

## **Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode TCTO pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi Lantai Basement 2 sampai Lantai 5<sup>1</sup>**

(Optimization Study Of Time and Cost with Time Cost Trade Off Method on Construction Project : Case Study Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi Apartment Construction Project 2<sup>nd</sup> Basement Floor till 5<sup>th</sup> Floor)

---

Renna Melinda<sup>2</sup> , Mandiyo Priyo<sup>3</sup> , Yoga Apriyanto Harsoyo<sup>4</sup>

---

### **INTISARI**

*Agar durasi suatu proyek konstruksi tidak mengalami keterlambatan dan sesuai dengan waktu yang diisyaratkan, maka salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mempercepat durasi pelaksanaan proyek (crashing). Salah satu metode yang dapat diterapkan untuk mempercepat durasi pelaksanaan proyek (crashing) adalah metode Time Cost Trade Off atau metode pertukaran biaya terhadap waktu. Dengan menggunakan metode Time Cost Trade Off, maka waktu dan biaya dapat dioptimalkan tanpa mengurangi kualitas yang diisyaratkan.*

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah kompresi durasi dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat, menganalisis perubahan biaya dan waktu yang paling efektif antara penambahan jam kerja (lembur) dengan penambahan alat berat dan membandingkan antara biaya akibat penambahan jam kerja (lembur), biaya akibat penambahan alat berat, dan biaya denda.*

*Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Kontraktor Pengawas. Analisis data menggunakan program Microsoft Project 2010 dengan metode time cost trade off. Lintasan kritis dan kenaikan biaya akibat dari penambahan jam kerja (lembur) didapat dari analisis program Microsoft Project 2010, sedangkan percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi didapat dari hasil analisa metode time cost trade off.*

*Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga penambahan jam lembur diperoleh biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi crashing 39 hari dan total biaya sebesar Rp25.043.302.018,91. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja akibat durasi dari waktu lembur 3 jam dengan durasi crashing 39 hari dan total biaya sebesar Rp244.773.289.854,83. Biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja jauh lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda*

**Key words:** Microsoft Project 2010, Duration Acceleration, Time Cost Trade Off, Time, Cost

---

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

<sup>2</sup> Mahasiswa Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

<sup>3</sup> Dosen Pembimbing 1

<sup>4</sup> Dosen Pembimbing 2

## PENDAHULUAN

### *Latar Belakang*

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. Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka pelaksana proyek biasa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*resources*). Penelitian ini membahas optimalisasi waktu proyek dan biaya proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi dengan metode penambahan jam kerja (*lembur*) dan metode penambahan tenaga kerja.

### *Rumusan Masalah*

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pengerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah antara lain:

1. Berapa besar perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah 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?

### *Tujuan Penelitian*

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

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

### *Manfaat Penelitian*

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

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.
3. Memperdalam ilmu tentang manajemen, khususnya TCTO (*Time Cost Trade Off*)
4. Memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang penggunaan *Microsoft Project* dalam suatu proyek.

### *Batasan Masalah*

Dibuat batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, antara lain:

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Perhitungan optimasi hanya meninjau pekerjaan gedung termasuk pekerjaan pemeliharaan gedung sehingga didapat durasi pekerjaan selama 112 hari waktu kalender.
2. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Minggu, dengan jam kerja berkisar 08.00-16.00 WIB dengan waktu istirahat pada 12.00-13.00 WIB dan maksimum jam lembur yang diperkenankan selama 4 jam dari jam 17.00-21.00.
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 sumber daya / tenaga kerja (*Resources*) untuk mengetahui perubahan waktu dan biaya.

5. Perhitungan biaya denda menggunakan alternatif besarnya perubahan durasi proyek sesudah dilakukan kompresi akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dikalikan dengan 1% biaya total proyek.

## TINJAUAN PUSTAKA

Maulana (2016) menyebutkan bahwa Biaya mempercepat durasi proyek (penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja) lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda. Novitasari (2014) menyebutkan bahwa 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 (2010) menyatakan bahwa 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 jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

## LANDASAN TEORI

### *Manajemen Proyek*

Menurut Kerzner dalam Soeharto (1999), manajemen proyek didefinisikan sebagai : *“Project management is the planning, organizing, directing, and controlling of company resources for a relatively short term objective that has been establish to complete specific goals and objectives. Furthermore, project management utilizes the systems approach to management by having functional personnel (the vertical hierarchy) assigned to a spesific project (the horizontal hierarchy)”*. Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisasi, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka

pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) vertikal dan horizontal.

Sedangkan menurut Clelland (1997) berpendapat bahwa manajemen proyek adalah *“Project is a combination of human and non human resources pulled together in a “temporary” organization to achieve a specific purpose”*. Proyek merupakan kombinasi dari sumber daya manusia dan non manusia secara bersama-sama dalam sebuah organisasi “sementara” untuk mencapai tujuan tertentu.

Sehingga dari definisi tersebut terlihat bahwa konsep manajemen proyek yaitu merencanakan, mengorganisasi, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan yang berupa manusia dan material serta mempunyai hierarki (arus kegiatan) horizontal disamping hierarki vertikal.

Menurut Soeharto (1999), Adapun 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.

Menurut Siswanto (dikutip oleh Novitasari, 2014) dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencana yang lain, yaitu:

- a. Penyusunan jadwal (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain;
- b. Proses pengendalian (*controlling*).

### *Network planning*

*Network planning* pada prinsipnya adalah hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan (variabel) yang digambarkan / divisualisasikan dalam diagram network (Badri, 1997 : 13). Dengan demikian diketahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, bila perlu dilembur

(tambah biaya), pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan yang lain, pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga alat dan tenaga dapat digeser ke tempat lain demi efisiensi.

Sedangkan menurut Soetomo Kajatmo (1977: 26) adalah *Network planning* merupakan sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas dan lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Adapun definisi proyek itu sendiri adalah suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan tertentu.

Sehingga *network planning* merupakan 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.

#### *Biaya Total Proyek*

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

1. Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, yang meliputi :
  - a. Biaya bahan / material;
  - b. Biaya upah kerja;
  - c. Biaya alat;
  - d. Biaya subkontraktor dan lain-lain.
2. Biaya tidak langsung adalah segala sesuatu yang tidak merupakan komponen hasil akhir proyek, tetapi dibutuhkan dalam rangka proses pembangunan yang biasanya terjadi diluar proyek dan sering disebut dengan biaya tetap (*fix cost*). Walaupun sifatnya tetap, tetapi harus dilakukan pengendalian agar tidak melewati anggarannya, yang meliputi:
  - a. Gaji staf / pegawai tetap tim manajemen;
  - b. Biaya konsultan (perencana dan pengawas);
  - c. Fasilitas sementara dilokasi proyek;
  - d. Peralatan konstruksi;
  - e. Pajak, pungutan, asuransi dan perizinan;

- f. Overhead;
- g. Biaya tak terduga;
- h. Laba.

Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi komulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

#### *Lintasan Kritis*

Menurut Pamungkas & Hidayat (2011) lintasan kritis adalah lintasan sepanjang diagram jaring yang mempunyai waktu terpanjang (durasi proyek) atau tidak mempunyai *float* (waktu jeda). Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek.

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

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

Sering terjadi suatu proyek harus diselesaikan lebih cepat daripada waktu normalnya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan kepada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya minimum. Oleh karena itu perlu dipelajari terlebih dahulu hubungan antara waktu dan biaya. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya). Di dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara 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

#### *Produktivitas Pekerja*

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. 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 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.

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

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan dari 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 oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 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 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas.

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

$$1. \text{ Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$

$$2. \text{ Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}}$$

$$3. \text{ Produktivitas harian sesudah crash} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas tiap jam})$$

Dengan :

a = lama penambahan jam kerja (lembur),

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

$$4. \text{ Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}}$$

#### *Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja*

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja 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 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 :

$$1. \text{ Jumlah Tenaga Kerja Normal} = \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi normal}}$$

$$2. \text{ Jumlah Tenaga Kerja Dipercepat} = \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi dipercepat}}$$

Dari rumus diatas maka akan diketahui jumlah pekerja normal dan jumlah penambahan tenaga kerja akibat percepatan durasi proyek.

#### *Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)*

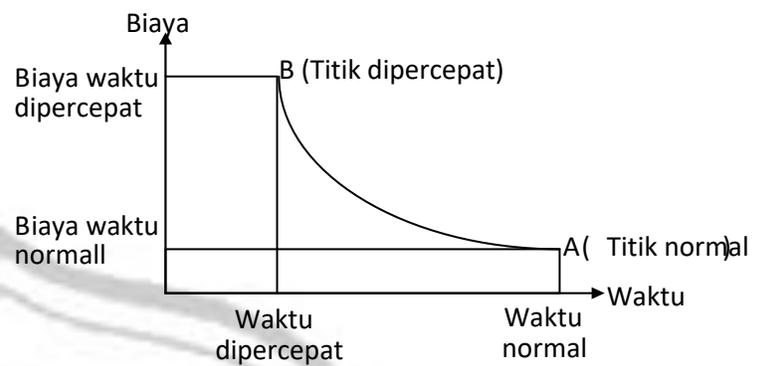
Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam 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 pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

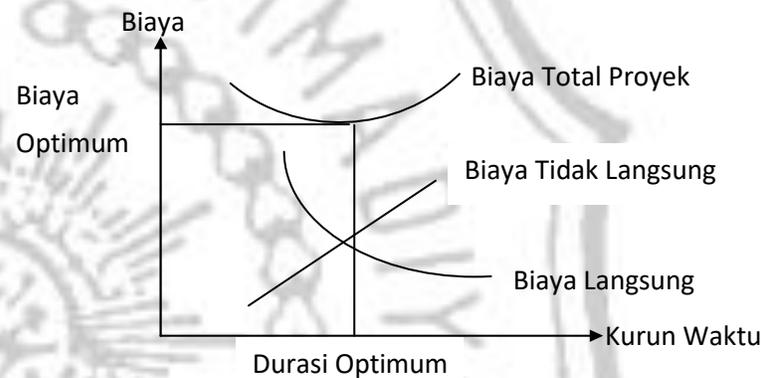
1. Normal ongkos pekerja perhari  
= Produktivitas harian  $\times$  Harga satuan upah pekerja
2. Normal ongkos pekerja perjam  
= Produktivitas perjam  $\times$  Harga satuan upah pekerja
3. Biaya lembur pekerja  
=  $1,5 \times$  upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama +  $2 \times n \times$  upah perjam 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*  
=  $\frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}}$

#### Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 3.2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 3.2 memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 3.3 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.



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



Grafik Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Sumber: Soeharto, 1997)

#### Biaya Denda

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

$$\text{Total denda} = \text{total waktu akibat keterlambatan} \times \text{denda perhari akibat keterlambatan}$$

Dengan:

Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

#### Program Microsoft Project

Program *Microsoft Project* adalah sebuah aplikasi program pengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan grafik. Kegiatan manajemen berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah *input* menjadi

output sesuai tujuannya. *Input* mencakup unsur-unsur manusia, material, mata uang, mesin/alat dan kegiatan-kegiatan. Seterusnya diproses menjadi suatu hasil yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang di inginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Dalam proses diperlukan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Beberapa jenis metode manajemen proyek yang di kenal saat ini, antara lain), *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. *Microsoft project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

## METODE PENELITIAN

### *Lokasi Penelitian*

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

### *Tahap dan Prosedur Penelitian*

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

- a. Tahap 1 : Persiapan  
Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian. Kemudian ditentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.
- b. Tahap 2 : Pengumpulan Data  
Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan.
- c. Tahap 3 : Analisis data dengan bantuan program *Microsoft Project 2010* dan dengan metode *time cost trade Off*
- d. Tahap 4 : Kesimpulan

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

### *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 pengoptimalan waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variable biaya.

#### 1. *Variabel Waktu*

Data yang mempengaruhi variabel waktu diperoleh dari kontraktor. 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 variable biaya diperoleh dari kontraktor. Data yang diperlukan dalam variabel biaya antara lain :

- a. Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran,
- b. Daftar-daftar harga bahan dan upah.
- c. Analisis harga satuan.

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

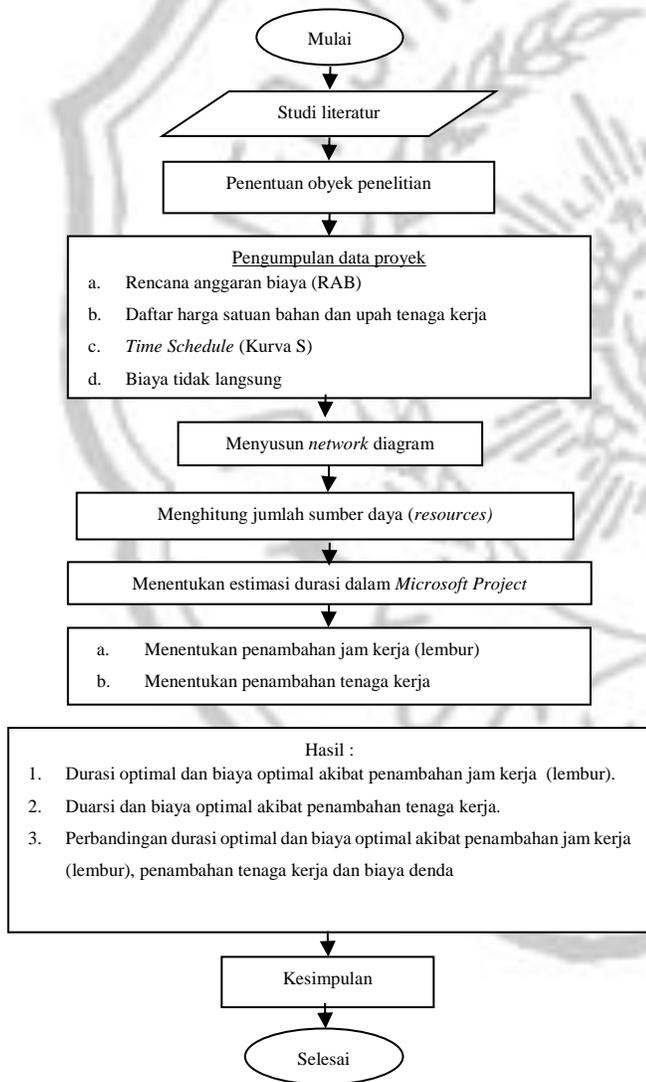
1. Rencana Anggaran Biaya (RAB)
2. Analisa harga satuan bahan proyek
3. *Time schedule*
4. Biaya tidak langsung

### *Analisis Data*

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

adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan pekerja yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam lembur dan tenaga kerja yang juga dibantu dengan *Microsoft Excel* 2010 untuk mempermudah analisis dan perhitungan. Hasil dari analisis tersebut adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam lembur dan tenaga kerja.

Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar



## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Umum Proyek

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : A  
 Konsultan Supervisi : PT. B  
 Kontraktor : PT. C  
 Anggaran : Rp 25.832.013.516  
 Waktu pelaksanaan : 112 Hari kerja  
 Tanggal pekerjaan dimulai : 8 Agustus 2016  
 Tanggal pekerjaan selesai : 27 November 2016

### Daftar Lintasan Kritis

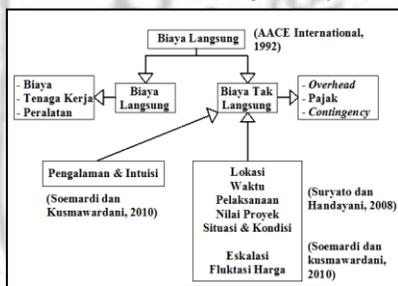
Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* untuk penjadwalan proyek tersebut diketahui terdapat 21 lintasan kritis dari kegiatan-kegiatan kritis. Daftar kegiatan – kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel

No. Task	Task Name	Predecessors
<b>Proyek Apartemen Taman Melati Yogyakarta</b>		
5	Pembesian Kolom Basement 2	
6	Bekisting Kolom Basement 2	5FS-10 days
7	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Basement 2	6FS-9 days
22	Pembesian Kolom Basement 1	7
23	Bekisting Kolom Basement 1	22FS-5 days
24	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Basement 1	23FS-5 days
43	Pembesian Kolom Lantai 1	24
44	Bekisting Kolom Lantai 1	43FS-17.14 days
45	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Lantai 1	44FS-9.14 days
64	Pembesian Kolom Lantai 2	45FS-3.43 days
65	Bekisting Kolom Lantai 2	64FS-17.14 days
66	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Lantai 2	65FS-9.14 days
85	Pembesian Kolom Lantai 3	66FS-5.71 days
86	Bekisting Kolom Lantai 3	85FS-17.14 days
87	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Lantai 3	86FS-9.14 days
106	Pembesian Kolom Lantai 4	87

No. Task	Task Name	Predecessors
107	Bekisting Kolom Lantai 4	106FS-17.14 days
108	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Lantai 4	107FS-9.14 days
127	Pembesian Kolom Lantai 5	108
128	Bekisting Kolom Lantai 5	107FS-9.14 days
129	Pengecoran Beton K-350 + fly Ash 10% Kolom Lantai 5	128FS-9.14 days
132	Bekisting Balok Lantai 5	129FS-4.43 days

### Biaya Langsung dan Tidak Langsung

Biaya-biaya dalam suatu proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Kontruksi di PT Wijaya Karya pada Proyek Kontruksi di Provinsi Kalimantan Timur Oleh Odik Fajrin Jayadewa



Gambar Skema Model hubungan biaya tidak langsung.

Model Regresi Non Linear dengan menggunakan Algoritma Genetika dengan persamaan :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(x_1 - 0,21) - \ln(x_2)) + \epsilon$$

Dengan ;

$x_1$  = Nilai Proyek (Miliar)

$x_2$  = Durasi Pelaksanaan Proyek (Hari)

Perhitungan :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(83,032 - 0,21) - \ln(133)) + \epsilon = 1,365 \%$$

Berdasarkan grafik diatas pada Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi dengan nilai total proyek sebesar : Rp 25.831.948.131,22 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 6,26003 % dari nilai total proyek

tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung} &= 6,26003 \% \times \text{Rp } 25.832.013.516 \\ &= \text{Rp } 1.617.092.376,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung / hari} &= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} \\ &= \frac{\text{Rp } 1.617.092.376,35}{112 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp } 14.438.283,06 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya Langsung = Biaya Total Rencana – Biaya Tidak Langsung

$$\begin{aligned} &= \text{Rp } 25.832.013.516 - \text{Rp } 1.617.092.376,35 \\ &= \text{Rp } 24.214.921.139,65 \end{aligned}$$

### Penerapan Metode Time Cost Trade Off Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 7 jam kerja normal dan 1 jam istirahat (08.00-16.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (16.00-20.00). 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 4 (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 adalah perhitungan Pekerjaan Pengecoran Kolom Lantai Basement 2 dibawah ini :

- 1) Durasi yang bisa di *crash* berdasarkan penambahan 1 jam lembur :  
(Volume)

$$\begin{aligned} &(\text{Prod. Perjam} \times \text{Jam kerja}) + (\sum \text{Jam lembur} \times \text{Penurunan Prod.} \times \text{Prod. Perjam}) \\ &- \text{Volume} = 117 \text{ m}^3 \\ &- \text{Durasi normal} = 8 \text{ hari} \\ &- \text{Durasi normal (jam)} = 8 \times 7 = 56 \text{ jam} \\ &- \text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal (jam)}} \end{aligned}$$

$$= \frac{117}{56}$$

$$= 2,0892857 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Maksimal crashing} = \frac{117}{(2,0892857 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 2,0892857)}$$

$$= 7,088607643 \text{ Hari}$$

$$\text{Maka maksimal crashing} = 8 \text{ hari} - 7,088607643 \text{ hari}$$

$$= 0,9113923566 \text{ hari}$$

Hasil perhitungan pengontrolan durasi *crashing* manual diatas sesuai dengan hasil perhitungan pada *Microsoft Project*, hasil dari pengolahan *Microsoft Project* dapat dilihat pada Tabel 5.5 untuk penambahan jam lembur yang di lakukan 1 jam pada tabel berikut:

Tabel Hasil Perhitungan durasi dan biaya dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur menggunakan *Microsoft Project*

Kode	Durasi normal	Durasi lembur 1 jam	Biaya Lembur 1 jam	Biaya Normal
PCK L3	8	7,09	Rp 98.804.028	Rp 99.674.014
PCK L4	8	7,09	Rp 98.804.028	Rp 99.674.014
PCK L5	8	7,09	Rp 98.804.028	Rp 99.674.014
PBK L3	15	13,29	Rp 336.863.250	Rp 338.897.896
PBK L4	15	13,29	Rp 336.863.250	Rp 338.897.896
PBK L5	15	13,29	Rp 336.863.250	Rp 338.897.896
PCK L2	8	7,09	Rp 127.176.330	Rp 128.298.752
PBK L2	15	13,29	Rp 431.646.750	Rp 434.251.000
BK L3	15	13,29	Rp 107.078.350	Rp 109.734.354
BK L4	15	13,29	Rp 107.078.350	Rp 109.734.354
BK L5	15	13,29	Rp 107.078.350	Rp 109.734.354
PCK LB2	8	7,09	Rp 162.697.138	Rp 164.132.791
PCK L1	8	7,09	Rp 165.591.254	Rp 167.050.494
PBK L1	15	13,29	Rp 529.638.750	Rp 532.830.118
BK L2	15	13,29	Rp 134.924.770	Rp 138.278.767
PCK LB1	8	7,09	Rp 215.522.638	Rp 217.426.163
BK LB2	15	13,29	Rp 169.283.530	Rp 173.492.899
BK LB1	15	13,29	Rp 169.283.530	Rp 173.492.899
PBK LB1	15	13,29	Rp 697.675.800	Rp 701.885.553
BK L1	15	13,29	Rp 175.671.000	Rp 180.035.231
PBK LB2	15	13,29	Rp 794.214.860	Rp 799.005.144
BB L5	20	17,72	Rp 283.601.610	Rp 290.651.997

Perhitungan Manual Penambahan 1 Jam Lembur (Pengecoran Kolom Lantai Basement 2)

Jumlah Tenaga Kerja × Biaya Lembur 1 Jam :

$$\text{Pekerja} = 30,81 \times \text{Rp}12.857,14$$

$$= \text{Rp} 396.000$$

$$\text{Tukang Batu} = 5,14 \times \text{Rp} 15.000$$

$$= \text{Rp} 77.100$$

$$\text{Kepala Tukang} = 0,52 \times \text{Rp} 17.142,86$$

$$= \text{Rp} 8.914,29$$

$$\text{Mandor} = 1,54 \times \text{Rp} 16.071,00$$

$$= \text{Rp} 24.750$$

Jumlah Biaya Lembur Tenaga Per hari :

(1 Hari) = Jumlah Biaya Tenaga Per hari + Jumlah Biaya Lembur 1 Jam

$$= \text{Rp} 2.357.184.38 + (\text{Rp} 396.000 + \text{Rp} 77.100 + \text{Rp} 8.914,29 + \text{Rp} 24.750)$$

$$= \text{Rp} 2.863.948,67$$

Jumlah Total Biaya Lembur Tenaga :

$$(7,088607595 \text{ Hari}) = \text{Rp} 2.863.948,67 \times 7,088607595$$

$$= \text{Rp} 20.301.408,26$$

Jumlah Total Biaya Lembur Pada Pekerjaan Pengecoran Kolom Lantai Basement 2 :

= Jumlah Total Biaya Material + Jumlah Total Biaya Lembur Tenaga

$$= \text{Rp} 143.315.296,43 + \text{Rp} 20.301.408,26$$

$$= \text{Rp} 163.616.704,69$$

Tabel *Cost Slope* Biaya Pekerjaan Akibat Percepatan Biaya Lembur 1 Jam

Kode	Normal		Crashing	Percepatan		Slope
	Durasi (hari)	Biaya		Durasi (hari)	Biaya	
PBK LB2	15	Rp 794,214,860	1.71	13.29	Rp 799,005,089	Rp 2,801,303.51
BK LB 2	15	Rp 169,283,530	1.71	13.29	Rp 173,492,833	Rp 2,461,580.70
PCK LB2	8	Rp 162,697,138	0.91	7.09	Rp 164,132,760	Rp 1,577,606.59
PBK LB1	15	Rp 697,675,800	1.71	13.29	Rp 701,885,505	Rp 2,461,815.79
BK LB1	15	Rp 169,283,530	1.71	13.29	Rp 173,492,833	Rp 2,461,580.70
PCK LB1	8	Rp 215,522,638	0.91	7.09	Rp 217,426,122	Rp 2,091,740.66
PBK L1	15	Rp 529,638,750	1.71	13.29	Rp 532,830,081	Rp 1,866,275.44
BK L1	15	Rp 175,671,000	1.71	13.29	Rp 180,035,163	Rp 2,552,142.11
PCK L1	8	Rp 165,591,254	0.91	7.09	Rp 167,050,463	Rp 1,603,526.37

PBK L2	15	Rp 431,646,750	1.71	13.29	Rp 434,250,970	Rp 1,522,935.67
BK L2	15	Rp 134,924,770	1.71	13.29	Rp 138,278,715	Rp 1,961,371.35
PCK L2	8	Rp 127,176,330	0.91	7.09	Rp 128,298,727	Rp 1,233,403.30
PBK L3	15	Rp 336,863,250	1.71	13.29	Rp 338,897,873	Rp 1,189,838.01
BK L3	15	Rp 107,078,350	1.71	13.29	Rp 109,734,312	Rp 1,553,194.15
PCK L3	8	Rp 98,804,028	0.91	7.09	Rp 99,673,995	Rp 956,007.69
PBK L4	15	Rp 336,863,250	1.71	13.29	Rp 338,897,873	Rp 1,189,838.01
BK L4	15	Rp 107,078,350	1.71	13.29	Rp 109,734,312	Rp 1,553,194.15
PCK L4	8	Rp 98,804,028	0.91	7.09	Rp 99,673,995	Rp 956,007.69
PBK L5	15	Rp 336,863,250	1.71	13.29	Rp 338,897,873	Rp 1,189,838.01
BK L5	15	Rp 107,078,350	1.71	13.29	Rp 109,734,312	Rp 1,553,194.15
PCK L5	8	Rp 98,804,028	0.91	7.09	Rp 99,673,995	Rp 956,007.69
BB L5	20	Rp 283,601,610	2.28	17.72	Rp 290,651,887	Rp 3,092,226.75

Tabel Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung Dan Biaya Total Pada Penambahan 1 Jam Lembur

Kode	Durasi	Biaya Tidak Langsung	Biaya Langsung	Total Biaya
	112	Rp 1,617,092,376.35	Rp 24,214,921,139.65	Rp 25,832,013,516.00
PCK L3	111.09	Rp 1,603,953,500.79	Rp 24,215,791,106.65	Rp 25,819,744,607.44
PCK L4	110.18	Rp 1,590,814,625.23	Rp 24,216,661,073.65	Rp 25,807,475,698.88
PCK L5	109.27	Rp 1,577,675,749.67	Rp 24,217,531,040.65	Rp 25,795,206,790.33
PBK L3	107.56	Rp 1,552,986,214.28	Rp 24,219,565,663.65	Rp 25,772,551,877.94
PBK L4	105.85	Rp 1,528,296,678.89	Rp 24,221,600,286.65	Rp 25,749,896,965.55
PBK L5	104.14	Rp 1,503,607,143.51	Rp 24,223,634,909.65	Rp 25,727,242,053.16
PCK L2	103.23	Rp 1,490,468,267.95	Rp 24,224,757,306.65	Rp 25,715,225,574.60
PBK L2	101.52	Rp 1,465,778,732.56	Rp 24,227,361,526.65	Rp 25,693,140,259.21
BK L3	99.81	Rp 1,441,089,197.17	Rp 24,230,017,488.65	Rp 25,671,106,685.82
BK L4	98.1	Rp 1,416,399,661.78	Rp 24,232,673,450.65	Rp 25,649,073,112.44
BK L5	96.39	Rp 1,391,710,126.39	Rp 24,235,329,412.65	Rp 25,627,039,539.05
PCK LB2	95.48	Rp 1,378,571,250.83	Rp 24,236,765,034.65	Rp 25,615,336,285.49
PCK L1	94.57	Rp 1,365,432,375.28	Rp 24,238,224,243.65	Rp 25,603,656,618.93
PBK L1	92.86	Rp 1,340,742,839.89	Rp 24,241,415,574.65	Rp 25,582,158,414.54
BK L2	91.15	Rp 1,316,053,304.50	Rp 24,244,769,519.65	Rp 25,560,822,824.15
PCK LB1	90.24	Rp 1,302,914,428.94	Rp 24,246,673,003.65	Rp 25,549,587,432.60
BK LB2	88.53	Rp 1,278,224,893.55	Rp 24,250,882,306.65	Rp 25,529,107,200.21
BK LB1	86.82	Rp 1,253,535,358.16	Rp 24,255,091,609.65	Rp 25,508,626,967.82
PBK LB1	85.11	Rp 1,228,845,822.77	Rp 24,259,301,314.65	Rp 25,488,147,137.43
BK L1	83.4	Rp 1,204,156,287.39	Rp 24,263,665,477.65	Rp 25,467,821,765.04
PBK LB2	81.69	Rp 1,179,466,752.00	Rp 24,268,455,706.65	Rp 25,447,922,458.65
BB L5	79.41	Rp 1,146,547,371.48	Rp 24,275,505,983.65	Rp 25,422,053,355.13

Selanjutnya untuk perhitungan pengaruh terhadap biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total yang diakibatkan pertambahan jam lembur pada kondisi normal dan dengan penambahan lembur 1 – 3 jam dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini :

Kondisi normal :

Biaya langsung = Rp 24.214.921.139,65

Biaya tidak langsung = Rp 1.617.092.376,35

Biaya Total = Rp 25.832.013.516 + Rp 1.617.092.376,35

= Rp 25.832.013.516

Pekerjaan Pengecoran Kolom Lantai Basement 2

Biaya langsung = Rp 24.235.329.412,65 + Rp 1.435.622

= Rp 24.236.765.034,65

Biaya tidak langsung = (Biaya Tak Langsung Bekisting Kolom It 5 / Durasi Bekisting Kolom It 5) × Pengecoran Kolom It Basement 2

= (Rp 1.391.710.126,39 / 96,39) × 95,48

= Rp 1.378.571.250,83

Biaya Total = Rp 24.236.765.034,65 + Rp 1.378.571.250,83

= Rp 25.615.336.285,49

Kemudian dapat dibandingkan antara durasi percepatan dan biaya totalnya yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel Perbandingan Antara Biaya Total Dengan Variasi Penambahan Jam Lembur Optimal

No	Lembur jam	Durasi optimal	Biaya Optimal
1	Normal	112	Rp 25,832,013,516
2	1	79	Rp 25,422,053,355.13
3	2	56	Rp 25,182,707,184.54
4	3	39	Rp 25,043,302,018.91



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

### 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 Pengecoran Kolom Lantai Basement 2 dibawah ini :

Perhitungan Penambahan tenaga kerja untuk Pengecoran Kolom Lantai Basement 2 dengan menggunakan durasi percepatan adalah sebagai berikut :

Untuk penambahan Tenaga kerja 1

Volume = 117 m<sup>2</sup>  
 Durasi normal = 8 hari  
 Durasi *Crashing* = 0,91 hari  
 Durasi Percepatan = 7,09 hari  
 Kapasitas tenaga kerja per 1m<sup>3</sup> adalah :

Pekerja = 2,1 Oh @ Rp. 60.000  
 Tukang Batu = 0,35 Oh. @ Rp. 70.000  
 Kepala Tukang Batu = 0,035 Oh. @ Rp. 80.000  
 Mandor = 0,105 Oh @ Rp. 75.000

Dengan :

Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :

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

Pekerja =  $(\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$   
 $= (2,1 \times 117) / (7,09 \times 7)$   
 $= 4,970$

Upah Pekerja =  $4,970 \times \text{Rp } 60.000$   
 $= \text{Rp } 298.200$

Tukang Batu =  $(\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$   
 $= (0,35 \times 117) / (7,09 \times 7)$   
 $= 0.830$

Upah Tukang Batu =  $0.830 \times \text{Rp } 70.000$   
 $= \text{Rp } 58.100$

Kepala Tukang Batu =  $(\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$   
 $= (0,035 \times 117) / (7,09 \times 7)$   
 $= 0.09$

Upah Tukang Batu =  $0.09 \times \text{Rp } 80.000$   
 $= \text{Rp } 7.200$

Mandor =  $(\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$   
 $= (0,105 \times 117) / (7,09 \times 7)$   
 $= 0.25$

Upah Mandor =  $0.25 \times \text{Rp } 75.000$   
 $= \text{Rp } 18.750$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi percepatan (7,09hari) adalah :  $(\text{Rp } 298.200 + \text{Rp } 58.100 + \text{Rp } 7.200 + \text{Rp } 18.750) \times 7 \times 7.09 \text{ hari} = \text{Rp } 18.967.341,77$

Tabel Selisih Biaya Antara Biaya Percepatan Dengan Biaya Normal Pada Kondisi Penambahan Tenaga Kerja 1

Kode	Biaya Normal	Biaya Percepatan	Selisih Biaya
PBK LB1	Rp 697,909,050	Rp 697,703,104	Rp (205,946.20)
PCK LB2	Rp 162,822,095	Rp 162,746,637	Rp (75,458.23)
PBK L3	Rp 337,030,500	Rp 336,909,152	Rp (121,348.10)
PBK L4	Rp 337,030,500	Rp 336,909,152	Rp (121,348.10)
PBK L5	Rp 337,030,500	Rp 336,909,152	Rp (121,348.10)
PBK LB2	Rp 794,409,030	Rp 794,323,701	Rp (85,329.11)
PCK L2	Rp 127,281,685	Rp 127,252,551	Rp (29,134.18)
BB L5	Rp 283,795,610	Rp 283,748,028	Rp (47,582.28)
PBK L2	Rp 431,778,750	Rp 431,793,570	Rp 14,819.62
PCK L3	Rp 98,894,848	Rp 98,910,301	Rp 15,453.16
PCK L4	Rp 98,894,848	Rp 98,910,301	Rp 15,453.16
PCK L5	Rp 98,894,848	Rp 98,910,301	Rp 15,453.16
BK L1	Rp 175,809,026	Rp 175,849,564	Rp 40,537.97
PCK L1	Rp 165,652,162	Rp 165,676,937	Rp 24,774.68
BK L2	Rp 135,005,200	Rp 135,067,270	Rp 62,069.62
BK L3	Rp 107,140,973	Rp 107,216,866	Rp 75,892.41
BK L4	Rp 107,140,973	Rp 107,216,866	Rp 75,892.41
BK L5	Rp 107,140,973	Rp 107,216,866	Rp 75,892.41
BK LB2	Rp 169,423,808	Rp 169,526,814	Rp 103,006.33
BK LB1	Rp 169,423,808	Rp 169,526,814	Rp 103,006.33
PBK L1	Rp 529,747,500	Rp 529,867,386	Rp 119,886.08
PCK LB1	Rp 215,243,684	Rp 215,566,251	Rp 322,567.09

Kondisi normal :

Biaya langsung = Rp 24.214.921.139,65

Biaya tidak langsung = Rp 1.617.092.376,35

Biaya Total = Rp 25.832.013.516 + Rp 1.617.092.376,35  
= Rp 25.832.013.516

Pada Pengecoran Kolom Lantai Basement 2 :

Kondisi Lembur 1 jam = Biaya Langsung Pembesian Kolom Lantai Basement 1+ Selisih Biaya

Biaya langsung = Rp 24.214.715.193,45 + Rp (-75.458,23)  
= Rp 24.214.639.735,22

Biaya tidak langsung=(Biaya Tak Langsung Pembesian Kolom Lantai Basement 1 / Durasi Pembesian Kolom Lantai Basement 1) × Pengecoran Kolom Lantai Basement 2)

= (Rp 1.617.092.376,352 / 111,09) × 110,18  
= Rp 1.590.814.625,23

Biaya Total = Rp 24.214.639.735,22 + Rp 1.590.814.625,23  
= Rp 25.805.454.360,45

Tabel Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Biaya Total Akibat Penambahan Tenaga Kerja 1

Kode	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
	1,617,092,376.35	24,214,921,139.65	25,832,013,516.00
PBK LB1	1,603,953,500.79	24,214,715,193.45	25,818,668,694.24
PCK LB2	1,590,814,625.23	24,214,639,735.22	25,805,454,360.45
PBK L3	1,577,675,749.67	24,214,518,387.12	25,792,194,136.79
PBK L4	1,552,986,214.28	24,214,397,039.02	25,767,383,253.30
PBK L5	1,528,296,678.89	24,214,275,690.92	25,742,572,369.81
PBK LB2	1,503,607,143.51	24,214,190,361.81	25,717,797,505.31
PCK L2	1,490,468,267.95	24,214,161,227.63	25,704,629,495.58
BB L5	101.52	1,465,778,732.56	24,214,113,645.35
PBK L2	99.81	1,441,089,197.17	24,214,128,464.97
PCK L3	98.1	1,416,399,661.78	24,214,143,918.14
PCK L4	96.39	1,391,710,126.39	24,214,159,371.30
PCK L5	95.48	1,378,571,250.83	24,214,174,824.46
BK L1	94.57	1,365,432,375.28	24,214,215,362.44
PCK L1	92.86	1,340,742,839.89	24,214,240,137.12
BK L2	91.15	1,316,053,304.50	24,214,302,206.74
BK L3	90.24	1,302,914,428.94	24,214,378,099.15
BK L4	88.53	1,278,224,893.55	24,214,453,991.55
BK L5	86.82	1,253,535,358.16	24,214,529,883.96
BK LB2	85.11	1,228,845,822.77	24,214,632,890.29
BK LB1	83.4	1,204,156,287.39	24,214,735,896.62

PBK L1	81.69	1,179,466,752.00	24,214,855,782.69
PCK LB1	79.41	1,146,547,371.48	24,215,178,349.78

Tabel. Tabel perbandingan antara biaya total dengan Tenaga kerja

No	Lembur (Jam)	Durasi Percepat (hari)	Biaya Total
1	Normal	112	Rp 25,832,013,516
2	1	79	Rp 25,361,725,721.26
3	2	56	Rp 25,023,587,476.20
4	3	39	Rp 24,773,289,854.83



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan Durasi Percepatan Akibat Penambahan Tenaga Kerja

Tabel Biaya Akibat Penambahan Lembur 1 Jam dan Penambahan Tenaga Kerja 1

Durasi (hari)	Penambahan jam lembur (Rp)	Penambahan tenaga kerja (Rp)
112	25,832,013,516.00	25,832,013,516.00
111.09	25,819,744,607.44	25,818,668,694.24
110.18	25,807,475,698.88	25,805,454,360.45
109.27	25,795,206,790.33	25,792,194,136.79
107.56	25,772,551,877.94	25,767,383,253.30
105.85	25,749,896,965.55	25,742,572,369.81
104.14	25,727,242,053.16	25,717,797,505.31
103.23	25,715,225,574.60	25,704,629,495.58
101.52	25,693,140,259.21	25,679,892,377.91
99.81	25,671,106,685.82	25,655,217,662.14

98.1	25,649,073,112.44	25,630,543,579.92
96.39	25,627,039,539.05	25,605,869,497.69
95.48	25,615,336,285.49	25,592,746,075.30
94.57	25,603,656,618.93	25,579,647,737.72
92.86	25,582,158,414.54	25,554,982,977.01
91.15	25,560,822,824.15	25,530,355,511.24
90.24	25,549,587,432.60	25,517,292,528.09
88.53	25,529,107,200.21	25,492,678,885.11
86.82	25,508,626,967.82	25,468,065,242.12
85.11	25,488,147,137.43	25,443,478,713.06
83.4	25,467,821,765.04	25,418,892,184.00
81.69	25,447,922,458.65	25,394,322,534.69
79.41	25,422,053,355.13	25,361,725,721.26

## KESIMPULAN DAN SARAN

### A. KESIMPULAN

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perubahan biaya jika dilakukan variasi penambahan jam lembur 1 jam adalah lebih murah sebesar Rp 409.960.160,87 dari semula biaya normal proyek adalah Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 25.422.053.355,13, dengan durasi normal 112 hari menjadi 79 hari. Jika waktu lembur ditambah menjadi 2 jam, selisih biaya yang terjadi sebesar Rp 649.306.31,46 dari semula biaya normal proyek adalah Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 25.182.707.184,54, dengan durasi normal 112 hari menjadi 56 hari. Jika waktu lembur ditambah menjadi 3 jam perubahan biaya yang terjadi sebesar Rp 788.711.497,09 dari semula biaya normal proyek adalah Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 25.043.302.018,91 dengan durasi normal 112 hari menjadi 39 hari.
2. Perubahan biaya jika dilakukan variasi penambahan tenaga kerja selama 1 jam adalah lebih murah sebesar Rp 470.287.794,74 dari

semula biaya normal proyek adalah Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 25.361.725.721,26. Jika tenaga kerja ditambah menjadi 2 jam, perubahan biaya menjadi lebih murah sebesar Rp 808.426.039,80 dari semula biaya normal proyek adalah Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 25.023.587.476,20. Jika tenaga kerja ditambah menjadi 3 jam, perubahan biaya menjadi lebih murah sebesar Rp 1.059.723.661,17 dari semula biaya normal proyek Rp 25.832.013.516 menjadi Rp 24.773.289.854,83.

3. Biaya dan durasi yang optimal akan terjadi jika dilakukan penambahan tenaga kerja selama 3 jam, dibandingkan dengan menambah jam lembur. Yaitu dengan biaya Rp 24.773.289.854,83 dan durasi optimal proyek 39 hari.

### B. SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan saran-saran yang dapat membantu dalam penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini, hendaknya mengetahui bagaimana keadaan secara langsung agar pembuatan susunan kegiatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* lebih mudah dan akurat.
2. Penggunaan *Microsoft Project* dengan versi terbaru untuk variasi pengerjaan dengan metode *Time Cost Trade Off*.
3. Pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* hendaknya dilakukan secara cermat dan teliti agar diperoleh hasil analisis yang akurat.

4. Pemilihan *item-item* pekerjaan yang akan di *crashing* (lintasan kritis) sebaiknya diusahakan 10%-20% dari total *item* seluruh pekerjaan

#### DAFTAR PUSTAKA

Adawiyah, Nuur Robbyatul. 2016. *Optimasi Biaya da Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan tenaga kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Pembaguan Amaris Sagan Yogyakarta)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknk Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Ali, Tubagus Haedar. 1995. *Prinsip-prinsip Network Planning*. Gramedia, Bandung.

Anggoro, Sandika Hendi Suryo. 2016. *Optimasi Biaya da Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan tenaga kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Samsat Kulon Progo Kabupaten Kulon Progo)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknk Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Badri, Sofyan. 1997. *Dasar-Dasar Network Planing*. Rineke Cipta. Jakarta.

David, Mc. Clelland. 1997. *Management Sumber Daya Manusia*. Prenhallindo. Jakarta

Frederika, Ariany. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambah Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*. Jurnal, Fakultas Teknik Universitas Udayana Denpasar.

Iramutyn, Ernis Vera. 2010. *Optimasi waktu dan biaya dengan metode Crash (Studi kasus pada Proyej Pemeliharaan Gedun dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta)*. Tugas Akhir, Universitas Negeri Solo, Solo.

Kajatmo, Soetomo. 1977. *Uraian Lengkap Metode Network Planning Jilid I,II,III*. Jakarta: Badan Penerbit Pekerjaan Umum

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. NomorKep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.

Kerzner, Harold. 2006. *Project Management : A system Approach to Planning, scheduling, and controlling*, John and Wiley. Inc. Ninth Edition. New Jersey.

Maulana, Ario. 2016. *Optimasi Biaya da Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan tenaga kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus: Pekerjaan Pembangunan Terminal Penumpang Modern-Surabaya)*. Tugas Akhir, Jurusan Teknk Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Novitasari, Vien. 2014. *Penambahan jam kerja pada proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universita Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta

Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional, Jilid 1*. Jakarta: Erlangga

Tanjung, Novia. 2013. *Optimasi waktu dan biaya dengan metode Crash pada proyek pekerjaan Struktur Hotel Lorin Triple Moderate Solo*. Tugas Akhir, Jurusan Teknk Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.