

**STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF*
PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG¹**

**(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Kantor PDT Kementerian Desa, Pembangunan Daerah
Tertinggal dan Transmigrasi, Jakarta Selatan)**

Ima Maya Sari², Mandiyo Priyo³, Yoga Apriyanto Harsoyo⁴

INTISARI

Pelaksanaan proyek konstruksi merupakan rangkaian dari kegiatan yang saling bergantung antara satu pekerjaan dengan pekerjaan yang lainnya. Semakin besar suatu proyek, menyebabkan semakin banyak juga masalah yang ada dan harus dihadapi. Mulai dari perencanaan kita dihadapkan pada pengaturan sumber daya seperti tenaga kerja, biaya, waktu, peralatan dan lain sebagainya, sampai pada pelaksanaan proyek. Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan hasil antara biaya denda dengan perubahan biaya sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Analisis data menggunakan program Microsoft Project 2010 dan metode duration cost trade off. Hasil dari program Microsoft Project 2010 adalah lintasan kritis dan kenaikan biaya akibat dari penambahan jam kerja (lembur) sedangkan hasil dari metode duration cost trade off adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat.

Pada penambahan jam lembur dan biaya total didapatkan penambahan jam lembur yang paling efektif adalah jam lembur 1 jam dengan durasi 130,20 hari dan biaya Rp19.029.278.238,88. Pada penambahan tenaga kerja waktu dan biaya total proyek didapatkan penambahan tenaga kerja yang paling efektif adalah tenaga kerja 3 dengan durasi 118,04 hari dan biaya total Rp16.033.588.925,55. Pada penambahan jam lembur 1,2,3 jam jika dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja 1,2,3, penambahan tenaga kerja lebih efektif karena dengan durasi yang sama biaya lebih murah di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja.

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.

Kata kunci : *Microsoft Project 2013, Sumber Daya (Resource), Waktu dan Biaya*

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM: 20130110220, e-mail : imamayasari.ims@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan proyek konstruksi saat ini menjadikan suatu proyek semakin kompleks dan rumit, karena dalam proyek yang besar dan kompleks membutuhkan sumber daya yang digunakan untuk penyelesaian dari awal hingga akhir suatu proyek. Ada tiga faktor yang mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan pada suatu proyek yaitu waktu, biaya dan mutu. Tolak ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan.

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu proyek dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja selanjutnya menentukan perubahan biaya proyek setelah dilakukan lembur, serta membandingkannya antara penambahan tenaga kerja yang selanjutnya dibandingkan kembali dengan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan program *Microsoft Project 2010*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah, yaitu:

1. Berapa besar perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah kompresi durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja ?
2. Berapa selisih perbandingan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.
2. Membandingkan antara biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) serta penambahan tenaga kerja.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijaksanaan pelaksanaan proyek.

2. Sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu manajemen operasional dan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang.

E. Batasan Masalah

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Gedung Kantor PDT Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi. Perhitungan optimasi hanya meninjau pada pekerjaan struktur gedung dari lantai *ground* sampai dengan lantai 5.
2. Hari kerja yang berlangsung adalah Senin-Minggu, dengan jam kerja 08.00-16.00 WIB dengan waktu istirahat 12.00-13.00 WIB dan maksimum jam lembur yang diperkenankan selama 3 jam
3. Pengoptimasian waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja (lembur) menggunakan program *Microsoft Project 2010*.
4. Perhitungan analisa percepatan waktu proyek pada penelitian ini menggunakan alternatif yaitu variasi penambahan jam kerja (lembur) dan menambah jumlah tenaga kerja (*Resources*).
5. Perhitungan biaya denda menggunakan perubahan durasi proyek sesudah dilakukan kompresi akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dikalikan dengan 1% biaya total proyek.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Novitasari (2014), menyebutkan mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash program*. Frederika (2014, dalam Novitasari) menyatakan durasi percepatan maksimum dibatasi oleh luas proyek atau lokasi kerja. Namun ada empat faktor yang dapat dioptimumkan untuk melaksanakan percepatan suatu aktivitas yaitu meliputi penambahan tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

3. LANDASAN TEORI

A. Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Soeharto, 1999).

Menurut Soeharto (1999), Tujuan dari proses manajemen proyek adalah sebagai berikut :

- a. Agar semua rangkaian kegiatan tersebut tepat waktu, dalam hal ini tidak terjadi keterlambatan penyelesaian suatu proyek;
- b. Biaya yang sesuai, maksudnya agar tidak ada biaya tambahan lagi di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan;
- c. Kualitas sesuai dengan persyaratan;
- d. Proses kegiatan sesuai persyaratan.

B. 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. Dengan adanya network, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

C. Biaya Total Proyek

Adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Semakin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

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

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.

Cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek tersebut antara lain :

1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur).

2. Penambahan tenaga kerja
3. Pergantian atau penambahan peralatan
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi.

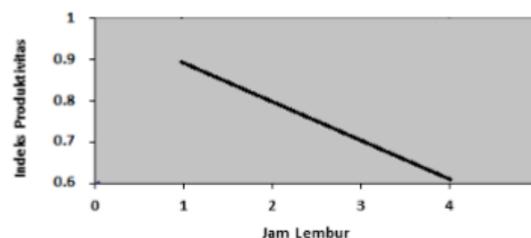
E. Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Didalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi; yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas 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 masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

F. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur). Penambahan jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada dilapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai.

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 - 3 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Sumber: Soeharto, 1997).

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$
2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$
3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$

Dengan:

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

4. *Crash duration*

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

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

G. Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang tersedi 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 berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja..

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut:

1. Jumlah Tenaga Kerja Normal

$$= \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}}$$
2. Jumlah Tenaga Dipercepat

$$= \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi dipercepat}}$$

H. Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia

Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 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 pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. Normal ongkos pekerja perhari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja}$$
2. Normal ongkos pekerja perjam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja}$$
3. Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + 2 \times n \times \text{upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya}$$

Dengan:

n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

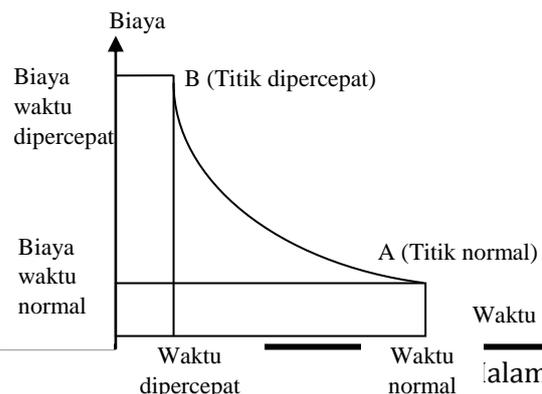
4. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{Biaya lembur perjam})$$
5. *Cost slope*

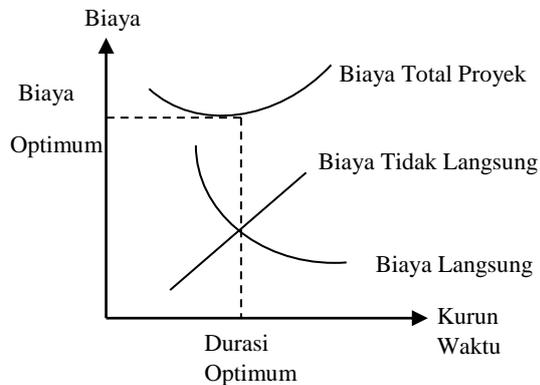
$$= \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi crash}}$$

I. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Dari Gambar 2. terlihat bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 3. 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.



Gambar 2. Hubungan waktu-biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Sumber: Soeharto,1997)



Gambar 3. Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Sumber : Soeharto, 1997).

J. Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek menyebabkan sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung sebagai berikut:

Total denda = total waktu akibat keterlambatan
× denda perhari akibat keterlambatan

Dengan:

Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

K. Program Microsoft Project

adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan Gantt Chart. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan.

4. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Obyek penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor PDT Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan

Transmigrasi di Jln. TMP Kalibata No.17 Jakarta Selatan 12750.

B. Pengumpulan Data

Pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi yang sangat bermanfaat untuk evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari instansi yang terkait seperti kontraktor, konsultan pengawas, dan lain-lain. Variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

1. Variabel Waktu

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

a. Data *cumulative progress* (kurva-S), meliputi :

- 1) Jenis kegiatan
- 2) Prosentase kegiatan
- 3) Durasi kegiatan

b. Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

2. Variabel biaya

Semua data-data yang mempengaruhi variabel biaya diperoleh dari kontraktor PT. C. Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

a. Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :

- 1) Jumlah biaya normal
- 2) Durasi normal

b. Daftar-daftar harga bahan dan upah.

c. Analisis harga satuan.

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan bahan proyek
3. *Time schedule*
4. Biaya tidak langsung

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*, *Metode Time Cost Trade Off* dan *Microsoft Excel 2010*. Dengan menginput data yang terkait untuk dianalisis kedalam program, maka *microsoft project* ini nantinya akan melakukan kalkulasi secara otomatis sesuai dengan rumus-rumus kalkulasi yang telah dibuat oleh program ini..

Proses menginputkan data untuk menganalisis percepatan meliputi dua tahap, yaitu dengan menyusun rencana jadwal dan biaya proyek (baseline) dan memasukkan optimasi durasi dengan penambahan jam kerja

(lembur).

D. Tahap dan Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahap, yaitu :

1. Persiapan
Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian ditentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.
2. Pengumpulan Data
Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan.
3. Analisis percepatan dengan aplikasi program dan metode *time cost trade Off*
4. Kesimpulan
Pada tahap ini, data yang telah dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Umum Proyek

Pada penelitian ini, hanya dijabarkan tentang pekerjaan struktur. Proyek ini terdapat 8 lantai dan 1 lantai basement yang akan dikerjakan, akan tetapi untuk penelitian ini hanya meninjau dari lantai *ground* sampai lantai 5.

Kontrak : Rp 19.015.952.091,86
 Waktu pelaksanaan : 140 Hari kerja
 Tanggal dimulai : 30 Desember 2017
 Tanggal selesai : 11 Maret 2018

B. Daftar Kegiatan – kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* tersebut diperoleh kegiatan kritis. Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 5.1 Daftar Kegiatan Kritis Pada Kondisi Normal

KODE	TASKNAME	DURATION
PKPKSLB	Pembekistingan kolom pada pekerjaan kolom & shearwall lantai basement	2
PPKSLB	Pembesian pada pekerjaan kolom & shearwall lantai basement	5
PPKSLB	Pembetonan pada pekerjaan kolom & shearwall lantai basement	1
PKPKSL2	pembekistingan kolom pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 2	4
PPKSL2	Pembesian pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 2	3
PPKSL2	Pembetonan pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 2	2
PKPKSL3	pembekistingan kolom pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 3	6
PPKSL3	pembesian pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 3	5

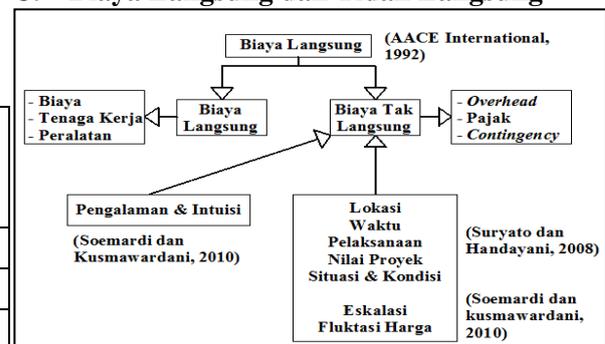
PPKSL3	pembetonan pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 3	2
PKPKSL4	Pembekistingan kolom pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 4	6
PPKSL4	Pembesian pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 4	4
PPKSL4	pembetonan pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 4	2
PKPKSL5	Pembekistingan kolom pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 5	5
PPKSL5	Pembesian pada pekerjaan kolom & shearwall lantai 5	5
PKPTL5	Pembekistingan kolom pada pekerjaan tangga lantai 5	1
PPTL5	Pembesian pada pekerjaan tangga lantai 5	1
PPTL5	Pembetonan pada pekerjaan tangga lantai 5	1
PPLPPBL5	Pembekistingan plat lantai pada pekerjaan plat bordes lantai 5	1
PPBL5	Pembesian pada plat bordes lantai 5	1
PPBL5	Pembetonan pada plat bordes lantai 5	1
PBPBL5	Pembekistingan balok pada pekerjaan balok lantai 5	8
PPPPL5	Pembekistingan plat pada pekerjaan plat lantai 5	10
PPPL5	Pembesian pada pekerjaan plat lantai 5	7
PPPL5	Pembetonan pada pekerjaan plat lantai 5	3

Tabel 2 Daftar Kegiatan – Kegiatan Kritis

Data diatas merupakan kegiatan – kegiatan yang akan dilakukan percepatan. Beberapa alasan pemilihan item kegiatan yang ada dalam kegiatan kritis tersebut adalah :

1. Kegiatan kritis yang terpilih tersebut memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa dipercepat dengan mengolah *resource work*.
2. Pada kegiatan kritis tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah tenaga kerja.
3. Apabila mempercepat kegiatan kritis dapat mempercepat durasi proyek secara keseluruhan.

C. Biaya Langsung dan Tidak Langsung



Gambar 4. Skema Model hubungan biaya tidak langsung.

Model Regresi Non Linear dengan menggunakan Algoritma Genetika dengan persamaan :

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

Dengan ;

- x1 = Nilai Proyek (Miliar)
- x2 = Durasi Pelaksanaan Proyek (Hari)

Perhitungan :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(23,8287 - 0,21) - \ln(140)) + \varepsilon$$

$$= 4,85 \%$$

Pada proyek pembangunan Gedung dengan nilai total proyek sebesar Rp 19.015.952.091,86 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 4,85 % dari nilai total proyek tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

Biaya Tidak Langsung
 = 4,85 % x Rp 19.015.952.091,86
 = Rp 922.278.167,17

Biaya Tidak Langsung / hari

$$= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} = \frac{\text{Rp } 922.278.167,17}{140 \text{ hari}}$$

$$= \text{Rp } 6.587.701,19 / \text{hari}$$

Biaya Langsung

= Biaya Total Rencana – Biaya Tidak Langsung
 = Rp 19.015.952.091,86 - Rp 922.278.167,17
 = Rp 18.093.766.517

D. Penerapan Metode Time Cost Trade Off

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 8 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00-17.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (17.00-20.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah:

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

Adapun salah satu contoh perhitungannya sebagai berikut :

1. Penambahan Jam Lembur

Durasi yang bisa di *crash* berdasarkan penambahan 1 jam lembur :

$$\frac{(\text{Volume})}{(\text{Prod. Perjam} \times \text{Jam kerja}) + (\sum \text{Jam lembur} \times \text{Penurunan Prod.} \times \text{Prod. Perjam})}$$

Volume = 0,90 m³

Durasi normal = 1 hari
 Durasi normal (jam) = 7 × 1
 = 7 jam

Produktivitas jam normal

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal (jam)}}$$

$$= \frac{0,90 \text{ m}^3}{7}$$

$$= 0,13 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Maksimal *crashing*

$$= \frac{0,90}{(0,13 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 0,13)}$$

$$= 0,89 \text{ Hari}$$

Maka maksimal *crashing*

= 1 hari – 0,89 hari
 = 0,11 Hari

Contoh perhitungan Biaya Lembur:

Untuk *Resource Name* : Pekerja
 Biaya per hari : Rp 80.000
 Jam kerja per hari : 7 jam/hari
 Biaya per jam : $\frac{80.000}{7 \text{ jam/hari}}$
 = Rp 11.429

Biaya lembur per hari:

Lembur 1 jam
 = Rp 11.429 × 1,5 = Rp 17.143
 Lembur 2 jam
 = (1,5 × Rp 11.429) + 2 (1 × Rp 11.429)
 = Rp 40.000
 Lembur 3 jam
 = (1,5 × Rp 6.429) + 2 (2 × Rp 6.429)
 = Rp 62.857

Tabel 3 Upah Pekerja

No	Pekerja	Upah Per Hari	Biaya Lembur		
			1 Jam	2 Jam	3 Jam
1	Pekerja	Rp80.000,00	Rp17.142,86	Rp40.000,00	Rp62.857,14
2	Tukang Kayu	Rp121.000,00	Rp25.928,57	Rp60.500,00	Rp95.071,43
3	Tukang Besi	Rp121.000,00	Rp25.928,57	Rp60.500,00	Rp95.071,43
4	Tukang Batu	Rp121.000,00	Rp25.928,57	Rp60.500,00	Rp95.071,43
5	Kepala Tukang	Rp139.000,00	Rp29.785,71	Rp69.500,00	Rp109.214,29
6	Mandor	Rp157.000,00	Rp33.642,86	Rp78.500,00	Rp123.357,14

Perhitungan Manual Penambahan 1 Jam Lembur

(Pembetonan Pada Pekerjaan Tangga Lantai 5)

Jumlah Tenaga Kerja × Biaya Lembur 1 Jam :

Jumlah Tenaga Kerja × Biaya Lembur 1 Jam :

Pekerja

$$= 0,99 \times \text{Rp } 17.143 = \text{Rp } 16.971,43$$

Tukang Batu

$$= 0,23 \times \text{Rp } 25.929 = \text{Rp } 5.833,93$$

Kepala Tukang

$$= 0,03 \times \text{Rp } 29.786 = \text{Rp } 938,25$$

Mandor

$$= 0,09 \times \text{Rp } 33.643 = \text{Rp } 3.179,25$$

Jumlah Biaya Lembur Tenaga Per hari :

$$\begin{aligned} (1 \text{ Hari}) &= \text{Jumlah Biaya Tenaga Per hari} + \\ &\text{Jumlah Biaya Lembur 1 Jam} \\ &= (\text{Rp}16.971,43 + \text{Rp } 5.833,93 + \text{Rp } \\ &938,25 + 3.179,25) + \text{Rp } 125.640 \\ &= \text{Rp } 152.562,86 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Tenaga :

$$\begin{aligned} (0,89 \text{ Hari}) &= \text{Rp } 152.562,86 \times 0,89 \\ &= \text{Rp } 135.780,94 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Pada Pembetonan pada Pekerjaan Tangga Lantai 5:

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah Total Biaya Material} + \text{Jumlah Total} \\ &\text{Biaya Lembur Tenaga} \\ &= \text{Rp } 780.245,79 + \text{Rp } 135.780,94 \\ &= \text{Rp } 915.428,06 \end{aligned}$$

Tabel 4. Biaya Lembur 1 jam

Kode.	Durasi		Biaya	
	Normal (Hari)	Lembur 1 Jam (Hari)	Normal	Lembur 1 Jam
PKPK SLG	2	1,77	Rp315.299.298,00	Rp323.668.141,44
PPKSL G	5	4,43	Rp314.574.663,37	Rp318.295.816,67
PPKSL G	1	0,89	Rp193.658.250,19	Rp195.698.177,28
PKPK SL2	4	3,54	Rp315.299.298,00	Rp322.609.092,08
PPKSL 2	3	2,66	Rp314.574.663,37	Rp318.295.816,67
PPKSL 2	2	1,77	Rp193.658.250,19	Rp195.698.177,28
PKPK SL3	6	5,32	Rp256.268.822,40	Rp262.210.073,56
PPKSL 3	5	4,43	Rp267.424.677,64	Rp270.588.086,32

PPKSL 3	2	1,77	Rp156.939.679,68	Rp158.592.826,41
PKPK SL4	6	5,32	Rp226.720.006,40	Rp231.490.851,08
PPKSL 4	4	3,54	Rp220.292.338,97	Rp222.898.211,79
PPKSL 4	2	1,77	Rp122.918.635,72	Rp124.213.416,89
PKPK SL5	5	4,43	Rp226.720.006,40	Rp231.976.207,64
PPKSL 5	5	4,43	Rp220.292.338,97	Rp221.724.507,56
PKPTL 5	1	0,89	Rp5.540.403,00	Rp5.668.849,86
PPTL5	1	0,89	Rp2.830.987,55	Rp2.864.475,74
PPTL5	1	0,89	Rp905.885,79	Rp915.428,06
PPLPP BL5	1	0,89	Rp3.177.051,96	Rp3.234.331,47
PPBL5	1	0,89	Rp1.850.169,25	Rp1.872.055,20
PPBL5	1	0,89	Rp1.110.917,94	Rp1.122.619,95
PBPBL 5	8	7,09	Rp365.723.176,93	Rp373.938.480,66
PPPPL 5	10	8,86	Rp619.608.842,72	Rp630.779.857,44
PPPL5	7	6,20	Rp239.349.638,31	Rp242.180.942,93
PPPL5	3	2,66	Rp187.770.499,50	Rp189.748.407,12

2. Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung pada Penambahan Jam Lembur

Pembetonan Pada Pekerjaan Tangga Lantai 5 Kondisi Lembur 1 jam

$$= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\ \text{Biaya langsung}$$

$$= \text{Rp } 18.093.766.517 + \text{Rp } 9.542$$

$$= \text{Rp } 18.093.776.059$$

Biaya tidak langsung

$$= (\text{Rp } 922.278.167 / 140) \times 139,89$$

$$= \text{Rp } 921.527.670$$

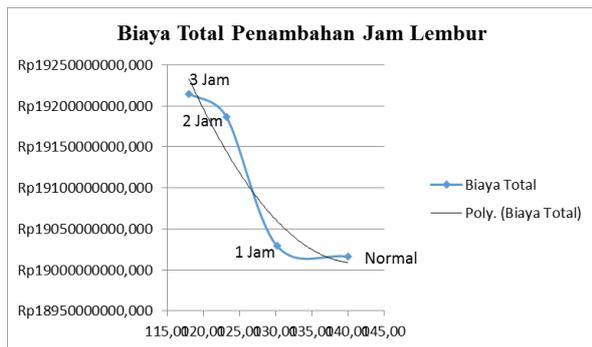
Biaya Total

$$= \text{Rp } 18.093.776.059 + \text{Rp } 921.527.670$$

$$= \text{Rp } 19.015.303.729$$

Tabel 5 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
	Normal	140	Rp19.016.044.684
1	1	130,20	Rp19.029.278.239
2	2	123,20	Rp19.186.826.023
3	3	118,04	Rp19.214.829.671



Gambar 5. Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan Durasi Percepatan Akibat Penambahan Jam Lembur

Dari grafik biaya total proyek pada penambahan 1 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp. 19.029.278.239 dengan durasi percepatan sebesar 130,20 hari sedangkan penambahan 2 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp. 19.186.826.023 dengan durasi percepatan sebesar 123,20 hari dan untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp. 19.214.829.671 dengan durasi percepatan sebesar 118,04 hari. Dari ketiga nya penambahan jumlah lembur 1 jam adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan dan penambahan lembur 1 jam lebih efektif dari segi biayanya.

Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan cara menghitung ulang kebutuhan tenaga kerja dari masing – masing kegiatan berdasarkan durasi percepatan atau durasi crashing yang akan dilakukan dengan tanpa melakukan penambahan jam kerja per hari, contoh perhitungan penambahan pekerja dan biaya penambahan pekerja pada Pembetonan :

Perhitungan penambahan tenaga kerja berdasarkan durasi normal :

$$\text{Volume} = 0,90 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi normal} = 1 \text{ hari}$$

Kapasitas tenaga kerja per 1m^3 adalah :

$$\text{Pekerja} = 1,100 \text{ Oh. @ Rp. } 80.000$$

$$\text{Tukang Besi} = 0,250 \text{ Oh. @ Rp. } 121.000$$

$$\text{Kepala Tukang} = 0,035 \text{ Oh @ Rp. } 139.000$$

$$\text{Mandor} = 0,105 \text{ Oh @ Rp. } 157.000$$

Dengan :

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (1,100 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(1 \times 7) \\ &= 0,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Pekerja} &= 0,14 \times \text{Rp } 680.000 \\ &= \text{Rp } 11.200 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Batu} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,250 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(1 \times 7) \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Tukang Batu} &= 0,03 \times \text{Rp } 121.000 \\ &= \text{Rp } 3.630 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,035 \text{ oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(1 \times 7) \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Kepala Tukang} &= 0,22 \times \text{Rp } 139.000 \\ &= \text{Rp } 30.580 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,105 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(7 \times 7) \\ &= 0,66 \end{aligned}$$

$$\text{Upah Mandor} = 0,66 \times \text{Rp } 157.000 = \text{Rp } 103.620$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (1 hari) adalah : $(\text{Rp } 11.200 + \text{Rp } 3.630 + \text{Rp } 30.580 + \text{Rp } 103.620) \times 7 \text{ hari} = \text{Rp } 1.043.217$

Untuk penambahan Tenaga kerja 1

$$\text{Volume} = 0,90 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi normal} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Crashing} = 0,11 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Percepatan} = 0,89 \text{ hari}$$

Kapasitas tenaga kerja per 1m^3 adalah :

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 1,100 \text{ Oh. @ Rp. } 80.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Batu} &= 0,250 \text{ Oh. @ Rp. } 121.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= 0,035 \text{ Oh @ Rp. } 139.000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 0,105 \text{ Oh @ Rp. } 157.000 \end{aligned}$$

Dengan :

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi Normal}}$$

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (1,100 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(0,89 \times 7) \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

$$\text{Upah Pekerja} = 0,16 \times \text{Rp } 80.000 = \text{Rp } 12.800$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Batu} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,250 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(0,89 \times 7) \\ &= 0,04 \end{aligned}$$

$$\text{Upah Tukang Batu} = 0,04 \times \text{Rp } 121.000$$

$$= \text{Rp } 4.840$$

$$\begin{aligned} \text{Kepala Tukang} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,035 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(0,89 \times 7) \\ &= 0,01 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Kepala Tukang} &= 0,01 \times \text{Rp } 139.000 \\ &= \text{Rp } 1.390 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= (\text{Koef.} \times \text{Volume})/\text{Durasi} \\ &= (0,105 \text{ Oh} \times 0,90 \text{ m}^3)/(0,89 \times 7) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Mandor} &= 0,02 \times \text{Rp } 157.000 \\ &= \text{Rp } 3.140 \end{aligned}$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (1 hari) adalah : $(\text{Rp } 12.800 + \text{Rp } 4.840 + \text{Rp } 1.390 + \text{Rp } 3.140) 1 \times 7 \text{ hari} = \text{Rp } 155.190$

3. Perhitungan Biaya Langsung dan Tidak Langsung pada Penambahan Tenaga Kerja 1

Pembetonan Pada Pekerjaan Tangga Lantai 5 :
Kondisi Tenaga kerja 1

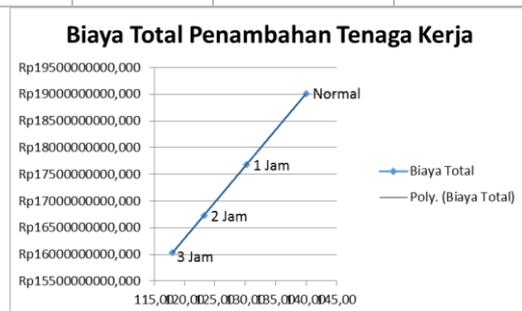
$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\ &= \text{Rp } 18.093.766.377 + \text{Rp } 5.600 \\ &= \text{Rp } 18.093.771.977 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= (\text{Rp } 922.278.167 / 140) \times 139,89 \\ &= \text{Rp } 921.553.520 \end{aligned}$$

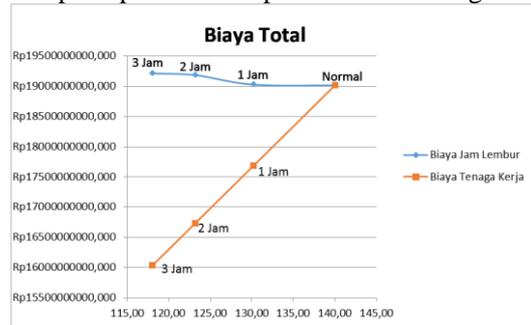
$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Rp } 18.093.771.977 + \text{Rp } 921.553.520 \\ &= \text{Rp } 19.016.044.544 \end{aligned}$$

Tabel 6 Tabel perbandingan antara biaya total dengan tenaga kerja

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
	Normal	140	Rp19.016.044.544
1	1	130,20	Rp17.685.265.297
2	2	123,20	Rp19.694.310.036
3	3	118,04	Rp23.037.564.723



Gambar 6. Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan Tenaga Kerja



Gambar 7. Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan Tenaga Kerja

Berdasarkan dari tabel 5.30-5.32 diperoleh biaya total proyek dan durasi crashing yang dipercepat pada penambahan tenaga kerja 1 menjadi 130,20 hari dengan biaya total sebesar Rp 17.685.265.297 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 19.694.310.036 dan durasi crashing yang dipercepat menjadi 123,20 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 19.214.829.553 dan durasi crashing yang dipercepat menjadi 118,04 hari. Pada setiap penambahan tenaga kerja biaya total proyek menjadi berkurang ini karena saat penambahan di Microsoft Project sesuai resource ada pekerjaan yang tidak menjadi kritis karena pada pekerjaan awal pelaksanaan yang di percepat dengan crashing pekerjaan nya menjadi lebih cepat karena tidak mempengaruhi durasi crashing pada pekerjaan item pokok yang lain.

6.KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Kantor PDT Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal dan Transmigrasi pada Lantai *ground* - 5, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan Biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 140 hari dengan biaya Rp19.016.044.684,00 setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 130,20 hari dan dengan biaya sebesar Rp Rp19.029.278.238,88 untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 123,20 hari dan biaya sebesar Rp Rp19.186.826.023,44 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 118,04 hari dengan biaya Rp 19.214.829.670,65

2. Pada penambahan tenaga kerja waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 140 hari dengan biaya Rp 19.016.044.544,00, setelah penambahan tenaga kerja 1 didapatkan durasi *crashing* 130,20 hari dengan biaya total sebesar Rp 17.685.265.296,53 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 16.733.494.698,08 dengan durasi *crashing* 123,20 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 16.033.588.925,55 dan didapatkan durasi *crashing* 118,04 hari.
3. Pada penambahan Lembur 1 jam jika dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja 1 penambahan tenaga kerja lebih efektif karena dengan durasi yang sama biaya lebih murah di bandingkan dengan penambahan jam lembur. Untuk selanjutnya pada penambahan jam lembur 2 jam jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja 2 yang lebih efektif adalah dengan menambah tenaga kerja dilihat dari segi durasi dan biaya lebih cepat dan murah. Dan pada penambahan jam lembur 3 jam jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja 3 yang lebih efektif juga dengan menambah tenaga kerja di bandingkan dengan menambah jam lembur jika di lihat dari durasi dan biaya nya.
4. Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

b. Saran

1. Pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* hendaknya dilakukan secara cermat dan teliti agar diperoleh hasil analisis yang akurat.
2. Melakukan pengecekan ulang terhadap durasi secara berkala setiap melakukan perubahan data.
3. Pada penelitian ini, hendaknya mengetahui bagaimana keadaan di lapangan secara langsung agar pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* lebih akurat.
4. Memiliki data yang lengkap agar bisa mengetahui perbandingan yang akurat dari hasil program *Microsoft Project*.

7.DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah, Nuur Robbyatyul. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Pekerjaan Pembangunan Hotel Amaris Sagan Yogyakarta*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Anggoro. 2016. *Optimasi Biaya Dan Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode TCTO Pada Proyek Gedung Samsat Kulon Progo*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Novitasari, Vien. 2014. *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan TCTO* . Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Sanjoyo. 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.
- Siswanto. 2007. *Operations Research*, jilid dua. Jakarta: Erlangga
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit : Erlangga, Jakarta.