

STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* PADA PROYEK KONSTRUKSI¹

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Grand Ambarrukmo Hotel Lantai 3-7 di JL. Laksda Adisucipto, Depok, Sleman, Yogyakarta)

Muhammad Amir Syarifuddin², Ir.H.Mandiyo Priyo, M.T³, Yoga Apriyanto Harsoyo, S.T.,M.Eng⁴

INTISARI

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.

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 2013* dan metode *time cost trade off*. Hasil dari program *Microsoft Project 2013* 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 3 jam kerja lembur dengan durasi *crashing* 65,28 hari dan total biaya sebesar Rp 16.907.872.811. Sedangkan untuk ketiga penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja akibat durasi dari waktu lembur 3 jam dengan durasi *crashing* 65,28 hari dengan biaya total sebesar Rp 16.735.434.432. Berdasarkan penambahan jam lembur dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja, penambahan tenaga kerja lebih efektif dan efisien karena dengan durasi yang sama biaya proyek lebih murah di bandingkan dengan penambahan jam lembur 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 2013*, Sumber Daya (*Resource*), Waktu dan Biaya

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir,

²Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM : 20130110168 e-mail : Muhammadamir1809@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka kontraktor proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*Resources*). Hal itu menuntut kita untuk menggunakan metode yang tepat dalam mengoptimalkan sumber daya yang ada serta fasilitas yang tersedia seperti alat bantu program komputer aplikasi teknik sehingga proyek dapat diselesaikan tepat waktu, tepat mutu, dan tepat biaya.

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Grand Ambarukmo Hotel di Yogyakarta dengan metode penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam lembur sampai 3 jam 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 2013*.

B. 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 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

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

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 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 pengetahuan tentang ilmu manajemen, khususnya dalam hal pertukaran waktu dan biaya (*Time Cost Trade Off*).
4. Memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang penggunaan *Software Microsoft Project* dalam manajemen proyek.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dapat lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan maka dibuat batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, antara lain :

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Grand Ambarrukmo Hotel di Jl. Laksda Adisucipto Yogyakarta. Perhitungan optimasi hanya meninjau pada pekerjaan struktur gedung dari lantai 3 sampai dengan lantai 7, sehingga didapat durasi pekerjaan selama 112 hari.
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 2013*.
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.

II. 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 (dikutip oleh Novitasari, 2014) 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 jumlah tenaga kerja, penjadwalan lembur, penggunaan alat berat, dan pengubahan metode konstruksi di lapangan.

III. 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), 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*).

Novitasari (2014), menyebutkan *Crashing* atau 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*.

lintasan kritis adalah lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut akan menyebabkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek.

B. Network Planning

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

C. 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.

D. 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

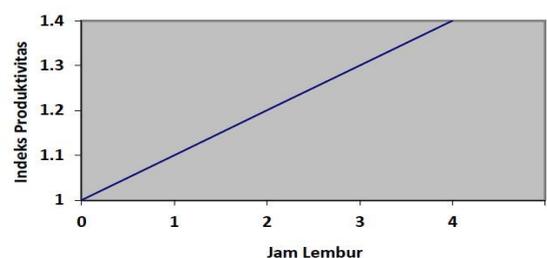
E. Produktivitas Pekerja

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) 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, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Gambar 3.1 dibawah ini.



Gambar 3.1 Indikasi Penurunan Produktivitas Akibat Penambahan Jam Kerja (Sumber: Soeharto, 1997).

Berdasarkan grafik 3.1 semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur).

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}}$$

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}}$$

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 3.2.

4. *Crash duration*

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

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

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

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

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

dengan:

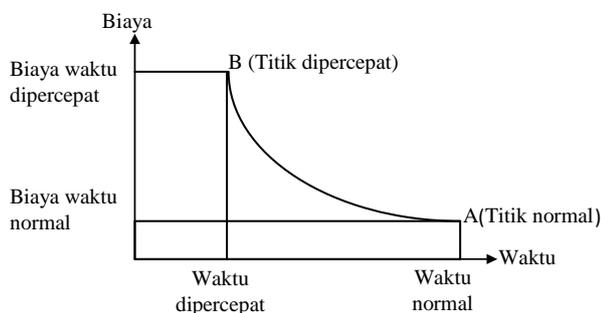
n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari = (Jam kerja perhari × Normal *cost* pekerja) + (n × Biaya lembur perjam)
5. *Cost slope* = *Crash Cost* – Normal *Cost* Durasi Normal – Durasi *Crash*

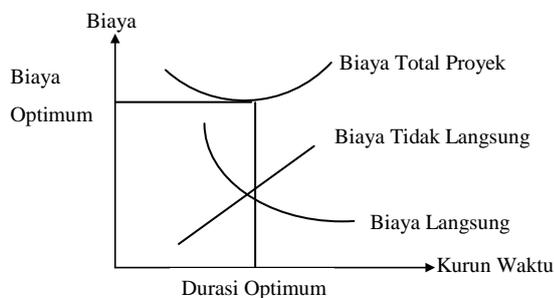
I. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

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.



Gambar 3.2 Grafik Hubungan waktu dengan biaya normal dan dipercepat untuk suatu kegiatan (Sumber: Soeharto, 1997).



Gambar 3.3 Grafik Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Sumber: Soeharto, 1997)

J. 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%o (permil) dari nilai kontrak.

K. 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.

IV. METODELOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Obyek penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Grand Ambarukmo Hotel di JL. Laksda Adisucipto, Depok, Sleman, Yogyakarta.

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-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 dapat diperoleh dari kontraktor pelaksana atau dari konsultan pengawas. 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

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;
- b. Daftar-daftar harga bahan dan upah.
- c. Gambar rencana proyek.

Data yang digunakan berupa data sekunder dan data primer berupa hasil analisis dengan *Microsoft Project 2013*. Data tersebut meliputi:

1. Daftar bahan dan upah tenaga kerja;
2. Rencana anggaran biaya;
3. *Time Schedule (Kurva-S)*;
4. Estimasi waktu dalam program *Microsoft Project*;
5. Data biaya normal.

C. Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2013*. Dengan menginputkan 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

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

Tahap 1 : Persiapan

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

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

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

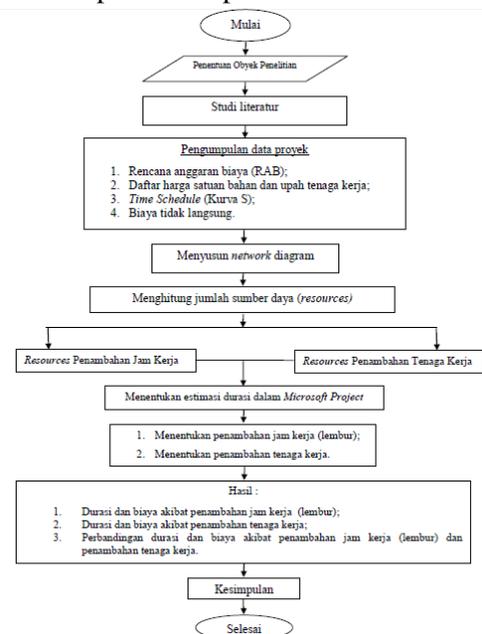
Tahap 3 : Analisa percepatan dengan aplikasi program dan pembahasan

Melakukan *input* data ke program untuk perencanaan dan *update* perencanaan dengan data pelaksanaan, dengan bantuan program *Microsoft Project* ini dilakukan pengujian dari semua kegiatan yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kemudian membandingkan hasil analisa percepatan yang berupa perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan dengan biaya denda akibat keterlambatan.

Tahap 4 : Kesimpulan

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

Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

1. Data Umum Proyek

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Grand Ambarrukmo Hotel di JL. Laksda Adisucipto, Depok, Sleman, Yogyakarta ini adalah sebagai berikut :

Nilai kontrak tahap struktur : Rp 48.225.432.249
 Waktu pelaksanaan : 231 Hari kerja
 Tanggal pekerjaan dimulai : 21Desember 2015
 Tanggal pekerjaan selesai : 03 Juli 2016

Pada penelitian ini, hanya dijabarkan secara terperinci tentang pekerjaan struktur proyek. Proyek ini terdapat 7 lantai dan 3 lantai basement yang akan dikerjakan, akan tetapi untuk penelitian ini hanya meninjau dari lantai 3 sampai lantai 7 sebagai berikut :

Nilai kontrak struktur lantai 3-7:Rp17.108.900.971

Waktu pelaksanaan : 112 Hari kerja

Tanggal pekerjaan dimulai : 14 Maret 2016

Tanggal pekerjaan selesai : 03 Juli 2016

B. Daftar Kegiatan-Kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* untuk penjadwalan proyek tersebut diketahui lintasan kritis dari kegiatan-kegiatan kritis. Daftar kegiatan – kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 5.1.

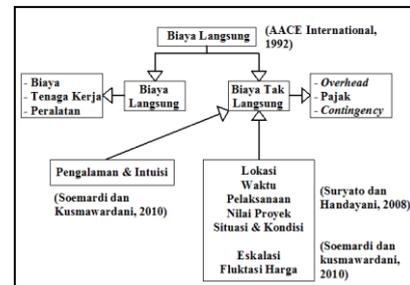
Tabel 5.1 Daftar Kegiatan Kritis Pada Kondisi Normal

No. Task	Task Name	Predecessors	Durasi
1	PEMBANGUNAN GRAND AMBARRUKMO HOTEL		
2	Pekerjaan Struktur Lantai 3		
3	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
4	Pembesian	5FS-10days	12
5	Bekisting		21
6	Pengecoran	4	12
47	Pekerjaan Struktur Lantai 4		
48	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
49	Pembesian	50FS-5days	6
50	Bekisting	6FS+7days	14
51	Pengecoran	49	6
88	Pekerjaan Struktur Lantai 5		
89	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
90	Pembesian	91FS-5days	6
91	Bekisting	51FS-14days	14
92	Pengecoran	90	6
117	Pekerjaan Struktur Lantai 6		
118	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
119	Pembesian	120FS-5days	6
120	Bekisting	92FS-14days	14
121	Pengecoran	119	6
155	Pekerjaan Struktur Lantai 7		
156	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
157	Pembesian	158FS-5 days	6
158	Bekisting	121FS+4 days	14
159	Pengecoran	157	6
180	Pekerjaan Beton Roof		
181	Pekerjaan Beton Plat Lantai		
182	Pembesian	183FS-3 days	5
183	Bekisting	159FS-4 days	7
184	Pengecoran	182	5
185	Pekerjaan Beton Balok		
186	Pembesian	187FS-3 days	5
187	Bekisting	183SS	7
188	Pengecoran	186,179,175,171,167,163,150,145,141,133,129,125,116,104,100,96,87,75,112,71,67,46,42,30,26,22,59,55,83,14,10,38	5

C. 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 5.1 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 :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(17,108 - 0,21) - \ln(112)) + \epsilon = 8,3 \%$$

Berdasarkan grafik diatas pada proyek pembangunan Gedung dengan nilai total proyek sebesar Rp 17.108.900.971,00 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 8,3 % dari nilai total proyek tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

Biaya Tidak Langsung :

$$= 8,3 \% \times \text{Rp } 17.108.900.971 = \text{Rp } 1.424.487.095$$

Biaya Tidak Langsung / hari:

$$= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} = \frac{\text{Rp } 1.424.487.095}{112 \text{ hari}} = \text{Rp } 12.718.635 \text{ perhari}$$

Biaya Langsung :

$$= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak Langsung} = \text{Rp } 17.108.900.971 - \text{Rp } 1.424.487.095 = \text{Rp } 15.684.413.876$$

D. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

1. 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 Pembesian Plat Lantai 3 dibawah ini :

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

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

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 39.809,44 \text{ m}^3 \\ \text{Durasi normal} &= 12 \text{ hari} \\ \text{Durasi normal (jam)} &= 12 \times 7 \\ &= 84 \text{ jam} \end{aligned}$$

Produktivitas jam normal :

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal (jam)}} \\ &= \frac{39.809,44}{84} \\ &= 473,92 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Maksimal *crashing* :

$$\begin{aligned} &= \frac{39.809,44}{(473,92 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 473,92)} \\ &= 10,63 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Maka maksimal *crashing* :

$$\begin{aligned} &= 12 \text{ hari} - 10,63 \text{ hari} \\ &= 1,37 \text{ hari} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan pengontrolan durasi *crashing* manual diatas sesuai dengan hasil perhitungan pada *Microsoft Project*, hasil dari pengolahan *Microsoft Project* dapat dilihat pada Tabel 5.4 untuk penambahan jam lembur yang di lakukan 1 jam pada tabel berikut:

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan durasi dan biaya dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur menggunakan *Microsoft Project*

Kode.	Durasi		Biaya	
	Normal (Hari)	Lembur 1 Jam (Hari)	Normal	Lembur 1 Jam
PPL3	12	10.63	Rp 484,042,970.61	Rp 486,504,101.00

BPL3	21	18.61	Rp 783,307,216.48	Rp 805,905,398.87
BRMPL3	12	10.63	Rp 451,756,504.65	Rp 456,162,913.83
PPL4	6	5.32	Rp 339,717,317.16	Rp 341,444,619.62
BPL4	14	12.41	Rp 549,750,832.58	Rp 565,610,982.11
BRMPL4	6	5.32	Rp 317,057,610.77	Rp 320,150,174.02
PPL5	6	5.32	Rp 262,675,532.89	Rp 264,011,114.18
BPL5	14	12.41	Rp 425,077,220.40	Rp 437,340,572.96
BRMPL5	6	5.32	Rp 245,154,640.81	Rp 247,545,866.27
PPL6	6	5.32	Rp 262,675,532.89	Rp 264,011,114.18
BPL6	14	12.41	Rp 425,077,220.40	Rp 437,340,572.96
BRMPL6	6	5.32	Rp 245,154,640.81	Rp 247,545,866.27
PPL7	6	5.32	Rp 252,837,254.84	Rp 254,122,813.13
BPL7	14	12.41	Rp 409,156,331.85	Rp 420,960,371.47
BRMPL7	6	5.32	Rp 235,972,592.17	Rp 238,274,256.41
PPRT	5	4.43	Rp 93,527,622.67	Rp 94,003,166.55
BPRT	7	6.20	Rp 151,351,979.52	Rp 155,718,439.53
BRMPRT	5	4.43	Rp 87,289,175.69	Rp 88,140,589.72
PBRT	5	4.43	Rp 121,394,459.66	Rp 122,011,693.27
BBRT	7	6.20	Rp 172,966,153.93	Rp 174,663,320.95
BRMBRT	5	4.43	Rp 77,691,717.32	Rp 78,454,756.97

1. Perhitungan Manual Penambahan 1 Jam Lembur (Pembesian Plat Lantai 3)

Jumlah Tenaga Kerja × Biaya Lembur 1 Jam :

$$\begin{aligned} \text{Tukang Besi} &= 23,22 \times \text{Rp } 12.857,14 \\ &= \text{Rp } 298.570,79 \\ \text{Kepala Tukang Besi} &= 2,32 \times \text{Rp } 15.000,00 \\ &= \text{Rp } 34.833,26 \\ \text{Pekerja} &= 23,22 \times \text{Rp } 9.642,86 \\ &= \text{Rp } 223.928,10 \\ \text{Mandor} &= 1,33 \times \text{Rp } 16.071,43 \\ &= \text{Rp } 21.326,49 \end{aligned}$$

Jumlah Biaya Lembur Tenaga Per hari :

$$\begin{aligned} (1 \text{ Hari}) &= \text{Jumlah Biaya Tenaga Per hari} + \\ &\text{Jumlah Biaya Lembur 1 Jam} \\ &= (\text{Rp } 223.928,10 + \text{Rp } 298.570,79 + \\ &\text{Rp } 34.833,26 + \text{Rp } 2.700.406,96 + \text{Rp } \\ &21.326,49) \\ &= \text{Rp } 3.279.065,59 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Tenaga :

$$\begin{aligned} (10,63 \text{ Hari}) &= \text{Rp } 3.279.065,59 \times 10,63 \\ &= \text{Rp } 34.856.467,21 \end{aligned}$$

Jumlah Total Biaya Lembur Pada Pekerjaan Pembesian Plat Lantai 3:

$$\begin{aligned} &= \text{Jumlah Total Biaya Material} + \text{Jumlah Total} \\ &\text{Biaya Lembur Tenaga} \\ &= \text{Rp } 451.638.087,14 + \text{Rp } 34.856.467,21 \\ &= \text{Rp } 486.504.101,00 \end{aligned}$$

Selanjutnya menghitung *Cost Slope* untuk kegiatan-kegiatan kritis yang terjadi setelah penambahan jam lembur sebagai berikut :

Tabel 5.3 Cost Slope Biaya Pekerjaan Akibat Percepatan Biaya Lembur 1 Jam

Kode	Normal		Crashin g	Percepatan		Slope
	Durasi (hari)	Biaya		Durasi (hari)	Biaya	
PPL3	12	Rp 484,042,970.61	1.37	10.63	Rp 486,504,101.00	Rp 1,800,271.30
BPL3	21	Rp 783,307,216.48	2.39	18.61	Rp 805,905,398.87	Rp 9,445,801.11
BRMPL3	12	Rp 451,756,504.65	1.37	10.63	Rp 456,162,913.83	Rp 3,223,206.71
PPL4	6	Rp 339,717,317.16	0.68	5.32	Rp 341,444,619.62	Rp 2,526,979.52
BPL4	14	Rp 549,750,832.58	1.59	12.41	Rp 565,610,982.11	Rp 9,944,062.01
BRMPL4	6	Rp 317,057,610.77	0.68	5.32	Rp 320,150,174.02	Rp 4,524,305.50
PPL5	6	Rp 262,675,532.89	0.68	5.32	Rp 264,011,114.18	Rp 1,953,905.97
BPL5	14	Rp 425,077,220.40	1.59	12.41	Rp 437,340,572.96	Rp 7,688,927.40
BRMPL5	6	Rp 245,154,640.81	0.68	5.32	Rp 247,545,866.27	Rp 3,498,274.29
PPL6	6	Rp 262,675,532.89	0.68	5.32	Rp 264,011,114.18	Rp 1,953,905.97
BPL6	14	Rp 425,077,220.40	1.59	12.41	Rp 437,340,572.96	Rp 7,688,927.40
BRMPL6	6	Rp 245,154,640.81	0.68	5.32	Rp 247,545,866.27	Rp 3,498,274.29
PPL7	6	Rp 252,837,254.84	0.68	5.32	Rp 254,122,813.13	Rp 1,880,724.16
BPL7	14	Rp 409,156,331.85	1.59	12.41	Rp 420,960,371.47	Rp 7,400,945.48
BRMPL7	6	Rp 235,972,592.17	0.68	5.32	Rp 238,274,256.41	Rp 3,367,249.55
PPRT	5	Rp 93,527,622.67	0.57	4.43	Rp 94,003,166.55	Rp 834,843.71
BPRT	7	Rp 151,351,979.52	0.80	6.20	Rp 155,718,439.53	Rp 5,475,402.24
BRMPRT	5	Rp 87,289,175.69	0.57	4.43	Rp 88,140,589.72	Rp 1,494,704.62
PBRT	5	Rp 121,394,459.66	0.57	4.43	Rp 122,011,693.27	Rp 1,083,587.91
BBRT	7	Rp 172,966,153.93	0.80	6.20	Rp 174,663,320.95	Rp 2,128,193.57
BRMBRT	5	Rp 77,691,717.32	0.57	4.43	Rp 78,454,756.97	Rp 1,339,558.50

Biaya Total:

$$= \text{Rp } 15.689.582.238 + \text{Rp } 1.378.120.426$$

$$= \text{Rp } 17.067.702.664$$

Tabel 5.4 Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung Dan Biaya Total Pada Penambahan 1 Jam Lembur

Kode	Durasi (HARI)	Biaya Tidak Langsung	Biaya Langsung	Total Biaya
PPRT	111.43	Rp1,424,487,095	Rp15,684,413,876	Rp17,108,900,971
PBRT	110.86	Rp1,409,997,511	Rp15,685,506,654	Rp17,095,504,165
BRMBRT	110.29	Rp1,402,752,719	Rp15,686,269,693	Rp17,089,022,412
BRMPRT	109.72	Rp1,395,507,927	Rp15,687,121,107	Rp17,082,629,034
PPL3	108.35	Rp1,378,120,426	Rp15,689,582,238	Rp17,067,702,664
PPL7	107.67	Rp1,369,426,676	Rp15,690,867,796	Rp17,060,294,472
PPL5	106.99	Rp1,360,732,926	Rp15,692,203,377	Rp17,052,936,303
PPL6	106.30	Rp1,352,039,175	Rp15,693,538,959	Rp17,045,578,134
BBRT	105.51	Rp1,341,896,466	Rp15,695,236,126	Rp17,037,132,592
PPL4	104.82	Rp1,333,202,716	Rp15,696,963,428	Rp17,030,166,144
BRMPL3	103.46	Rp1,315,815,215	Rp15,701,369,837	Rp17,017,185,053
BRMPL7	102.77	Rp1,307,121,465	Rp15,703,671,502	Rp17,010,792,967
BRMPL5	102.09	Rp1,298,427,715	Rp15,706,062,727	Rp17,004,490,442
BRMPL6	101.41	Rp1,289,733,964	Rp15,708,453,952	Rp16,998,187,917
BRMPL4	100.72	Rp1,281,040,214	Rp15,711,546,516	Rp16,992,586,730
BPRT	99.92	Rp1,270,897,505	Rp15,715,912,976	Rp16,986,810,481
BPL7	98.33	Rp1,250,612,088	Rp15,727,717,015	Rp16,978,329,103
BPL5	96.73	Rp1,230,326,670	Rp15,739,980,368	Rp16,970,307,038
BPL6	95.14	Rp1,210,041,253	Rp15,752,243,720	Rp16,962,284,973
BPL3	92.75	Rp1,179,613,127	Rp15,774,841,903	Rp16,954,455,029
BPL4	91.15	Rp1,159,327,709	Rp15,790,702,052	Rp16,950,029,761

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 jam dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini :

1. Kondisi normal

$$\text{Biaya langsung} = \text{Rp } 15.684.413.876$$

$$\text{Biaya tidak langsung} = \text{Rp } 1.424.487.095$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Total} &= \text{Rp } 15.684.413.876 + \text{Rp } \\ &1.424.487.095 \\ &= \text{Rp } 17.108.900.971 \end{aligned}$$

Pekerjaan Pembesian Plat Lantai 3

2. Kondisi Lembur 1 jam :

Biaya langsung :

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\ &= \text{Rp } 15.687.121.107 + \text{Rp } 2.461.130,39 \\ &= \text{Rp } 15.689.582.238 \end{aligned}$$

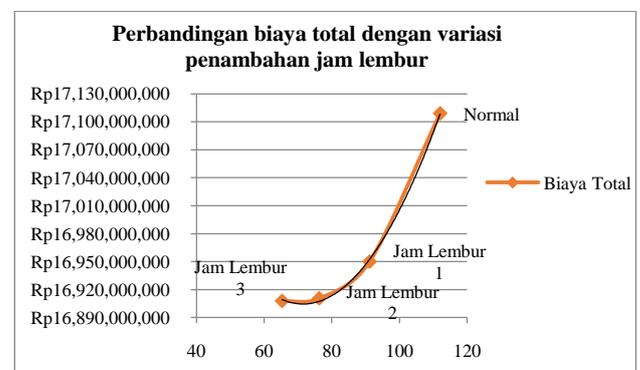
Biaya tidak langsung :

$$\begin{aligned} &= (\text{Rp } 1.395.507.927 / 109,72) \times 108,35 \\ &= \text{Rp } 1.378.120.426 \end{aligned}$$

Kemudian dapat dibandingkan antara durasi percepatan dan biaya total dari penambahan 1 sampai 3 jam lembur yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 5.5 Tabel Perbandingan Antara Biaya Total Dengan Variasi Penambahan Jam Lembur

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
0	Normal	112	Rp17,108,900,971
1	1	91.15	Rp16,950,029,761
2	2	76.24	Rp16,910,644,587
3	3	65.28	Rp16,907,872,811



Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan Durasi Percepatan Akibat Penambahan Jam Lembur

2. 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 Pembesian Plat Lantai 3 dibawah ini :

1. Untuk penambahan Tenaga kerja 1
 - Volume = 39.809,44 m²
 - Durasi normal = 12 hari
 - Durasi *Crashing* = 1,37 hari
 - Durasi Percepatan = 10,63 hari
- Kapasitas tenaga kerja per 1m³ adalah :
- Tukang Besi = 0,007 Oh. @ Rp. 60.000
 - Kepala Tukang Besi = 0,0007 Oh. @ Rp. 70.000
 - Pekerja = 0,007 Oh @ Rp. 45.000
 - Mandor = 0,0004 Oh @ Rp. 75.000
- Dengan :
- Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari :
- Jumlah tenaga kerja :
- $$= \frac{(\text{Koefesien tenaga kerja} \times \text{volume})}{\text{Durasi Percepatan}}$$
- Tukang Besi :
- $$= (\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$$
- $$= (0,007 \times 39.809,44) / (10,63 \times 7)$$
- $$= 3,75$$
- Upah Tukang Besi :
- $$= 3,75 \times \text{Rp } 60.000$$
- $$= \text{Rp } 225.000$$
- Kepala Tukang Besi :
- $$= (\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$$
- $$= (0,0007 \times 39.809,44) / (10,63 \times 7)$$
- $$= 0,38$$
- Upah Kepala Tukang Besi :
- $$= 0,38 \times \text{Rp } 70.000$$
- $$= \text{Rp } 26.600$$
- Pekerja :
- $$= (\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$$
- $$= (0,007 \times 39.809,44) / (10,63 \times 7)$$
- $$= 3,75$$
- Upah Pekerja :
- $$= 3,75 \times \text{Rp } 45.000$$
- $$= \text{Rp } 168.750$$
- Mandor :
- $$= (\text{Koef.} \times \text{Volume}) / \text{Durasi}$$
- $$= (0,0004 \times 39.809,44) / (10,63 \times 7)$$
- $$= 0,22$$
- Upah Mandor :

$$= 0,22 \times \text{Rp } 75.000$$

$$= \text{Rp } 16.500$$

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (hari) adalah : (Rp 225.000 + Rp 26.600 + Rp 168.750 + Rp 16.500) 7 × 12 hari = Rp 36.695.400

Tabel 5.6 Selisih Biaya Antara Biaya Percepatan Dengan Biaya Normal Pada Kondisi Penambahan Tenaga Kerja 1

Kode	Durasi (Hari)	Biaya Percepatan	Biaya Normal	Selisih
	112			
PPRT	111.43	Rp 94,364,294.86	Rp 93,554,044.86	Rp810,250
BBRT	110.63	Rp163,259,671.43	Rp 161,820,296.43	Rp1,439,375
PBRT	110.06	Rp122,477,800.36	Rp 121,422,550.36	Rp1,055,250
BRMBRT	109.49	Rp 79,510,028.57	Rp 78,166,028.57	Rp1,344,000
BRMPRT	108.92	Rp 88,780,391.01	Rp 87,326,141.01	Rp1,454,250
BPRT	108.13	Rp153,464,922.80	Rp 151,376,297.80	Rp2,088,625
PPL 3	106.76	Rp 488,333,487.14	Rp 484,116,687.14	Rp4,216,800
PPL 7	106.08	Rp 255,098,437.41	Rp 252,872,437.41	Rp2,226,000
PPL 5	105.39	Rp 265,000,479.19	Rp 262,759,779.19	Rp2,240,700
PPL 6	104.71	Rp 265,000,479.19	Rp 262,759,779.19	Rp2,240,700
BPL 7	103.11	Rp 414,943,809.00	Rp 409,227,959.00	Rp5,715,850
BPL 5	101.52	Rp 431,042,906.00	Rp 425,158,006.00	Rp5,884,900
BPL 6	99.92	Rp 431,042,906.00	Rp 425,158,006.00	Rp5,884,900
PPL 4	99.24	Rp 342,705,801.46	Rp 339,757,401.46	Rp2,948,400
BPL 3	96.85	Rp 794,359,506.50	Rp 783,444,756.50	Rp10,914,750
BPL 4	95.25	Rp 557,478,610.50	Rp 549,856,660.50	Rp7,621,950
BRMPL 3	93.89	Rp 459,376,383.84	Rp 451,858,383.84	Rp7,518,000
BRMPL 7	93.20	Rp 239,937,246.24	Rp 236,037,546.24	Rp3,899,700
BRMPL 5	92.52	Rp 249,250,472.16	Rp 245,205,872.16	Rp4,044,600
BRMPL 6	91.84	Rp 249,250,472.16	Rp 245,205,872.16	Rp4,044,600
BRMPL 4	91.15	Rp 322,379,261.28	Rp 317,129,261.28	Rp5,250,000

Untuk perhitungan dari pengaruh biaya langsung dan biaya tidak langsung dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Kondisi normal
 - Biaya langsung = Rp 15.684.413.876
 - Biaya tidak langsung = Rp 1.424.487.095
 - Biaya Total = Rp 15.684.413.876 + Rp 1.424.487.095 = Rp 17.108.900.971

Pada Pembesian Plat Lantai 3 :

2. Kondisi Tenaga kerja 1
 - Biaya langsung = Biaya Langsung + Selisih Biaya = Rp 15.689.062.751 + Rp 4.216.800 = Rp 15.696.822.426
 - Biaya tidak langsung = (Biaya tidak langsung BPRT / Durasi BPRT) × Durasi PPL3 = (Rp 1.375.222.510 / 108,13) × 106,76 = Rp 1.357.835.009
 - Biaya Total = Rp 15.696.822.426 + Rp 1.357.835.009

= Rp 17.054.657.435

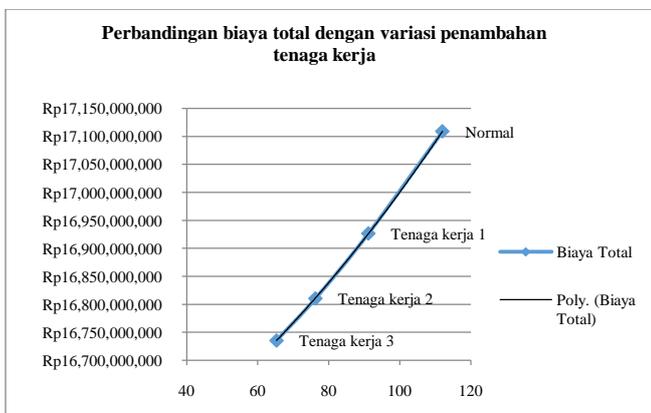
Tabel 5.7 Perhitungan Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Biaya Total Akibat Penambahan Tenaga Kerja 1

Kode	Durasi (Hari)	Biaya Langsung	Biaya Tidak Langsung	Biaya Total
		112	Rp15,684,413,876	Rp1,424,487,095
PPRT	111.43	Rp15,685,224,126	Rp1,417,242,303	Rp17,102,466,429
BBRT	110.63	Rp15,686,663,501	Rp1,407,099,594	Rp17,093,763,095
PBRT	110.06	Rp15,687,718,751	Rp1,399,854,802	Rp17,087,573,553
BRMBRT	109.49	Rp15,689,062,751	Rp1,392,610,010	Rp17,081,672,761
BRMPRT	108.92	Rp15,690,517,001	Rp1,385,365,218	Rp17,075,882,219
BPRT	108.13	Rp15,692,605,626	Rp1,375,222,510	Rp17,067,828,136
PPL 3	106.76	Rp15,696,822,426	Rp1,357,835,009	Rp17,054,657,435
PPL 7	106.08	Rp15,699,048,426	Rp1,349,141,258	Rp17,048,189,685
PPL 5	105.39	Rp15,701,289,126	Rp1,340,447,508	Rp17,041,736,634
PPL 6	104.71	Rp15,703,529,826	Rp1,331,753,758	Rp17,035,283,584
BPL 7	103.11	Rp15,709,245,676	Rp1,311,468,340	Rp17,020,714,016
BPL 5	101.52	Rp15,715,130,576	Rp1,291,182,923	Rp17,006,313,499
BPL 6	99.92	Rp15,721,015,476	Rp1,270,897,505	Rp16,991,912,981
PPL 4	99.24	Rp15,723,963,876	Rp1,262,203,755	Rp16,986,167,631
BPL 3	96.85	Rp15,734,878,626	Rp1,231,775,629	Rp16,966,654,255
BPL 4	95.25	Rp15,742,500,576	Rp1,211,490,211	Rp16,953,990,787
BRMPL 3	93.89	Rp15,750,018,576	Rp1,194,102,710	Rp16,944,121,287
BRMPL 7	93.20	Rp15,753,918,276	Rp1,185,408,960	Rp16,939,327,236
BRMPL 5	92.52	Rp15,757,962,876	Rp1,176,715,210	Rp16,934,678,086
BRMPL 6	91.84	Rp15,762,007,476	Rp1,168,021,459	Rp16,930,028,936
BRMPL 4	91.15	Rp15,767,257,476	Rp1,159,327,709	Rp16,926,585,185

Kemudian dapat dibandingkan antara durasi percepatan dan biaya total dari penambahan tenaga kerja 1 sampai 3 yang dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel. 5.8 Tabel perbandingan antara biaya total dengan Tenaga kerja

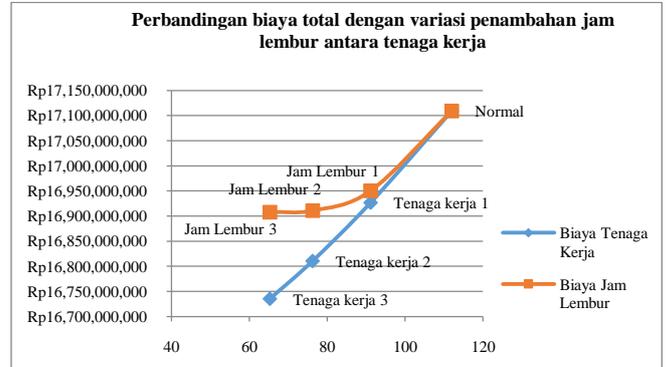
No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
0	Normal	112	Rp17,108,900,971
1	1	91.15	Rp16,926,585,185
2	2	76.24	Rp16,810,523,884
3	3	65.28	Rp16,735,434,432



Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan Durasi Percepatan Akibat Penambahan Tenaga Kerja

3. Biaya Total Jam Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja

Dari perhitungan didapat perbedaan antara biaya total akibat penambahan jam lembur dan biaya total akibat penambahan tenaga kerja 1 sampai 3 dapat di simpulkan melalui grafik dan table perbandingan sebagai berikut ini ;



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Biaya Total Proyek dan Durasi Percepatan Antara Penambahan Jam Lembur dan Tenaga Kerja

Tabel 5.9 Biaya Akibat Penambahan Lembur 1 Jam dan Penambahan Tenaga Kerja 1

Durasi	Biaya Total	
	Lembur 1 Jam	Tenaga Kerja 1
112	Rp17,108,900,971	Rp17,108,900,971
111.43	Rp17,102,131,723	Rp17,102,466,429
110.63	Rp17,095,504,165	Rp17,093,763,095
110.06	Rp17,089,022,412	Rp17,087,573,553
109.49	Rp17,082,629,034	Rp17,081,672,761
108.92	Rp17,067,702,664	Rp17,075,882,219
108.13	Rp17,060,294,472	Rp17,067,828,136
106.76	Rp17,052,936,303	Rp17,054,657,435
106.08	Rp17,045,578,134	Rp17,048,189,685
105.39	Rp17,037,132,592	Rp17,041,736,634
104.71	Rp17,030,166,144	Rp17,035,283,584
103.11	Rp17,017,185,053	Rp17,020,714,016
101.52	Rp17,010,792,967	Rp17,006,313,499
99.92	Rp17,004,490,442	Rp16,991,912,981
99.24	Rp16,998,187,917	Rp16,986,167,631
96.85	Rp16,992,586,730	Rp16,966,654,255
95.25	Rp16,986,810,481	Rp16,953,990,787
93.89	Rp16,978,329,103	Rp16,944,121,287
93.20	Rp16,970,307,038	Rp16,939,327,236
92.52	Rp16,962,284,973	Rp16,934,678,086
91.84	Rp16,954,455,029	Rp16,930,028,936
91.15	Rp16,950,029,761	Rp16,926,585,185

Dari grafik diatas dapat disimpulkan bahwa penambahan jam lembur dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja yang efektif adalah menggunakan penambahan tenaga kerja dilihat dari segi durasi dan biayanya.

Untuk biaya keterlambatan proyek besar 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.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Grand Ambarrukmo Hotel lantai 3 sampai dengan lantai 7 di Jl. Laksda Adisucipto, Depok, Sleman, Yogyakarta, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu dan Biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 112 hari dengan biaya Rp 17.108.900.971, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 91,15 hari dan dengan biaya sebesar Rp 16.950.029.761, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 76,24 hari dan biaya sebesar Rp 16.910.644.587 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 65,28 hari dengan biaya Rp 16.907.872.811.
2. Pada penambahan tenaga kerja waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 112 hari dengan biaya Rp 17.108.900.971, setelah penambahan tenaga kerja 1 didapatkan durasi *crashing* 91,15 hari dengan biaya total sebesar Rp 16,926,585,185 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 16,810,523,884 dengan durasi *crashing* 76,24 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 16,735,434,432 dan didapatkan durasi *crashing* 65,28 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 berdasarkan metode konstruksi proyek dan 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 dilapangan secara langsung agar pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* agar lebih akurat.
4. Membuat validitas data dengan *Microsoft Excel* kemudian membandingkan dengan *Microsoft Project* agar data lebih akurat.
5. Data yang lengkap agar bisa mengetahui perbandingan yang akurat dari hasil program *Microsoft Project*.
6. Penelitian selanjutnya dapat menganalisis durasi dan biaya optimum yang dapat dilakukan proyek tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah.2016.*Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek 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.
- Hernandez, Julio. 2016. *Analisis Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Dan Pembahasan Yang Dilakukan Pada Proyek Jembatan Sungai Naik - Kabupaten Musi Rawas*. 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.
- Maulana.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 Terminal Modern, Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mulyawan, Angga. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Tenaga Kerja Dengan Time Cost Trade Off Pada Pembangunan Jembatan Padangan – Kasiman bojonegoro*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik 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 Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Siswanto. 2007. *Operations Research*, jilid dua. Jakarta: Erlangga
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit : Erlangga, Jakarta.
- Teguh. 2016. *Analisis Biaya Dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. Berdasarkan Data Serta Hasil Analisis Dan Pembahasan Yang Dilakukan Pada Proyek Peningkatan Jalan Semin-Bulu*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yudistira, Ari. 2016. *Analisis Biaya Dan Waktu Proyek Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Costtrade Off Pada Proyek Gedung Pasca Sarjana Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

