

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

(Studi Kasus : Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang MYC Palu, Sulawesi Tengah)

Alifiah Arabella Purady², Ir.Mandiyo Priyo MT³, Ir. Anita Widianti MT⁴

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* 735.25 hari dan total biaya sebesar Rp181,272,181,986.03. Sedangkan untuk penambahan alat berat didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan alat berat akibat durasi dari waktu lembur 3 jam dengan durasi *crashing* 735.25 hari dan total biaya sebesar Rp180,382,048,442.35.

Biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan jam lembur atau penambahan alat berat lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

Kata kunci : *Time Cost Trade off, Microsoft Project 2010, Penambahan Jam lembur, Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja, Biaya, Waktu*

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir,

²Mahasiswa jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
NIM : 20130110210 e-mail : Alifiaharabellap@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam suatu proyek konstruksi penggunaan sumber daya harus dilakukan secara efektif dan efisien, dengan mutu yang sesuai harapan. Agar proses manajemen dalam proyek konstruksi berjalan dengan baik, diperlukan perencanaan penjadwalan, sumber daya (biaya, dan pekerja) yang baik pula.

Pada pelaksanaan proyek konstruksi sering kali terjadi keterlambatan yang menimbulkan dampak pada proyek yang mengalami penambahan biaya overhead, sehingga proyek mengalami keterlambatan dalam pelaksanaan konstruksi. Keterlambatan ini disebabkan oleh ketidakterdediaan tenaga kerja, keterlambatan pengiriman material dan hal-hal yang tidak terduga seperti gangguan cuaca, kesalahan perancangan, dan kerusakan mesin dan peralatan. Untuk itu harus digunakan metode yang tepat agar durasi suatu proyek konstruksi sesuai dengan waktu yang diisyaratkan. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mempercepat durasi pelaksanaan proyek (crashing). Namun salah satu konsekuensi jika melakukan crashing adalah adanya peningkatan biaya dari apa yang diperkirakan sebelumnya. Peningkatan biaya ini harus diusahakan seminimal mungkin supaya tidak menyebabkan kerugian. 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 disyaratkan.

Dalam penelitian ini akan dianalisis optimasi durasi dan biaya pelaksanaan proyek dengan mempercepat durasi pelaksanaan proyek (crashing) pada Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang (MYC) Palu, Sulawesi Tengah dengan metode Time Cost Trade Off, yaitu penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 sampai 3 jam lembur, penambahan alat berat dan penambahan 1 sampai 3 tenaga kerja menggunakan program Microsoft Project 2010. Selanjutnya ditentukan perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat berat dan penambahan tenaga kerja dan kemudian dibandingkan dengan biaya denda.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa besar perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah kompresi durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat ?
2. Berapakah durasi optimal dan biaya optimal Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang MYC Palu, Sulawesi tengah ?
3. Bagaimanakah perbandingan biaya antara akibat penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat berat, dan biaya denda?

C. Tujuan Penelitian

- a. Menganalisis besar perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah kompresi durasi dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat.
- b. Menganalisis durasi optimal dan biaya optimal Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang MYC Palu, Sulawesi Tengah.
- c. Menganalisis perbandingan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur), penambahan alat berat, dan biaya denda.

D. Manfaat Penelitian

1. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan proyek.
2. Memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang penggunaan Microsoft Project dalam manajemen proyek.

E. Batasan Masalah

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang (MYC) Palu, Sulawesi Tengah.
2. Penjadwalan dan lintasan kritis proyek menggunakan Microsoft Project 2010,
3. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Minggu, dengan jam kerja berkisar pukul 08.00-16.00 WIB dengan waktu istirahat pada pukul 12.00-13.00 WIB dan maksimum jam lembur yang diperkenankan selama 3 jam dari pukul 17.00-20.00,
4. Analisis pengoptimasian waktu dan biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat menggunakan Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off) dengan dibantu Microsoft Excel 2010,
5. Perhitungan percepatan durasi atau crash duration dengan mencari maksimum durasi

setiap pekerjaan dan mengambil asumsi crashing sama untuk setiap pekerjaan yang dianalisis,

6. Anggaran biaya dan jadwal pekerjaan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya dan Time Schedule.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Mempercepat penyelesaian waktu proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dinamakan *Crash Program*. Dengan diadakannya percepatan proyek ini, akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada kegiatan yang akan diadakannya *crash program*. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (*crash duration*) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini akan tidak efektif lagi (Gulo, 2014).

III. LANDASAN TEORI

A. Manajemen Proyek

Kerszner (2006) menyatakan bahwa manajemen diartikan sebagai proses perencanaan, perorganisasian, pengarahan dan pengendalian sumber-sumber daya perusahaan untuk suatu tujuan jangka pendek relatif yang dilaksanakan objektif dan tujuan yang spesifik. Manajemen proyek merupakan aplikasi *pengetahuan, keahlian, alat dan teknik* terhadap aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi persyaratan proyek. Manajemen proyek dikerjakan melalui aplikasi dan integrasi proses-proses manajemen proyek yaitu, *perencanaan, pelaksanaan, pengawasan, pengendalian and penutupan*.

Manajemen proyek pada sisi lain melibatkan perencanaan dan pengawasan proyek dan meliputi hal-hal berikut:

1. Perencanaan proyek : pendefinisian persyaratan-persyaratan pekerjaan, pendefinisian kuantitas dan kualitas pekerjaan, pendefinisian sumber daya-sumber daya yang dibutuhkan.
2. Pengawasan proyek : kemajuan pekerjaan, membandingkan keluaran aktual terhadap keluaran yang diprediksi, menganalisa dampak, dan membuat penyesuaian.

Manajemen proyek merupakan suatu usaha merencanakan, mengorganisasi, mengarahkan, mengkoordinasi dan mengawasi kegiatan dalam proyek sedemikian rupa sehingga

sesuai dengan jadwal waktu dan anggaran yang telah ditetapkan (Kerszner, 2006).

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. 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. Penambahan alat berat
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah alat berat dan tenaga kerja, biasa disebut giliran (*shift*), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

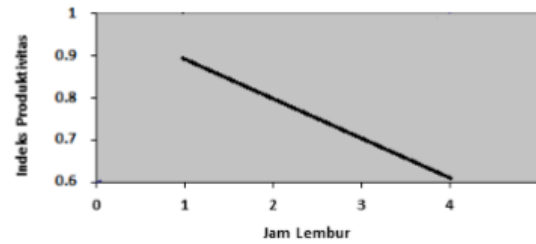
D. Produktivitas Alat Berat dan Tenaga Kerja

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 efektivitas pengelolaan sumber daya. Alat berat dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Biaya sewa alat berat dan upah tenaga kerja yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing sumber daya dikarenakan setiap sumber daya memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

E. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) untuk alat berat dan tenaga kerja. Penambahan dari jam kerja (lembur) ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu 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, dan 3 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas, indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam kerja (lembur) dapat dilihat pada Gambar 3.1 di bawah ini.



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

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

1. Produktivitas harian

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

2. Produktivitas tiap jam

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

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 3.1.

Tabel 3.1 Koefisien Penurunan Produktivitas

Jam Lembur	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja
1 Jam	0,1	90
2 Jam	0,2	80
3 Jam	0,3	70

4. *Crash duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \quad (3.5)$$

F. Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja

Dalam penambahan jumlah tenaga kerja yang perlu diperhatikan adalah ruang kerja yang

tersedi apakah terlalu sesak atau cukup lapang, karena penambahan tenaga kerja pada suatu aktivitas tidak boleh mengganggu pemakaian tenaga kerja untuk aktivitas yang lain yang sedang berjalan pada saat yang sama. Selain itu, harus diimbangi pengawasan karena ruang kerja yang sesak dan pengawasan yang kurang akan menurunkan produktivitas pekerja.

Perhitungan untuk penambahan alat berat dan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut :

1. Perhitungan penambahan tenaga kerja

$$Ptk = (\text{durasi normal} \times \text{keb. Tenaga}) / \text{durasi percepatan}$$
2. Perhitungan penambahan alat berat

$$Pab = (\text{durasi normal} \times \text{keb. alat}) / \text{durasi percepatan}$$

G. Biaya Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja (*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 14 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. Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari

$$= \text{Biaya Normal} \times \text{keb. resource} \times \text{Jam kerja}$$
2. Biaya total pekerjaan

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi}) + (\Sigma \text{biaya material})$$
3. Biaya lembur tenaga kerja

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 jam} &= \text{Biaya normal} \times 1,5 \\ \text{Lembur 2 jam} &= \text{bl 1 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \\ \text{Lembur 3 jam} &= \text{bl 2 jam} + (\text{bn} \times 2,0) \end{aligned}$$

Keterangan :

$$\begin{aligned} \text{bn} &= \text{biaya normal (Rp)} \\ \text{bl} &= \text{biaya lembur (Rp)} \end{aligned}$$
4. Biaya lembur alat berat

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Biaya normal} + (0,5 \times (\text{bo} + \text{bpo}))$$

Lembur 2 jam = Lembur 1 jam + Biaya normal + (1,0 x (bo+bpo))
 Lembur 3 jam = Lembur 2 jam + Biaya normal + (1,0 x (bo+bpo))

Keterangan :
 bo = biaya operator (Rp)
 bpo = biaya pembantu operator

5. *Crash cost* pekerja perhari

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi crashing}) + (\Sigma \text{biaya material})$$
6. *Cost slope*

$$= \text{Crash Cost} - \text{Normal Cost} / \text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}$$

H. 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, dan
 - 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 di luar proyek dan sering disebut dengan biaya tetap (*fix cost*). Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari penelitian Jayadewa (2016) dengan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon \quad (3.1)$$

dengan :
 $x1$ = Nilai total proyek,
 $x2$ = Durasi proyek,
 ε = *random error*, dan
 y = Prosentase biaya tidak langsung

Parameter yang digunakan untuk estimasi menentukan biaya tak langsung berdasarkan persamaan di atas adalah sebagai berikut :

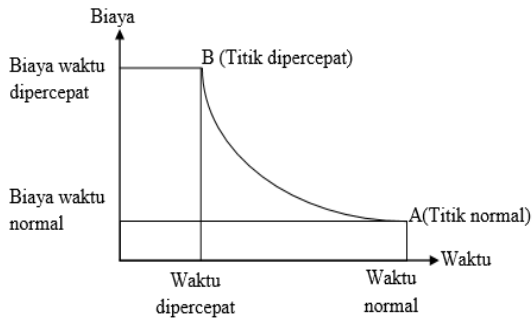
- Semakin besar nilai proyek maka rasio biaya tak langsung semakin kecil, dan
- Semakin lama durasi waktu pelaksanaan proyek rasio biaya tak langsung yang dikeluarkan semakin besar

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. Biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

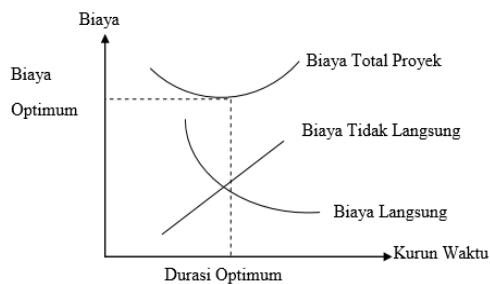
I. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 3.2.



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

Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Gambar 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 3.3 Hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung, dan biaya tak langsung (Soeharto, 1997)

H. Biaya Denda

Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontaktor 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% dari nilai kontrak.

I. 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 diinginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Dalam proses diperlukan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

Beberapa jenis metode manajemen proyek yang dikenal saat ini, antara lain adalah CPM (*Critical Path Method*), PERT (*Program Evaluation Review Technique*), dan *Gantt Chart*. *Microsoft Project* adalah penggabungan dari ketiganya. *Microsoft project* juga merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft project* juga membantu melakukan pencatatan dan pemantauan terhadap pengguna sumber daya (*resource*), baik yang berupa sumber daya manusia maupun yang berupa peralatan.

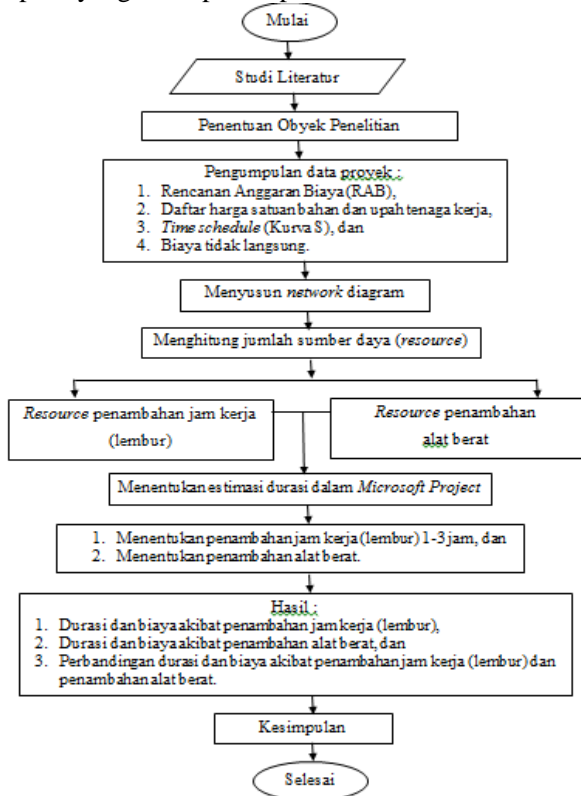
IV. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Obyek penelitian ini dilakukan pada Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas – Sibolang (MYC), Provinsi Sulawesi Tengah.

B. Tahapan 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, Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

Tahap 1 : Persiapan

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

Tahap 2 : Pengumpulan Data

Data yang diperlukan adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari kontraktor. 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 diperoleh dari kontraktor pelaksana. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

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

- Jenis kegiatan,
- Prosentase kegiatan, dan

c) Durasi kegiatan.

- Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.
- Variabel biaya

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

- Daftar Rencana Anggaran Biaya (RAB) penawaran, meliputi :
 - Jumlah biaya normal, dan
 - Durasi normal.
- Daftar-daftar harga satuan bahan dan upah tenaga kerja,
- Gambar rencana proyek.

Tahap 3 : Analisis percepatan dengan aplikasi program *Microsoft Project* dan pembahasan

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*. 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 *input* 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*). 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 dianalisis dibuat suatu kesimpulan yang berhubungan dengan tujuan penelitian.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Data umum dari Proyek Pelebaran Jalan Ogoamas-Siboang MYC Palu, Sulawesi Tengah ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : P
 Konsultan Supervisi : PT. B
 Kontraktor : PT. LB
 Anggaran : Rp 183,026,296,000.00
 Waktu pelaksanaan : 927 Hari kerja
 Tanggal pekerjaan dimulai : 5 Nov. 2015
 Tanggal pekerjaan selesai : 19 Okt. 2018
 Untuk rincian Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Kurva - S dapat dilihat pada

Lampiran I dan Lampiran IV.

B. Daftar Kegiatan-kegiatan kritis

Tabel 5.1

Daftar kegiatan – kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Daftar Kegiatan Kritis Pada Kondisi Normal

No	Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (hari)
1	G75-85	Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 75-85 Cm	27
2	G95-105	Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 95-105 Cm	52
3	B20	Beton K 250 (fc' 20) untuk Struktur Drainase Beton Minor	51
4	BTSDBM	Baja Tulangan untuk Struktur Drainase Beton Minor	50
5	TBG	Timbunan Biasa dari Galian	78
6	TPSG	Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	106
7	TPG	Timbunan Pilihan dari Galian (diukur diatas bak truk)	77
8	PBJ	Penyiapan Badan Jalan	131
9	LPAKS	Lapis Pondasi Agregat Kelas S	131
10	LPPM	Lapis Permukaan Penetrasi Macadam	48

Tabel 5.1 di atas menjelaskan bahwa beberapa pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan kegiatan - kegiatan kritis adalah kegiatan yang memiliki unsur alat berat. Alasan pemilihan item kegiatan yang akan dipercepat adalah kegiatan kritis tersebut adalah :

- 1 Kegiatan kritis yang terpilih tersebut memiliki alat berat dan tenaga kerja sehingga bisa dipercepat dengan mengolah *resource work*.
- 2 Pada kegiatan kritis terpilih tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah alat berat.
- 3 Pada kegiatan kritis terpilih tersebut apabila dipercepat dapat mengurangi biaya tidak langsung pada kegiatan tersebut.
- 4 Dengan mempercepat kegiatan kritis, maka dapat mempercepat durasi proyek secara keseluruhan.
- 5 Pada kegiatan kritis terpilih tersebut, berdasarkan hukum pareto yaitu biaya total yang paling terbesar terhadap item pekerjaan yang lain sebanyak 20%, yang akan menghasilkan keuntungan sebesar 80%.

C. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

Di dalam analisis *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. Penerapan metode *time cost trade off* dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara untuk mempercepat penyelesaian waktu proyek diantaranya :

1. Penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 Jam.
2. Penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan durasi percepatan yang berdasarkan terhadap waktu lembur.

1. Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

Untuk perhitungan analisis penambahan alat berat dan tenaga kerja diambil salah satu contoh jenis pekerjaan yaitu sebagai berikut :

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas S

Durasi pekerjaan : 131 Hari
 Jam kerja : 7 jam/hari
 Volume Pekerjaan : 18,976 m
 Biaya Operator : Rp 12,273.07
 Biaya Pembantu Op. : Rp 10,130.21

a. Analisis Biaya Lembur

Biaya lembur perhari :

lembur 1 jam (L1)= $bn + 0,5 \times (bo + bpo)$

lembur 2 jam (L2)= $L1 + bn + 1,0 \times (bo + bpo)$

lembur 3 jam (L3) = $L2 + bn + 1,0 \times (bo + bpo)$

Keterangan :

bo = Biaya operator (Rp / jam)

bpo = Biaya pembantu operator (Rp / jam)

bn = Biaya normal alat (Rp / jam)

Untuk lebih detail besarnya biaya normal dan biaya lembur dari alat berat dan tenaga kerja pada item pekerjaan lintasan kritis dapat dilihat pada Tabel 5.2 sebagai berikut :

Tabel 5.2 Biaya Lembur Alat Berat dan Tenaga Kerja

No	Pekerja / Alat Berat	Biaya Lembur (Rp)		
		Lembur 1 Jam	Lembur 2 Jam	Lembur 3 Jam
1	Pekerja 1	15,195.31	17,727.86	18,572.05
2	Tukang	17,338.17	20,227.86	21,191.10
3	Mandor 1	19,481.03	22,727.86	23,810.14
4	Excavator 80-140 Hp	388,658.46	394,259.28	396,126.22
5	Dump Truck, 4 m3	251,454.27	256,876.52	258,683.93

6	Wheel Loader 1.0-1.6 M3	321,807.22	327,408.04	329,274.98
7	Dump Truck, 10 m3	445,241.60	450,663.84	452,471.26
8	Motor Grader >100 Hp	428,791.88	434,392.69	436,259.63
9	Vibratory Roller, 5-8 T.	321,062.29	326,663.11	328,530.05
10	Water Tank Truck 4000 liter	277,796.68	283,397.50	285,264.44
11	Concrete Mixer 0.3-0.6 M3	90,635.63	96,236.44	98,103.38
12	Asphalt Sprayer	68,711.83	74,312.64	76,179.58
13	Air Compressor	96,912.44	102,513.26	104,380.20
14	Asphalt Mixing Plant	7,606,206.39	7,616,872.31	7,620,427.62
15	Generator Set	436,996.68	442,597.50	444,464.44
16	Asphalt Finisher	434,782.23	440,383.05	442,249.99
17	Tandem Roller	316,543.11	322,143.93	324,010.87
18	Pneumatic Tyre Roller, 10 ton	346,579.34	352,180.16	354,047.10
19	Concrete Vibrator	50,798.88	56,399.70	58,266.63
20	Tamper	55,635.39	61,236.20	63,103.14
21	Flat Bed Truck	254,083.39	259,684.21	261,551.15
22	Rock Drill Breaker	84,533.68	90,134.49	92,001.43
23	Jack Hammer	47,162.44	52,763.26	54,630.20
24	Compressor 4000-6500 L/M	96,912.44	102,513.26	104,380.20
25	Asp Distributor	282,715.33	288,316.15	290,183.09
26	Three Wheel Roller 6-8 T	256,034.34	261,635.16	263,502.10
27	Truck Mixer	471,404.91	477,005.73	478,872.67
28	Pedestrian Roller	68,409.01	74,009.83	75,876.77
29	Loader Roda Karet 1,0-1,6 m3	285,884.34	291,485.16	293,352.10
30	Concrete Mixer 2	383,505.33	389,106.15	390,973.09
31	Buldozer 100-150 pk	541,091.33	546,692.15	548,559.08

b. Analisis durasi percepatan

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 80%, dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 70% dari produktivitas

normal. Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan operator dan pembantu operator, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin.

Untuk menghitung durasi percepatan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(k \times Pa \times jk) + (\sum jl \times pp \times Pa \times k)}$$

Keterangan :

- k = kebutuhan alat (unit/jam)
- Pa = produktivitas alat (m3/jam)
- jk = jam kerja perhari
- jl = jam lembur
- pp = penurunan produktivitas

Durasi *crashing* untuk 1 jam

$$= \frac{18,976.00}{(20,69 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 20,69)}$$

$$= 116.08 \text{ hari}$$

Maka maksimal *crashing* 1 jam

$$= 131 \text{ hari} - 116,08 \text{ hari}$$

$$= 14.92 \text{ hari}$$

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan durasi *crashing* Microsoft Project 2010

Uraian Pekerjaan	Durasi			
	Normal	Lembur 1 jam	Lembur 2 jam	Lembur 3 jam
Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 75-85 Cm	27	23.92	21.72	20.11
Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 95-105 Cm	52	46.08	41.84	38.72
Beton K 250 (fc' 20) untuk Struktur Drainase Beton Minor	51	45.19	41.03	37.98
Baja Tulangan untuk Struktur Drainase Beton Minor	50	44.3	40.23	37.23
Timbunan Biasa dari Galian	78	69.11	62.76	58.09
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	106	93.92	85.29	78.94
Timbunan Pilihan dari Galian (diukur diatas bak truk)	77	68.23	61.95	57.34
Penyiapan Badan Jalan	131	116.08	105.4	97.55
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	131	116.08	105.4	97.55

Lapis Permukaan Penetrasi Macadam	48	42.53	38.62	35.74
-----------------------------------	----	-------	-------	-------

c. Analisis Biaya Percepatan

Kondisi Lembur 1 Jam

Nama pekerjaan : Lapis Pondasi Agregat Kelas

Volume pekerjaan = 18,976.00 m³

Durasi pekerjaan = 131 hari

Jam kerja perhari (Jk) = 7 jam

Kebutuhan *resource* :

Pekerja = 1.37 orang/jam

Mandor = 0.20 orang/jam

Agregat Kelas S = 2.883.37 m³

Vibratory Roller, 10 ton = 0.10 unit/jam

Dump Truck, 10 m³ = 3.01 unit/jam

Motor Grader = 0.14 unit/jam

Wheel Loader 1.0-1.6 m³ = 0.20 unit/jam

Water Tank Truck 4000 liter = 0.29 unit/jam

Alat bantu = 18,976.00 ls

Biaya *resource* :

Pekerja = Rp 10,130.21 /jam

Mandor = Rp 12,987.35 /jam

Agregat Kelas S = Rp 137,549.07/m³

Vibratory Roller, 10 ton = Rp 309,860.65/jam

Dump Truck, 10 m³ = Rp 434,397.10/jam

Motor Grader = Rp 417,590.27/jam

Wheel Loader, 1,5 m³ = Rp 310,605.59/jam

Water Tank Truck 4000 liter = Rp 266,595.05 /jam

Alat bantu = Rp 500.00

Analisa perhitungan biaya normal tenaga kerja dan alat sebagai berikut :

Biaya total *resource* = Biaya Normal x keb.

resource x Jam kerja

Pekerja = 1,5 x 10,130.21 x 1,37
= Rp 20,776.63

Mandor = 1,5 x 12,987.35 x 0,20
= Rp 3,386.65

Vibratory Roller, 10 ton = {1 x 309,860.65 + 0,5 (12,273.07 + 10,130.21)} x 0,50
= Rp 33,353.03

Dump Truck, 10 m³ = {1 x 434,397.10 + 0,5 (11,558.78 + 10,130.21)} x 3,01
= Rp 1,340,710.22

Motor Grader = {1 x 417,590.27 + 0,5 (12,273.07 + 10,130.21)} x 0,14
= Rp 59,392.46

Wheel Loader, 1,5 m³ = {1 x 310,605.59 + 0,5 (12,273.07 + 10,130.21)} x 0,20
= Rp 62,858.39

Water Tank Truck 4000 liter = {1 x 266,595.05 + 0,5 (12,273.07 + 10,130.21)} x 0,29
= Rp 80,803.67

Analisa perhitungan biaya material atau bahan sebagai berikut :

Biaya total *resource* = Harga satuan x volume

Agregat Kelas S = Rp 137,549.07 x 18,976.00 m³

= Rp 3,285,135,194

Alat bantu = Rp 500 x 18,976.00 m³

= Rp 9,488,000

Biaya total *resource* :

Biaya Total = Biaya normal total *resource* +

Pekerja + Mandor + Vibratory Roller + Dump

Truck + Motor Grader + Wheel Loader + Water

Tank Truck

= 10,868,824.90 + 20,776.63 + 3,386.65 +

33,353.03 + 1,340,710.22 + 59,392.46 +

62,858.39 + 80,803.67

= Rp 12,470,524.52

Biaya total pekerjaan :

Biaya total = (Biaya total *resource* x durasi)

+ Agregat Kelas S + Alat bantu

= (Rp 12,470,524.52 x 116.08) + 3,285,135,194

+ 9,488,000

= Rp 4,742,151,166.79

Untuk perhitungan lembur 1 jam, langkahnya sama dengan data durasi dan biaya *resource* yang berbeda.

Tabel 5.4 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan pada *Microsoft Project 2010* dengan waktu lembur 1 jam

Uraian Pekerjaan	Durasi Lembur 1 jam	Biaya	
		Normal	Lembur 1 jam
Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 75-85 Cm	23.92	6,201,525.00	6,322,589.00
Gorong - gorong Pipa Beton Bertulang Dia Dalam 95-105 Cm	46.08	456,344,856.00	462,213,406.00
Beton K 250 (fc' 20) untuk Struktur Drainase Beton Minor	45.19	43,924,296.00	44,059,457.00
Baja Tulangan untuk Struktur Drainase Beton Minor	44.3	36,289,899.00	36,697,279.00
Timbunan Biasa dari Galian	69.11	498,167,902.00	505,448,933.00
Timbunan Pilihan dari Sumber Galian	93.92	6,113,135,074.00	6,240,739,763.00
Timbunan Pilihan dari Galian (diukur diatas bak truk)	68.23	535,392,373.00	549,553,612.00
Penyiapan Badan Jalan	116.08	246,963,608.00	252,266,237.00
Lapis Pondasi Agregat Kelas S	116.08	4,718,438,771.00	4,742,148,345.00
Lapis Permukaan Penetrasi Macadam	42.53	4,767,036,777.00	4,774,722,194.00

d. Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance

Cost variance = Biaya percepatan - biaya normal
 Duration variance = durasi normal-durasi percepatan

$$\text{Cost slope} = \text{Cost variance} / \text{Duration variance}$$

Untuk hasil analisis *cost slope* dari semua item pekerjaan dengan menggunakan *Microsoft Project 2010* dapat dilihat pada *Tabel 5.5* adalah sebagai berikut :

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan *cost slope* pada *Microsoft Project 2010* dengan waktu lembur 1 Jam

No	Kode	Cost Variance (Rp)	Duration Variance (hari)	Cost Slope (Rp./hari)
1	G75-85	121,064.00	3.08	39,306.49
2	G95-105	5,868,550.00	5.92	991,309.12
3	B20	135,161.00	5.81	23,263.51
4	BTSDBM	407,380.00	5.7	71,470.18
5	TBG	7,281,031.00	8.89	819,013.61
6	TPSG	127,604,689.00	12.08	10,563,302.07
7	TPG	14,161,239.00	8.77	1,614,736.49
8	PBJ	5,302,629.00	14.92	355,404.09
9	LPAKS	23,709,574.00	14.92	1,589,113.54
10	LPPM	7,685,417.00	5.47	1,405,012.25

e. Analisis Time Cost Trade Off

Setelah diperoleh nilai *cost slope* tiap item pekerjaan, dilakukan kompresi durasi (*crashing*) dimulai dari item pekerjaan yang memiliki nilai *cost slope* terkecil. Hal ini bertujuan untuk meminimalisir penambahan biaya langsung yang dilakukan setelah *crashing*. Akibat dilakukannya *crashing* atau pengurangan durasi proyek, biasanya akan mengakibatkan biaya langsung proyek bertambah, sedangkan biaya tidak langsung proyek berkurang. Untuk mengetahui besarnya perubahan biaya langsung dan biaya tidak langsung, maka dilakukan analisis biaya. Yang dimaksud dari analisis biaya adalah analisis biaya tidak langsung, analisis biaya langsung, dan

total biaya. Dalam menentukan analisis biaya-biaya tersebut, hal yang harus dilakukan ialah :

1) Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari penelitian oleh Odik Fajrin Jayadewa (2016). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$y = -0.95 - 4.888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \epsilon$$

dengan :

$$x1 = \text{Rp. } 183,026,296,000.00$$

$$x2 = 927 \text{ hari}$$

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

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(183,026,296,000.00 - 0.21) - \ln(927)) + \epsilon$$

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(159,703 - 0.21) - \ln(518)) + \epsilon$$

$$y = 6.99 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya tidak langsung} &= y \times x1 \\ &= 6.99 \% \times \text{Rp } 183,026,296,000.00 \\ &= \text{Rp } 12,785,356,782.02 \end{aligned}$$

2) Menentukan biaya langsung

Biaya langsung = Nilai total proyek - biaya tidak langsung

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 183,026,296,000.00 - \\ &\text{Rp } 12,785,356,782.02 \\ &= \text{Rp } 170,240,939,217.98 \end{aligned}$$

3) Menentukan total biaya

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp } 170,240,939,217.98 + \text{Rp } \\ &12,785,356,782.02 \\ &= \text{Rp } 183,026,296,000.00 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Hasil perhitungan total biaya untuk waktu lembur selama 1 jam

Durasi (hari)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
927	12,785,356,782.02	170,240,939,217.98	183,026,296,000.00
921.19	12,705,224,179.10	170,241,074,378.98	182,946,298,558.08
918.11	12,662,744,245.02	170,241,195,442.98	182,903,939,688.01
912.41	12,584,128,782.61	170,241,602,822.98	182,825,731,605.59
897.49	12,378,349,361.70	170,246,905,451.98	182,625,254,813.68
888.6	12,255,736,824.70	170,254,186,482.98	182,509,923,307.69
882.68	12,174,087,081.28	170,260,055,032.98	182,434,142,114.27
877.21	12,098,643,821.74	170,267,740,449.98	182,366,384,271.72

862.29	11,892,864,400.8 3	170,291,450,023. 98	182,184,314,424. 81
853.52	11,771,906,926.2 0	170,305,611,262. 98	182,077,518,189. 18
841.44	11,605,297,314.6 3	170,433,215,951. 98	182,038,513,266. 61

2. Penambahan Alat Berat

Untuk perhitungan analisis penambahan alat berat dan tenaga kerja diambil salah satu contoh jenis pekerjaan yaitu sebagai berikut :
Nama pekerjaan: Lapis Pondasi Agregat Kelas S
Volume pekerjaan: 18,976.00 m³

1. Durasi akibat lembur 1 jam, yaitu 116.08 hari
2. Durasi akibat lembur 2 jam, yaitu 105.40 hari
3. Durasi akibat lembur 3 jam, yaitu 97.55 hari

Kebutuhan alat dan tenaga kerja :

Pekerja = 1,37 orang/jam
Mandor = 0,20 orang/jam
Vibratory Roller, 10 ton = 0,10 unit/jam
Dump Truck, 10 m³ = 3,01 unit/jam
Motor Grader = 0,14 unit/jam
Wheel Loader, 1,5 m³ = 0,20 unit/jam
Water Tank Truck 4000 liter = 0,29 unit/jam

Biaya resource :

Pekerja = Rp 10,130.21 /jam
Mandor = Rp 12,987.35 /jam
Agregat Kelas S = Rp 137,549.07/m³
Vibratory Roller, 10 ton = Rp 309,860.65/jam
Dump Truck, 10 m³ = Rp 434,397.10/jam
Motor Grader = Rp 417,590.27/jam
Wheel Loader, 1,5 m³ = Rp 310,605.59/jam
Water Tank Truck 4000 liter = Rp 266,595.05 /jam
Alat bantu = Rp 500.00

a. Durasi percepatan akibat lembur

Durasi percepatan akibat waktu lembur ini digunakan untuk perhitungan penambahan alat berat dan tenaga kerja. Durasi percepatan ini menjadi hal penting dalam penambahan alat berat dan tenaga kerja, artinya dengan durasi percepatan tersebut berapa jumlah alat berat dan tenaga kerja setiap hari yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap jenis pekerjaan tersebut. Salah satu contoh durasi percepatan yang akan digunakan untuk perhitungan penambahan alat berat dan tenaga kerja adalah sebagai berikut :

b. Analisis Penambahan alat berat dan tenaga kerja

Penambahan alat dan tenaga kerja = (durasi normal × keb. alat) / durasi percepatan

Lembur 1 jam

Vibratory Roller, 10 ton
= (131 × 0,10) / 116.08
= 0.12 unit/jam = 0.82 unit/hari

Lembur 2 jam

Vibratory Roller, 10 ton
= (131 × 0,10) / 105.40
= 0.13 unit/jam = 0.90 unit/hari

Lembur 3 jam

Vibratory Roller, 10 ton
= (131 × 0,10) // 97.55
= 0.14 unit/jam = 0.98 unit/hari

Tabel 5.7 Hasil penambahan alat berat dan tenaga kerja pada jenis pekerjaan Lapis Pondasi Agregat kelas S

No	Uraian Kegiatan	Jumlah Penambahan Unit Lembur 1 Jam		Jumlah Penambahan Unit Lembur 2 Jam		Jumlah Penambahan Unit Lembur 3 Jam	
		unit/jam	unit/hari	unit/jam	unit/hari	unit/jam	unit/hari
1	2						
Tenaga Kerja	Pekerja	1.54	10.80	1.70	11.90	1.84	12.85
	Mandor	0.22	1.54	0.24	1.70	0.26	1.84
Peralatan	Excavator	0.22	1.54	0.24	1.70	0.26	1.84
	Dump Truck	3.40	23.79	3.74	26.20	4.04	28.31
	Motor grader	0.16	1.09	0.17	1.21	0.19	1.30
	Vibro roller	0.12	0.82	0.13	0.90	0.14	0.98
	Water Tanker	0.33	2.30	0.36	2.53	0.39	2.73

c. Analisis Biaya Penambahan Alat

1) Kondisi terhadap durasi percepatan dari waktu lembur 1 jam

Kebutuhan alat dan tenaga kerja :

Pekerja = 1,37 orang/jam
Mandor = 0,20 orang/jam
Vibratory Roller, 10 ton = 0,10 unit/jam
Dump Truck, 10 m³ = 3,01 unit/jam
Motor Grader = 0,14 unit/jam
Wheel Loader, 1,5 m³ = 0,20 unit/jam
Water Tank Truck 4000 liter = 0,29 unit/jam

Biaya resource :

Pekerja = Rp 10,130.21 /jam
Mandor = Rp 12,987.35 /jam
Agregat Kelas S = Rp 137,549.07/m³
Vibratory Roller, 10 ton = Rp 309,860.65/jam
Dump Truck, 10 m³ = Rp 434,397.10/jam
Motor Grader = Rp 417,590.27/jam
Wheel Loader, 1,5 m³ = Rp 310,605.59/jam
Water Tank Truck 4000 liter = Rp 266,595.05 /jam
Alat bantu = Rp 500.00

Biaya total resource = Biaya Normal x keb.
resource x Jam kerja
 Pekerja = Rp 10,130.21 x 1,54 x 7
 = Rp 109,203.65 / hari
 Mandor = Rp 12,987.35 x 0,22 x 7
 = Rp 20,000.52 / hari
 Vibratory Roller, 10 ton = Rp 309,860.65 x 0,12
 x 7
 = Rp 260,282.95 / hari
 Dump Truck, 10 m3 = Rp 434,397.10 x 3,40
 x 7
 = Rp 10,338,651.07/
 hari
 Motor Grader = Rp 417,590.27 x 0,16
 x 7
 = Rp 467,701.07 / hari
 Wheel Loader, 1,5 m3 = Rp 310,605.59 x 0,22
 x 7
 = Rp 478,332.60 / hari
 Water Tank Truck = 266,595.05 x 0,33 x 7
 = Rp 615,834.56 / hari

Analisa perhitungan biaya material atau bahan sebagai berikut :
 Biaya total resource = Harga satuan x volume
 Agregat Kelas S = Rp 137,549.07 x 18,976.00 m³
 = Rp 3,285,135,194
 Alat bantu = Rp 500 x 18,976.00 m³
 = Rp 9,488,000
 Biaya total *resource* :
 Biaya Total = Σ Biaya total *resource*
 = Pekerja + Mandor + Vibratory Roller + Dump
 Truck + Motor Grader + Wheel Loader + Water
 Tank Truck
 = 109,203.65 + 20,000.52 + 260,282.95 +
 10,338,651.07 + 467,701.07 + 478,332.60 +
 615,834.56
 = Rp 12,290,006.41 / hari
 Biaya total pekerjaan :
 Biaya total = (Biaya total resource x durasi)
 + Agregat kelas A + Alat bantu
 = (Rp 12,290,006.41 /hari x 116.08 hari) +
 3,285,135,194 + 9,488,000
 = Rp 4,721,197,356.44

Tabel 5.8 Hasil analisa biaya total terhadap durasi dari waktu lembur 1 jam

Kode	Biaya	
	Normal	Lembur 1 jam
G75-85	6,224,548.15	6,343,785.20
G95-105	456,373,406.87	456,486,696.02
B20	43,920,150.59	44,067,213.81
BTSDBM	36,314,916.02	36,262,496.30
TBG	498,187,975.68	499,970,137.93

TPSG	6,113,119,990.53	6,113,792,175
TPG	535,364,244.31	535,457,159.09
PBJ	246,924,351.46	246,863,248.28
LPAKS	4,718,439,256.92	4,721,197,356.44
LPPM	4,767,096,089.09	4,766,916,231.12

d. Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance

Tabel 5.9 Hasil perhitungan *duration variance*, *cost variance*, *cost slope* pada Microsoft Project 2010 terhadap durasi dari waktu lembur 1 jam

Kode	Duration Variance (Hari)	Cost Variance	Cost Slope
G75-85	3.08	119,237.04	38,713.33
G95-105	5.92	113,289.15	19,136.68
B20	5.81	147,063.22	25,312.09
BTSDBM	5.7	-52,419.71	-9,196.44
TBG	8.89	1,782,162.25	200,468.19
TPSG	12.08	672,184.21	55,644.39
TPG	8.77	92,914.78	10,594.62
PBJ	14.92	-61,103.18	-4,095.39
LPAKS	14.92	2,758,099.52	184,859.22
LPPM	5.47	-179,857.97	-32,880.80

e. Analisis Time Cost Trade Off

1) Menentukan biaya tidak langsung
 Biaya tidak langsung = **Rp. 12,785,356,782.02**
 Biaya tidak langsung akibat percepatan :
 Lembur 1 jam = (Rp11,933,689,272.54x 850.33)
 / 865.25
 Menentukan biaya langsung
 Biaya langsung= **Rp. 170,240,939,217.98**
 Untuk mencari biaya langsung akibat percepatan selanjutnya adalah sebagai berikut :
 Lembur 1 jam = Biaya langsung + selisih biaya
 = Rp 170,241,790,525.52 + Rp
 2,758,099.52
 = Rp 170,244,548,625.04

2) Menentukan total biaya
 Total biaya = Rp 170,240,939,217.98+ Rp
 12,785,356,782.02
 = Rp 183,026,296,000.00

Tabel 5.10 Hasil perhitungan total biaya terhadap durasi dari waktu lembur selama 1 jam

Durasi (hari)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Langsung (Rp)	Total Biaya (Rp)
927	12,785,356,7 82.02	170,240,939,21 7.98	183,026,296,00 0.00
921.53	12,709,913,5 22.47	170,240,759,36 0.02	182,950,672,88 2.49
915.83	12,631,298,0 60.06	170,240,706,94 0.30	182,872,005,00 0.36
900.91	12,425,518,6 39.14	170,240,645,83 7.13	182,666,164,47 6.27
892.14	12,304,561,1 64.52	170,240,738,75 1.90	182,545,299,91 6.42
886.22	12,222,911,4 21.10	170,240,852,04 1.05	182,463,763,46 2.15
880.41	12,142,778,8 18.18	170,240,999,10 4.27	182,383,777,92 2.45
877.33	12,100,298,8 84.11	170,241,118,34 1.31	182,341,417,22 5.41
865.25	11,933,689,2 72.54	170,241,790,52 5.52	182,175,479,79 8.06
850.33	11,727,909,8 51.62	170,244,548,62 5.04	181,972,458,47 6.66
841.44	11,605,297,3 14.63	170,246,330,78 7.28	181,851,628,10 1.91

3. Perhitungan biaya denda akibat keterlambatan

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

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

dengan :

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

4. Perbandingan antara penambahan jam kerja dengan alat berat

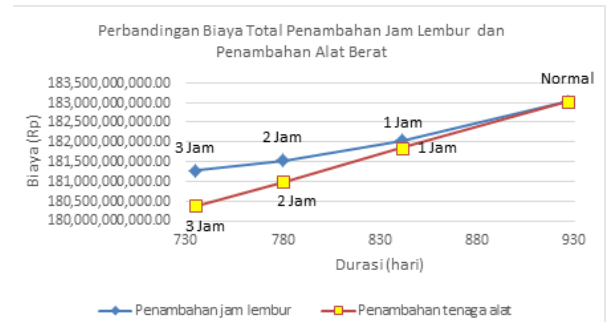
Berdasarkan penerapan metode *time cost trade off* antara penambahan jam kerja atau waktu lembur selama 1 – 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan perbedaan-perbedaan dari keduanya yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.88 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan Jam kerja (lembur)

No	Penambahan alat	Durasi	Biaya
1	Normal	927	183,026,296,000.00
2	1	841.44	182,038,513,266.61
3	2	780.24	181,526,036,323.64
4	3	735.25	181,272,181,986.03

Tabel 5.89 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan Tenaga Alat

No	Lembur	Durasi	Biaya
1	Normal	927	183,026,296,000.00
2	1	841.44	181,851,628,101.91
3	2	780.24	180,995,241,011.79
4	3	735.25	180,382,048,442.35



Gambar 5.11 Grafik perbandingan antara titik biaya normal dengan biaya penambahan alat dan tenaga kerja dan penambahan jam lembur

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan pada proyek pelebaran jalan Ogoamas-siboang (MYC), dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 927 hari dan biaya sebesar Rp 183,026,296,000.00, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 841.44 hari dengan biaya sebesar Rp 182,038,513,266.61. Kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 780.24 hari dengan biaya sebesar Rp 181,526,036,323.64. Dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 735.25 hari dengan biaya sebesar Rp 181,272,181,986.03.
2. Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 927 hari dan biaya sebesar Rp 183,026,296,000.00, pada penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 1 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 841.44 hari dengan biaya Rp181,851,628101.91. kemudian setelah penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 2 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 780.24 hari dengan biaya Rp 180,995,241,011.79. Dan pada penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 3 jam kerja lembur maka didapat durasi *crashing* sebesar 735.25 hari dengan biaya Rp180,382,048,442.35.
3. Untuk biaya mempercepat durasi proyek dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja lebih efisien dan murah jika dibandingkan dengan penambahan jam lembur kerja dan juga lebih murah jika

dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

B. Saran

1. Pengecekan terhadap durasi dengan teliti secara berkala untuk setiap item pekerjaan.
2. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat harus dilakukan analisis secara cermat dan lebih teliti dalam penyusunan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft project* 2010.
3. Penyusunan hubungan antar pekerjaan hendaknya mendekati keadaan yang terjadi dilapangan agar hasil analisis dapat diterapkan dilapangan.

Setelah didapat hasil analisis dari *Microsoft project* 2010 dilakukan pengecekan ulang analisis menggunakan *software* lain seperti *Microsoft excel* agar hasil yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2004. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.*
- Anonim, 2012. *Peraturan Presiden No 70 Tentang Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah.*
- Chusairi, M. 2015. *Studi Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto.* Rekayasa Teknik Sipil Vol 2 Nomer 2/rekat/15. Universitas Negeri Surabaya, Surabaya.
- Dannyanti, Eka 2010. *Optimasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode Pert dan CPM (studi kasus Twin Tower Building Pasca Sarjana Undip).* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ervianto, Wulfram. 2004. *Pengukuran Produktivitas Kelompok Pekerja Bangunan Dalam Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Gedung Bertingkat di Surakarta).* Jurnal Teknik Sipil Volume 9 No. 1, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Gulo, J. P. N. 2014. *Analisis Percepatan Durasi Proyek Dengan Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off Method) (Studi Kasus : Proyek Perumahan Cemara Kuta – Medan).* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Herlandez, R. J. 2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Jayadewa, O. F. 2016. *Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya.* Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Martin, R. O. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Mulyawan, Angga 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan Dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Pamungkas, R. T. dan Hidayat, R. T. 2011 *Analisis Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi (The Analysis of Time Cost Trade Off on Construction Project)* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional.* Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional.* Erlangga, Jakarta.
- Wibowo, D. W. 2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off.* Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Yana, A.A. Gde Agung. 2009 *Pengaruh Jam Kerja Lembur terhadap Biaya Percepatan Proyek dengan Time Cost Trade Off Analysis (Studi Kasus : Proyek Rehabilitasi Ruang Pertemuan Dinas Pertanian Tanaman Pangan Provinsi Bali),* Konferensi Nasional Teknik Sipil 3 (KoNTekS 3), Jakarta

