

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

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Tahap II Universitas Negeri Malang, Jl Semarang 5, Malang)

Rakhma Ratna Dewi², Mandiyo Priyo³, Anita Widianti⁴

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. Pada pelaksanaan proyek konstruksi terdapat berbagai hal yang bisa terjadi, hal ini dapat mengakibatkan bertambahnya waktu pelaksanaan proyek dari perencanaan atau keterlambatan. Keterlambatan pekerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan pada pelaksanaannya, tapi harus dengan tetap memperhitungkan aspek waktu dan biaya yang optimal, maka pelaksanaan proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal.

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 time 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 time cost trade off adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga penambahan jam lembur di peroleh biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan 2 jam kerja lembur dengan durasi crashing 26,94 hari dan total biaya sebesar Rp42.557.831.304,46. Sedangkan untuk ketiga penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja selama 3 jam dengan durasi crashing 9,45 hari dengan biaya total sebesar Rp Rp42.581.303.016,25. Berdasarkan penambahan jam lembur dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja, penambahan jam lembur lebih efektif dan efisien karena dengan durasi yang sama biaya proyek lebih murah di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja di lihat dari segi durasi dan biayanya.

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 2010, Sumber Daya (Resource), Waktu dan Biaya*

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

²Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM: 20130110209, e-mail : rakhmaratnadewi@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

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. Pada pelaksanaan proyek konstruksi terdapat berbagai hal yang bisa terjadi, hal ini dapat mengakibatkan bertambahnya waktu pelaksanaan proyek dari perencanaan atau keterlambatan. Keterlambatan pekerjaan proyek dapat diantisipasi dengan melakukan percepatan pada pelaksanaannya, tapi harus dengan tetap memperhitungkan aspek waktu dan biaya yang optimal, maka pelaksanaan proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Percepatan waktu yang dilakukan diharapkan tetap mempertimbangkan dan memperhatikan standar mutu. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu, tenaga 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 analisis percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Universitas Negeri Malang Tahap II di Malang dengan metode penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam lembur sampai 3 jam lembur dan penambahan 1 sampai 3 tenaga kerja. Selanjutnya menentukan perubahan biaya proyek setelah dilakukan lembur dan penambahan tenaga kerja dengan menggunakan *Microsoft Project 2013* dan kemudian membandingkan antara biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja.

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 dilakukan 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. Memberikan gambaran tambahan pengetahuan tentang penggunaan *Microsoft Project* dalam manajemen proyek.

E. Batasan Masalah

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Tahap II Universitas Negeri Malang. Perhitungan optimasi hanya meninjau pada pekerjaan struktur gedung dan didapat durasi pekerjaan selama 85 hari.
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 4 jam
3. Pengoptimasian waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja (lembur) menggunakan program *Microsoft Project 2013*.
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

Adawyah (2016) dalam penelitian optimasi waktu dan biaya dengan metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Hotel Amaris Sagan Yogyakarta, mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan biaya optimum akibat lembur didapat pada umur proyek 235 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 8.438.038. 832 dengan efisiensi waktu proyek

sebanyak 5 hari (2,13%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 3.559. 695 (0,042%).

2. Waktu dan biaya optimum akibat penambahan tenaga kerja didapat pada umur proyek 226 hari kerja dengan total biaya proyek sebesar Rp. 8.429.832.759 dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 14 hari (6,19%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 11.779.674 (0,14%).
3. Pilihan terbaik adalah dengan penambahan tenaga kerja karena menghasilkan efisiensi waktu dan biaya yang paling tinggi dengan efisiensi waktu proyek sebanyak 14 hari (6,19%) dan efisiensi biaya proyek sebesar Rp. 11.779.674 (0,14%).
4. Biaya mempercepat durasi proyek (lembur atau penambahan tenaga kerja) lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

3. LANDASAN TEORI

A. Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan (Ervianto, 2006).

Menurut Ervianto (2006) karakteristik proyek konstruksi dapat dipandang dalam tiga dimensi yaitu:

- a. Proyek bersifat unik, keunikan dari proyek konstruksi adalah tidak pernah terjadi rangkaian kegiatan yang sama persis, proyek bersifat sementara dan selalu melibatkan grup pekerja yang berbeda-beda;
- b. Membutuhkan sumber daya (*resource*), setiap proyek konstruksi membutuhkan sumber daya dalam penyelesaiannya, yaitu pekerja dan “sesuatu” (uang, mesin, metode, material); Pengorganisasian semua sumber daya tersebut dilakukan oleh manajer proyek. Dalam kenyataannya, mengorganisasikan pekerja lebih sulit dibandingkan sumber daya lainnya. Jadi seorang manajer proyek secara tidak langsung membutuhkan pengetahuan tentang teori kepemimpinan yang harus dipelajari sendiri;
- c. Membutuhkan organisasi, setiap organisasi mempunyai keragaman tujuan dimana di dalamnya terlibat sejumlah individu dengan ragam keahlian ketertarikan, kepribadian dan

juga ketidakpastian. Langkah awal yang harus dilakukan oleh manajer proyek adalah menyatukan visi menjadi satu tujuan yang telah ditetapkan oleh organisasi.

B. Network Planning

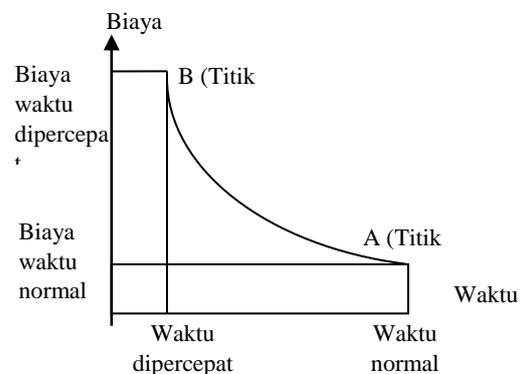
Adalah gambaran kejadian-kejadian dan kegiatan yang diharapkan akan terjadi dan dibuat secara kronologis serta dengan kaitan yang logis dan berhubungan antara sebuah kejadian atau kegiatan dengan yang lainnya. Dengan adanya network, manajemen dapat menyusun perencanaan penyelesaian proyek dengan waktu dan biaya yang paling efisien.

C. Biaya Total Proyek

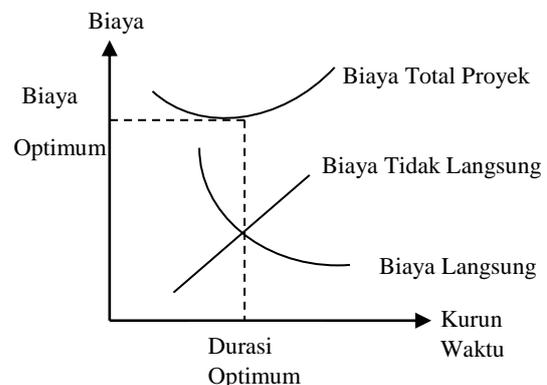
Adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Semakin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

D. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Grafik 1 dan Grafik 2.



Grafik 1. Hubungan waktu dengan biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Soeharto, 1997).



Grafik 2. Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997).

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Titik A pada Grafik 1 menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Grafik 1 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Grafik 2 menunjukkan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.

E. 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.

F. 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.

G. 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 - 4 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 Tabel 1.

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

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

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian

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

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

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

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*

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

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
= Produktivitas harian \times Harga satuan upah pekerja
2. Normal ongkos pekerja perjam
= Produktivitas perjam \times Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja
= $1,5 \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama
+ $2 \times n \times$ upah sejam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya

Dengan:

n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari
= (Jam kerja perhari \times Normal *cost* pekerja) + ($n \times$ Biaya lembur perjam)
5. *Cost slope*
$$= \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi crash}}$$

I. 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 \times denda perhari akibat keterlambatan

Dengan:

Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

J. 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 Rektorat Tahap II Universitas Negeri Malang, Malang, Jawa Timur.

B. Tahapan Penelitian

Tahap 1 : persiapan

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

Tahap 2 : pengumpulan data

Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Variabel-variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimalan waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

1. Variabel Waktu

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

- a. Data *cumulative progress* (*kurva-S*), meliputi:
 - 1) jenis kegiatan,
 - 2) *persentase* kegiatan,
 - 3) durasi kegiatan.

- b. Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

2. Variabel biaya

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

- a. Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi:
 - 1) jumlah biaya normal,
 - 2) durasi normal,
 - 3) daftar-daftar harga bahan dan upah,
 - 4) gambar rencana proyek.

Tahap 3 : analisis percepatan dengan aplikasi program dan pembahasan

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.

Tahap 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

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Gedung Rektorat Tahap 2 Universitas Negeri Malang Jl. Semarang 5, Malang, Jawa Timur adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : A
 Konsultan Supervisi : PT. B
 Kontraktor : PT. C
 Anggaran : Rp.42.890.551.933,00
 Waktu Pelaksanaan : 85 Hari kerja
 Tanggal pekerjaan dimulai: 23 September 2013
 Tanggal pekerjaan selesai : 16 Desember 2013

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 2 Daftar Kegiatan – Kegiatan Kritis

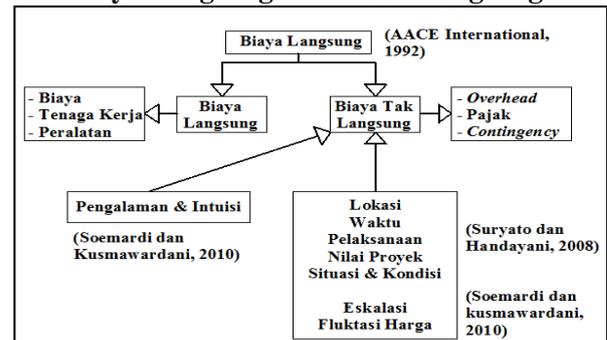
Taskname	Duration
Pembesian dinding lift lantai basement	7
Pembesian dinding shearwall lantai basement	6
Pembesian kolom lantai basement	7
Pembesian dinding tepi t : 25 cm lantai basement	4
Pemasangan bekisting dinding tepi t : 25 cm lantai basement	9
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai dasar	10
Pembesian pelat lantai lantai dasar	5
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai dasar	10
Pembetonan kolom K-350 lantai dasar	6
Pembesian kolom lantai dasar	6
Pemasangan bekisting kolom lantai dasar	7
Pembesian dinding lift lantai dasar	4
Pembesian dinding shearwall lantai dasar	3
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 2	9
Pembesian pelat lantai lantai 2	14
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 2	13
Pembesian kolom lantai 2	6
Pembesian dinding lift lantai 2	7
Pembesian dinding shearwall lantai 2	5
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 3	6
Pembesian pelat lantai lantai 3	10
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 3	8

Pembesian kolom lantai 3	5
Pembesian dinding lift lantai 3	4
Pembesian dinding shearwall lantai 3	3
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 4	7
Pembesian pelat lantai lantai 4	10
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 4	9
Pembesian kolom lantai 4	5
Pembesian dinding lift lantai 4	4
Pemasangan bekisting dinding lift lantai 4	6
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 5	7
Pembesian pelat lantai lantai 5	12
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 5	11
Pembetonan kolom K-350 lantai 5	4
Pembesian kolom lantai 5	5
Pemasangan bekisting kolom lantai 5	5
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 6	12
Pembetonan tangga type 1 K-350 lantai 6	2
Pembesian tangga type 1 lantai 6	3
Pemasangan bekisting tangga type 1 lantai 6	2
Pembetonan tangga type 2 K-350 lantai 6	2
Pembesian tangga type 2 lantai 6	3
Pemasangan bekisting tangga type 2 lantai 6	2
Pembetonan dinding K-350 pekerjaan ramp	8

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 :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(42.890551993 - 0,21) - \ln(85)) + \epsilon = 2,41 \%$$

Pada proyek pembangunan Gedung dengan nilai total proyek sebesar Rp.42.890.551.933,00 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 2,41 % dari nilai total proyek tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= 2,41 \% \times \text{Rp.42.890.551.933,00} \\ &= \text{Rp 1.033.662.301,59} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung / hari} \\ &= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} = \frac{\text{Rp 1.033.662.302}}{85 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp 12.160.732,96 / hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Langsung} \\ &= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp 42.890.551.993,00} - \text{Rp 1.033.662.301,59} \\ &= \text{Rp 41.856.889.631,41} \end{aligned}$$

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 :

$$\begin{aligned} \text{(Prod.Perjam} \times \text{Jam kerja)} + (\sum \text{Jam lembur} \times \text{Penurunan Prod.} \times \text{Prod.Perjam}) \\ \text{Volume} &= 623,81 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi normal} &= 3 \text{ hari} \\ \text{Durasi normal (jam)} &= 7 \times 3 \\ &= 21 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas jam normal} \\ &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal (jam)}} \\ &= \frac{623,81 \text{ m}^3}{21} \\ &= 29,71 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal crashing} \\ &= \frac{623,81}{(29,71 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 29,71)} \\ &= 2,66 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka maksimal crashing} \\ &= 3 \text{ hari} - 2,66 \text{ hari} \\ &= 0,34 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan Biaya Lembur:

$$\begin{aligned} \text{Untuk Resource Name} &: \text{Pekerja} \\ \text{Biaya per hari} &: \text{Rp 45.000} \\ \text{Jam kerja per hari} &: 7 \text{ jam/hari} \\ \text{Biaya per jam} &: \frac{45.000}{7 \text{ jam/hari}} \\ &= \text{Rp 6.428,57} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya lembur per hari:} \\ \text{Lembur 1 jam} \\ &= \text{Rp 6.428,57} \times 1,5 = \text{Rp 9.642,86} \\ \text{Lembur 2 jam} \\ &= (1,5 \times \text{Rp 6.428,57}) + 2 (1 \times \text{Rp 6.428,57}) \\ &= \text{Rp 22.500,00} \\ \text{Lembur 3 jam} \\ &= (1,5 \times \text{Rp 6.428,57}) + 2 (2 \times \text{Rp 6.428,57}) \\ &= \text{Rp 35.357,14} \end{aligned}$$

Tabel 3 Upah Pekerja

Pekerja	Upah Per Hari	Biaya Lembur		
		1 Jam	2 Jam	3 Jam
Pekerja	Rp45.000,00	Rp9.642,86	Rp22.500,00	Rp35.357,14
Tukang Batu	Rp60.000,00	Rp12.857,14	Rp30.000,00	Rp47.142,86
Tukang Kayu	Rp60.000,00	Rp12.857,14	Rp30.000,00	Rp47.142,86
Tukang Besi	Rp60.000,00	Rp12.857,14	Rp30.000,00	Rp47.142,86
Kepala Tukang Batu	Rp75.000,00	Rp16.071,43	Rp37.500,00	Rp58.928,57
Kepala Tukang Kayu	Rp75.000,00	Rp16.071,43	Rp37.500,00	Rp58.928,57
Kepala Tukang Besi	Rp75.000,00	Rp16.071,43	Rp37.500,00	Rp58.928,57
Mandor	Rp85.000,00	Rp18.214,29	Rp42.500,00	Rp66.785,71

Perhitungan Manual Penambahan 1 Jam Lembur
(Pembesian Tangga Type 1 Lantai 6)
Jumlah Tenaga Kerja × Biaya Lembur 1 Jam :

Pekerja

$$= 1,74 \times \text{Rp } 9.642,86 = \text{Rp } 16.800,71$$

Tukang Besi

$$= 1,74 \times \text{Rp } 12.857,14 = \text{Rp } 22.400,95$$

Kepala Tukang Besi

$$= 0,17 \times \text{Rp } 16.071,43 = \text{Rp } 2.800,12$$

Mandor

$$= 0,10 \times \text{Rp } 18.214,29 = \text{Rp } 1.813,41$$

Jumlah Biaya Lembur Tenaga Per hari :

$$\begin{aligned} (1 \text{ Hari}) &= \text{Jumlah Biaya Tenaga Per} \\ &\text{hari} + \text{Jumlah Biaya Lembur 1 Jam} \\ &= (\text{Rp } 16.800,71 + \text{Rp } 22.400,95 + \text{Rp } 2.800,12 \\ &\quad + \text{Rp } 1.813,41) + \text{Rp } 204.470,85 \\ &= \text{Rp } 248.286,03 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Tenaga :

$$\begin{aligned} (2,66 \text{ Hari}) &= \text{Rp } 248.286,03 \times 2,66 \\ &= \text{Rp } 660.440,83 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Pada Pekerjaan
Pembesian Tangga Type 1 Lantai 6 :

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah Total Biaya Material} + \text{Jumlah Total} \\ &\text{Biaya Lembur Tenaga} \\ &= \text{Rp } 7.537.918,09 + \text{Rp } 660.440,83 \\ &= \text{Rp } 8.197.918,93 \end{aligned}$$

Tabel 4. Biaya Lembur 1 jam

Jenis Pekerjaan	Durasi		Biaya	
	Normal (Hari)	Lembur 1 Jam (Hari)	Normal	Lembur 1 Jam
Pembesian dinding lift lantai basement	7	6,20	Rp593.710.27,25	Rp597.103.531,79
Pembesian dinding shearwall lantai basement	6	5,32	Rp210.159.436,41	Rp211.360.586,29
Pembesian kolom lantai basement	7	6,20	Rp1.004.943.550,93	Rp1.010.687.227,48
Pembesian dinding tepi : 25 cm lantai basement	4	3,54	Rp427.263.076,80	Rp431.113.333,67
Pemasangan bekisting dinding tepi t : 25 cm	9	7,97	Rp452.162.131,20	Rp457.590.094,18

lantai basement				
Pembesian pelat K-350 lantai dasar	10	8,86	Rp472.373.312,55	Rp476.759.746,98
Pembesian pelat lantai dasar	5	4,43	Rp603.612.942,46	Rp607.062.845,20
Pemasangan bekisting pelat lantai dasar	10	8,86	Rp962.664.233,64	Rp973.637.003,25
Pembesian kolom K-350 lantai dasar	6	5,32	Rp239.577.369,46	Rp241.802.072,66
Pembesian kolom lantai dasar	6	5,32	Rp1.061.039.806,51	Rp1.067.104.096,84
Pemasangan bekisting kolom lantai dasar	7	6,20	Rp451.531.970,40	Rp456.678.683,15
Pembesian dinding lift lantai dasar	4	3,54	Rp611.666.341,44	Rp615.162.272,75
Pembesian dinding shearwall lantai dasar	3	2,66	Rp191.660.553,84	Rp192.755.974,80
Pembesian pelat lantai K-350 lantai 2	9	7,97	Rp421.372.045,94	Rp425.284.885,22
Pembesian pelat lantai 2	14	12,41	Rp582.686.870,00	Rp586.017.171,40
Pemasangan bekisting pelat lantai 2	13	11,52	Rp889.332.104,00	Rp899.469.009,42
Pembesian kolom lantai 2	6	5,32	Rp833.691.674,94	Rp838.456.574,74
Pembesian dinding lift lantai 2	7	6,20	Rp509.981.156,40	Rp512.895.913,96
Pembesian dinding shearwall lantai 2	5	4,43	Rp159.161.656,29	Rp160.071.332,33
Pembesian pelat lantai K-350 lantai 3	6	5,32	Rp278.436.057,26	Rp281.021.600,25
Pembesian pelat lantai 3	10	8,86	Rp375.944.233,03	Rp378.092.912,99
Pemasangan bekisting pelat lantai 3	8	7,09	Rp418.144.155,29	Rp422.910.302,53
Pembesian kolom lantai 3	5	4,43	Rp573.652.099,94	Rp576.930.763,81
Pembesian dinding lift lantai 3	4	3,54	Rp470.009.977,37	Rp472.696.282,76
Pembesian dinding shearwall lantai 3	3	2,66	Rp171.693.891,08	Rp172.675.194,13

Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 4	7	5,32	Rp207.176.383,62	Rp209.100.212,92
Pembesian pelat lantai lantai 4	10	8,86	Rp269.199.003,63	Rp270.737.589,56
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 4	9	7,97	Rp447.070.693,16	Rp452.166.554,78
Pembesian kolom lantai 4	5	4,43	Rp281.170.937,05	Rp282.777.947,63
Pembesian dinding lift lantai 4	4	3,54	Rp346.989.807,96	Rp348.973.001,17
Pemasangan bekisting dinding lift lantai 4	6	5,32	Rp263.133.890,08	Rp266.292.670,78
Pembetonan pelat lantai K-350 lantai 5	7	6,20	Rp212.104.808,60	Rp214.074.403,01
Pembesian pelat lantai lantai 5	12	10,63	Rp275.602.856,58	Rp277.178.043,23
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 5	11	9,75	Rp457.705.855,03	Rp462.922.939,78
Pembesian kolom lantai 5	4	3,54	Rp71.920.886,19	Rp72.588.739,86
Pembesian kolom lantai 5	5	4,43	Rp287.859.584,89	Rp289.504.823,92
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 5	5	4,43	Rp132.841.155,38	Rp134.355.323,40
Pemasangan bekisting pelat lantai lantai 6	12	10,63	Rp471.492.175,96	Rp476.866.401,83
Pembetonan tangga type 1 K-350 lantai 6	2	1,77	Rp4.661.520,04	Rp4.704.806,68
Pembesian tangga type 1 lantai 6	3	2,66	Rp8.151.330,64	Rp8.197.918,93
Pemasangan bekisting tangga type 1 lantai 6	2	1,77	Rp12.897.284,78	Rp13.061.330,13
Pembetonan tangga type 2 K-350 lantai 6	2	1,77	Rp11.861.839,62	Rp11.971.988,06
Pembesian tangga type 2 lantai 6	3	2,66	Rp33.057.743,04	Rp33.246.682,00
Pemasangan bekisting tangga type 2 lantai 6	2	1,77	Rp20.720.228,00	Rp20.983.776,28
Pembetonan dinding K-350 pekerjaan ramp	8	7,09	Rp239.062.239,96	Rp241.242.396,55

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

Pekerjaan Pembesian Tangga Type 1 Lantai 6
Kondisi Lembur 1 jam

= Biaya Langsung + Selisih Biaya

Biaya langsung

= Rp 41.856.889.631,41 + Rp 46.588,30

= Rp 41.856.936.219,17

Biaya tidak langsung

= (Rp 1.033.662.301,59 / 85) × 84,66

= Rp 1.029.506.101,71

Biaya Total

= Rp 41.856.936.219,17 + Rp 1.029.506.101,71

= Rp 42.886.442.321,42

Tabel 5 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
	Normal	85	Rp42.890.551.933,00
1	1	50,73	Rp42.608.990.276,90
2	2	26,94	Rp42.557.831.304,46
3	3	9,45	Rp42.560.471.312,55



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 42.608.990.276,90 dengan durasi percepatan sebesar 50,73 hari sedangkan penambahan 2 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp 42.557.831.304,46 dengan durasi percepatan sebesar 26,94 hari dan untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya total sebesar Rp 42.560.471.312,55 dengan durasi percepatan sebesar 9,45 hari. Dari ketiganya penambahan jumlah lembur 2 jam adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan dan

penambahan lembur 2 jam lebih efektif dari segi biayanya.

3. 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 pekerjaan Pembesian Tangga Type 1 Lantai 6 dibawah ini :

Perhitungan penambahan tenaga kerja berdasarkan durasi normal :
Volume = 623,81 m³

Durasi normal = 3 hari

Kapasitas tenaga kerja per 1m³ adalah :

Pekerja = 0,0084 Oh @ Rp. 45.000,00

Tukang Besi = 0,0084 Oh @ Rp. 60.000,00

Kepala Tukang Besi= 0,0008 Oh @ Rp. 75.000,00

Mandor = 0,0005 Oh @ Rp. 85.000,00

Dengan :

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :

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

Pekerja

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0084 Oh × 623,81 m³)/(3 × 7)

= 0,24889939

Upah Pekerja

= 0,24889939 × Rp 45.000,00

= Rp 11.200,47

Tukang Besi

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0084 Oh × 623,81 m³)/(3 × 7)

= 0,24889939

UpahTukang Besi

= 0,24889939 × Rp 60.000,00

= Rp 14.933,96

Kepala Tukang Besi

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0008 Oh × 623,81 m³)/(3 × 7)

= 0,02488994

Upah Kepala Tukang Besi

= 0,02488994 × Rp 75.000,00

= Rp 1.866,75

Mandor

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0005 Oh × 623,81 m³)/(3 × 7)

= 0,01422282

Upah Mandor

= 0,01422282 × Rp 85.000,00

= Rp 1.208,94

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (3 hari) adalah : (Rp 11.200,47 + Rp Rp 14.933,96 + Rp1.866,75 + Rp 1.208,94) 3 × 7 hari = Rp 613.412,55

Untuk penambahan Tenaga kerja 1

Volume = 623,81 m³

Durasi normal = 3 hari

Durasi *Crashing* = 0,34 hari

Durasi Percepatan = 2,66 hari

Kapasitas tenaga kerja per 1m³ adalah :

Pekerja = 0,0084 Oh @ Rp. 45.000,00

Tukang Besi = 0,0084 Oh @ Rp. 60.000,00

Kepala Tukang Besi= 0,0008 Oh @ Rp. 75.000,00

Mandor = 0,0005 Oh @ Rp. 85.000,00

Dengan :

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :

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

Kepal Pekerja

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0085 Oh × 623,81 m³)/(2,66 × 7)

= 0,2809007

Upah Pekerja

= 0,2809007 × Rp 45.000,00

= Rp 12.640,53

Tukang Besi

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0085 Oh × 623,81 m³)/(2,66 × 7)

= 0,2809007

Upah Tukang Besi

= 0,2809007 × Rp 60.000,00

= Rp 16.854,04

Kepala Tukang Besi

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0008 Oh × 623,81 m³)/(2,66 × 7)

= 0,0280901

Upah Kepala Tukang Besi

= 0,0280901 × Rp 75.000,00

= Rp 2.106,76

Mandor

= (Koef. × Volume)/Durasi

= (0,0005 Oh × 623,81 m³)/(2,66 × 7)

= 0,0160515

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi 2,66 hari adalah : (Rp 12.640,53 + Rp 16.854,04 + Rp 2.106,76 + Rp 1.364,38) 3×7 hari = Rp 692.279,88

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

Pada Pembesian Tangga Type 1 Lantai 6 :
Kondisi Tenaga kerja 1

Biaya langsung

= Biaya Langsung + Selisih Biaya

= Rp 41.856.889.631,41 + Rp 78.867,33

= Rp 41.856.968.498,74

Biaya tidak langsung

= (Rp 1.033.662.301,59 / 85) \times 84,66

= Rp 1.029.506.101,71

Biaya Total

= Rp 41.856.968.498,74 + Rp 1.029.506.101,71

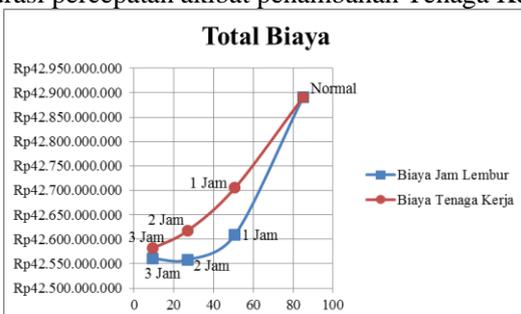
= Rp 42.886.474.600,46

Tabel 6 Tabel perbandingan antara biaya total dengan tenaga kerja

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
	Normal	85	Rp42.890.551.933,00
1	1	50,73	Rp42.705.067.973,75
2	2	26,94	Rp42.617.514.600,82
3	3	9,45	Rp42.581.303.016,25



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 diperoleh biaya total proyek dan durasi *crashing* yang dipercepat pada penambahan tenaga kerja 1 menjadi 50,73 hari dengan biaya total sebesar Rp 42.705.067.973,75 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 42.617.514.600,82 dan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 26,94 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 42.581.303.016,25 dan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 9,45 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* pekerjaannya 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 Rektorat Universitas Negeri Malang, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu dan Biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 85 hari dengan biaya Rp 42.890.551.933,00, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 50,73 hari dan dengan biaya sebesar Rp 42.608.990.276,90 , untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 26,94 hari dan biaya sebesar Rp 42.557.831.304,46 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 9,45 hari dengan biaya Rp 42.560.471.312,55.
2. Pada penambahan tenaga kerja waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 85 hari dengan biaya Rp 42.890.551.933,00, setelah penambahan tenaga kerja 1 didapatkan durasi *crashing* 50,73 hari dengan biaya total sebesar Rp 42.705.067.973,75 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 42.617.514.600,82 dengan durasi *crashing* 29,94 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 42.581.303.016,25 dan didapatkan durasi *crashing* 9,45 hari.
3. Pada penambahan jam lembur 1 jam jika dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja 1, penambahan jam lembur lebih efektif karena dengan durasi yang sama biaya lebih murah di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja. Untuk selanjutnya pada penambahan jam

- lembur 2 jam jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja 2 yang lebih efektif adalah dengan menambah jam lembur 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 jam lembur di bandingkan dengan menambah tenaga kerja 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. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Lembur dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta
- Anggoro. 2016. *Optimasi 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.
- Ervianto, Wulfram I. 2006. *Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi*. Penerbit : Andi, Yogyakarta
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.

- 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.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Soemardi, Biemo W., dan Kusumawardani, Rani G. 2010. *Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Konstruksi*. Konferensi Nasional Teknik Sipil.