bahwa beberapa kegiatan yang akan dipercepat merupakan pekerjaan yang memiliki unsur tenaga kerja

Tabel 2 Daftar Kegiatan Kritis

No	Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	BKGSDSA	Bak Kontrol Galian untuk Selokan Dramase dan Saluran Air STA 0+900.0 s/d 0+100.0	7
2	BKGSDA	Bak Kontrol Galian untuk Selokan Dramase dan Saluran Air STA 0+000.0 s/d 0+165.0	7
3	PBM	Pasangan Batu dengan Mortar STA 0+900 s/d 0+100.0	7
4	BSDBM	Beton K.250 (f'c 20) untuk struktur dramase beton minor STA 0+096.5 s/d 1+165	14
5	TBSG	Tumbuhan Biasa dari Sumber Galian STA 0+375 s/d 3+050 Ki.Ka section 1	105
6	TBSG	Tumbuhan Biasa dari Sumber Galian STA 0+775 s/d 1+114 Ki.Ka section 2	7
7	TBSG	Tumbuhan Biasa dari Sumber Galian STA 0+000 s/d 1+219 Ki.Ka section 3	28
8	LPAK	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	21
9	PPB	Peninggi Pasangan Batu STA 1+091 s/d 1+163	21
10	PB	Pasangan Batu STA -0+008 s/d 1+212	21

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

Analisis biaya lembur dihitung untuk mencari besarnya upah biaya lembur dari alat berat dan tenaga kerja. Berikut contoh analisis perhitungan lembur dari tenaga kerja dan alat berat sebagai berikut :

1. Tenaga Kerja

Untuk *Resource Name* : Tukang

Biaya normal pekerja per jam (bn) :

Rp 8.500,00

Biaya lembur per jam

Lembur 1 Jam (L1) = 1,5 x 8.500,00  
 = Rp 12.750,00

Lembur 2 Jam (L2) = (1,5 x 8.500,00) + (2 x 1 x 8.500,00)  
 = 12.750,00 + 17.000,00  
 = Rp 29.750,00

Lembur 3 Jam (L3) = (1,5 x 8.500,00) + (2 x 2 x 8.500,00)  
 = 12.750,00 + 34.000,00  
 = Rp 46.750,00

2. Alat Berat

Resource Name : Bulldozer

Biaya normal alat per jam : Rp 350.080,52

Biaya Operator : Rp 21.428,57

Biaya Pemb. Operator : Rp 11.428,57

Biaya lembur per jam :

Lembur 1 Jam (L1)

= 350.080,52 + 0,5 x (21.428,57 + 11.428,57)

= 350.080,52 + 16.428,57

= Rp 366.509,09

Lembur 2 Jam (L2)

= L1 + 350.080,52 + 1 x (21.428,57 + 11.428,57)

= 716.589,61 + 32.857,14

= Rp 749.446,75

Lembur 3 Jam (L3)

= L2 + 350.080,52 + 1 x ( 21.428,57 + 11.428,57)

= 1.099.527,27 + 32.857,14

= Rp 1.132.384,41

**Analisis Durasi Percepatan**

Durasi aktifitas adalah lamanya waktu dari Menurut Mangitung (2008), Percepatan proyek dapat didefinisikan sebagai suatu perubahan jadwal proyek dengan cara memperpendek satu atau lebih aktivitas baik yang berurutan maupun tidak berurutan yang akibatnya memperpendek total waktu pelaksanaan proyek sebagaimana yang telah ditetapkan sebelumnya melalui perjanjian antara pihak pengguna jasa dengan penyedia jasa konstruksi (i.e. kontraktor).

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.

Hasil observasi dan wawancara terhadap manajer proyek, keterlambatan penyelesaian proyek ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu keadaan cuaca yang tidak menentu, kerusakan alat yang mengharuskan alat diperbaiki terlebih dahulu, keadaan lapangan seperti berlumpur dan tergenang air, hingga masyarakat sekitar yang melakukan aksi demo menolak adanya kegiatan proyek dilingkungan mereka (Suherman dkk., 2016).

Berikut contoh perhitungan percepatan durasi untuk 1 jam :

Nama pekerjaan : Bak Kontrol Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran

Air STA 0+900 s/d 0+100.0

Volume pekerjaan: 184,46 m<sup>3</sup>

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



Produktivitas normal per jam (pn) :

$$Pn = \frac{Pp}{Jk} = \frac{26,35}{7} = 3,76 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$Pp = \frac{184,46}{7} = 26,35 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Durasi Percepatan (Dp) :

$$Dp = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(0,9 \times Pn) + (\sum jk \times Pn)}$$

dengan :

Pn = produktivitas normal perjam ( $\text{m}^3/\text{jam}$ )

jk = jam kerja normal

pp = produktivitas perhari

Durasi Percepatan (Dp) **lembur 1 jam** :

$$Dp \text{ 1 jam} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(0,9 \times Pn) + (\sum jk \times Pn)}$$

$$= \frac{184,46 \text{ m}^3}{(0,9 \times 3,76) + (3,76 \times 7)}$$

$$= \mathbf{6,60 \text{ hari}}$$

Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan = 7 Hari – 6,20 Hari = 0,8 Hari

Hasil dari kebutuhan resource (perjam) akan dimasukkan melalui aplikasi *Microsoft Project 2013* yang pada akhirnya akan digunakan sebagai angka pembanding *Microsoft Excel 2013*.

Tabel 3 Analisis Perhitungan Biaya Percepatan pada *Microsoft Project* Biaya Lembur 1 Jam

Kode	Durasi (Hari)	Durasi Crashing (Hari)		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
BKGSDSA	7	6,20	5,63	5,21
BKGSDA	7	6,20	5,63	5,21
PBM	7	6,20	5,63	5,21
BSDBM	14	12,41	11,26	10,43
TBSG	105	93,04	84,48	78,19
TBSG	7	6,20	5,63	5,21
TBSG	28	24,81	22,53	20,85
LPAK	21	18,61	16,90	15,64
PPB	21	18,61	16,90	15,64
PB	21	18,61	16,90	15,64

Pada analisis *cost variance* dan *duration variance* dihitung dengan menggunakan *Microsoft Project 2013* yang akan digunakan untuk perhitungan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya total.

*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 : Bak Kontrol Galian untuk Selokan Drainase dan Saluran

*Cost variance* :

Lembur 1 jam = Rp. 162,739.89

Lembur 2 jam = Rp. 479,858.15

Lembur 3 jam = Rp. 774,864.52

*Duration variance* :

Lembur 1 jam = 0,80 hari

Lembur 2 jam = 1,37 hari

Lembur 3 jam = 1,79 hari

*Cost slope* :

$$\text{Lembur 1 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.162.739.89}}{0,80 \text{ hari}}$$

$$= \text{Rp. 203.424,86}$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.479.858.15}}{1,37 \text{ hari}}$$

$$= \text{Rp. 350.261,423}$$

$$\text{Lembur 3 jam} = \frac{\text{Cost Variance}}{\text{Duration Variance}}$$

$$= \frac{\text{Rp.774.864,52}}{1,79 \text{ hari}}$$

$$= \text{Rp. 432.885,20}$$

Biaya tidak langsung merupakan hasil antara perkalian biaya normal pada aplikasi *Microsoft Project* dengan persentase biaya tidak langsung, dimana perhitungan persentase biaya tidak langsung adalah sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (18)$$

Dengan,  $x1$  adalah nilai total proyek,  $x2$  adalah durasi proyek,  $\varepsilon$  = *random error*,  $y$  adalah prosentase biaya tak langsung sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$$x1 = \text{Rp. 32.901.411.503,4}$$

$$x2 = 270 \text{ hari}$$

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

$$y = -0,9 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,9 - 4,888(\ln(32.901.411.503,4 - 0,21) - \ln(270)) + \varepsilon$$

$$y = 9,370081 \%$$

$$\text{Biaya tidak langsung} = y \times x1$$

$$= 9,370081 \% \times \text{Rp. 32.901.411.503,4}$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 3.082.888.951,75}}$$

Biaya Langsung = Biaya Normal pd Ms Project – Biaya Tidak Langsung

$$\text{Biaya Langsung} = 32.901.411.503,40 - 3.082.888.951,75$$

$$= \mathbf{\text{Rp. 29.818.522.551,65}}$$

Untuk menentukan total biaya terhadap total durasi proyek dapat dilakukan dengan

persamaan sebagai berikut (Kode BK250SDBM) :

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung  
sehingga nilai dari total biaya pada proyek adalah

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp. } 29.819.483.105,98 + \text{Rp. } 3.082.888.951,75 \\ &= \text{Rp. } 32.901.411.503,40 \end{aligned}$$

Dari tabel perbandingan dihasilkan biaya total untuk penambahan jam lembur 1 jam Rp. 32.754.443.989,90, penamahan jam lembur 2 jam Rp. 32.813.206.687,64, penambahan jam lembur 3 jam Rp. 32.955.634.436,58. Dari biaya penambahan jam lembur normal Rp. 32.901.411.503,40.

**Analisa Penambahan Tenaga Kerja dan Alat**  
Kondisi terhadap durasi percepatan dari waktu lembur 1 jam

Nama pekerjaan : Bak Kontrol Galian Untuk Drainase dan Saluran Air STA 0+900 s/d 0+100.0

Durasi pekerjaan : 7 Hari Jam kerja : 7 jam/hari

Volume Pekerjaan : 184.46 m<sup>3</sup>

Durasi percepatan : 6,20 hari (dengan jam kerja (jk) 7 jam/hari )

Kebutuhan *resource* (kr) :

Pekerja = 1,2046 orang/jam

Mandor = 0,2008 orang/jam

Excavator = 0,2008 orang/jam

*Dump Truck 4m<sup>3</sup>* = 0,2989 unit/jam

*Alat Bantu I* = 184,4600 unit/jam

Biaya *resource* (Brj) :

Pekerja = Rp. 8.000 /jam

Mandor = Rp. 9.000 /jam

Excavator = Rp. 335.070 /jam

*Dump Truck 4m<sup>3</sup>* = Rp. 125.011 /jam

Sehingga,

Biaya *resource* perhari (Brh) :

Brh =

jk × kr × Brj

Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Brh Pekerja} &= 7 \times 1,250 \times 8.000 \\ &= \text{Rp. } 70.000 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Mandor} &= 7 \times 0,201 \times 9.000 \\ &= \text{Rp. } 12.663 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh Excavator} &= 7 \times 0,201 \times 335.070 \\ &= \text{Rp } 471.443,49 / \text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Brh } \textit{Dump Truck 4m}^3 &= 7 \times 0,299 \times 125.011 \\ &= \text{Rp. } 261.648,02 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya total *resource* harian (Btrh) :

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

$$= (\text{Pekerja} + \text{Mandor} + \text{Tukang} + \textit{Excavator} + \textit{Dump Truck 4m}^3)$$

$$= \text{Rp } 815.754,51/\text{hari}$$

Biaya total *resource* (Btr) :

$$\text{Btr} = (\text{Btrh} \times \text{durasi}) + \text{alat bantu}$$

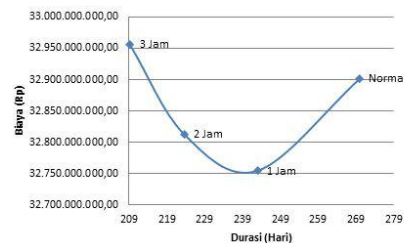
$$= (\text{Rp. } 815.754,51/\text{hari} \times 7 \text{ hari}) + 184.460,000$$

$$= \text{Rp. } 5.872.784,16$$

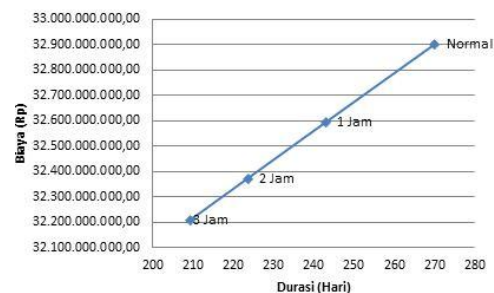
Tabel 4 Perbandingan Biaya Penambahan Tenaga Kerja dan Alat Berat dengan Biaya Normal Pekerjaan

Durasi Normal	Biaya Normal (Rp)	Durasi Crashing	Biaya Crashing (Rp)
7	5.872.784	6,20	5.873.120,75
7	5.872.784	5,63	5.873.978,59
7	5.872.784	5,21	5.874.210,69

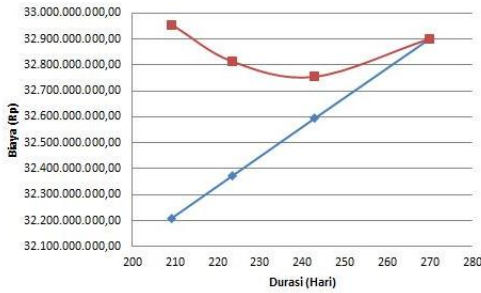
Dari tabel perbandingan dapat ditentukan bahwa biaya penambahan tenaga/ alat selama 1 jam adalah Rp. 32.594.028.629,84, penambahan tenaga/ alat selama 2 jam Rp. 32.372.419.830,75, penambahan tenaga/ alat selama 3 jam Rp. 32.209.533.272,31 dengan biaya normal Rp. 32.901.411.503,40



Gambar 3 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Lembur 1 – 3 Jam



Gambar 4 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Tenaga/ Alat Berat



Gambar 5 Grafik Perbandingan Penambahan Jam Lembur dan Tenaga/ Alat

Dari tabel – tabel diatas dapat disimpulkan bahwa biaya penambahan alat berat 1 jam lebih efektif daripada biaya penambahan lembur 1 jam, dikarenakan harga untuk penambahan alat lebih rendah yaitu Rp. 32,754,443,989.90 sementara harga penambahan jam lembur jauh lebih tinggi yaitu Rp. 32,594,028,629.84 durasi total pekerjaan lembur satu jam adalah 242.89 hari. Sama seperti sebelumnya untuk pekerjaan lembur 2 jam dengan total durasi 223.49 penambah alat berat dipilih karena memiliki biaya yang lebih rendah yaitu Rp. 32,813,206,687.64 sementara untuk penambahan jam lembur memiliki biaya yang lebih tinggi yaitu Rp. 32,372,419,830.75. Tidak jauh berbeda untuk lembur 3 jam penambahan alat berat dinilai lebih efektif karena harga nya yang lebih murah yaitu Rp. 32,955,634,436.58 daripada penambahan jam lembur Rp. 32,209,533,272.31 dengan durasi yang sama yaitu 209.23. Untuk total biaya keseluruhan penambahan tenaga atau alat pada lembur 3 jam lebih efektif.

Untuk biaya denda akibat keterlambatan proyek dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

dengan :

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

Total hari keterlambatan= 0,80 hari

Biaya total proyek = Rp. 32.901.411.503,40

Total denda

$$= 0,80 \times \frac{1}{1000} \times 32.901.411.503,40$$

$$= \text{Rp. } 26.237.834,49$$

## 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa diatas dapat disimpulkan bahwa :

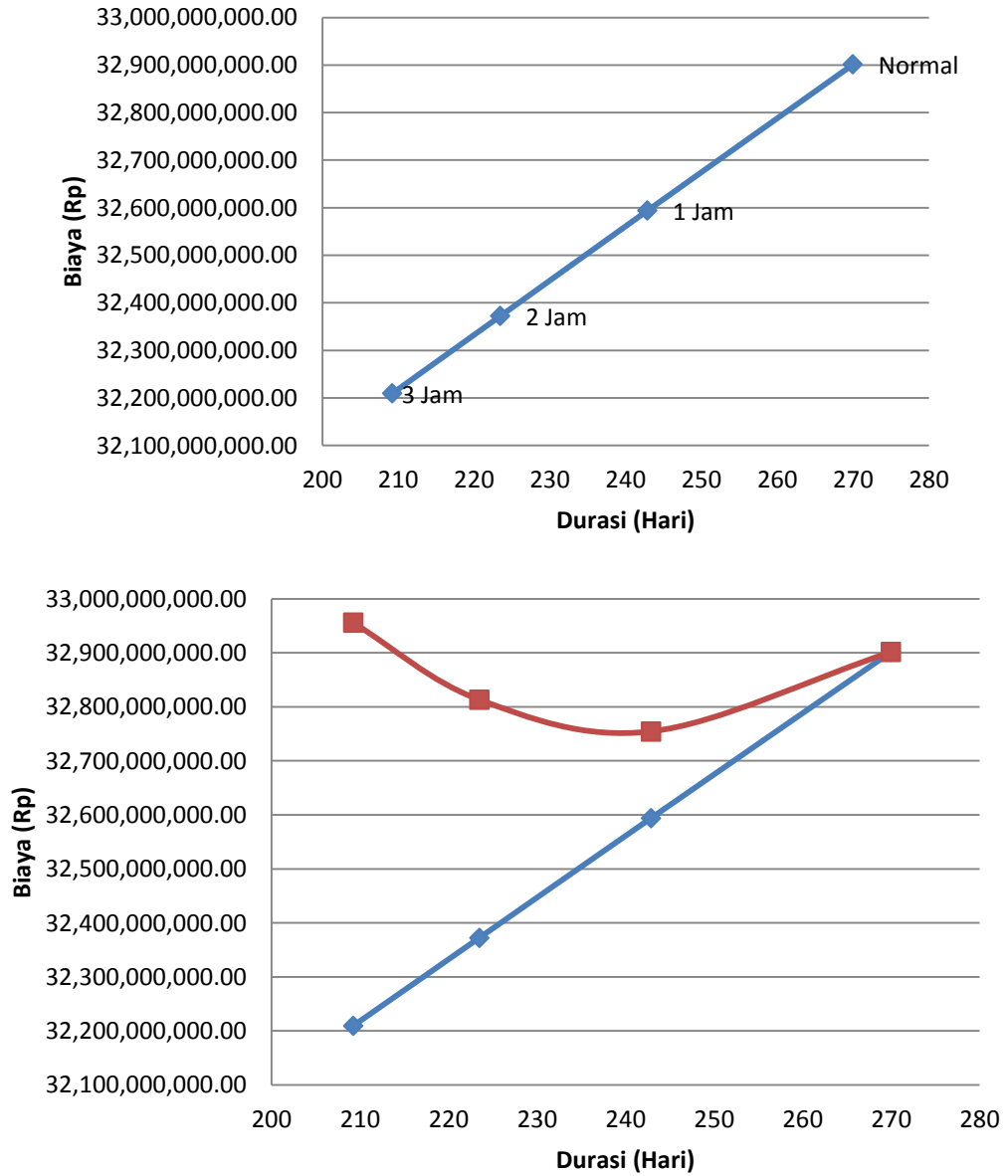
1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 270 hari dan biaya sebesar Rp. 32.901.411.503,40
2. Setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 242,89 hari dengan biaya sebesar Rp. 32.754.443.989,90 Kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 223,49 hari dengan biaya sebesar Rp. 32.813.206.687,64 dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 209,23 hari dengan biaya sebesar Rp. 32.955.634.436.58
3. Pada penambahan alat berat yang setara durasi 1 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 242,89 hari dengan biaya Rp. 32.594.028.629.84 Kemudian setelah penambahan alat berat yang setara durasi 2 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 223,49 hari dengan biaya Rp. 32.372.419.830,75 dan pada penambahan alat berat yang setara durasi 3 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 209.23 hari dengan biaya Rp 32.209.533.272,31
4. Untuk biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan alat berat lebih efisien dan murah jika dibandingkan dengan penambahan jam lembur kerja dan juga lebih murah jika dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

## 6. Daftar Pustaka

Ardika, O.P.C., Sugiyarto, Handayani, F.S., 2014, *Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Road*

- Seksi II A), *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 2, pp, 273-280.
- Arvianto, R., Handayani, F.S., Setiono., 2017, *Optimasi Biaya dan Waktu Dengan Metode Time Cost Trade Off*, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 69-70.
- Frederika, A., 2010, *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Super Villa, Peti Tenget – Bandung)*, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, Vol. 14, pp, 113-126.
- Handayani, F.S., Sulistiofanny, R.A.I., Sugiyarto., 2017, *Penerapan Time Cost Trade Off Dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu dengan Penambahan Shift Kerja dan Kapasitas Alat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Semarang, Ruas Bawen – Solo Seksi II)*, *Jurnal Matriks Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 733-734.
- Husen, A., 2013, *“Duration-Cost Trade Off” Sebagai Solusi Mengatasi Keterambatan Waktu di Proyek*, *Jurnal IPTEK*, Vol. 8, pp, 7-15.
- Izzah, N., 2017, *Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Perumahan di PT. X*, *Jurnal Rekayasa*, Vol. 10, pp, 51-53.
- Kisworo, R.W., Handayani, F.S., Sunarmasto., 2017, *Analisis Percepatan Proyek Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja Lembur Dan Jumlah Alat*, *Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 5, pp, 766-776.
- Maddepungeng, A., Suryani, I., Hermawan, D., 2015, *Analisis Optimasi Biaya Dan Waktu Dengan Metode TCTO*, *Jurnal Fondasi*, Vol. 4, pp, 1-23.
- Mangitung, D, M., 2008, *Analisis Dampak Percepatan Jadwal Proyek Terhadap Biaya Konstruksi Dengan Teknik Statistika Non Parametrik*, *Jurnal SMARtek*, Vol. 6, pp, 71-79.
- Novitasari, V., 2014, *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off* . Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta: Yogyakarta.
- Priyo, M., Aulia, M., 2015, *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia*, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 18, pp, 30-43.
- Priyo, M., Sudiro, S., 2017, *Studi Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi*, *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, Vol. 20, pp, 172-174.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek edisi kedua*: Penerbit Erlangga: Jakarta.
- Suherman., Hariono, Q.P., 2016, *Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Access Road Construction and Soil Clean Up*, *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 2, pp, 199-200.
- Wibowo, D.W., 2016, *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. Tugas Akhir*, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta : Yogyakarta

LAMPIRAN A :



Gambar A.3 Grafik Biaya Perbandingan Biaya Normal dengan Penambahan Lembur dan Tenaga/ Alat Berat