

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF*

(Studi Kasus Proyek Non Struktur Gedung Perkantoran Tiga Lantai Tahap
Lanjutan di Kota Bengkulu)

Iqbal Alfayed¹⁾, Fepy Supriani¹⁾, Agustin Gunawan¹⁾
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UNIB, Jl. W. R. Supratman,
Kandang Limun Kota Bengkulu 38371, Telp. (0736)344087
Corresponding author: fsupriani@unib.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian adalah untuk menganalisis waktu dan biaya yang paling optimal antara penambahan jam kerja dan tenaga kerja. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari data proyek pembangunan gedung perkantoran tiga lantai di Kota Bengkulu. Penelitian dimulai dengan menyusun jaringan kerja proyek dan mengidentifikasi lintasan kritis menggunakan program *Microsoft Project*, pekerjaan kritis terpilih kemudian dilakukan penambahan sumber daya berupa jam kerja dan tenaga kerja dengan metode *Time Cost Trade Off*. Hasil identifikasi lintasan kritis menunjukkan bahwa terdapat tiga pekerjaan kritis yaitu pekerjaan plesteran dinding 1 : 4 tebal 15 mm, pengecatan anti jamur *exterior* dan *wallpaper* yang dipilih untuk dipercepat sehingga dapat mempersingkat total durasi lintasan kritis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan jam kerja selama satu jam untuk tiga hari pertama masing-masing pekerjaan kritis mempercepat durasi pekerjaan sebesar 8,24%, dan menghemat biaya sebesar 1,77%. Penambahan tenaga kerja berupa satu orang pekerja, dan satu orang tukang pada pekerjaan plesteran dinding 1 : 4 tebal 15 mm, dan pengecatan anti jamur *exterior*, serta satu orang tukang pada pekerjaan *wallpaper* diketahui dapat mempercepat durasi sebesar 8,24%, dan menghemat biaya sebesar 0,61%. Penambahan jam kerja menghasilkan waktu dan biaya paling optimal dengan mempercepat durasi selama 7 hari (8,24%), dan menghemat biaya total sebesar Rp. 4.245.237,92 (1,77%).

Kata kunci: Jam kerja, tenaga kerja, lintasan kritis, *time cost trade off*

Abstract

The research objective was to analyze the most optimal time and cost between the additional of overtime and labor. The data used in this study is from the construction project data of a three floors office building in Bengkulu City. Research began with project network arrangement and critical path identification using Microsoft Project program, the selected critical activity resources then added with overtime and labor by the Time Cost Trade Off method. The results of the critical path identification showed that there are three critical jobs namely walls plastering 1 : 4 thickness 15 mm, anti-fungal exterior painting and wallpaper that selected to be accelerated in order to shorten the total duration of the critical path. The results showed that the addition of one hour of overtime for the first three days of each critical job accelerated the duration of work by 8.24%, and saved costs by 1.77%. The addition of labor of a worker and a handyman on walls plastering 1 : 4 thickness 15 mm and anti-fungal exterior painting jobs, as well as one handyman on wallpaper job is known to accelerate the duration by 8.24%, and save costs by 0.61%. The addition of overtime results the most optimal time and cost by accelerating the duration for 7 days (8.24 %), and saving the total cost of Rp. 4.245.237,92 (1.77%)

Keywords: Overtime, labor, critical path, *time cost trade of*.

PENDAHULUAN

Kegiatan proyek dalam mencapai hasil akhirnya dibatasi oleh anggaran, jadwal, dan mutu, yang dikenal sebagai tiga kendala atau *triple constraint* (Rani, 2017). Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek (Aryani dkk., 2016).

Waktu pelaksanaan proyek yang telah diketahui sering kali menimbulkan pertanyaan apakah proyek tersebut sudah optimal atau masih dapat dipercepat (Soeharto, 1999 dalam Pratama, 2019). Optimasi waktu dan biaya dapat dilakukan dengan membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan yang kritis, menghitung jumlah sumber daya, serta menganalisa hubungan waktu dan biaya akibat penambahan sumber daya (Priyo dan Paridi 2018). Metode analisa untuk mengetahui hubungan antar waktu dan biaya salah satunya adalah metode *Time Cost Trade Off*, dimana waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek bertambah, dan biaya tidak langsung berkurang (Priyo dan Paridi, 2018).

Proyek pembangunan gedung Perkantoran Tiga Lantai di Kota Bengkulu dengan penyebutan nama yang dirahasiakan dalam penelitian ini, mengalami keterlambatan penyelesaian, sehingga hanya dapat diselesaikan sampai tahap pekerjaan pondasi, plat lantai dasar, satu, dan dua, serta struktur kolom, dan balok utama setinggi tiga lantai. Pekerjaan non struktur belum terlaksana. Proyek ini kemudian dilanjutkan dengan kontrak terpisah. Studi Kasus diambil sebagai upaya untuk memastikan keberhasilan proyek sehingga tidak mengalami keterlambatan, yang dapat

mengakibatkan penyelesaiannya tertunda kembali.

Rumusan masalah penelitian ini yaitu apa saja pekerjaan kritis proyek hasil penyusunan jaringan kerja menggunakan program *Microsoft Project*, berapa waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan kritis pada proyek pembangunan gedung perkantoran tiga lantai tahap lanjutan dengan melakukan penambahan jam kerja dan tenaga kerja, serta menentukan penambahan mana yang paling optimal diantara kedua penambahan tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah mengoptimasi waktu dan biaya pelaksanaan suatu proyek konstruksi gedung perkantoran tiga lantai tahap lanjutan di Kota Bengkulu dengan metode *Time Cost Trade Off*, dan melakukan perbandingan perhitungan antara jam kerja (lembur) dengan tenaga kerja untuk menentukan penambahan mana yang paling optimal untuk penyelesaian waktu dan biaya proyek.

Manajemen Proyek

Penentuan waktu penyelesaian kegiatan dalam manajemen proyek sangat penting dalam proses perencanaan karena menjadi dasar penjadwalan (*scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), sumber organisasi yang lain dan pengendalian (*controlling*) (Siswanto, 2007 dalam Sari, 2019).

Metode *Time Cost Trade Off*

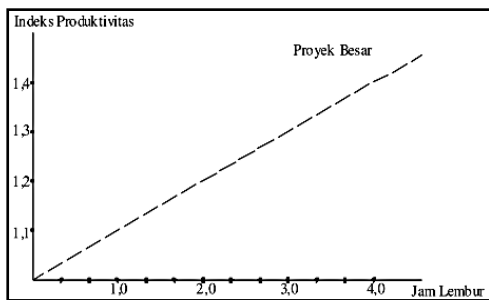
Time cost trade off merupakan kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan (Mela, 2019). Beberapa cara yang dapat dilakukan dalam percepatan durasi total proyek dalam metode analisa *time cost*

trade off yaitu sebagai berikut (Saputro, 2015):

1. Penambahan jumlah jam kerja (lembur)
2. Penambahan tenaga kerja
3. Pengantian dan penambahan peralatan
4. Pemilihan sumber daya manusia
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

Penambahan Jam Kerja

Penambahan jam kerja akan mempengaruhi produktivitas tenaga kerja. Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan antara indeks produktivitas pekerja dengan penambahan jam kerja (lembur) dan indikasinya terhadap penurunan produktivitas pekerja.



Sumber : Soeharto, 1997 dalam Pratama 201

Gambar1. Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas

Produktivitas pekerja berdasarkan rasio *output* dan *input* menggunakan satuan harian dan jam dapat dinyatakan sebagai berikut (Priyo dan Sumanto, 2016):

1. Produktivitas harian

$$\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (1)$$

2. Produktivitas perjam sebagai berikut

$$\frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja Harian}} \quad (1)$$

Nilai koefisien penurunan produktivitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Koefisien penurunan Produktivitas

Jam Lembur (Jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Prestasi Kerja (%)
1	0,1	90
2	0,2	80
3	0,3	70
4	0,4	60

Sumber : Priyo, Sumanto 2016

Produktivitas harian sesudah *crash* akibat penambahan jam kerja dirumuskan sebagai berikut (Priyo dan Sumanto, 2016):

1. Produktivitas harian sesudah *crash*:
 $(\text{Jam Kerja Perhari} \times \text{Produktivitas Perjam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas Perjam}) \quad (3)$

dengan:

a = Lama penambahan jam kerja (lembur)

b = Koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja

2. *Crash duration*:

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas harian sesudah } cr} \quad (4)$$

3. Waktu lembur perhari:

$$\frac{x1-x2}{x1} \text{ Jam kerja} \times P.k \text{ (\%)} \quad (5)$$

dengan :

P.k = prestasi kerja

x1 = produktivitas jam normal

x2 = produktivitas jam dipercepat

Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dimaksudkan sebagai penambahan jumlah pekerja dalam satu unit pekerja untuk melaksanakan suatu aktivitas tertentu tanpa menambahkan jam kerja.

Penambahan tenaga kerja yang optimal akan menambah produktivitas kerja, namun penambahan yang terlalu banyak justru menurunkan produktivitas kerja karena berbagai macam hal, seperti terlalu sempitnya lahan untuk bekerja dan kesulitan pengawasan (Mela, 2019).

Perhitungan untuk penambahan jumlah tenaga kerja dirumuskan sebagai berikut (Priyo dan Sumanto, 2016):

1. Jumlah tenaga kerja normal:

$$\frac{\text{Koefisien tenaga kerja x Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (6)$$

2. Jumlah tenaga kerja dipercepat:

$$\frac{\text{Koefisien tenaga kerja x Volume}}{\text{Durasi dipercepat}} \quad (7)$$

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 menyatakan bahwa upah penambahan kerja bervariasi.

Penambahan waktu kerja pada satu jam pertama dihitung 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 biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini (Lumbanbatu dan Sayahrizal, 2013):

1. Upah normal pekerja perhari (UNP_{perhari})

$$UNP_{\text{perhari}} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (8)$$

2. Upah Normal Pekerja Perjam (UNP_{perjam})

$$UNP_{\text{perjam}} = \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja} \quad (9)$$

3. Biaya lembur pekerja (BLP)

$$BLP = (1,5 \times UNP_{\text{perjam}} \text{ untuk satu jam lembur pertama}) + n \times (2 \times UNP_{\text{perjam}} \text{ untuk satu jam lembur berikutnya}) \quad (10)$$

dengan :

$$n = \text{jumlah jam lembur setelah 1 jam pertama lembur}$$

4. *Crash cost*

$$\begin{aligned} \text{Crash cost} &= \text{Biaya langsung normal} + \text{Total upah tambahan} \end{aligned} \quad (11)$$

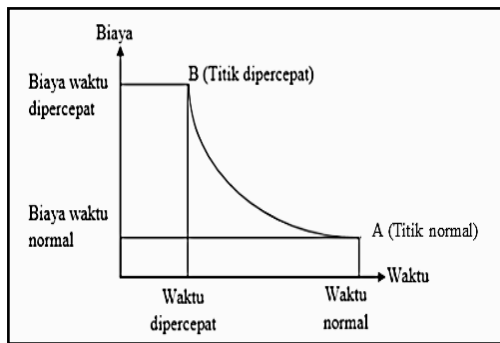
Cost slope

Pelaksanaan percepatan durasi proyek dapat menyebabkan terjadi peningkatan biaya langsung (*direct cost*) yang digunakan untuk menambah tingkat produktivitas kerja. Penambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas persatuan waktu disebut dengan istilah *cost slope*. *Cost slope* dirumuskan sebagai berikut (Iramutyn, 2018):

$$\frac{\text{Biaya percepatan} - \text{Biaya normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi percepatan}} \quad (12)$$

Hubungan Waktu dan Biaya dalam Percepatan

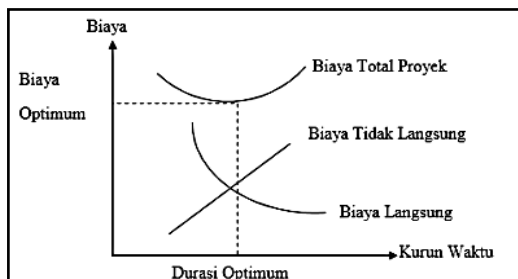
Hubungan antara biaya total dengan waktu suatu proyek dalam percepatan dapat dilihat pada Gambar 2 dimana semakin cepat waktu penyelesaian proyek, maka semakin besar biaya untuk mempercepatnya. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, dan titik B dipercepat. Kurva yang menghubungkan antar titik tersebut disebut kurva waktu dan biaya.



Sumber : Soeharto, 1999 dalam Pratama 2019

Gambar 2. Grafik Hubungan Waktu-Biaya Normal dan Dipercepat

Gambar 3 menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan total biaya dalam suatu grafik. Durasi optimum diketahui berada pada biaya total hasil penambahan biaya langsung dan tidak langsung yang terkecil pada kurva biaya total proyek.



Sumber : Soeharto, 1999 dalam Pratama 2019

Gambar 3. Grafik Hubungan Waktu dengan Biaya Total, Biaya Langsung, dan Biaya Tidak Langsung

METODE PENELITIAN

Obyek Penelitian

Obyek dalam penelitian ini adalah pelaksanaan suatu proyek pembangunan gedung perkantoran tiga lantai tahap lanjutan di Kota Bengkulu tahun anggaran 2020, dengan rencana masa pelaksanaan selama 92 hari, dan biaya sebesar Rp. 2.476.477.471,48. Proyek ini diketahui pembangunannya tertunda selama 4 tahun, dan kembali dilanjutkan dengan kontrak terpisah. Dokumentasi *existing* bangunan proyek pada awal

pelaksanaan lanjutan dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber : Arsip Dokumentasi Proyek 2020

Gambar 4. *Existing* Konstruksi Proyek

Tahapan dan Prosedur Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan yaitu: Penelitian diawali dengan studi pustaka sesuai topik yang dibahas pada penelitian, Penentuan Obyek Penelitian dengan melakukan Observasi dan pengajuan surat izin penelitian, Pengumpulan data primer dengan wawancara dan data sekunder dengan mengajukan surat perizinan, pengolahan data dan analisa. Analisa hasil olah data dilakukan menggunakan kaidah metode *Time Cost Trade Off*.

Pengumpulan Data

Data primer pada penelitian ini yaitu hubungan ketergantungan antar pekerjaan hasil wawancara pihak proyek yaitu *Site Engineer* dengan pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

1. Kegiatan-kegiatan yang mendahului.
2. Kegiatan-kegiatan apa yang langsung mengikuti.
3. Kegiatan-kegiatan apa yang dapat berjalan bersamaan.
4. Apa yang membatasi/menentukan saat mulainya kegiatan.
5. Apa yang membatasi/ menentukan saat selesainya kegiatan.

Data sekunder penelitian ini adalah data-data yang bersumber dari dokumen kontrak perencanaan proyek yang diperoleh dari pihak konsultan pengawas PT. X yaitu sebagai berikut:

1. Rencana Anggaran Biaya.
2. *Time Schedule*.
3. Daftar Harga Satuan Bahan dan Upah.
4. Analisa Harga Satuan.
5. Dokumentasi Bangunan Proyek.

Pengolahan Data

Tahap pengolahan data pada penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu:

1. Menyusun hubungan antar kegiatan proyek hasil wawancara dengan berdasarkan hubungan-hubungan yang mungkin terjadi yaitu sebagai berikut:
 - a. *Finish to Start (FS)*
 - b. *Start to Start (SS)*
 - c. *Finish to Finish (FF)*
 - d. *Start to Finish (SF)*
 - e. *Lag day*
2. *Network planning* dan identifikasi pekerjaan kritis proyek dengan Program *Microsoft Project*.
3. Rekapitulasi sumber daya pekerjaan kritis
 - a. Biaya langsung dan tidak langsung.
 - b. Jumlah dan upah tenaga kerja
4. Perhitungan sumber daya lembur.
5. Perhitungan sumber daya tenaga kerja.

Analisis Data

Analisis metode *Time Cost Trade Off* dilakukan pada hasil pembuatan grafik hubungan waktu dan biaya akibat penambahan jam kerja (lembur) dan tenaga kerja. Kesimpulan yang ditarik dari hasil pembahasan penelitian ini yaitu:

1. Hasil identifikasi pekerjaan kritis
2. Biaya dan durasi penambahan jam kerja.
3. Biaya dan durasi penambahan tenaga kerja.

4. Perbandingan antara biaya dan waktu penambahan jam kerja dan tenaga kerja

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Proyek

Data umum dari proyek pembangunan gedung perkantoran tiga lantai tahap lanjutan di Kota Bengkulu ini adalah sebagai berikut:

- Konsultan Pengawas : PT. X
- Kontraktor Pelaksana : PT. Y
- Nilai Kontrak : Rp.2.724.125.218
- Tahun Anggaran : 2020
- Jam Kerja : 08.00-12.00 & 13.00-17.00

Waktu Pelaksanaan : 92 hari kalender

Hubungan Antar Kegiatan Proyek

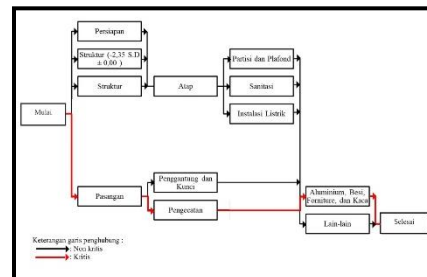
Hasil wawancara menunjukkan bahwa dalam pelaksanaan antar pekerjaan dalam proyek terdapat hubungan *start to start*, *finish to start*, *finish to finish*, dan *lag day*.

Pekerjaan Kritis

Pekerjaan dengan hubungan kritis diketahui terdapat dalam induk pekerjaan berikut ini:

1. Kelompok Pekerjaan Pasangan
2. Kelompok Pekerjaan Pengecatan
3. Kelompok Pekerjaan Aluminium Besi Furniture dan Kaca

Gambar *network diagram* induk pekerjaan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Network Diagram* Induk Kelompok Pekerjaan Proyek

Penentuan pekerjaan kritis dilakukan dengan menganalisis hubungan

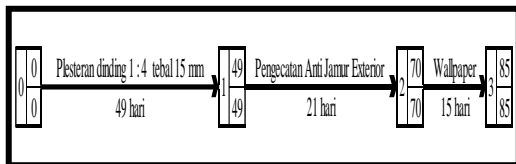
pekerjaan yang dapat mengurangi panjang durasi total lintasan kritis sebagai berikut:

1. Memiliki hubungan *finish to start*.
2. Memiliki tanggal mulai yaitu *early start / ES*, *late start / LS*, *early finish / EF*, dan tanggal berakhir *late finish / LF* yang sama, dan memiliki *start slack / SL* dan *finish slack / FL* sebesar 0 hari.

Sub pekerjaan kritis yang memenuhi persyaratan tersebut dan dipilih untuk dipercepat dapat dilihat pada Tabel 2. Gambar lintasan kritis dapat dilihat pada Gambar 6.

Tabel 2. Kode Pekerjaan Kritis Terpilih

Uraian Pekerjaan	Durasi	Kode Pekerjaan
PLESTERAN DINDING 1 : 4 TEBAL 15 MM	49 hari	A
PENGECATAN ANTI JAMUR EXTERIOR	21 hari	B
WALLPAPER	15 hari	C



Gambar 6. Lintasan Kritis Pekerjaan Terpilih

3. Biaya Pekerjaan Kritis

Sumber daya biaya pekerjaan kritis yang digunakan pada penambahan sumber daya direkapitulasi. Berikut uraian biaya pekerjaan kritis:

1. Biaya langsung
 Pekerjaan A = Rp. 87.049.332,48
 Pekerjaan B = Rp. 50.070.576,30
 Pekerjaan C = Rp. 35.983.981,60
 Total = Rp. 173.103.890,38

2. Biaya Tidak Langsung
 Profit, *Overhead*, dan PPN
 Pekerjaan A = Rp. 23.068.073,11
 Pekerjaan B = Rp. 13.268.702,72
 Pekerjaan C = Rp. 9.535.755,12
 Total = Rp. 45.872.530,95
 Biaya Tidak Langsung Lain-lain = Rp. 20.400.000,00
 Total Biaya Tidak Langsung = Rp.45.872.530,95+Rp.20.400.000,00 = Rp. 66.272.530,95
3. Total Upah Durasi Normal
 Pekerjaan A = Rp. 83.300.000,00
 Pekerjaan B = Rp. 25.200.000,00
 Pekerjaan C = Rp. 15.225.000,00

Penambahan Jam Kerja

Perencanaan penambahan jam kerja lembur menggunakan 9 jam kerja normal, sedangkan kerja lembur dilakukan selama 1 jam setelah waktu kerja normal.

Contoh langkah-langkah perhitungan penambahan jam kerja lembur pekerjaan A. plesteran dinding 1 : 4 tebal 15 mm berikut sebagai berikut:

1. Perhitungan waktu maksimal *crash*
 Luas pekerjaan = 1260,16 m²
 Durasi normal (hari) = 49 hari
 Durasi normal (jam) = 49 x 9 = 441 jam

$$\text{Produktivitas jam normal} = \frac{\text{Luas}}{\text{Durasi normal (jam)}} = \frac{1260,12}{441} = 2,86 \text{ m}^2/\text{jam}$$

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Luas}}{(\text{Jam kerja} \times \text{P. perjam}) + (a \times K \times \text{P. perjam})}$$

dengan:
 P = Produktivitas normal
 a = Lama jam kerja lembur (1 jam)
 K = Koefisien penurunan produktivitas

$$\text{Crash duration} = \frac{1260,12}{(9 \times 2,86) + (1 \times 0,9 \times 2,86)} = 44,55 \text{ hari}$$

Waktu maksimal untuk *crash* (hari)
 = Durasi normal – Durasi *crash*
 = 56 hari – 44,55 hari = 4,45 hari
 ≈ 5 hari

Waktu maksimal *crash* dibulatkan untuk memudahkan perhitungan *cost slope*/hari.

Perhitungan waktu lembur/hari
Crash duration max (hari) = 44 hari
Crash duration max (jam) = 396 jam

Produktivitas jam dipercepat

$$= \frac{\text{Luas}}{\text{Jam dipercepat}} = \frac{1260,12}{396}$$
 = 3,18 m²/jam

2. Waktu lembur perhari

$$= \frac{P. \text{ dipercepat} - P. \text{ normal}}{P. \text{ normal}} \times \text{Jam kerja} \times K$$

dengan :

P = Produktivitas

K = Koefisien penurunan produktivitas Waktu lembur perhari

$$= \frac{3,18 - 2,86}{2,86} \times 9 \times 0,9 = 0,92 \text{ jam/hari}$$

Hasil dibulatkan menjadi 1 jam/hari.

3. Upah lembur

Upah normal perjam = Upah normal perhari / 9 jam (jam kerja normal)

Pekerja = Rp.95.000/9 = Rp.10.556,00

Tukang = Rp.155.000/9 = Rp. 17.222,00

Kepala Tukang = Rp. 160.000 / 9 = Rp. 17.778,00

Mandor = Rp.160.000/9 = Rp.17.778,00

Upah lembur 1 jam = 1,5 x Upah normal perjam

Pekerja = Rp. 10.556,00 = Rp. 15.833,00

Tukang = Rp. 17.222,00 = Rp. 25.833,00

Kepala Tukang = Rp. 17.778,00 = Rp. 26.667,00

Mandor = Rp. 17.778,00 = Rp. 26.667,00

Total upah lembur 1 jam seluruh pekerja :

Upah = Jumlah Tenaga Kerja x Upah Lembur Perjam

Tenaga kerja normal dihitung ulang dengan menggunakan persamaan (6).

Pekerja = 8 x Rp.15.833,00 = Rp.126.667,00

Tukang = 4 x Rp.25.833,00 = Rp.103.333,00

Kepala Tukang = 1 x Rp.26.667,00 = Rp.26.667,00

Mandor = 1 x Rp.26.667,00 = Rp.26.667,00

Total = (126.667,00 + 103.333,00 + 26.667,00 + 26.667,00) = 283.333,00

Lembur dilaksanakan selama 3 hari pertama pekerjaan :

Biaya lembur = Rp.283.333,00 x 3 hari = Rp. 850.000,00

4. *Crash Cost*

= Total upah normal + Total upah lembur

Total upah normal = Rp.83.300.000,00

Total upah lembur = Rp.850.000,00

Crash cost = Rp.83.300.000,00 + Rp.850.000,00 = Rp. 84.150.000,00

5. *Cost slope*

Cost slope dihitung berdasarkan percepatan durasi yang dilakukan sampai batas waktu maksimal *crash* yang telah ditentukan.

Durasi normal = 49 hari

Waktu *max crash* = 5 hari

Durasi *crash* = 44 hari

Total upah normal = Rp.3.300.000,00

Total upah *crash* = Rp.84.150.000,00

Cost slope perhari

$$= \frac{\text{Upah dipercepat} - \text{Upah normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}}$$

$$= \frac{\text{Rp. 84.150.000,00} - \text{Rp. 83.300.000,00}}{49 - 44}$$

$$= \text{Rp. 170.000,00}$$

Cost slope dihitung untuk percepatan selama waktu maksimal *crashnya* yaitu 5 hari.

Cost slope disusun sesuai urutan dari paling kecil ke besar, dan dihitung kumulatifnya.

Kumulatif *cost slope* hari ke n
 = *Cost slope* n-1 + *Cost slope* n
 dengan :

n = hari

Contoh *cost slope* hari ke 2:

Kumulatif *cost slope* hari ke 2

$$= \text{Cost slope (2-1)} + \text{Cost slope (2)}$$

$$= \text{Rp. 170.000,00} + \text{Rp. 170.000,00}$$

$$= \text{Rp. 340.000,00}$$

6. Total durasi pekerjaan kritis dipercepat

Durasi normal seluruh pekerjaan kritis diketahui adalah 85 hari kerja.

Total durasi dipercepat = Durasi pekerjaan A dipercepat + Durasi pekerjaan B dipercepat + Durasi pekerjaan C dipercepat

a) Total durasi untuk pekerjaan A dipercepat hari ke 1:

$$\text{Total durasi dipercepat} = \text{Durasi pekerjaan A dipercepat} + \text{Durasi normal pekerjaan B} + \text{Durasi normal pekerjaan C}$$

$$\text{Durasi pekerjaan A dipercepat hari ke 1} = \text{durasi normal} - 1 \text{ hari}$$

$$= 49 \text{ hari} - 1 \text{ hari} = 48 \text{ hari}$$

$$\text{Total durasi dipercepat} = 48 + 15 + 21 \text{ hari} = 84 \text{ hari}$$

b) Total durasi untuk pekerjaan A dipercepat hari ke 2:

$$\text{Durasi pekerjaan A dipercepat hari ke 2} = \text{Durasi pekerjaan A dipercepat 1 hari} - 1 \text{ hari}$$

Durasi pekerjaan A dipercepat hari ke 2 = 47 hari

Total durasi dipercepat

$$= 47 + 15 + 21 \text{ hari} = 83 \text{ hari}$$

Percepatan kemudian dilaksanakan per 1 hari untuk masing-masing pekerjaan hingga mencapai waktu maksimal *crashnya*.

7. Biaya langsung

Biaya langsung normal pada durasi normal 85 hari adalah sebesar Rp. 173.103.890,38.

Biaya langsung durasi 84 hari:
 = Biaya langsung durasi 85 hari + *Cost slope* hari ke 1

$$= \text{Rp. 173.103.890,38} + \text{Rp. 170.000,00}$$

$$= \text{Rp. 173.273.890,37}$$

Perhitungan biaya langsung kemudian dilanjutkan dengan *cost slope* per 1 hari berikutnya sampai durasi percepatan yang direncanakan.

8. Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung durasi normal (85 hari)

$$= \text{Total profit, overhead, PPN pekerjaan kritis} + \text{Total biaya tidak langsung lain-lain}$$

$$= \text{Rp. 45.872.530,95} + \text{Rp. 20.400.000,00}$$

$$= \text{Rp. 66.272.530,95}$$

Contoh perhitungan biaya tidak langsung untuk durasi percepatan per 1 hari :

Biaya tidak langsung durasi (n)

$$= \frac{\text{B.t.l. durasi (n+1)}}{\text{Durasi (n+1)}} \times \text{Durasi (n)}$$

dengan :

n = Jumlah hari

B.t.l = Biaya tidak langsung

$$\begin{aligned}
 & \text{Biaya tidak langsung durasi 84 hari} \\
 &= \frac{\text{B.t.l. durasi (84+1) hari}}{\text{Durasi (84+1) hari}} \times (84 \text{ hari}) \\
 &= \frac{\text{B.t.l. durasi 85 hari}}{85} \times 84 \\
 &= \frac{\text{Rp. 66.272.530,95}}{85} \times 84 \\
 &= \text{Rp. 65.492.854,12}
 \end{aligned}$$

Perhitungan biaya tidak langsung kemudian dilanjutkan per 1 hari berurutan sampai durasi percepatan yang direncanakan.

9. Biaya total durasi seluruh pekerjaan kritis
 Biaya total durasi 85 hari
 = Biaya langsung durasi 85 hari +
 Biaya tidak langsung durasi 85 hari
 = Rp.173.103.890,38 + Rp.66.272.530,95
 = Rp. 239.376.421,33

Perhitungan biaya total kemudian dilanjutkan per 1 hari berikutnya.

10. Persentase penghematan waktu dan biaya
 Waktu dan biaya paling optimal diketahui yaitu pada durasi 78 hari dengan biaya total sebesar Rp. 235.131.183,41.
 Penghematan waktu
 = Durasi normal – Durasi optimal
 = 85 hari – 78 hari = 7 hari
 Persentase
 = $\frac{\text{Durasi normal} - \text{Durasi optimal}}{\text{Durasi normal}} \times 100\%$
 = $\frac{85 - 78}{85} \times 100\% = 8,24\%$
 Penghematan biaya
 = Biaya total normal - total optimal
 = Rp.239.376.421,33 - Rp.235.131.183,41
 = Rp.4.245.237,92

Persentase

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Biaya total normal} - \text{Biaya total optimal}}{\text{Biaya total normal}} \times 100\% \\
 &= \frac{\text{Rp. 239.376.421,33} - \text{Rp. 235.131.183,41}}{\text{Rp. 239.376.421,33}} \times 100\% \\
 &= 1,77\%
 \end{aligned}$$

Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan menentukan berapa jumlah pekerja yang dibutuhkan sesuai durasi pekerjaan dipercepat yang telah dihitung dalam perhitungan penambahan lembur sebelumnya, sehingga hasil perhitungan biaya penambahan tenaga kerja dapat dibandingkan jam kerja lembur.

Contoh langkah-langkah perhitungan penambahan tenaga kerja pekerjaan A. plesteran dinding 1 : 4 tebal 15 mm berikut sebagai berikut:

1. Jumlah tenaga kerja dipercepat ini dihitung berdasarkan hasil perhitungan durasi pekerjaan dipercepat sebelumnya.

$$\begin{aligned}
 & \text{Jumlah tenaga kerja dipercepat} \\
 &= \frac{(\text{Koefisien tenaga kerja} \times \text{luas})}{\text{Durasi dipercepat}}
 \end{aligned}$$

dengan:

Koefisien tenaga kerja pada Analisa Harga Satuan Pekerjaan.

$$\text{Luas pekerjaan} = 1260,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi dipercepat} = 44 \text{ Hari}$$

maka jumlah kebutuhan pekerja adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Pekerja} &= \frac{(0,30 \times 1260,12)}{44} \\
 &= 8,59 \approx 9 \text{ Orang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tukang} &= \frac{(0,15 \times 1260,12)}{44} \\
 &= 4,49 \approx 5 \text{ Orang}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kepala Tukang} &= \frac{(0,01 \times 1260,12)}{44} \\
 &= 0,25 \approx 1 \text{ Orang Mandor} \\
 &= \frac{(0,01 \times 1260,12)}{44} \\
 &= 0,25 \approx 1 \text{ Orang}
 \end{aligned}$$

Penambahan tenaga kerja hanya dilakukan terhadap kenaikan jumlah akibat durasi yang dipercepat.

2. *Crash cost*

a. Biaya upah pekerja perhari:

Pekerja = Rp.95.000
 Tukang = Rp.155.000
 Kepala Tukang = Rp.160.000
 Mandor = Rp.160.000

b. Upah seluruh pekerja perhari
 = Jumlah tenaga kerja x Biaya upah pekerja perhari

Pekerja = 9 x Rp.95.000
 = Rp.855.000

Tukang = 5 x Rp.155.000
 = Rp.775.000

Kepala Tukang
 = 1 x Rp.160.000
 = Rp.160.000

Mandor
 = 1 x Rp.160.000
 = Rp.160.000

Total = Rp.855.000+Rp.775.000+
 Rp.160.000 + Rp.160.000
 = Rp.1.950.000

Crash Cost = Total upah pekerja perhari x Durasi dipercepat
 = Rp.1.950.000 x 44
 = Rp.85.800.000

3. *Cost slope*

Durasi normal = 49 hari

Durasi dipercepat = 44 hari

Waktu *max crash* = 5 hari

Total upah normal = Rp. 83.300.000,00

Total upah *crash* = Rp. 85.800.000,00

Cost slope perhari

=

$$\frac{\text{Total upah dipercepat} - \text{Total upah Normal}}{\text{Durasi normal} - \text{Durasi dipercepat}}$$

= $\frac{\text{Rp. 85.800.000,00} - \text{Rp. 83.300.000,00}}{49 - 44}$

= Rp.500.000,00

Perhitungan penambahan *cost slope* selanjutnya dilakukan untuk penambahan tiap 1 hari percepatan

sampai waktu maksimal *crashnya* yaitu 5 hari.

Cost slope disusun sesuai urutan dari paling kecil ke besar, dan dihitung kumulatifnya.

4. Biaya langsung

Biaya langsung durasi 84 hari
 = Biaya langsung durasi 85 hari +
Cost slope hari ke 1
 = Rp.173.103.890,38+Rp.500.000,00
 = Rp.173.603.890,38

Perhitungan biaya tidak langsung kemudian dilanjutkan per 1 hari berurutan sampai durasi percepatan yang direncanakan.

5. Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung pekerjaan kritis menggunakan hasil perhitungan sebelumnya pada penambahan jam kerja.

6. Biaya total

Biaya total durasi 84 hari
 = Biaya langsung durasi 84 hari +
 Biaya tidak langsung durasi 84 hari
 = Rp.173.603.890,38 + Rp.65.492.854,12
 = Rp.239.096.744,50

7. Persentase penghematan waktu dan biaya

Waktu dan biaya paling optimal diketahui yaitu pada durasi 78 hari dengan biaya total sebesar Rp.237.913.683,49.

Penghematan waktu

= 85 hari – 78 hari = 7 hari

Persentase

= $\frac{85 - 78}{85} \times 100 \% = 8,24 \%$

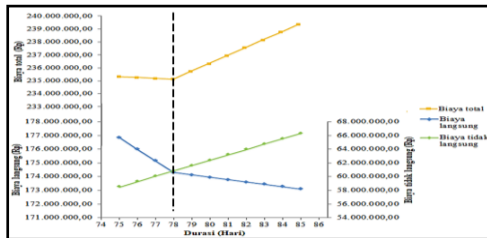
Penghematan biaya

= Rp.239.376.421,33 – Rp.237.913.683,49
 = Rp.1.462.737,84

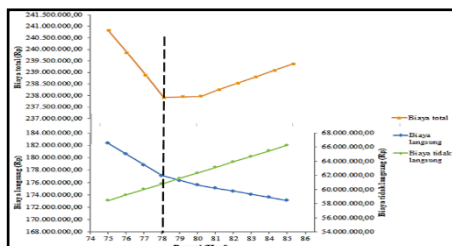
$$\begin{aligned} & \text{Persentase} \\ &= \frac{\text{Rp. } 239.376.421,33 - \text{Rp. } 237.913.683,49}{\text{Rp. } 239.376.421,33} \times 100\% \\ &= 0,61\% \end{aligned}$$

Analisa Metode *Time Cost Trade Off*

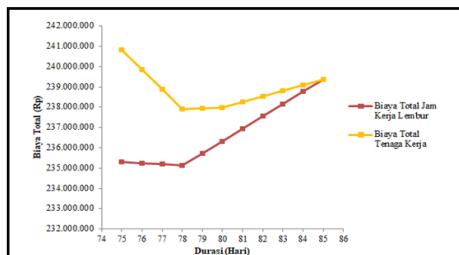
Analisa metode TCTO dilakukan terhadap grafik waktu dan biaya dipercepat hasil penambahan sumber daya dalam Gambar 7 dan 8. Hasil grafik waktu dan biaya total penambahan jam kerja dan tenaga kerja yang digabungkan seperti pada Gambar 9 dianalisa untuk mendapat hasil yang paling optimal.



Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Jam Kerja



Gambar 8. Grafik Hubungan Waktu dan Biaya Tenaga Kerja



Gambar 9. Grafik Perbandingan Waktu dan Biaya Jam Kerja dengan Tenaga Kerja

KESIMPULAN

1. Pekerjaan kritis hasil *network planning* terpilih untuk dipercepat

yaitu pekerjaan Plesteran dinding 1 : 4 tebal 15 mm, Wallpaper, dan Cat anti jamur exterior.

2. Penambahan jam kerja mempercepat durasi selama 7 hari (8,24 %), dan menghemat biaya total sebesar Rp. 4.245.237,92 (1,77 %).
3. Penambahan tenaga kerja mempercepat durasi selama 7 hari (8,24%), dan menghemat biaya total sebesar Rp.1.462.737,84 (0,61%).
4. Pelaksanaan penambahan jam kerja menghasilkan waktu dan biaya yang lebih optimal dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja.

SARAN

1. Melakukan pengecekan terhadap nilai analisa harga satuan dalam tahap identifikasi perhitungan biaya pekerjaan agar hasil lebih akurat.
2. Tahap *input* hubungan antar pekerjaan hasil wawancara dalam program *Microsoft Project* dilakukan dengan teliti.

DAFTAR PUSTAKA

Aryani, F., Rafie, & Syahrudin, 2016, *Analisa Penerapan Manajemen Waktu pada Proyek Konstruksi Jalan Lingkungan Lokasi Kalimantan Barat*, Jurnal Teknik Sipil Untan, Hal 1–16.

Iramutyn, E. V., 2018, Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Crash (Studi Kasus : *Proyek Pemeliharaan Gedung dan Bangunan Rumah Sakit Orthopedi Prof. Dr. R. Soeharso Surakarta*), Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Kota Surakarta.

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

- Lumbanbatu, J., & Syahrizal, 2013, *Analisis Percepatan Waktu Proyek dengan Tambahan Biaya yang Optimal*, Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Sumatera Utara Medan, Vol. 2, No. 3.
- Mela, A. F., 2019, *Analisis Time Cost Trade Off untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Studi Kasus : Pembangunan Hotel Zodiak, Lampung, Pembangunan Hotel Park In By Radisson, Pembangunan, Toko Mitra Hasil Sentosa di Bandar Lampung*, Journal of Chemical Information and Modeling, Vol. 53, No. 9, : Hal 1689–1699.
- Pratama, S., Fauzi, M., Bahri., S., 2019, *Optimasi Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi Gedung dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) dan Tenaga Kerja menggunakan Metode Time Cost Trade Off*, Journal of Civil Engineering and Built Environment Conference 2019, Universitas Bengkulu.
- Priyo, M., dan Paridi, M. R. A., 2018, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olah Raga (Gor)*, Semesta Teknika, Vol. 21 No. 1 : Hal 72–84.
- Rani, H. A., 2017, *Relationship Between The Nine Functions of Project Management and Project Success*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala Banda Aceh, 1(2).
- Saputro, R., 2015, *Analisa Percepatan dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Hotel Ijen Padjajaran Malang*, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang.
- Sari, N., 2019, *Analisis Pengendalian Waktu Selesai Proyek dengan menggunakan Metode Fast-Track (Studi Kasus : Pembangunan Masjid Pemkab Deli Serdang)*, Jurnal Teknik Sipil Universitas Sumatera, Vol. 8, No. 1, : Hal 1–9.