

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

(Studi Kasus : Paket Pembangunan Jalan Bugel – Galur - Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I.
Yogyakarta)

Sarwidi Sudiro², Mandiyo Priyo³, Yoga Apriyanto Harsoyo⁴

ABSTRACT

Hal penting yang perlu diketahui dalam perencanaan proyek konstruksi untuk dioptimasikan adalah segi waktu dan biaya. Dengan mengatur waktu dan biaya yang baik maka pelaksanaan akan mendapatkan keuntungan yang besar atau maksimal dan menghindarkan dari adanya biaya denda akibat keterlambatan proyek. Untuk itu perlu dilakukan optimasi waktu dan biaya dengan membuat jaringan kerja, mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan juga mengitung durasi pelaksanaan proyek serta jumlah sumber daya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja atau alat berat, mengetahui perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan alat berat dan tenaga kerja, dan membandingkan antara biaya denda dengan biaya penambahan jam kerja (lembur) serta biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs (Tahap 1). Analisis data menggunakan program Microsoft Project 2010 dan 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 adalah (1) Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 177 hari dan biaya sebesar Rp 40,897,811,578.00, penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 110.03 hari, biaya Rp 40,076,775,588.21. Penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 62.1 hari, biaya Rp 39,633,316,095.13. Penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi *crashing* sebesar 26.89 hari, biaya Rp 39,369,085,607.83. (2) Penambahan alat berat dan tenaga kerja menggunakan durasi 1 jam kerja lembur dengan durasi *crashing* sebesar 110.03 hari, biaya Rp 39,931,863,398.85. Penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan durasi 2 jam kerja lembur durasi *crashing* sebesar 62.1 hari, biaya Rp39,240,658,440.70. Penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan durasi 3 jam kerja lembur durasi *crashing* sebesar 26.89 hari, biaya Rp 38,733,785,415.45. (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.

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

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

Cost and Time Optimization Study with Time Cost Trade Off Method on Construction Site¹

(Case Study : Road Construction Project of Bugel - Galur – Poncosari Cs Stage I, in D.I. Yogyakarta)

Sarwidi Sudiro², Mandiyo Priyo³, Yoga Apriyanto Harsoyo⁴

ABSTRACT

The important things that need to know when planning the construction project are to optimize the time and the cost. To set the good time and the good cost for the implementation will benefit greatly or maximum and to avoid the cost of penalties for project delays. It is necessary to optimize the time and cost with creating the networking, searching for critical activities, and also calculate the duration of the project implementation and a number of resources. The purposes of this research are to know the changes in cost and time of the project implementation with a variety of additional work hours, employers, and equipments, to know the changes in time and cost of the project implementation with the additional variety of equipments and employee, and to know the comparison between the penalty cost and the additional of work hours cost, the additional of equipment cost, and also the additional of employs.

The data used in this study is from the road construction project data of Bugel-Galur-Poncosari Cs (Stage I). The data analysis of this research use Microsoft Project 2010 and the method is time cost trade off. The critical path and the cost increase due to work hours additional obtain from the computer analysis of Microsoft project 2010, also the acceleration duration and cost increases due to the duration acceleration of the results obtains from the analysis method of time cost trade off.

The results of this study are (1) the time and cost of the project in normal conditions with duration of 177 days and a cost of Rp 40,897,811,578.00, additional 1 hour of additional work hours obtains from crashing duration of 110.03 days, the cost is Rp 40,076,775,588.21. The addition of 2 hours additional work hours obtains from crashing duration of 62.1 days, the cost is Rp 39,633,316,095.13. The addition of 3 hours additional work hours obtains from crashing duration of 26.89 days, the cost is Rp 39,369,085,607.83. (2) The addition of equipment and employers using a duration of 1 hour additional work hours with a duration of crashing of 110.03 days, the cost is Rp 39,931,863,398.85. The addition of equipment and employers with duration of 2 hours additional work hours crashing duration of 62.1 days, the cost is Rp39,240,658,440.70. The addition of equipment and employers with duration of 3 hours additional work hours crashing duration of 26.89 days, the cost is Rp 38,733,785,415.45. (3) To accelerate the duration of the project cost with the addition of equipment and employers is efficient and cheap when compared to the addition of work hours, and also cheaper than the costs incurred if the project has been delayed and subject fined.

Key words : *Time Cost Trade off, Microsoft Project 2010, Additional of Work Hours, Additional of Equipments, Cost, Time*

A. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang Masalah

Pembangunan suatu proyek konstruksi membutuhkan sumber daya yang cukup untuk menunjang pelaksanaan pekerjaan proyek tersebut. Beberapa permasalahan yang sering dihadapi dalam pelaksanaan proyek seperti mulai dari pengaturan perencanaan waktu pelaksanaan, jumlah alat berat, tenaga kerja, biaya dan sebagainya. Namun dalam menangani permasalahan tersebut juga harus memenuhi standar mutu yang sudah ditetapkan sejak awal perencanaan proyek tersebut.

Dengan mengatur waktu dan biaya yang baik maka pelaksana (kontraktor) akan mendapatkan keuntungan yang besar atau maksimal dan menghindarkan dari adanya biaya denda akibat keterlambatan proyek. Oleh karena itu yang harus dilakukan adalah melakukan optimasi waktu dan biaya dengan membuat jaringan kerja, mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan juga mengitung durasi pelaksanaan proyek serta jumlah sumber daya.

Penelitian ini membahas mengenai analisa percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. (Tahap 1) dengan metode penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam lembur sampai 3 jam lembur dan penambahan tenaga kerja 1 sampai tenaga kerja 3 selanjutnya menentukan perubahan biaya proyek setelah dilakukan lembur, serta membandingkannya antara penambahan tenaga kerja yang selanjutnya dibandingkan kembali dengan biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan program Microsoft Project 2010.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan masalah, yaitu:

- Berapa besar perubahan antara waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur)?
- Berapakah besarnya perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sesudah penambahan tenaga kerja? dan
- Bagaimana perbandingan antara biaya denda dengan biaya penambahan jam

kerja (lembur) dan biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja ?

3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah :

- Menganalisis perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja atau alat berat,
- Menganalisis perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan alat berat dan tenaga kerja, dan
- Membandingkan antara biaya denda dengan biaya penambahan jam kerja (lembur) serta biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja .

4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

- Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijaksanaan pelaksanaan proyek,
- Sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu manajemen operasional dan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang,
- Memperdalam pengetahuan tentang ilmu manajemen, khususnya dalam hal pertukaran waktu dan biaya (Time Cost Trade Off), dan
- Memberikan gambaran dan tambahan pengetahuan tentang penggunaan Microsoft Project dalam manajemen proyek.

5. Batasan Masalah

- Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs (Tahap 1). Pada pengerjaan proyek ini terdiri dari section I (sta 0+200 – sta 3+050), section II (sta 12+300 – sta 13+800) dan section III (sta 13+800 – sta 15+025).
- Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Sabtu, 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 3 jam,
- c. Pengoptimalan waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja (lembur) menggunakan program Microsoft Project 2010,
 - d. 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, dan
 - e. 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.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Mempercepat waktu penyelesaian proyek dilakukan untuk menghindari adanya keterlambatan waktu dalam pelaksanaan pekerjaan pada suatu proyek. Dendi (2016) menyebutkan bahwa Penambahan jam kerja (lembur) jika dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja dari sisi durasi maupun dari segi biayanya, penggunaan penambahan tenaga kerja lebih efektif jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja. 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. Frederika (dikutip oleh Dendi, 2016) 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 perubahan metode konstruksi di lapangan.

C. LANDASAN TEORI

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

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 :

- a. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur),
- b. Penambahan tenaga kerja,
- c. Pergantian atau penambahan peralatan,
- d. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas, dan
- e. Penggunaan metode konstruksi yang efektif.

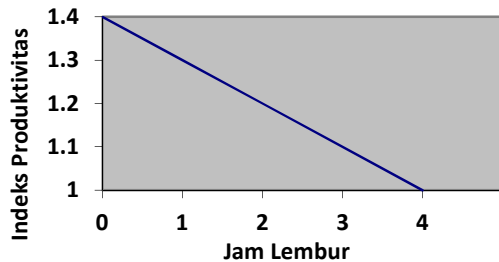
Cara-cara tersebut dapat dilaksanakan secara terpisah maupun kombinasi, misalnya kombinasi penambahan jam kerja sekaligus penambahan jumlah alat berat dan tenaga kerja, biasa disebut giliran (shift), dimana unit pekerja untuk pagi sampai sore berbeda dengan dengan unit pekerja untuk sore sampai malam.

2. 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 efektifitas 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.
3. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. 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. 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 1 Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas Akibat Penambahan Jam Kerja (Sumber: Soeharto, 1997).

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut ini:

- Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasinormal}}$$
- Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitasharian}}{\text{Jamkerjaperhari}}$$
- Produktivitas harian sesudah *crash*

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

Dengan:

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

Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

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 |

- Crashduration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitashariansesudahcrash}}$$

4. 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 :

- Perhitungan penambahan tenaga kerja

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

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

Keterangan :

- Ptk = Penambahan tenaga kerja (orang/jam)
- Pab = Penambahan alat berat (unit/jam)

5. 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 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:

- Biaya normal tenaga kerja dan alat perhari

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

$$= (\text{Biaya total resource} \times \text{durasi}) + (\Sigma \text{biaya material})$$

- c. Biaya lembur tenaga kerja
 Lembur 1 jam = Biaya normal x 1,5
 Lembur 2 jam = bl 1 jam + (bn x 2,0)
 Lembur 3 jam = bl 2 jam + (bn x 2,0)
 Keterangan :
 bn = biaya normal (Rp)
 bl = biaya lembur (Rp)
- d. Biaya lembur alat berat
 Lembur 1 jam = Biaya normal + (0,5 x (bo+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 (Rp)
- e. Crash cost pekerja perhari
 = (Biaya total resource x durasi crashing)
 + (Σ biaya material)
- f. Cost slope
 = Crash Cost – Normal Cost Durasi Normal – Durasi Crash

6. Biaya Total Proyek

Biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung.

- a. Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek, dan
- b. 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). Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari penelitian tentang Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya (Studi Kasus: Proyek Konstruksi Di Provinsi Kalimantan Timur) oleh Odik Fajrin Jayadewa (2016). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

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

Dengan :

x1 = Nilai total proyek,

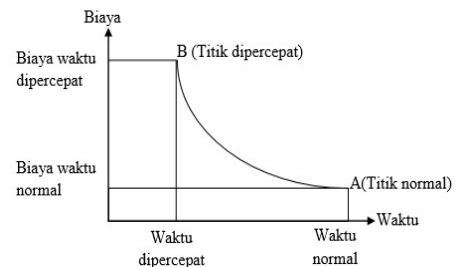
x2 = Durasi proyek,

ε = random eror, dan

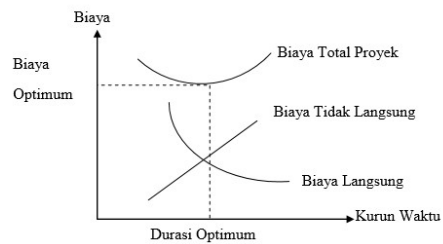
y = Prosentase biaya tidak langsung

7. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

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



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



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

8. 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:

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

Dengan: Denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1% dari nilai kontrak.

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

Tujuan penjadwalan dalam Microsoft Project adalah :

- a. Mengetahui durasi kerja proyek,
- b. Membuat durasi optimum,
- c. Mengendalikan jadwal yang dibuat, dan
- d. Mengalokasikan sumber daya (Resources) yang digunakan.

Komponen yang di butuhkan pada jadwal adalah :

- a. Kegiatan (rincian tugas, tugas utama),
- b. Durasi kerja untuk tiap kegiatan,
- c. Hubungan kerja tiap kegiatan, dan
- d. Resources (tenaga kerja pekerja dan bahan).

Yang dikerjakan oleh Microsoft Project antara lain :

- a. Mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sector,
- b. Mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur,
- c. Menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek, dan
- d. Membantu mengontrol pengguna tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari overallocation (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja).

D. METODELOGI PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Obyek data penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. (Tahap 1), Provinsi D.I. Yogyakarta.

2. Pengumpulan Data

Variabel-variabel yang sangat mempengaruhi dalam pengoptimasian waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

a. Variabel Waktu

Data yang mempengaruhi variabel waktu dapat diperoleh dari kontraktor pelaksana atau dari konsultan pengawas. Data yang dibutuhkan untuk variabel waktu adalah :

- 1) Data cumulative progress (kurva-S), meliputi :
 - a) Jenis kegiatan,
 - b) Prosentase kegiatan, dan
 - c) Durasi kegiatan.
- 2) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

b. Variabel biaya

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

- 1) Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :
 - a) Jumlah biaya normal, dan
 - b) Durasi normal.
- 2) Daftar-daftar harga bahan dan upah, dan
- 3) Gambar rencana proyek.

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

- a. Daftar bahan dan upah tenaga kerja,
- b. Rencana anggaran biaya Proyek Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. (Tahap 1),
- c. Time Schedule (Kurva-S),
- d. Estimasi waktu dalam program Microsoft Project (2010), dan
- e. Data biaya normal.

3. Analisis Data

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).

4. Tahap dan Prosedur 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 proyek yang diperlukan untuk pembuatan laporan, meliputi :

- a. Rencana Anggaran Biaya (RAB),
- b. Analisa harga satuan bahan proyek, dan
- c. Time schedule.

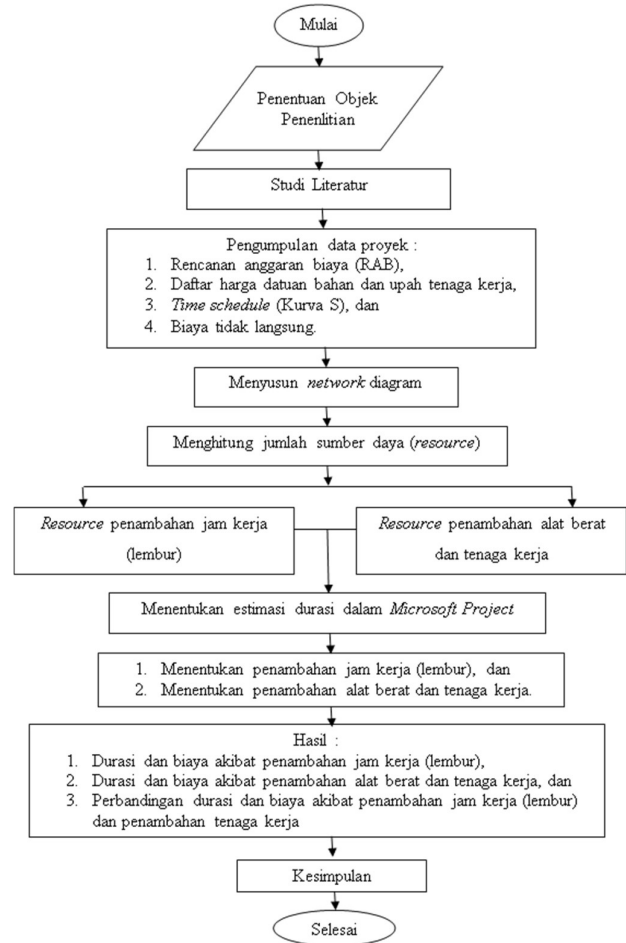
Tahap 3 : Analisa percepatan dengan aplikasi program dan pembahasan

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 Bagan alir penelitian

E. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Penelitian

Data umum dari Proyek Pembangunan Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. (Tahap 1) ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : P
 Konsultan Supervisi: PT. B
 Kontraktor : PT. LB
 Anggaran : Rp 40,897,811,578.00

Waktu pelaksanaan : 177 Hari kerja
 Tanggal pekerjaan dimulai : 14 Jan. 2016
 Tanggal pekerjaan selesai : 10 Sept. 2016
 Untuk rincian Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Kurva - S dapat dilihat pada Lampiran I dan Lampiran IV.

2. Daftar 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 | Kode | Uraian Pekerjaan | Durasi (hari) |
|----|-------|--|---------------|
| 1 | PBM | Pasangan Batu dengan mortar | 72 |
| 2 | LPAKA | Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 6 |
| 3 | LPACB | Laston lapis pondasi (AC-Base) | 6 |
| 4 | B30 | Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 36 |
| 5 | B20 | Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 78 |
| 6 | B10 | Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 66 |
| 7 | BT24 | Baja Tulangan U24 polos | 72 |
| 8 | BT32 | Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 72 |
| 9 | PB1 | Pasangan batu (section 1) | 90 |
| 10 | PB3 | Pasangan batu (section 3) | 90 |

3. Penerapan Metode Time Cost Trade Off
 a. Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)
 1) Analisa Biaya Lembur
 Biaya normal untuk tenaga kerja dan alat berat dalam tabel 5.4 sebagai berikut :

Tabel 5.4 Biaya normal tenaga kerja dan alat berat

| NO. | Pekerja / Alat Berat | Biaya normal Per Jam (Rp) |
|-----|----------------------|---------------------------|
| 1 | Pekerja | 8,423.04 |
| 2 | Tukang | 10,942.89 |
| 3 | Mandor | 12,831.44 |
| 4 | Excavator | 154,853.83 |
| 5 | Dump Truck, 4 m3 | 216,265.81 |
| 6 | Wheel Loader, 1,5 m3 | 146,188.65 |

| | | |
|----|-------------------------------|--------------|
| 7 | Dump Truck, 10 m3 | 254,665.81 |
| 8 | Motor Grader | 392,650.09 |
| 9 | Vibratory Roller, 10 ton | 379,432.92 |
| 10 | Water Tank Truck 4000 liter | 333,624.55 |
| 11 | Concrete Mixer 500 liter | 76,548.81 |
| 12 | Asphalt Sprayer | 88,796.47 |
| 13 | Air Compressor | 213,516.55 |
| 14 | Asphalt Mixing Plant | 5,499,626.22 |
| 15 | Generator Set | 540,421.36 |
| 16 | Asphalt Finisher | 364,411.60 |
| 17 | Tandem Roller | 325,345.42 |
| 18 | Pneumatic Tyre Roller, 10 ton | 281,798.70 |
| 19 | Concrete Vibrator | 50,944.05 |
| 20 | Buldozer | 264,798.42 |

Biaya lembur untuk tenaga kerja dan alat berat dalam tabel 5.5 sebagai berikut :

Tabel 5.5 Biaya lembur tenaga kerja dan alat berat

| Pekerja / Alat Berat | Biaya Lembur (Rp) | | |
|-------------------------------|-------------------|---------------|---------------|
| | 1 Jam | 2 Jam | 3 Jam |
| Pekerja | 12,634.56 | 29,480.64 | 46,326.72 |
| Tukang | 16,414.34 | 38,300.12 | 60,185.90 |
| Mandor | 19,247.16 | 44,910.04 | 70,572.92 |
| Excavator | 166,109.76 | 343,475.44 | 520,841.12 |
| Dump Truck | 227,131.16 | 465,127.67 | 703,124.18 |
| Wheel Loader | 157,444.58 | 326,145.08 | 494,845.58 |
| Dump Truck | 265,531.16 | 541,927.67 | 818,324.18 |
| Motor Grader | 403,906.02 | 819,067.96 | 1,234,229.90 |
| Vibratory Roller | 390,688.85 | 792,633.62 | 1,194,578.39 |
| Water Tank Truck | 344,880.48 | 701,016.88 | 1,057,153.28 |
| Concrete Mixer | 87,804.74 | 186,865.40 | 285,926.06 |
| Asphalt Sprayer | 100,052.40 | 211,360.72 | 322,669.04 |
| Air Compressor | 224,772.48 | 460,800.88 | 696,829.28 |
| Asphalt Mixing Plant | 5,520,975.00 | 11,063,298.77 | 16,605,622.54 |
| Generator Set | 551,677.29 | 1,114,610.50 | 1,677,543.71 |
| Asphalt Finisher | 375,667.53 | 762,590.98 | 1,149,514.43 |
| Tandem Roller | 336,601.35 | 684,458.62 | 1,032,315.89 |
| Pneumatic Tyre Roller, 10 ton | 293,054.63 | 597,365.18 | 901,675.73 |
| Concrete Vibrator | 62,199.98 | 135,655.88 | 209,111.78 |
| Buldozer | 276,054.35 | 563,364.62 | 850,674.89 |

- 2) Analisa Durasi Percepatan
Untuk menghitung durasi percepatan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Keterangan :

k = kebutuhan alat (unit/jam)

Pa = produktivitas alat (m³/jam)

jk = jam kerja perhari

jl = jam lembur

pp = penurunan produktivitas

Hasil dari pengolahan Microsoft Project dapat dilihat pada tabel 5.6 sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil Perhitungan durasi crashing Microsoft Project 2010

| Uraian Pekerjaan | Durasi | | | |
|--|--------|--------------|--------------|--------------|
| | Normal | Lembur 1 jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam |
| Pasangan Batu dengan mortar | 72 | 63.8 | 57.93 | 53.62 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 6 | 5.32 | 4.83 | 4.47 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 6 | 5.32 | 4.83 | 4.47 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 36 | 31.9 | 28.97 | 26.81 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 78 | 69.11 | 62.76 | 58.09 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 66 | 58.48 | 53.1 | 49.15 |
| Baja Tulangan U24 polos | 72 | 63.8 | 57.93 | 53.62 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 72 | 63.8 | 57.93 | 53.62 |
| Pasangan batu (section 1) | 90 | 79.75 | 72.41 | 67.02 |
| Pasangan batu (section 3) | 90 | 79.75 | 72.41 | 67.02 |

- 3) Analisa Biaya Percepatan
Untuk hasil Analisa biaya percepatan dari semua item dengan Microsoft Project 2010 dapat dilihat pada Tabel 5.8, 5.9 dan 5.10 sebagai berikut :

Tabel 5.6 Hasil perhitungan biaya dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur

| Uraian Pekerjaan | Biaya | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| | Normal | Lembur 1 jam |
| Pasangan Batu dengan mortar | 2,217,225,748.00 | 2,233,813,074.00 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 736,900,218.00 | 740,704,740.00 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 943,443,886.00 | 947,683,656.00 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa | 1,543,036,272.00 | 1,548,212,634.00 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa | 3,168,555,499.00 | 3,181,338,952.00 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa | 1,305,227,673.00 | 1,312,171,541.00 |
| Baja Tulangan U24 polos | 2,129,916,231.00 | 2,153,226,619.00 |
| Baja Tulangan U32 ulir | 4,946,831,278.00 | 4,976,670,207.00 |
| Pasangan batu (section 1) | 4,199,863,091.00 | 4,229,246,157.00 |
| Pasangan batu (section 3) | 1,784,269,701.00 | 1,796,753,654.00 |

Tabel 5.7 Hasil perhitungan biaya dipercepat dengan penambahan 2 jam lembur

| Uraian Pekerjaan | Biaya | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| | Normal | Lembur 2 jam |
| Pasangan Batu dengan mortar | 2,217,225,748.00 | 2,262,377,715.00 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 736,900,218.00 | 747,063,512.00 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 943,443,886.00 | 954,726,060.00 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa | 1,543,036,272.00 | 1,557,139,709.00 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa | 3,168,555,499.00 | 3,203,423,493.00 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa | 1,305,227,673.00 | 1,323,185,148.00 |
| Baja Tulangan U24 polos | 2,129,916,231.00 | 2,193,380,836.00 |
| Baja Tulangan U32 ulir | 4,946,831,278.00 | 5,028,071,388.00 |
| Pasangan batu (section 1) | 4,199,863,091.00 | 4,279,813,976.00 |
| Pasangan batu (section 3) | 1,784,269,701.00 | 1,818,244,783.00 |

Tabel 5.8 Hasil perhitungan biaya dipercepat dengan penambahan 3 jam lembur

| Uraian Pekerjaan | Biaya | |
|--------------------------------|------------------|------------------|
| | Normal | Lembur 3 jam |
| Pasangan Batu dengan mortar | 2,217,225,748.00 | 2,290,248,986.00 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 736,900,218.00 | 754,626,648.00 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 943,443,886.00 | 963,173,634.00 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa | 1,543,036,272.00 | 1,566,072,298.00 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa | 3,168,555,499.00 | 3,225,412,748.00 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa | 1,305,227,673.00 | 1,334,460,207.00 |
| Baja Tulangan U24 polos | 2,129,916,231.00 | 2,231,096,802.00 |
| Baja Tulangan U32 ulir | 4,946,831,278.00 | 5,076,350,396.00 |
| Pasangan batu (section 1) | 4,199,863,091.00 | 4,329,895,426.00 |
| Pasangan batu (section 3) | 1,784,269,701.00 | 1,839,524,216.00 |

4) Analisa Cost Variance, Cost Slope dan Duration Variance

Untuk hasil analisa cost slope dari semua item pekerjaan dengan menggunakan Microsoft project 2010 dapat dilihat pada tabel 5.17, tabel 5.18 dan tabel 5.19 sebagai berikut :

Tabel 5.17 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 1 jam

| Task Name | D V (hari) | Selisih Biaya | Cost Slope |
|--|------------|---------------|--------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 8.2 | 16,587,326.00 | 2,022,844.63 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 0.68 | 3,804,522.00 | 5,594,885.29 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 0.68 | 4,239,770.00 | 6,234,955.88 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 4.1 | 5,176,362.00 | 1,262,527.32 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 8.89 | 12,783,453.00 | 1,437,958.72 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 7.52 | 6,943,868.00 | 923,386.70 |
| Baja Tulangan U24 polos | 8.2 | 23,310,388.00 | 2,842,730.24 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 8.2 | 29,838,929.00 | 3,638,893.78 |
| Pasangan batu (section 1) | 10.25 | 29,383,066.00 | 2,866,640.59 |
| Pasangan batu (section 3) | 10.25 | 12,483,953.00 | 1,217,946.63 |

Tabel 5.18 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 2 jam

| Task Name | D V (hari) | Selisih Biaya | Cost Slope |
|--|------------|---------------|--------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 14.07 | 45,151,967.00 | 3,209,095.02 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 1.17 | 10,163,294.00 | 8,686,576.07 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 1.17 | 11,282,174.00 | 9,642,883.76 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 7.03 | 14,103,437.00 | 2,006,178.81 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 15.24 | 34,867,994.00 | 2,287,926.12 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 12.9 | 17,957,475.00 | 1,392,052.33 |
| Baja Tulangan U24 polos | 14.07 | 63,464,605.00 | 4,510,632.91 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 14.07 | 81,240,110.00 | 5,773,995.02 |
| Pasangan batu (section 1) | 17.59 | 79,950,885.00 | 4,545,246.45 |
| Pasangan batu (section 3) | 17.59 | 33,975,082.00 | 1,931,499.83 |

Tabel 5.19 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 3 jam

| Task Name | D V (hari) | Selisih Biaya | Slope |
|--|------------|----------------|---------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 18.38 | 73,023,238.00 | 3,972,972.69 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 1.53 | 17,726,430.00 | 11,585,901.96 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 1.53 | 19,729,748.00 | 12,895,260.13 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 9.19 | 23,036,026.00 | 2,506,640.48 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 19.91 | 56,857,249.00 | 2,855,713.16 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 16.85 | 29,232,534.00 | 1,734,868.49 |
| Baja Tulangan U24 polos | 18.38 | 101,180,571.00 | 5,504,927.69 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 18.38 | 129,519,118.00 | 7,046,742.00 |
| Pasangan batu (section 1) | 22.98 | 130,032,335.00 | 5,658,500.22 |
| Pasangan batu (section 3) | 22.98 | 55,254,515.00 | 2,404,461.05 |

5) Analisa Biaya

Berikut analisa biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total dijelaskan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5.26 Hasil perhitungan biaya tidak langsung

| Kode | Biaya Tidak Langsung (Rp) | | |
|-------|---------------------------|------------------|------------------|
| | Lembur 1 Jam | Lembur 2 Jam | Lembur 3 Jam |
| | 2,552,023,442.47 | 2,552,023,442.47 | 2,552,023,442.47 |
| B10 | 2,443,598,491.69 | 2,366,028,513.61 | 2,309,076,578.03 |
| PB3 | 2,295,811,823.41 | 2,112,412,172.63 | 1,977,746,076.85 |
| B30 | 2,236,697,156.10 | 2,011,052,145.51 | 1,845,242,712.81 |
| B20 | 2,108,519,255.52 | 1,791,318,601.65 | 1,558,176,121.06 |
| PBM | 1,990,289,920.89 | 1,588,454,365.29 | 1,293,169,392.97 |
| BT24 | 1,872,060,586.27 | 1,385,590,128.93 | 1,028,162,664.87 |
| PB1 | 1,724,273,917.99 | 1,131,973,787.96 | 696,832,163.70 |
| BT32 | 1,606,044,583.37 | 929,109,551.60 | 431,825,435.60 |
| LPAKA | 1,596,240,199.52 | 912,240,244.10 | 409,765,571.95 |
| LPACB | 1,586,435,815.68 | 895,370,936.59 | 387,705,708.29 |

Tabel 5.27 Hasil perhitungan biaya langsung

| Kode | Biaya Langsung (Rp) | | |
|-------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | Lembur 1 Jam | Lembur 2 Jam | Lembur 3 Jam |
| | 38,345,788,135.53 | 38,345,788,135.53 | 38,345,788,135.53 |
| B10 | 38,352,732,003.53 | 38,363,745,610.53 | 38,375,020,669.53 |
| PB3 | 38,365,215,956.53 | 38,397,720,692.53 | 38,430,275,184.53 |
| B30 | 38,370,392,318.53 | 38,411,824,129.53 | 38,453,311,210.53 |
| B20 | 38,383,175,771.53 | 38,446,692,123.53 | 38,510,168,459.53 |
| PBM | 38,399,763,097.53 | 38,491,844,090.53 | 38,583,191,697.53 |
| BT24 | 38,423,073,485.53 | 38,555,308,695.53 | 38,684,372,268.53 |
| PB1 | 38,452,456,551.53 | 38,635,259,580.53 | 38,814,404,603.53 |
| BT32 | 38,482,295,480.53 | 38,716,499,690.53 | 38,943,923,721.53 |
| LPAKA | 38,486,100,002.53 | 38,726,662,984.53 | 38,961,650,151.53 |
| LPACB | 38,490,339,772.53 | 38,737,945,158.53 | 38,981,379,899.53 |

Berikut hasil analisa biaya total dan efisiensi waktu dan biaya dijelaskan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5.35 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya waktu lembur 1 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| B10 | 169.48 | 40,796,330,495.22 | 4.25 | 0.25 |
| PB3 | 159.23 | 40,661,027,779.95 | 10.04 | 0.58 |
| B30 | 155.13 | 40,607,089,474.63 | 12.36 | 0.71 |
| B20 | 146.24 | 40,491,695,027.05 | 17.38 | 0.99 |
| PBM | 138.04 | 40,390,053,018.43 | 22.01 | 1.24 |
| BT24 | 129.84 | 40,295,134,071.80 | 26.64 | 1.47 |
| PB1 | 119.59 | 40,176,730,469.53 | 32.44 | 1.76 |
| BT32 | 111.39 | 40,088,340,063.90 | 37.07 | 1.98 |
| LPAKA | 110.71 | 40,082,340,202.06 | 37.45 | 1.99 |
| LPACB | 110.03 | 40,076,775,588.21 | 37.84 | 2.01 |

Tabel 5.36 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya waktu lembur 2 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| B10 | 164.1 | 40,729,774,124.14 | 7.29 | 0.41 |
| PB3 | 146.51 | 40,510,132,865.16 | 17.23 | 0.95 |
| B30 | 139.48 | 40,422,876,275.04 | 21.20 | 1.16 |
| B20 | 124.24 | 40,238,010,725.18 | 29.81 | 1.61 |
| PBM | 110.17 | 40,080,298,455.82 | 37.76 | 2.00 |
| BT24 | 96.1 | 39,940,898,824.47 | 45.71 | 2.34 |
| PB1 | 78.51 | 39,767,233,368.49 | 55.64 | 2.76 |
| BT32 | 64.44 | 39,645,609,242.13 | 63.59 | 3.06 |
| LPAKA | 63.27 | 39,638,903,228.63 | 64.25 | 3.08 |
| LPACB | 62.1 | 39,633,316,095.13 | 64.92 | 3.09 |

Tabel 5.37 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya waktu lembur 3 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| B10 | 160.15 | 40,684,097,247.56 | 9.52 | 0.52 |
| PB3 | 137.17 | 40,408,021,261.39 | 22.50 | 1.20 |
| B30 | 127.98 | 40,298,553,923.34 | 27.69 | 1.47 |
| B20 | 108.07 | 40,068,344,580.59 | 38.94 | 2.03 |
| PBM | 89.69 | 39,876,361,090.50 | 49.33 | 2.50 |
| BT24 | 71.31 | 39,712,534,933.40 | 59.71 | 2.90 |
| PB1 | 48.33 | 39,511,236,767.23 | 72.69 | 3.39 |
| BT32 | 29.95 | 39,375,749,157.14 | 83.08 | 3.72 |
| LPAKA | 28.42 | 39,371,415,723.48 | 83.94 | 3.73 |
| LPACB | 26.89 | 39,369,085,607.83 | 84.81 | 3.74 |

b. Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja

1) Analisa biaya penambahan alat dan tenaga kerja

Tabel 5.49 Hasil analisa biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja untuk durasi waktu 1, 2 dan 3 jam lembur

| Kode | Biaya | | |
|-------|------------------|------------------|------------------|
| | Lembur 1 jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam |
| PBM | 2,217,460,757.70 | 2,217,681,619.27 | 2,216,798,964.04 |
| LPAKA | 736,868,837.98 | 736,900,488.87 | 736,924,557.70 |
| LPACB | 942,825,037.78 | 942,687,934.44 | 943,932,651.28 |
| B30 | 1,543,203,644.92 | 1,542,898,671.76 | 1,543,085,133.22 |
| B20 | 3,168,622,258.67 | 3,168,580,905.72 | 3,168,983,143.74 |
| B10 | 1,305,299,335.89 | 1,305,734,696.81 | 1,305,552,483.79 |
| BT24 | 2,129,923,472.29 | 2,129,957,815.28 | 2,129,931,891.33 |
| BT32 | 4,946,763,605.99 | 4,946,811,028.96 | 4,946,781,204.19 |
| PB1 | 4,199,912,005.69 | 4,199,821,862.55 | 4,199,148,148.94 |
| PB3 | 1,783,989,890.29 | 1,783,653,744.46 | 1,784,382,792.94 |

2) Analisa Cost Variance, Cost Slope dan Duration Variance

Tabel 5.58 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 1 jam

| Uraian Pekerjaan | DV (hari) | Selisih Biaya | Cost Slope |
|--|-----------|---------------|-------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 8.2 | 278,873.43 | 34,008.96 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 0.68 | -30,863.37 | -45,387.31 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 0.68 | -653,615.07 | -961,198.63 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 4.1 | 131,987.51 | 32,192.07 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 8.89 | 40,534.41 | 4,559.55 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 7.52 | 34,184.65 | 4,545.83 |
| Baja Tulangan U24 polos | 8.2 | 14,431.29 | 1,759.91 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 8.2 | -33,838.07 | -4,126.59 |
| Pasangan batu (section 1) | 10.25 | 48,316.17 | 4,713.77 |
| Pasangan batu (section 3) | 10.25 | -190,563.31 | -18,591.54 |

Tabel 5.59 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 2 jam

| Uraian Pekerjaan | DV (hari) | Selisih Biaya | Cost Slope |
|--|-----------|---------------|-------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 14.07 | 499,735.01 | 35,517.77 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 1.17 | 787.52 | 673.09 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 1.17 | -790,718.40 | -675,827.69 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 7.03 | -172,985.66 | -24,606.78 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 15.24 | -818.54 | -53.71 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 12.9 | 469,545.58 | 36,398.88 |
| Baja Tulangan U24 polos | 14.07 | 48,774.28 | 3,466.54 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 14.07 | 13,584.90 | 965.52 |
| Pasangan batu (section 1) | 17.59 | -41,826.97 | -2,377.88 |
| Pasangan batu (section 3) | 17.59 | -526,709.14 | -29,943.67 |

Tabel 5.60 Hasil perhitungan cost slope pada waktu lembur 3 jam

| Uraian Pekerjaan | DV (hari) | Selisih Biaya | Cost Slope |
|--|-----------|---------------|------------|
| Pasangan Batu dengan mortar | 18.38 | -382,920.23 | -20,833.53 |
| Lapis Pondasi Agregat Kelas A | 1.53 | 24,856.35 | 16,245.98 |
| Laston lapis pondasi (AC-Base) | 1.53 | 453,998.43 | 296,731.00 |
| Beton mutu sedang fc'30 Mpa (box culvert) | 9.19 | 13,475.80 | 1,466.35 |
| Beton mutu sedang fc' 20 Mpa (pilecap) | 19.91 | 401,419.48 | 20,161.70 |
| Beton mutu sedang fc'10 Mpa (box culvert) | 16.85 | 287,332.56 | 17,052.38 |
| Baja Tulangan U24 polos | 18.38 | 22,850.33 | 1,243.22 |
| Baja Tulangan U32 ulir (box culvert dan pilecap) | 18.38 | -16,239.87 | -883.56 |
| Pasangan batu (section 1) | 22.98 | -715,540.58 | -31,137.54 |
| Pasangan batu (section 3) | 22.98 | 202,339.34 | 8,805.02 |

3) Analisa Biaya

Berikut analisa biaya langsung, biaya tidak langsung, biaya total, efisiensi biaya dan efisiensi waktu

dijelaskan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 5.67 Hasil perhitungan biaya tidak langsung

| Kode | Biaya Tidak Langsung (Rp) | | |
|-------|---------------------------|------------------|------------------|
| | 1 jam | 2 jam | 3 jam |
| | 2,552,023,442.47 | 2,552,023,442.47 | 2,552,023,442.47 |
| LPACB | 2,542,219,058.62 | 2,535,154,134.97 | 2,220,692,941.29 |
| LPAKA | 2,532,414,674.77 | 2,281,537,793.99 | 1,955,686,213.20 |
| PB3 | 2,384,628,006.50 | 2,180,177,766.87 | 1,690,679,485.11 |
| BT32 | 2,266,398,671.87 | 1,926,561,425.89 | 1,425,672,757.01 |
| BT24 | 2,148,169,337.25 | 1,706,827,882.03 | 1,293,169,392.97 |
| B10 | 2,039,744,386.47 | 1,689,958,574.53 | 961,838,891.79 |
| B20 | 1,911,566,485.89 | 1,487,094,338.17 | 939,779,028.14 |
| PB1 | 1,763,779,817.61 | 1,284,230,101.81 | 696,832,163.70 |
| B30 | 1,704,665,150.30 | 1,081,365,865.45 | 409,765,571.95 |
| PBM | 1,586,435,815.68 | 895,370,936.59 | 387,705,708.29 |

Tabel 5.68 Hasil perhitungan biaya langsung

| Kode | Biaya Langsung (Rp) | | |
|-------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | 1 jam | 2 jam | 3 jam |
| | 38,345,788,135.53 | 38,345,788,135.53 | 38,345,788,135.53 |
| LPACB | 38,345,134,520.46 | 38,344,997,417.13 | 38,345,072,594.95 |
| LPAKA | 38,345,103,657.09 | 38,344,470,708.00 | 38,344,689,674.73 |
| PB3 | 38,344,913,093.78 | 38,344,297,722.34 | 38,344,673,434.86 |
| BT32 | 38,344,879,255.71 | 38,344,255,895.36 | 38,344,696,285.19 |
| BT24 | 38,344,893,687.00 | 38,344,255,076.83 | 38,344,709,760.99 |
| B10 | 38,344,927,871.66 | 38,344,255,864.34 | 38,344,912,100.33 |
| B20 | 38,344,968,406.06 | 38,344,269,449.24 | 38,344,936,956.69 |
| PB1 | 38,345,016,722.24 | 38,344,318,223.52 | 38,345,224,289.25 |
| B30 | 38,345,148,709.74 | 38,344,817,958.53 | 38,345,625,708.73 |
| PBM | 38,345,427,583.18 | 38,345,287,504.11 | 38,346,079,707.16 |

Tabel 5.76 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya untuk waktu lembur 1 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| LPACB | 176.32 | 40,887,353,579.08 | 0.38 | 0.03 |
| LPAKA | 175.64 | 40,877,518,331.87 | 0.77 | 0.05 |
| PB3 | 165.39 | 40,729,541,100.28 | 6.56 | 0.41 |
| BT32 | 157.19 | 40,611,277,927.59 | 11.19 | 0.70 |
| BT24 | 148.99 | 40,493,063,024.25 | 15.82 | 0.99 |
| B10 | 141.47 | 40,384,672,258.13 | 20.07 | 1.25 |
| B20 | 132.58 | 40,256,534,891.95 | 25.10 | 1.57 |
| PB1 | 122.33 | 40,108,796,539.85 | 30.89 | 1.93 |
| B30 | 118.23 | 40,049,813,860.04 | 33.20 | 2.07 |
| PBM | 110.03 | 39,931,863,398.85 | 37.84 | 2.36 |

Tabel 5.77 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya waktu lembur 2 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| LPACB | 175.83 | 40,880,151,552.10 | 0.66 | 0.04 |
| PB3 | 158.24 | 40,626,008,501.98 | 10.60 | 0.66 |
| B30 | 151.21 | 40,524,475,489.20 | 14.57 | 0.91 |
| PB1 | 133.62 | 40,270,817,321.25 | 24.51 | 1.53 |
| B20 | 118.38 | 40,051,082,958.86 | 33.12 | 2.07 |
| LPAKA | 117.21 | 40,034,214,438.87 | 33.78 | 2.11 |
| BT32 | 103.14 | 39,831,363,787.41 | 41.73 | 2.61 |
| BT24 | 89.07 | 39,628,548,325.33 | 49.68 | 3.10 |
| PBM | 75 | 39,426,183,823.98 | 57.63 | 3.60 |
| B10 | 62.1 | 39,240,658,440.70 | 64.92 | 4.05 |

Tabel 5.78 Hasil perhitungan efisiensi waktu dan biaya waktu lembur 3 jam

| Kode | Durasi (hari) | Biaya Total (Rp) | Efisiensi Waktu (%) | Efisiensi Biaya (%) |
|-------|---------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| | 177 | 40,897,811,578.00 | 0.00 | 0.00 |
| PB1 | 154.02 | 40,565,765,536.25 | 12.98 | 0.81 |
| PBM | 135.64 | 40,300,375,887.92 | 23.37 | 1.46 |
| BT32 | 117.26 | 40,035,352,919.96 | 33.75 | 2.11 |
| BT24 | 98.88 | 39,770,369,042.20 | 44.14 | 2.76 |
| B30 | 89.69 | 39,637,879,153.96 | 49.33 | 3.08 |
| PB3 | 66.71 | 39,306,750,992.13 | 62.31 | 3.89 |
| LPAKA | 65.18 | 39,284,715,984.82 | 63.18 | 3.94 |
| B10 | 48.33 | 39,042,056,452.94 | 72.69 | 4.54 |
| B20 | 28.42 | 38,755,391,280.68 | 83.94 | 5.24 |
| LPACB | 26.89 | 38,733,785,415.45 | 84.81 | 5.29 |

4) Perbandingan Antara Penambahan Jam Kerja dengan Alat Berat

Berdasarkan penerapan metode time cost trade off antara penambahan jam kerja atau penambahan waktu lembur selama 1 jam, 2 jam atau 3 jam dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja didapatkan perbedaan dari keduanya yaitu sebagai berikut :

Tabel 5.79 Perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam kerja lembur dan penambahan alat berat dan tenaga kerja.

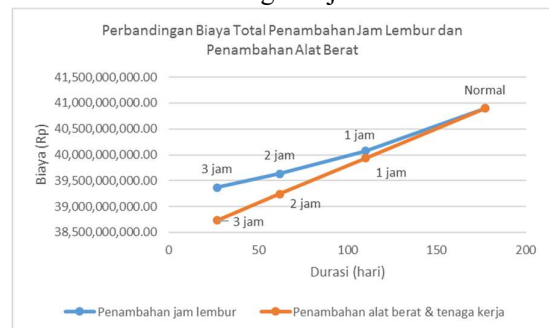
| No | | Durasi (hari) | Biaya Penambahan jam Lembur (Rp) | Biaya Penambahan Tenaga/Alat (Rp) |
|----|--------|---------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Normal | 177 | 40,897,811,578.00 | 40,897,811,578.00 |
| 2 | 1 | 110.03 | 40,076,775,588.21 | 39,931,863,398.85 |
| 3 | 2 | 62.1 | 39,633,316,095.13 | 39,240,658,440.70 |
| 4 | 3 | 26.89 | 39,369,085,607.83 | 38,733,785,415.45 |



Gambar 6. Grafik perbandingan titik biaya normal dengan penambahan jam lembur



Gambar 7. Grafik perbandingan titik biaya normal dengan penambahan alat berat dan tenaga kerja



Gambar 8. Grafik perbandingan titik biaya normal dengan penambahan jam lembur dan penambahan alat berat dan tenaga kerja

Pada tabel 5.84, tabel 5.85 dan tabel 5.86 merupakan hasil penambahan biaya dari selisih biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja dan

penambahan waktu lembur kerja yang kemudian dibandingkan dengan durasi percepatan dan biaya total serta dengan denda apabila proyek mengalami keterlambatan dari jadwal perencanaan.

Tabel 5.84 perbandingan biaya penambahan lembur kerja 1 jam, penambahan alat berat dan tenaga kerja dan biaya denda

| Kode | Duration Variance (hari) | Selisih Biaya | | Denda (Rp) |
|-------|--------------------------|----------------------------|---|----------------|
| | | Penambahan Jam Lembur (Rp) | Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja (Rp) | |
| LPAKA | 1 | 3,804,522.00 | -30,863.37 | 40,897,811.58 |
| LPACB | 1 | 8,044,292.00 | -684,478.44 | 40,897,811.58 |
| B30 | 5 | 13,220,654.00 | -552,490.93 | 204,489,057.89 |
| B10 | 8 | 20,164,522.00 | -518,306.28 | 327,182,492.62 |
| B20 | 9 | 32,947,975.00 | -477,771.87 | 368,080,304.20 |
| PBM | 9 | 49,535,301.00 | -198,898.44 | 368,080,304.20 |
| BT24 | 9 | 72,845,689.00 | -184,467.15 | 368,080,304.20 |
| BT32 | 9 | 102,684,618.00 | -218,305.21 | 368,080,304.20 |
| PB3 | 11 | 115,168,571.00 | -408,868.53 | 449,875,927.36 |
| PB1 | 11 | 144,551,637.00 | -360,552.35 | 449,875,927.36 |

Tabel 5.85 perbandingan biaya penambahan lembur kerja 2 jam, penambahan alat berat dan tenaga kerja dan biaya denda

| Kode | Duration Variance (hari) | Selisih Biaya | | Denda (Rp) |
|-------|--------------------------|----------------------------|---|----------------|
| | | Penambahan Jam Lembur (Rp) | Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja (Rp) | |
| LPAKA | 2 | 10,163,294.00 | 787.52 | 81,795,623.16 |
| LPACB | 2 | 21,445,468.00 | -789,930.89 | 81,795,623.16 |
| B30 | 8 | 35,548,905.00 | -962,916.54 | 327,182,492.62 |
| B10 | 13 | 53,506,380.00 | -493,370.96 | 531,671,550.51 |
| PBM | 15 | 98,658,347.00 | 6,364.04 | 613,467,173.67 |
| BT24 | 15 | 162,122,952.00 | 55,138.32 | 613,467,173.67 |
| BT32 | 15 | 243,363,062.00 | 68,723.22 | 613,467,173.67 |
| B20 | 16 | 278,231,056.00 | 67,904.68 | 654,364,985.25 |
| PB3 | 18 | 312,206,138.00 | -458,804.45 | 736,160,608.40 |
| PB1 | 18 | 392,157,023.00 | -500,631.42 | 736,160,608.40 |

Tabel 5.86 perbandingan biaya penambahan lembur kerja 3 jam, penambahan alat berat dan tenaga kerja dan biaya denda

| Kode | Duration Variance (hari) | Selisih Biaya | | Denda (Rp) |
|-------|--------------------------|----------------------------|---|----------------|
| | | Penambahan Jam Lembur (Rp) | Penambahan Alat Berat dan Tenaga Kerja (Rp) | |
| LPAKA | 2 | 17,726,430.00 | 24,856.35 | 81,795,623.16 |
| LPACB | 2 | 37,456,178.00 | 478,854.79 | 81,795,623.16 |
| B30 | 10 | 60,492,204.00 | 492,330.59 | 408,978,115.78 |
| B10 | 17 | 89,724,738.00 | 779,663.15 | 695,262,796.83 |
| PBM | 19 | 162,747,976.00 | 396,742.92 | 777,058,419.98 |
| BT24 | 19 | 263,928,547.00 | 419,593.25 | 777,058,419.98 |
| BT32 | 19 | 393,447,665.00 | 403,353.38 | 777,058,419.98 |
| B20 | 20 | 450,304,914.00 | 804,772.86 | 817,956,231.56 |
| PB3 | 23 | 505,559,429.00 | 1,007,112.21 | 940,649,666.29 |
| PB1 | 23 | 635,591,764.00 | 291,571.63 | 940,649,666.29 |

F. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan pada proyek Pembangunan Jalan Bugel – Galur - Poncosari Cs Tahap I, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 177 hari dan biaya sebesar Rp 40,897,811,578.00, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 110.03 hari dengan biaya sebesar Rp 40,076,775,588.21. Kemudian setelah penambahan 2 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 62.1 hari dengan biaya sebesar Rp 39,633,316,095.13. Dan pada penambahan 3 jam kerja lembur didapat durasi crashing sebesar 26.89 hari dengan biaya sebesar Rp 39,369,085,607.83.
- Waktu dan biaya proyek pada kondisi normal dengan durasi 177 hari dan biaya sebesar Rp 40,897,811,578.00, pada penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 1 jam kerja lembur maka didapat durasi crashing sebesar 110.03 hari dengan biaya Rp 39,931,863,398.85. kemudian setelah penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 2 jam kerja lembur maka didapat durasi crashing sebesar 62.1 hari dengan biaya Rp39,240,658,440.70. Dan pada penambahan alat berat dan tenaga kerja dengan menggunakan durasi 3 jam kerja lembur maka didapat durasi crashing sebesar 26.89 hari dengan biaya Rp 38,733,785,415.45.
- 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.

2. Saran
 - a. Pengecekan terhadap durasi dengan teliti secara berkala untuk setiap item pekerjaan.
 - b. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat harus dilakukan analisis secara cermat dan lebih teliti dalam penyusunan hubungan antar pekerjaan dalam Microsoft project 2010.
 - c. Penyusunan hubungan antar pekerjaan hendaknya mendekati keadaan yang terjadi di lapangan agar hasil analisis dapat diterapkan di lapangan.
 - d. 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

- 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.
- 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.
- Mustofa. 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.
- Satria, D. Y. 2016. *Analisis Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Soeharto, Iman. 1995. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga : Jakarta.
- Widiasanti, I. dan Lenggogeni. 2013. *Manajemen Konstruksi*. Bandung : PT Remaja Rosdakarya.
- 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.