

STUDI OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG ¹

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Dinas Cipta Karya & Bina Marga Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur)

Muhammad Afif ², Ir. H. Mandiyo Priyo, M.T ³, Ir. Anita Widianti, M.T ⁴

INTISARI

Keberhasilan sebuah proyek dapat dilihat dari waktu pengerjaan dan biaya yang harus dikeluarkan, singkatnya keberhasilan dapat dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan penggunaan biaya seminimum mungkin tanpa meninggalkan mutu dari pekerjaan. Oleh Karena itu diperlukan pengelolaan proyek yang baik dan sistematis sehingga waktu penyelesaian proyek dapat sesuai dengan kontrak atau lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan dapat berkurang dan memberikan keuntungan dan juga menghindarkan adanya biaya akibat denda ketika proyek mengalami keterlambatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan hasil antara biaya perubahan setelah dilakukan penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja dengan biaya yang dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari konsultan perencana. Analisis data menggunakan program *Microsoft Project 2010* dan metode *Time Cost Trade Off*. Hasil dari program *Microsoft Project 2010* adalah lintasan kritis dan kenaikan biaya akibat dari penambahan jam kerja (lembur) dan hasil dari metode *Time Cost Trade Off* percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga variasi penambahan jam lembur di peroleh biaya termurah pada penambahan 3 jam kerja lembur dengan durasi *crashing* sebesar 92,81 hari dan total biaya sebesar Rp 62.073.254.756. Sedangkan pada variasi penambahan tenaga kerja didapat biaya termurah pada penambahan tenaga kerja kondisi 3 dengan durasi *crashing* sebesar 92,81 hari dan total biaya sebesar Rp 61.517.535.868. Berdasarkan variasi penambahan jam lembur dibandingkan dengan variasi penambahan tenaga kerja, penambahan tenaga kerja lebih efektif dan efisien Karena dengan durasi yang sama didapat biaya total proyek lebih murah di bandingkan dengan penambahan jam lembur dilihat dari segi durasi dan biayanya.

Biaya mempercepat proyek dengan variasi penambahan jam lembur dan tenaga kerja lebih murah disbandingkan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan terkena denda.

Kata kunci: *Microsoft Project 2010*, *Time Cost Trade Off*, Jam Lembur & Tenaga kerja, Waktu & Biaya

¹ Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir

² Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

NIM: 20130110246

e-mail: muh.afif212@gmail.com

³ Dosen Pembimbing I

⁴ Dosen Pembimbing II

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan rangkaian mekanisme pekerjaan yang sensitif karena setiap aspek dalam proyek konstruksi saling mempengaruhi antara satu dengan yang lainnya. Pada masa pelaksanaan proyek konstruksi sering terjadi ketidaksesuaian antara jadwal rencana dan realisasi di lapangan yang dapat mengakibatkan pertambahan waktu pelaksanaan dan pembengkakan biaya pelaksanaan sehingga penyelesaian proyek menjadi terhambat. Penyebab keterlambatan yang sering terjadi adalah akibat perubahan situasi di proyek, perubahan desain, pengaruh faktor cuaca, kurang memadainya kebutuhan pekerja, material ataupun peralatan, kesalahan perencana dan spesifikasi. Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi dapat diatasi dengan melakukan percepatan dalam pelaksanaannya agar dapat mencapai target rencana. Namun dalam pengambilan keputusan untuk mempercepat pelaksanaan pekerjaan tentu harus memperhatikan faktor pembiayaan sehingga hasil yang diharapkan yaitu biaya minimum tanpa mengabaikan mutu sesuai standar yang diinginkan.

Dalam penelitian ini akan dianalisis percepatan waktu proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Dinas Cipta Karya & Bina Marga Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur dengan metode penambahan jam kerja (lembur) yang bervariasi dari 1 jam sampai 3 jam lembur dan penambahan tenaga kerja kondisi 1 sampai tenaga kerja kondisi 3 dengan menggunakan program *Microsoft Project 2010*. Selanjutnya ditentukan perubahan biaya proyek setelah dilakukan lembur dan penambahan tenaga kerja, kemudian dibandingkan antara perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dengan biaya akibat 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 tenaga kerja ?
2. Berapa selisih antara biaya denda dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja dan tenaga kerja?

C. Tujuan Penelitian

1. Menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.
2. Membandingkan antara perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dengan 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 2010* dalam manajemen proyek.

E. Batasan Masalah

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Gedung Dinas Cipta Karya & Bina Marga Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur. Perhitungan optimasi meninjau pekerjaan tanah dan struktur termasuk pekerjaan atap gedung sehingga didapat durasi pekerjaan selama 174 hari.
2. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Sabtu, dengan jam kerja berkisar jam 08.00-16.00 WIB dengan waktu istirahat pada jam 12.00-13.00 WIB dan maksimum jam lembur yang diperkenankan selama 4 jam dari jam 17.00-21.00.
3. Perhitungan percepatan waktu proyek pada penelitian ini menggunakan alternatif, yaitu variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan jumlah sumber daya / tenaga kerja (*resources*) untuk mengetahui perubahan waktu dan biaya.
4. Pengoptimasian waktu dan biaya dengan metode penambahan jam kerja (lembur) menggunakan program *Microsoft Project 2010*.
5. Perhitungan biaya denda menggunakan alternatif besarnya perubahan durasi proyek sesudah dilakukan kompresi akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja dikalikan dengan 1% biaya total proyek.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Tanjung (2013) dalam penelitian optimasi waktu dan biaya dengan metode *crash* pada proyek Pekerjaan Struktur Hotel Lorin Triple Moderate Solo mengambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Optimasi dari estimasi durasi proyek struktur yang direncanakan dalam program *Microsoft Project* yaitu 66 hari kerja (77 hari kalender) dari durasi normal 84 hari kerja (98 hari kalender) dan proyek dijadwalkan dapat diselesaikan pada 17 November 2012 dari rencana awal 09 Desember 2012.
2. Hasil perhitungan sumber daya (*resources*) pada penambahan jam kerja (lembur) dalam program *Microsoft Project* diperoleh biaya total proyek pekerjaan struktur sebesar Rp 13.488.216,991 dari biaya normal proyek sebesar Rp 12.765.950.430,11. Jadi, dari penambahan jam kerja (lembur) pada proyek terjadi pengurangan durasi proyek selama 21 hari dengan pertambahan biaya sebesar Rp 722.266.561,00.

III. LANDASAN TEORI

A. Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Soeharto,1999).

Menurut Soeharto (1999), tujuan dari proses manajemen proyek adalah sebagai berikut :

1. Agar semua rangkaian kegiatan tersebut tepat waktu, dalam hal ini tidak terjadi keterlambatan penyelesaian suatu proyek;
2. Biaya yang sesuai, maksudnya agar tidak ada biaya tambahan lagi di luar dari perencanaan biaya yang telah direncanakan;
3. Kualitas sesuai dengan persyaratan;
4. Proses kegiatan sesuai persyaratan.

Menurut Siswanto (2007) dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencana yang lain, yaitu:

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

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. Lintasan Kritis

Lintasan kritis tidak lepas kaitannya dengan *network planning*, dimana lintasan kritis merupakan lintasan dengan durasi paling lama dan lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian sebuah proyek. Hal hal yang harus diperhatikan dalam lintasan kritis adalah:

1. Tertundanya pekerjaan di lintasan kritis akan menunda penyelesaian proyek secara keseluruhan;
2. Penyelesaian proyek secara keseluruhan dapat dipercepat dengan mempercepat penyelesaian pekerjaan yang terdapat pada lintasan kritis.

D. 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;
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*). Walaupun sifatnya tetap, tetapi harus dilakukan pengendalian agar tidak melewati anggarannya.

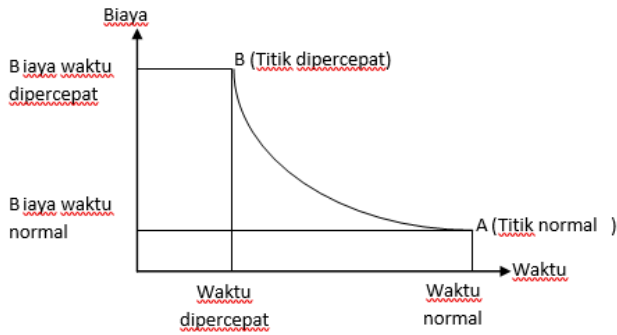
Jadi biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek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

E. Hubungan Antara Waktu dan Biaya

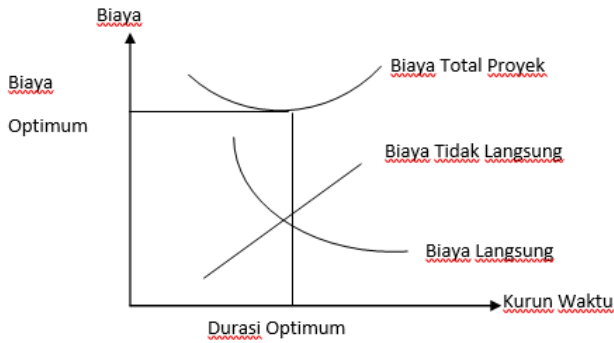
Semakin banyak penambahan jam kerja maka semakin banyak biaya yang dikeluarkan seperti yang akan ditunjukkan dalam gambar 3.1. berikut ini.

G. Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau dapat dikatakan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Di dalam proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat. Kesuksesan dari suatu proyek konstruksi salah satunya tergantung pada efektifitas pengelolaan sumber daya, dan pekerja adalah salah satu sumber daya yang tidak mudah untuk dikelola. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.



Gambar 3.1 Hubungan antara waktu dan biaya



Gambar 3.2 Hubungan antara biaya total proyek, biaya tidak langsung dan biaya langsung

Gambar 3.2 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

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

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. Analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off* (Pertukaran Waktu dan Biaya). Di dalam analisis *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan.

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

1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur);
2. Penambahan tenaga kerja;
3. Pergantian atau penambahan alat;
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas;
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif.

H. Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 7 jam (dimulai pukul 08.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai. Penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas.

Dari uraian diatas dapat dapat ditulis sebagai berikut:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}} \dots \dots \dots (3.2)$$

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (\text{a} \times \text{b} \times \text{Produktivitas tiap jam}) \dots \dots \dots (3.3)$$

dengan: a = lama penambahan jam kerja (lembur)

b = koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja

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 |

$$4. \text{ Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}} \dots\dots\dots (3.4)$$

I. Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut :

$$1. \text{ Jumlah Tenaga Kerja Normal} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{Volume})}{\text{Durasi normal}} \dots\dots\dots (3.5)$$

$$2. \text{ Jumlah Tenaga Kerja Dipercepat} = \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{Volume})}{\text{Durasi dipercepat}} \dots\dots\dots (3.6)$$

J. Biaya Tambahan Pekerja (Crash Cost)

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:

$$1. \text{ Normal ongkos pekerja perhari} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \dots\dots\dots (3.7)$$

$$2. \text{ Normal ongkos pekerja perjam} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \dots\dots\dots (3.8)$$

$$3. \text{ Biaya lembur pekerja} = 1,5 \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + 2 \times n \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) berikutnya} \dots\dots\dots (3.9)$$

dengan: n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

$$4. \text{ Crash cost pekerja perhari} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Normal cost pekerja}) + (n \times \text{Biaya lembur perjam}) \dots\dots\dots (3.10)$$

$$5. \text{ Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duratinon} - \text{crash duration}} \dots\dots\dots (3.11)$$

K. Biaya Denda

$$\text{Total denda} = \text{total waktu akibat keterlambatan} \times \text{denda perhari akibat perjam} \dots\dots\dots(3.12)$$

L. Program Microsoft Project 2010

Microsoft project 2010 merupakan sistem perencanaan yang dapat membantu dalam menyusun penjadwalan (*scheduling*) suatu proyek atau rangkaian pekerjaan. *Microsoft project 2010* 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 :

1. Mengetahui durasi kerja proyek;
2. Membuat durasi optimum;
3. Mengendalikan jadwal yang dibuat;
4. Mengalokasikan sumber daya (*resources*) yang digunakan.

Komponen yang dibutuhkan pada jadwal adalah :

1. Kegiatan (rincian tugas, tugas utama);
2. Durasi kerja untuk tiap kegiatan;
3. Hubungan kerja tiap kegiatan;
4. *Resources* (tenaga kerja pekerja dan bahan).

Yang dikerjakan oleh *Microsoft Project 2010* antara lain :

1. Mencatat kebutuhan tenaga kerja pada setiap sektor;
2. Mencatat jam kerja para pegawai, jam lembur;
3. Menghitung pengeluaran sehubungan dengan ongkos tenaga kerja, memasukkan biaya tetap, menghitung total biaya proyek.

Membantu mengontrol pengguna tenaga kerja pada beberapa pekerjaan untuk menghindari *overallocation* (kelebihan beban pada penggunaan tenaga kerja).

IV. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Dinas Cipta Karya & Dinas Bina Marga Kabupaten Kutai Kartanegara, Provinsi Kalimantan Timur.

B. Tahapan Penelitian

1. Persiapan
Sebelum melakukan penelitian perlu dilakukan studi literatur untuk memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian.
2. Pengumpulan Data
Data yang diperlukan adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh dari konsultan. Variabel-variabel yang sangat mempengaruhi dalam

pengoptimasian waktu dan biaya pelaksanaan proyek ini adalah variabel waktu dan variabel biaya.

a. Variabel Waktu

1) Data *cumulative progress*, meliputi :

- a) Jenis kegiatan;
- b) *Prosentase* kegiatan;
- c) Durasi kegiatan.

2) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.

2. Variabel Biaya

1) Daftar rencana anggaran biaya (RAB) penawaran, meliputi :

- a) Jumlah biaya normal;
- b) Durasi normal.

2) Daftar-daftar harga bahan dan upah.

3) Gambar rencana proyek.

3. Analisis percepatan dengan aplikasi program

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project 2010*. Proses menginputkan data untuk menganalisis percepatan meliputi dua tahap, yaitu dengan menyusun rencana jadwal dan biaya proyek (*baseline*) dan memasukkan optimasi durasi dengan penambahan jam kerja (*lembur*).

Pengujian dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kemudian dibandingkan hasil analisis percepatan yang berupa perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan dengan biaya denda akibat keterlambatan.

4. Kesimpulan

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

V. HASIL & PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Adapun gambaran umum dari Proyek Pembangunan Gedung Dinas Cipta Karya & Bina Marga Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek : A
 Konsultan Supervisi : PT. B
 Kontraktor : PT. C
 Anggaran : Rp 62.698.931.103
 Waktu pelaksanaan : 174 Hari kerja
 Tanggal pekerjaan dimulai : 5 Desember 2013
 Tanggal pekerjaan selesai : 22 Juni 2014

B. Daftar Kegiatan - Kegiatan Kritis

Berdasarkan hasil analisis *Microsoft Project* untuk penjadwalan proyek tersebut diperoleh kegiatan kritis. Daftar kegiatan kritis pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Daftar kegiatan kritis

| Kode | Jenis pekerjaan | Durasi (hari) |
|-------|--------------------------------------|---------------|
| LC | Pekerjaan pembersihan muka tanah | 24 |
| PT | Pemancangan Tiang pancang 45 x 45 cm | 18 |
| BPC | Beton pile cap | 4 |
| PPC | Pembesian pile cap | 10 |
| BkPC | Bekisting pile cap | 10 |
| BTB | Beton tie beam | 4 |
| PTB | Pembesian tie beam | 10 |
| BkTB | Bekisting tie beam | 10 |
| BK1 | Beton kolom LT.1 | 4 |
| PK1 | Pembesian kolom LT.1 | 11 |
| BkK1 | Bekisting kolom LT.1 | 11 |
| BK2 | Beton kolom LT.2 | 4 |
| PK2 | Pembesian kolom LT.2 | 11 |
| BkK2 | Bekisting kolom LT.2 | 11 |
| BK3 | Beton kolom LT.3 | 4 |
| PK3 | Pembesian kolom LT.3 | 11 |
| BkK3 | Bekisting kolom LT.3 | 11 |
| BK4 | Beton kolom LT.4 | 4 |
| PK4 | Pembesian kolom LT.4 | 11 |
| BkK4 | Bekisting kolom LT.4 | 11 |
| BK5 | Beton kolom LT.5 | 4 |
| PK5 | Pembesian kolom LT.5 | 11 |
| BkK5 | Bekisting kolom LT.5 | 11 |
| BB5 | Beton balok LT.5 | 5 |
| PB5 | Pembesian balok LT.5 | 17 |
| BkB5 | Bekisting balok LT.5 | 17 |
| BRB5 | Beton ring balok LT.5 | 2 |
| PRB5 | Pembesian ring balok LT.5 | 5 |
| BkRB5 | Bekisting ring balok LT.5 | 5 |
| PrBs | Pekerjaan perakitan besi | 5 |
| PsBj | Pekerjaan pasang baja profil / kg | 18 |
| PLs | Pekerjaan las listrik / 10 cm | 6 |
| AM | Pekerjaan penutup atap metal | 18 |

Tabel 5.1 menjelaskan bahwa beberapa pekerjaan yang akan dipercepat berdasarkan kegiatan kritis adalah kegiatan yang memiliki unsur tenaga kerja. Beberapa alasan pemilihan item kegiatan yang akan dipercepat adalah:

1. Kegiatan kritis yang terpilih tersebut memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa dipercepat dengan mengolah *resource work*.
2. Pada kegiatan kritis tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah tenaga kerja.
3. Apabila mempercepat kegiatan kritis dapat mempercepat durasi proyek secara keseluruhan.

C. Biaya Langsung dan Biaya Tidak Langsung

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

Model Regresi Non Linear dengan menggunakan Algoritma Genetika dengan persamaan :

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

Dengan ;

x1 = Nilai Proyek (Miliar)

x2 = Durasi Pelaksanaan Proyek (Hari)

Perhitungan :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(62,699 - 0,21) - \ln(174)) + \epsilon = 4,05 \%$$

Dari nilai tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Biaya Tidak Langsung:} \\ &= 4,05\% \times \text{Rp } 62.698.931.103,00 \\ &= \text{Rp } 2.539.306.709,67 \end{aligned}$$

Biaya Tidak Langsung / hari:

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}} \\ &= \frac{\text{Rp}2.539.306.709,68}{174 \text{ hari}} \\ &= \text{Rp } 14.593.716,72 / \text{hari} \end{aligned}$$

Biaya Langsung:

$$\begin{aligned} &= \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak Langsung} \\ &= \text{Rp } 62.698.931.103 - \text{Rp } 2.539.306.709 \\ &= \text{Rp } 60.159.624.393,33 \end{aligned}$$

D. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

1. Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam perencanaan penambahan jam kerja lembur memakai 7 jam kerja normal (08.00-16.00) dan 1 jam istirahat (12.00-13.00), sedangkan kerja lembur dilakukan setelah waktu kerja normal (17.00-19.00). Menurut keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 standar upah untuk lembur adalah ;

- a. waktu kerja lembur hanya dapat dilakukan paling banyak 3 (jam) dalam 1 (satu) hari dan 14 (empat belas) jam dalam 1 (satu) minggu,
- b. memberikan makanan dan minuman sekurang-kurangnya 1.400 kalori apabila kerja lembur dilakukan selama 3 jam atau lebih,
- c. untuk kerja lembur pertama harus dibayar sebesar 1,5 kali upah sejam.
- d. untuk setiap jam kerja lembur berikutnya harus dibayar upah sebesar 2 kali lipat upah satu jam.

Tabel 5.2 Daftar upah pekerja

| No | Pekerja | Upah per hari | Upah per jam |
|----|-------------------|---------------|--------------|
| 1 | Pekerja | Rp 87.000 | Rp 12.428,57 |
| 2 | Tukang | Rp 100.000 | Rp 14.285,71 |
| 3 | Tukang Kayu | Rp 100.000 | Rp 14.286,71 |
| 4 | Tukang Batu | Rp 100.000 | Rp 14.286,71 |
| 5 | Tukang Besi | Rp 100.000 | Rp 14.286,71 |
| 6 | Tukang Cat | Rp 100.000 | Rp 14.286,71 |
| 7 | Tukang Gali | Rp 82.000 | Rp 11.714,29 |
| 8 | Kepala Tukang | Rp 126.000 | Rp 18.000,00 |
| 9 | Mandor | Rp 151.000 | Rp 21.571,43 |
| 10 | Operator Trampil | Rp 127.000 | Rp 18.142,86 |
| 11 | Pembantu Operator | Rp 102.000 | Rp 14.571,43 |
| 12 | Surveyor | Rp 126.000 | Rp 18.000,00 |

Contoh perhitungan upah lembur untuk *resource name* Pekerja sebagai berikut;

Upah Pekerja per hari (*Standart Cost*) : Rp 87.000,00

Jam Kerja per hari : 7 jam/hari

$$\begin{aligned} \text{Biaya per jam} &= \left(\frac{\text{Rp } 87.000}{7 \text{ Jam/hari}} \right) \\ &= \text{Rp } 12.428,57 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan biaya lembur per hari untuk lembur 1 jam per hari adalah:

$$\begin{aligned} \text{Lembur 1 jam} &= \text{Rp } 12.428,57 \times 1,5 \\ &= \text{Rp } 18.642,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lembur per jam untuk 1 jam} &= \left(\frac{\text{Rp } 18.642,86}{1 \text{ jam}} \right) \\ &= \text{Rp } 18.642,86 \end{aligned}$$

Tabel 5.3 Upah pekerja lembur

| Pekerja | Lembur 1 jam | Lembur 2 jam | Lembur 3 jam |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|
| Pekerja | Rp 18.643 | Rp 21.750 | Rp 22.785 |
| Tukang | Rp 21.429 | Rp 25.000 | Rp 26.190 |
| Tukang Kayu | Rp 21.429 | Rp 25.000 | Rp 26.190 |
| Tukang Batu | Rp 21.429 | Rp 25.000 | Rp 26.190 |
| Tukang Besi | Rp 21.429 | Rp 25.000 | Rp 26.190 |
| Tukang Cat | Rp 21.429 | Rp 25.000 | Rp 26.190 |
| Tukang Gali | Rp 17.571 | Rp 20.500 | Rp 21.476 |
| Kepala Tukang | Rp 27.000 | Rp 31.500 | Rp 33.000 |
| Mandor | Rp 32.357 | Rp 37.750 | Rp 39.548 |
| Operator Trampil | Rp 27.214 | Rp 31.750 | Rp 33.262 |
| Pembantu Operator | Rp 21.857 | Rp 25.500 | Rp 26.714 |
| Surveyor | Rp 27.000 | Rp 31.500 | Rp 33.000 |

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 90%, untuk 2 jam 80%, dan untuk 3 jam 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas untuk kerja lembur ini disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin.

Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang akan dipercepat durasi percepatan dihitung berdasarkan penambahan jam lembur 1 jam per hari, 2 jam per hari, dan 3 jam per hari dari durasi normal yang ada. Adapun salah satu contoh perhitungannya pada lembur 1 jam adalah perhitungan pekerjaan Beton Kolom LT.1 dibawah ini:

Durasi yang bisa di-crashing berdasarkan penambahan 1 jam lembur:

$$\text{Volume} = \frac{(\text{prod. perjam} \times \text{jam kerja}) + (\sum \text{jam lembur} \times \text{penurunan prod} \times \text{prod. perjam})}{(Volume)}$$

$$\text{Volume} = 186,98 \text{ kg}$$

$$\text{Durasi normal} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi normal (jam)} = 4 \times 7$$

$$\begin{aligned} &= 28 \text{ jam} \\ \text{Produktivitas normal/jam} &= \frac{\text{Volume}}{\text{durasi normal}} \\ &= \frac{186,98}{28} \\ &= 6,68 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal crashing} &= \frac{186,98}{(6,68 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 6,68)} \\ &= 3,54 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka maksimal crashing} &= 4 \text{ hari} - 3,54 \text{ hari} \\ &= 0,46 \text{ hari} \end{aligned}$$

Selanjutnya untuk perhitungan lembur 2 jam dan 3 jam produktivitas mengalami penurunan sebesar 10% setiap penambahan 1 jam.

Contoh perhitungan biaya normal dan biaya dipercepat dengan penambahan 1 jam lembur pada pekerjaan Beton Kolom LT.1:

Harga lembur pekerja:

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \text{Rp } 18.642,86 \\ \text{Tukang} &= \text{Rp } 21.428,57 \\ \text{Kepala tukang} &= \text{Rp } 27.000,00 \\ \text{Mandor} &= \text{Rp } 32.357,14 \end{aligned}$$

Total harga lembur pekerja per hari:

$$\begin{aligned} &\text{Kebutuhan tenaga kerja} \times \text{Harga lembur pekerja} \\ \text{Pekerja} &= 25,71 \times 18.642,86 \\ &= \text{Rp } 479.303,20 \\ \text{Tukang} &= 4,29 \times 21.428,57 \\ &= \text{Rp } 91.853,93 \\ \text{Kepala tukang} &= 0,43 \times 27.000,00 \\ &= \text{Rp } 11.737,67 \\ \text{Mandor} &= 1,29 \times 32.357,14 \\ &= \text{Rp } 41.897,21 \\ \text{Total harga} &= (479.303,20 + 91.853,93 + 11.737,67 \\ &\quad + 41.897,21) + 2.915.696,00 \\ &= \text{Rp } 3.540.488,00 \end{aligned}$$

Total harga lembur 1 jam

$$\begin{aligned} \text{Total harga} &= (\text{Durasi crashing} \times \text{Total harga} \\ &\quad \text{lembur per hari} + \text{Harga material} \\ &= (3,54 \times 3.540.488,00) + \\ &\quad 452.661.227,14 \\ &= \text{Rp } 465.209.792,21 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas sesuai dengan hasil perhitungan oleh *Microsoft Project 2010*.

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan Durasi dan Biaya Dipercepat Dengan Penambahan 1 Jam Lembur Menggunakan *Ms.Project*

| Kode | Normal | | Lembur 1 jam | |
|-------|--------|------------------|--------------|------------------|
| | Waktu | Biaya | Waktu | Biaya |
| BkRB5 | 5 | Rp 11,344,262 | 4.43 | Rp 11,480,432 |
| BRB5 | 2 | Rp 31,882,618 | 1.77 | Rp 31,946,457 |
| PRB5 | 5 | Rp 75,752,647 | 4.43 | Rp 76,042,968 |
| PrBs | 5 | Rp 39,973,603 | 4.43 | Rp 40,359,210 |
| BK5 | 4 | Rp 204,720,025 | 3.54 | Rp 205,114,166 |
| BK4 | 4 | Rp 212,665,221 | 3.54 | Rp 213,075,900 |
| BB5 | 5 | Rp 288,889,159 | 4.43 | Rp 289,433,903 |
| BK2 | 4 | Rp 308,758,179 | 3.54 | Rp 309,343,214 |
| BK3 | 4 | Rp 301,588,951 | 3.54 | Rp 302,177,653 |
| PK4 | 11 | Rp 610,384,486 | 9.75 | Rp 612,665,211 |
| BTB | 4 | Rp 444,820,520 | 3.54 | Rp 445,658,048 |
| PK5 | 11 | Rp 643,563,069 | 9.75 | Rp 645,979,414 |
| BK1 | 4 | Rp 464,326,942 | 3.54 | Rp 465,209,792 |
| PK2 | 11 | Rp 701,177,774 | 9.75 | Rp 703,800,048 |
| PK3 | 11 | Rp 699,371,192 | 9.75 | Rp 701,994,239 |
| BkB5 | 17 | Rp 411,576,606 | 15.06 | Rp 416,479,793 |
| PB5 | 17 | Rp 1,373,993,861 | 15.06 | Rp 1,379,145,835 |
| BkK5 | 11 | Rp 281,032,028 | 9.75 | Rp 284,430,687 |
| PK1 | 11 | Rp 910,475,182 | 9.75 | Rp 913,878,288 |
| BkK4 | 11 | Rp 285,834,055 | 9.75 | Rp 289,317,827 |
| BkPC | 10 | Rp 154,163,066 | 8.86 | Rp 157,952,295 |
| PPC | 10 | Rp 1,028,079,288 | 8.86 | Rp 1,031,924,668 |
| BkK3 | 11 | Rp 355,230,310 | 9.75 | Rp 359,518,368 |
| BPC | 4 | Rp 830,867,537 | 3.54 | Rp 832,446,539 |
| BkK2 | 11 | Rp 363,213,373 | 9.75 | Rp 367,600,460 |
| PsBj | 18 | Rp 1,982,877,040 | 15.95 | Rp 1,990,711,172 |
| PLs | 6 | Rp 61,669,918 | 5.32 | Rp 64,286,808 |
| PTB | 10 | Rp 1,586,147,164 | 8.86 | Rp 1,592,096,529 |
| BkK1 | 11 | Rp 546,518,384 | 9.75 | Rp 553,158,544 |
| LC | 24 | Rp 197,028,003 | 21.27 | Rp 212,001,593 |
| BkTB | 10 | Rp 281,285,160 | 8.86 | Rp 287,639,287 |
| AM | 18 | Rp 3,348,557,004 | 15.95 | Rp 3,361,649,848 |
| PT | 18 | Rp 2,520,276,992 | 15.95 | Rp 2,540,163,345 |

Selanjutnya menghitung *Cost Slope* untuk kegiatan-kegiatan kritis yang terjadi setelah penambahan jam lembur, berikut adalah perhitungan *cost slope* pada lembur 1 jam:

Cost variance

$$\begin{aligned}
 &= \text{Harga dipercepat} - \text{harga normal} \\
 &= \text{Rp } 465.209.792,21 - \text{Rp } 464.326.942,00 \\
 &= \text{Rp } 882.850,21
 \end{aligned}$$

Duration variance

$$\begin{aligned}
 &= \text{Durasi normal} - \text{durasi crashing} \\
 &= 4 - 3,54 \\
 &= 0,46
 \end{aligned}$$

Cost slope

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Cost variance}}{\text{Duration variance}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 882.850,21}{0,46} \\
 &= \text{Rp } 1.937.365,75
 \end{aligned}$$

Tabel 5.5 *Cost slope* lembur 1 jam

| Kode | Cost slope |
|-------|--------------|
| BkRB5 | Rp 239,055 |
| BRB5 | Rp 280,181 |
| PRB5 | Rp 509,675 |
| PrBs | Rp 676,955 |
| BK5 | Rp 864,921 |
| BK4 | Rp 901,212 |
| BB5 | Rp 956,328 |
| BK2 | Rp 1,283,826 |
| BK3 | Rp 1,291,874 |
| PK4 | Rp 1,819,972 |
| BTB | Rp 1,837,908 |
| PK5 | Rp 1,928,195 |
| BK1 | Rp 1,937,366 |
| PK2 | Rp 2,092,522 |
| PK3 | Rp 2,093,139 |
| BkB5 | Rp 2,531,711 |
| PB5 | Rp 2,660,170 |
| BkK5 | Rp 2,712,061 |
| PK1 | Rp 2,715,610 |
| BkK4 | Rp 2,779,980 |
| BkPC | Rp 3,326,101 |
| PPC | Rp 3,375,389 |
| BkK3 | Rp 3,421,784 |
| BPC | Rp 3,465,031 |
| BkK2 | Rp 3,500,807 |
| PsBj | Rp 3,820,348 |
| PLs | Rp 3,828,413 |
| PTB | Rp 5,222,221 |
| BkK1 | Rp 5,298,714 |
| LC | Rp 5,476,452 |
| BkTB | Rp 5,577,512 |
| AM | Rp 6,384,782 |
| PT | Rp 9,697,666 |

Selanjutnya pengaruh biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total yang diakibatkan penambahan lembur 1 jam dapat dilihat pada contoh perhitungan dibawah ini:

Biaya Normal:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya Langsung} &= \text{Rp } 60.159.624.393,33 \\
 \text{Biaya Tidak Langsung} &= \text{Rp } 2.539.306.709,67 \\
 \text{Biaya Total} &= \text{Rp } 62.698.931.103,00
 \end{aligned}$$

Biaya Langsung:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya Langsung} + \text{Selisih Biaya} \\
 &= \text{Rp } 60.159.624.393,33 + \text{Rp } 136.170,37 \\
 &= \text{Rp } 60.159.760.563,70
 \end{aligned}$$

Biaya Tidak Langsung:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Biaya tidak langsung} \div \text{durasi normal}}{\text{durasi lembur}} \\
 &= \frac{\text{Rp } 2.539.306.709,67 \div 174}{173,43}
 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 2.530.993.833,06$$

Biaya Total:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Biaya langsung} + \text{Biaya tidak langsung} \\
 &= \text{Rp } 60.159.760.563,70 + \text{Rp } 2.530.993.833,06 \\
 &= \text{Rp } 62.690.754.396,75
 \end{aligned}$$

Tabel 5.6 Biaya Langsung, Biaya Tidak Langsung dan Biaya Total pada penambahan kembur 1 jam

| Kode | Durasi | Biaya langsung | Biaya tidak langsung | Biaya total |
|-------|--------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | 174 | Rp 60,159,624,393 | Rp 2,539,306,709 | Rp 62,698,931,103 |
| BkRB5 | 173,43 | Rp 60.159.760.563 | Rp 2.530.993.833 | Rp 62.690.754.396 |
| BRB5 | 173,20 | Rp 60.159.824.402 | Rp 2.527.668.682 | Rp 62.687.493.084 |
| PRB5 | 172,63 | Rp 60.160.114.723 | Rp 2.519.355.805 | Rp 62.679.470.529 |
| PrBs | 172,06 | Rp 60.160.500.330 | Rp 2.511.042.929 | Rp 62.671.543.260 |
| BK5 | 171,61 | Rp 60.160.894.472 | Rp 2.504.392.627 | Rp 62.665.287.100 |
| BK4 | 171,15 | Rp 60.161.305.151 | Rp 2.497.742.326 | Rp 62.659.047.477 |
| BB5 | 170,58 | Rp 60.161.849.895 | Rp 2.489.429.449 | Rp 62.651.279.345 |
| BK2 | 170,13 | Rp 60.162.434.929 | Rp 2.482.779.148 | Rp 62.645.214.078 |
| BK3 | 169,67 | Rp 60.163.023.631 | Rp 2.476.128.847 | Rp 62.639.152.479 |
| PK4 | 168,42 | Rp 60.165.304.356 | Rp 2.457.840.518 | Rp 62.623.144.875 |
| BTB | 167,96 | Rp 60.166.141.884 | Rp 2.451.190.217 | Rp 62.617.332.102 |
| PK5 | 166,71 | Rp 60.168.558.229 | Rp 2.432.901.889 | Rp 62.601.460.118 |
| BK1 | 166,25 | Rp 60.169.441.079 | Rp 2.426.251.587 | Rp 62.595.692.667 |
| PK2 | 165,00 | Rp 60.172.063.354 | Rp 2.407.963.259 | Rp 62.580.026.613 |
| PK3 | 163,75 | Rp 60.174.686.401 | Rp 2.389.674.930 | Rp 62.564.361.331 |
| Bkb5 | 161,81 | Rp 60.179.589.588 | Rp 2.361.411.150 | Rp 62.541.000.738 |
| PB5 | 159,87 | Rp 60.184.741.562 | Rp 2.333.147.369 | Rp 62.517.888.932 |
| BKK5 | 158,62 | Rp 60.188.140.221 | Rp 2.314.859.041 | Rp 62.502.999.262 |
| PK1 | 157,37 | Rp 60.191.543.328 | Rp 2.296.570.712 | Rp 62.488.114.040 |
| BkK4 | 156,11 | Rp 60.195.027.100 | Rp 2.278.282.383 | Rp 62.473.309.484 |
| BkPC | 154,97 | Rp 60.198.816.329 | Rp 2.261.656.630 | Rp 62.460.472.960 |
| PPC | 153,84 | Rp 60.202.661.709 | Rp 2.245.030.877 | Rp 62.447.692.586 |
| BkK3 | 152,58 | Rp 60.206.949.767 | Rp 2.226.742.548 | Rp 62.433.692.316 |
| BPC | 152,13 | Rp 60.208.528.769,20 | Rp 2.220.092.247 | Rp 62.428.621.016 |
| BKK2 | 150,87 | Rp 60.212.915.855,88 | Rp 2.201.803.919 | Rp 62.414.719.775 |
| PsBj | 148,82 | Rp 60.220.749.987,66 | Rp 2.171.877.563 | Rp 62.392.627.550 |
| PLs | 148,14 | Rp 60.223.366.877,75 | Rp 2.161.902.111 | Rp 62.385.268.989 |
| PTB | 147,00 | Rp 60.229.316.243,01 | Rp 2.145.276.358 | Rp 62.374.592.601 |
| BkK1 | 145,75 | Rp 60.235.956.403,43 | Rp 2.126.988.029 | Rp 62.362.944.433 |
| LC | 143,01 | Rp 60.250.929.993,79 | Rp 2.087.086.221 | Rp 62.338.016.215 |
| BkTB | 141,87 | Rp 60.257.284.121 | Rp 2.070.460.468 | Rp 62.327.744.589 |
| AM | 139,82 | Rp 60.270.376.965 | Rp 2.040.534.112 | Rp 62.310.911.078 |
| PT | 137,77 | Rp 60.290.263.317 | Rp 2.010.607.757 | Rp 62.300.871.074 |

Dari hasil tersebut diatas didapat perbandingan durasi dan harga dengan variasi penambahan jam lembur yang akan disajikan dalam Tabel 5.7 berikut ini:

Tabel 5.7 Perbandingan waktu dan biaya dengan variasi penambahan jam lembur

| No. | Jam (lembur) | Durasi | Biaya |
|-----|--------------|--------|----------------------|
| 1 | Normal | 174,00 | Rp 62.698.931.103,00 |
| 2 | 1 | 137,77 | Rp 62.300.871.074,88 |
| 3 | 2 | 111,86 | Rp 62.143.832.974,79 |
| 4 | 3 | 92,81 | Rp 62.073.254.756,45 |



Gambar 5.1 Hubungan antara durasi dan biaya dengan variasi penambahan jam lembur

2. Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan cara menghitung ulang kebutuhan tenaga kerja dari masing – masing kegiatan berdasarkan durasi percepatan atau durasi *crashing* yang akan dilakukan dengan tanpa melakukan penambahan jam kerja per hari, contoh perhitungan penambahan pekerja dan biaya penambahan pekerja pada pekerjaan Beton Kolom LT.1 dibawah ini;

$$\text{Volume} = 186,98 \text{ m}^3$$

$$\text{Durasi normal} = 4 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Crashing} = 0,46 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi Percepatan} = 3,54 \text{ hari}$$

a. Kapasitas tenaga kerja per 1 m² adalah

$$\text{Pekerja} = 0,5500 \text{ Oh @ Rp}87.000,00$$

$$\text{Tukang} = 0,0917 \text{ Oh @ Rp}100.000,00$$

$$\text{Kepala Tukang} = 0,0093 \text{ Oh @ Rp}126.000,00$$

$$\text{Mandor} = 0,0277 \text{ Oh @ Rp}151.000,00$$

$$\text{Oh} = \text{Orang hari}$$

b. Perhitungan jumlah tenaga kerja;

Jumlah tenaga kerja:

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

$$\text{Jumlah Pekerja} = \frac{(0,5500 \times 186,98)}{7 \times 3,54}$$

$$\begin{aligned}
 &= 4,15 \text{ orang} \\
 \text{Upah Pekerja} &= 4,15 \times \text{Rp } 87.000,00 \\
 &= \text{Rp } 361.050,00 \\
 \text{Jumlah Tukang} &= \frac{(0,0917 \times 186,98)}{7 \times 3,54} \\
 &= 0,70 \text{ orang} \\
 \text{Upah Tukang} &= 0,70 \times \text{Rp } 100.000,00 \\
 &= \text{Rp } 70.000,00 \\
 \text{Jumlah Kepala Tukang} &= \frac{(0,0093 \times 186,98)}{7 \times 3,54} \\
 &= 0,08 \text{ orang} \\
 \text{Upah Kepala Tukang} &= 0,08 \times \text{Rp } 126.000,00 \\
 &= \text{Rp } 10.080,00 \\
 \text{Jumlah Mandor} &= \frac{(0,07 \times 186,98)}{7 \times 3,54} \\
 &= 0,21 \text{ orang} \\
 \text{Upah Mandor} &= 0,21 \times \text{Rp } 151.000,00 \\
 &= \text{Rp } 31.710,00
 \end{aligned}$$

c. Jadi upah tenaga kerja dengan durasi percepatan (3,54 hari) adalah:

$$\begin{aligned}
 &\text{Upah tenaga kerja total} \\
 &= (\text{Rp } 361.050,00 + \text{Rp } 70.000,00 + \\
 &\quad \text{Rp } 10.080,00 + \text{Rp } 31.710,00) \times 7 \text{ jam} \times 3,54 \\
 &\quad \text{hari} \\
 &= \text{Rp } 11.731.220,25 \\
 &\text{Biaya pekerjaan total} \\
 &= \text{Upah tenaga kerja total} + \text{biaya material total} \\
 &= \text{Rp } 11.731.220,25 + \text{Rp } 452.661.227,14 \\
 &= \text{Rp } 464.392.447,39 \\
 &\text{Selisih biaya} \\
 &= \text{Biaya tambah pekerja} - \text{biaya normal} \\
 &= \text{Rp } 464.392.447,39 - \text{Rp } 464.323.886,40 \\
 &= \text{Rp } 65.505,39
 \end{aligned}$$

Untuk selanjutnya hasil perhitungan selisih biaya akan disajikan dalam tabel 5.8

Tabel 5.8 Selisih biaya normal dengan penambahan tenaga kerja kondisi 1

| Kode | Biaya | | |
|-------|-------------------|-------------------|--------------|
| | Normal | Tenaga kerja 1 | Selisih |
| BkRB5 | Rp 11.344.262,00 | Rp 11.361.407,59 | Rp 17.145,59 |
| BRB5 | Rp 31.882.618,00 | Rp 31.895.784,24 | Rp 13.166,24 |
| PRB5 | Rp 75.752.647,00 | Rp 75.813.044,81 | Rp 60.397,81 |
| PrBs | Rp 39.973.603,00 | Rp 40.073.283,12 | Rp 99.680,12 |
| BK5 | Rp 204.720.025,00 | Rp 204.800.279,33 | Rp 80.254,33 |
| BK4 | Rp 212.665.221,00 | Rp 212.723.159,12 | Rp 57.938,12 |
| BB5 | Rp 288.889.159,00 | Rp 288.968.723,61 | Rp 79.564,61 |

| | | | |
|------|---------------------|---------------------|---------------|
| BK2 | Rp 308.758.179,00 | Rp 308.778.532,05 | Rp 20.353,05 |
| BK3 | Rp 301.588.951,00 | Rp 301.651.934,66 | Rp 62.983,66 |
| PK4 | Rp 610.384.486,00 | Rp 610.593.233,46 | Rp 208.747,46 |
| BTB | Rp 444.820.520,00 | Rp 444.858.105,65 | Rp 37.585,65 |
| PK5 | Rp 643.563.069,00 | Rp 643.765.333,41 | Rp 202.264,41 |
| BK1 | Rp 464.326.942,00 | Rp 464.392.447,39 | Rp 65.505,39 |
| PK2 | Rp 701.177.774,00 | Rp 701.359.520,18 | Rp 181.746,18 |
| PK3 | Rp 699.371.192,00 | Rp 699.521.478,10 | Rp 150.286,10 |
| BkB5 | Rp 411.576.606,00 | Rp 411.852.815,86 | Rp 276.209,86 |
| PB5 | Rp 1.373.993.861,00 | Rp 1.374.234.925,94 | Rp 241.064,94 |
| BkK5 | Rp 281.032.028,00 | Rp 281.087.192,33 | Rp 55.164,33 |
| PK1 | Rp 910.475.182,00 | Rp 910.647.999,90 | Rp 172.817,90 |
| BkK4 | Rp 285.834.055,00 | Rp 286.081.971,48 | Rp 247.916,48 |
| BkPC | Rp 154.163.066,00 | Rp 154.277.063,20 | Rp 113.997,20 |
| PPC | Rp 1.028.079.288,00 | Rp 1.028.298.764,24 | Rp 219.476,24 |
| BkK3 | Rp 355.230.310,00 | Rp 355.353.212,49 | Rp 122.902,49 |
| BPC | Rp 830.867.537,00 | Rp 830.914.718,22 | Rp 47.181,22 |
| BkK2 | Rp 363.213.373,00 | Rp 363.434.149,92 | Rp 220.776,92 |
| PsBj | Rp 1.982.877.040,00 | Rp 1.983.212.835,67 | Rp 335.795,67 |
| PLs | Rp 61.669.918,00 | Rp 61.781.021,69 | Rp 111.103,69 |
| PTB | Rp 1.586.147.164,00 | Rp 1.586.246.044,89 | Rp 98.880,89 |
| BkK1 | Rp 546.518.384,00 | Rp 546.703.299,21 | Rp 184.915,21 |
| LC | Rp 197.028.003,00 | Rp 197.259.858,23 | Rp 231.855,23 |
| BkTB | Rp 281.285.160,00 | Rp 281.386.144,95 | Rp 100.984,95 |
| AM | Rp 3.348.557.004,00 | Rp 3.348.844.002,53 | Rp 286.998,53 |
| PT | Rp 2.520.276.992,00 | Rp 2.520.707.334,41 | Rp 430.342,41 |

Untuk perhitungan pengaruh biaya langsung, biaya tidak langsung dan biaya total dilakukan seperti contoh berikut ini:

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya langsung} &= \text{Biaya langsung} + \text{Selisih biaya} \\
 &= \text{Rp } 60.159.624.393 + \text{Rp } 17.145,59 \\
 &= \text{Rp } 60.159.641.538,92
 \end{aligned}$$

Biaya tidak langsung:

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Biaya tidak langsung}}{\text{Durasi normal}} \times \text{Durasi crashing} \\
 &= \frac{\text{Rp } 2.539.306.709,67}{174} \times 173,43 \\
 &= \text{Rp } 2.530.993.833,06
 \end{aligned}$$

Biaya total:

$$= \text{Biaya langsung} + \text{biaya tidak langsung}$$

$$= \text{Rp } 60.159.641.538,92 + \text{Rp } 2.530.993.833,06$$

$$= \text{Rp } 62.690.635.371,98$$

Tabel 5.9 Pengaruh penambahan tenaga kerja kondisi 1 pada biaya langsung, tidak langsung dan total

| Kode | Durasi | Biaya langsung | Biaya tidak langsung | Biaya total |
|-------|--------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | 174 | Rp 60,159,624,393 | Rp 2,539,306,709 | Rp 62,698,931,103 |
| BkRB5 | 173,43 | Rp 60.159.641.538 | Rp 2.530.993.833 | Rp 62.690.635.371 |
| BRB5 | 173,20 | Rp 60.159.654.705 | Rp 2.527.668.682 | Rp 62.687.323.387 |
| PRB5 | 172,63 | Rp 60.159.715.102 | Rp 2.519.355.805 | Rp 62.679.070.908 |
| PrBs | 172,06 | Rp 60.159.814.783 | Rp 2.511.042.929 | Rp 62.670.857.712 |
| BK5 | 171,61 | Rp 60.159.895.037 | Rp 2.504.392.627 | Rp 62.664.287.665 |
| BK4 | 171,15 | Rp 60.159.952.975 | Rp 2.497.742.326 | Rp 62.657.695.302 |
| BB5 | 170,58 | Rp 60.160.032.540 | Rp 2.489.429.449 | Rp 62.649.461.990 |
| BK2 | 170,13 | Rp 60.160.052.893 | Rp 2.482.779.148 | Rp 62.642.832.041 |
| BK3 | 169,67 | Rp 60.160.115.876 | Rp 2.476.128.847 | Rp 62.636.244.724 |
| PK4 | 168,42 | Rp 60.160.324.624 | Rp 2.457.840.518 | Rp 62.618.165.143 |
| BTB | 167,96 | Rp 60.160.362.209 | Rp 2.451.190.217 | Rp 62.611.552.427 |
| PK5 | 166,71 | Rp 60.160.564.474 | Rp 2.432.901.889 | Rp 62.593.466.363 |
| BK1 | 166,25 | Rp 60.160.629.979 | Rp 2.426.251.587 | Rp 62.586.881.567 |
| PK2 | 165,00 | Rp 60.160.811.725 | Rp 2.407.963.259 | Rp 62.568.774.985 |
| PK3 | 163,75 | Rp 60.160.962.012 | Rp 2.389.674.930 | Rp 62.550.636.942 |
| BkB5 | 161,81 | Rp 60.161.238.221 | Rp 2.361.411.150 | Rp 62.522.649.372 |
| PB5 | 159,87 | Rp 60.161.479.286 | Rp 2.333.147.369 | Rp 62.494.626.656 |
| BkK5 | 158,62 | Rp 60.161.534.451 | Rp 2.314.859.041 | Rp 62.476.393.492 |
| PK1 | 157,37 | Rp 60.161.707.269 | Rp 2.296.570.712 | Rp 62.458.277.981 |
| BkK4 | 156,11 | Rp 60.161.955.185 | Rp 2.278.282.383 | Rp 62.440.237.569 |
| BkPC | 154,97 | Rp 60.162.069.182 | Rp 2.261.656.630 | Rp 62.423.725.813 |
| PPC | 153,84 | Rp 60.162.288.659 | Rp 2.245.030.877 | Rp 62.407.319.536 |
| BkK3 | 152,58 | Rp 60.162.411.561 | Rp 2.226.742.548 | Rp 62.389.154.110 |
| BPC | 152,13 | Rp 60.162.458.742,72 | Rp 2.220.092.247 | Rp 62.382.550.990 |
| BkK2 | 150,87 | Rp 60.162.679.519,65 | Rp 2.201.803.919 | Rp 62.364.483.438 |
| PsBj | 148,82 | Rp 60.163.015.315,31 | Rp 2.171.877.563 | Rp 62.334.892.878 |
| PLs | 148,14 | Rp 60.163.126.419,00 | Rp 2.161.902.111 | Rp 62.325.028.530 |
| PTB | 147,00 | Rp 60.163.225.299,90 | Rp 2.145.276.358 | Rp 62.308.501.658 |
| BkK1 | 145,75 | Rp 60.163.410.215,10 | Rp 2.126.988.029 | Rp 62.290.398.244 |
| LC | 143,01 | Rp 60.163.642.070,33 | Rp 2.087.086.221 | Rp 62.250.728.292 |
| BkTB | 141,87 | Rp 60.163.743.055,28 | Rp 2.070.460.468 | Rp 62.234.203.523 |
| AM | 139,82 | Rp 60.164.030.053,82 | Rp 2.040.534.112 | Rp 62.204.564.166 |
| PT | 137,77 | Rp 60.164.460.396,23 | Rp 2.010.607.757 | Rp 62.175.068.153 |

Kemudian dapat dibandingkan hasil penambahan variasi tenaga kerja seperti yang akan ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5.10 Perbandingan durasi dan biaya dengan variasi penambah tenaga kerja

| Tenaga kerja | Durasi | Biaya |
|--------------|--------|----------------------|
| Normal | 174,00 | Rp 62.698.931.103,00 |
| 1 | 137,77 | Rp 62.175.068.153,25 |
| 2 | 111,86 | Rp 61.796.521.838,69 |
| 3 | 92,81 | Rp 61.517.535.868,05 |



Gambar 5.2 Hubungan antara durasi dan biaya dengan variasi penambahan tenaga kerja

3. Biaya Total Jam Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja

Dari perhitungan terdapat perbedaan antara biaya penambahan jam lembur dan biaya penambahan tenaga kerja yang dapat disimpulkan pada grafik dan tabel berikut ini:



Gambar 5.3 Perbandingan antara durasi dan biaya pada variasi penambahan tenaga kerja dan variasi penambahan jam lembur

Tabel 5.11 Perbandingan biaya antara penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja

| Durasi (Hari) | Lembur 1 jam | Tenaga kerja 1 |
|---------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 174 | Rp 62.698.931.103,00 | Rp 62.698.931.103,00 |
| 173,43 | Rp 62.690.754.396,75 | Rp 62.690.635.371,98 |
| 173,20 | Rp 62.687.493.084,87 | Rp 62.687.323.387,57 |
| 172,63 | Rp 62.679.470.529,22 | Rp 62.679.070.908,77 |
| 172,06 | Rp 62.671.543.260,03 | Rp 62.670.857.712,28 |
| 171,61 | Rp 62.665.287.100,04 | Rp 62.664.287.665,31 |
| 171,15 | Rp 62.659.047.477,83 | Rp 62.657.695.302,14 |
| 170,58 | Rp 62.651.279.345,25 | Rp 62.649.461.990,14 |
| 170,13 | Rp 62.645.214.078,51 | Rp 62.642.832.041,90 |
| 169,67 | Rp 62.639.152.479,37 | Rp 62.636.244.724,27 |
| 168,42 | Rp 62.623.144.875,47 | Rp 62.618.165.143,18 |
| 167,96 | Rp 62.617.332.102,08 | Rp 62.611.552.427,54 |
| 166,71 | Rp 62.601.460.118,77 | Rp 62.593.466.363,40 |
| 166,25 | Rp 62.595.692.667,69 | Rp 62.586.881.567,50 |
| 165,00 | Rp 62.580.026.613,19 | Rp 62.568.774.985,13 |
| 163,75 | Rp 62.564.361.331,82 | Rp 62.550.636.942,68 |
| 161,81 | Rp 62.541.000.738,47 | Rp 62.522.649.372,05 |
| 159,87 | Rp 62.517.888.932,02 | Rp 62.494.626.656,51 |
| 158,62 | Rp 62.502.999.262,78 | Rp 62.476.393.492,29 |
| 157,37 | Rp 62.488.114.040,66 | Rp 62.458.277.981,64 |
| 156,11 | Rp 62.473.309.484,09 | Rp 62.440.237.569,56 |
| 154,97 | Rp 62.460.472.960,32 | Rp 62.423.725.813,54 |
| 153,84 | Rp 62.447.692.586,83 | Rp 62.407.319.536,55 |
| 152,58 | Rp 62.433.692.316,51 | Rp 62.389.154.110,50 |
| 152,13 | Rp 62.428.621.016,89 | Rp 62.382.550.990,42 |
| 150,87 | Rp 62.414.719.775,03 | Rp 62.364.483.438,80 |
| 148,82 | Rp 62.392.627.550,99 | Rp 62.334.892.878,65 |
| 148,14 | Rp 62.385.268.989,15 | Rp 62.325.028.530,40 |
| 147,00 | Rp 62.374.592.601,18 | Rp 62.308.501.658,07 |
| 145,75 | Rp 62.362.944.433,05 | Rp 62.290.398.244,72 |
| 143,01 | Rp 62.338.016.215,66 | Rp 62.250.728.292,21 |
| 141,87 | Rp 62.327.744.589,74 | Rp 62.234.203.523,93 |
| 139,82 | Rp 62.310.911.078,03 | Rp 62.204.564.166,65 |
| 137,77 | Rp 62.300.871.074,88 | Rp 62.175.068.153,25 |

Dari hasil diatas dapat disimpulkan bahwa diantara biaya penambahan jam lembur dan tenaga kerja pada durasi yang sama adalah penambahan tenaga kerja lebih efektif Karena pada pengurangan durasi yang sama penambahan tenaga kerja lebih murah.

Selanjutnya biaya denda yang harus dikeluarkan proyek apabila proyek mengalami keterlambatan dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Dengan: denda perhari akibat keterlambatan sebesar 1 permil dari nilai kontrak.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Waktu dan Biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 174 hari dengan biaya Rp 62.698.931.103, setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 137,77 hari dan dengan biaya sebesar Rp 62.300.871.074, untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 111,86 hari dan biaya sebesar Rp 62.143.832.974 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi *crashing* 92,81 hari dengan biaya Rp 62.073.254.756.
2. Pada penambahan tenaga kerja waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 174 hari dengan biaya Rp 62.698.931.103, setelah penambahan tenaga kerja kondisi 1 didapatkan durasi *crashing* 137,77 hari dengan biaya total sebesar Rp 62.175.068.153 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja kondisi 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 61.796.521.838 dengan durasi *crashing* 111,86 hari dan untuk penambahan tenaga kerja kondisi 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 61.517.535.868 dan didapatkan durasi *crashing* 92,81 hari.
3. Pada penambahan jam lembur 1 jam jika dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja kondisi 1, penambahan tenaga kerja kondisi 1 lebih efektif karena dengan durasi yang sama biaya lebih murah di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja. Untuk selanjutnya pada penambahan jam lembur 2 jam jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja 2 yang lebih efektif adalah dengan menambah tenaga kerja dilihat dari segi durasi dan biaya lebih cepat dan murah. Dan pada penambahan jam lembur 3 jam jika di bandingkan dengan penambahan tenaga kerja 3 yang lebih efektif juga dengan menambah tenaga kerja di bandingkan dengan menambah tenaga kerja jika di lihat dari durasi dan biaya nya.
4. Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan jam lembur atau penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

B. Saran

1. Pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* hendaknya dilakukan secara skematis dan teliti agar diperoleh hasil analisis yang akurat.
2. Melakukan pengecekan ulang terhadap durasi secara berkala setiap melakukan perubahan data.
3. Pada penelitian ini, hendaknya mengetahui bagaimana keadaan di lapangan secara langsung agar pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* lebih akurat.
4. Memiliki data yang lengkap agar bisa mengetahui perbandingan yang akurat dari hasil program *Microsoft Project* 2010.
5. Melakukan *Input* data dengan teliti kedalam *Microsoft Project* 2010 sehingga didapatkan hasil perhitungan yang akurat.
6. Melakukan pengecekan ulang antar *Output* *Microsoft Project* 2010 dengan hasil perhitungan manual sehingga didapatkan hasil yang akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah. 2016. *Optimasi Waktu dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Hotel Amaris Sagan Yogyakarta*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Anggoro. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek 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.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia. Nomor Kep.102/Men/VI/2004 tentang Waktu Kerja Lembur dan Upah Kerja Lembur.
- Maulana. 2016. *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) Dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Pekerjaan Pembangunan Terminal Modern, Surabaya*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

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

Sanjoyo. 2016. *Analisis Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dibandingkan dengan Penambahan Tenaga Kerja Menggunakan Metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Siswanto. 2007. *Operations Research*, jilid dua. Jakarta: Erlangga .

Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Penerbit : Erlangga, Jakarta.

Soemardi, Biemo W., dan Kusumawardani, Rani G. 2010. *Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung Pada Proyek Konstruksi*. Konferensi Nasional Teknik Sipil.