

Studi Optimasi Biaya dan Waktu Menggunakan Metode *Duration Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Quest Hotel Yogyakarta

Study of Cost and Duration Optimization Method Using Duration Cost Trade Off on Hotel Development Quest Yogyakarta

Dedah Iin Indahsah, Mandiyo Priyo

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Waktu, kualitas dan biaya adalah tiga hal terpenting sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Suatu proyek dilaksanakan dengan biaya dan durasi yang telah direncanakan sebelumnya, tetapi dalam pelaksanaannya sering kali tidak sesuai dengan apa yang telah direncanakan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghitung perubahan biaya dengan cara menambahkan jam kerja (lembur) dan menambahkan tenaga kerja sehingga hasil keduanya akan dibandingkan. Analisis data yang digunakan adalah *Metode Duration Cost Trade Off* dengan bantuan Aplikasi *Microsoft Project 2013*. Hasil penelitian yang dilakukan, untuk penambahan lembur 1 jam menurun sebesar Rp 194,152,784.28 dan perubahan durasi menurun 24.48 hari. Untuk penambahan lembur 2 jam menurun sebesar Rp 322,348,175.85 dan perubahan durasi menurun 42.12 hari. Untuk penambahan lembur 3 jam menurun sebesar Rp 414,069,173.00 dan perubahan durasi menurun 55.08 hari. Sementara untuk penambahan tenaga kerja selama 1 jam menurun sebesar Rp 205,746,099.98 dan perubahan durasi menurun 24.48 hari. Untuk penambahan tenaga kerja selama 2 jam menurun sebesar Rp 354.003.837.16 dan perubahan durasi menurun 42,12 hari. Untuk penambahan tenaga kerja selama 3 jam menurun sebesar Rp. 462.927.312,72 dan perubahan durasi menurun 58,06 hari. Dari analisis yang dilakukan hasil paling optimal terjadi apabila dilakukan penambahan tenaga kerja selama 3 jam yaitu Rp 5,656,147,050 dan durasi percepatan menjadi 34.92 hari.

Kata kunci : *Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2013, Menambahkan jam lembur dan tenaga kerja, waktu, biaya.*

Abstract. *The time, quality, and cost are three important greatly affect the success and failure of a project. A project was implemented by the pre-planned cost and duration, but implementation often not in accordance with what has been planned. The purpose of this research is to calculate the cost change way to add working hours (overtime) and add labor so that the results of both will be compared. Data analysis is used Duration Cost Trade Off Method with the help of Microsoft Project 2013 Application. From the research conducted, for the addition of overtime 1 hour decreased by Rp 194,152,784.28 and change the duration decreased 24.82 days. For 2 hours overtime decreased by Rp 322,348,175.85 and change in duration decreased 47.88 days. For the addition of overtime 3 hours decreased by Rp 414,069,173.00 and change of duration decreased 55.08 days. While for the addition of labor for 1 hour decreased by Rp 205,746,099.98 and change the duration decreased 24.82 days. For the addition of labor for 2 hours decreased by Rp 354.003.837.16 and change of duration decreased 42.12 days. For the addition of workforce for 3 hours decreased by Rp 462.927.312,72 and change of duration decreased 58,06 days. From the analysis performed the most optimal results occur when the addition of workforce for 3 hours is Rp 5,656,147 and the duration of acceleration to 34.92 days.*

Keywords: Duration Cost Trade Off, Microsoft Project 2013, Add hours of overtime and labor, time, cost.

1. Pendahuluan

Sektor konstruksi di Indonesia sedang berkembang pesat serta bisa disebut salah satu sektor terkuat yang mendukung pertumbuhan ekonomi di Indonesia. Pembangunan suatu konstruksi dapat disebut dengan suatu rangkaian kegiatan yang berkesinambungan

dengan harapan mencapai tujuan bangunan tersebut akan terselesaikan dalam kurun waktu tertentu serta dengan biaya dan mutu tertentu. Oleh karena itu pembangunan konstruksi tersebut selalu membutuhkan beberapa sumber daya seperti manusia, peralatan, metode pelaksanaan, bahan bangunan, biaya, waktu

serta informasi sebagai penunjang pembangunan tersebut. Menurut beberapa informasi yang didapat ada tiga hal terpenting yang harus diperhatikan mengenai pembangunan konstruksi yaitu biaya, waktu dan mutu.

Waktu, kualitas dan biaya adalah tiga hal terpenting sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Suatu proyek dilaksanakan dengan biaya dan durasi yang telah direncanakan sebelumnya, tetapi dalam pelaksanaannya sering kali tidak sesuai dengan apa yang telah direncanakan.

Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek ini disebut Crash Program. Ardika (2014) mengungkapkan bahwa dengan diadakannya percepatan proyek ini, akan terjadi pengurangan durasi kegiatan pada kegiatan yang akan diadakannya crash program. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (*crash duration*) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini tidak efektif lagi.

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pengerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu antara lain:

1. Berapakah biaya dan waktu optimum pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah kompresi durasi dengan penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja?
2. Berapakah selisih perbandingan biaya dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja?

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perubahan waktu dan biaya optimum akibat penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan biaya denda yang dikeluarkan dengan perubahan biaya sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) serta penambahan tenaga kerja.

2. Landasan Teori

Proyek Konstruksi

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian aktivitas yang memiliki saat permulaan dan harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapatkan tujuan

tertentu. Proyek merupakan suatu rangkaian kegiatan yang terencana dan dilaksanakan secara berurutan dengan logika serta menggunakan banyak jenis sumber daya yang dibatasi oleh dimensi biaya, mutu dan waktu (Mahendra, 2004).

Menurut Priyo (2017) dalam manajemen proyek penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencana yang lain, yaitu:

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

Network Planning

“*Network planning* adalah sebuah alat manajemen yang memungkinkan dapat lebih luas lengkapnya perencanaan dan pengawasan suatu proyek.” (Soetomo,1977:26). “*Network planning* adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelenggaraan proyek yang produhnya adalah informasi mengenai kegiatan-kegiatan yang ada dalam network diagram proyek yang bersangkutan.” (Ali, 1995:38).

Menjadwalkan adalah berpikir secara mendalam melalui berbagai persoalan, menguji jalur-jalur yang logis serta menyusun berbagai macam tugas, yang menghasilkan suatu kegiatan lengkap dan menuliskan bermacam-macam kegiatan dalam rangka yang logis dan rangkaian waktu yang tepat (Luthan dan Syafriadi, 2006).

Biaya Total Proyek

Biaya total proyek adalah dimana biaya langsung ditambah dengan biaya tidak langsung. Keduanya berubah sesuai dengan waktu dan perkembangan proyek. Walau begitu hubungan biaya langsung dan biaya tak langsung terhadap waktu memiliki kecenderungan bertolak belakang. Jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat akan mengakibatkan peningkatan biaya langsung tetapi pada biaya tidak langsung terjadi penurunan (Sudarsana, 2008).

Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Duration Cost Trade Off)

“Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Adakalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash program*.” (Novitasari, 2017)

Produktivitas Pekerja

Produktivitas didefinisikan sebuah konsep yang menggambarkan hubungan antara hasil dengan sumber (tenaga atau modal) bertujuan untuk menghasilkan sesuatu yang diinginkan. Dengan kata lain, produktivitas suatu pekerja tergantung pada jumlah tenaga kerja, modal, dan peralatan. Didalam sebuah proyek konstruksi, rasio dari produktivitas adalah nilai yang dapat diukur selama proses konstruksi tersebut dapat dipisakan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode, dan alat (Handayani, dkk., 2017).

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Metode penambahan jam kerja (lembur) biasanya dengan cara melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam sesuai dengan waktu penambahan yang dibutuhkan, semakin besar penambahan jam lembur maka dapat menimbulkan penurunan produktivitas (Dharmayudha, dkk., 2015).

Dari uraian di atas dapat ditulis sebagai berikut:

1. Produktivitas harian (PH)

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

2. Produktivitas tiap jam (PJ)

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

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

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

Dengan:

a = lama penambahan jam kerja (lembur)

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

4. *Crash Duration* = $\frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah } crash}$

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Perlu diperhatikan untuk penambahan jumlah tenaga kerja yakni ruang kerja yang tersedia apakah memadai atau tidak dalam artian ruang yang terlalu sesak pada saat penambahan tenaga kerja memungkinkan akan mengganggu aktivitas yang sedang berjalan (Ardika, Dkk, 2014).

Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Waktu Proyek

Sumber daya yang menghubungkan waktu pelaksanaan dengan biaya seperti tenaga kerja, metode, material serta alat. Dapat disimpulkan bahwa untuk menghasilkan sebuah konstruksi dengan waktu tertentu dibutuhkan sejumlah tenaga kerja, material, metode dan alat dengan biaya tertentu atau sebaliknya (Chusairi, 2015).

Lintasan Kritis

“Jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek” (Soeharto, 1999).

Lintasan kritis merupakan lintasan yang memiliki rangkaian dengan komponen kegiatan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian tercepat. Biasanya pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

Tujuan lintasan kritis tersebut untuk mengetahui dengan cepat kegiatan-kegiatan yang tingkat kepekaannya tinggi terhadap keterlambatan pelaksanaan sehingga dapat ditentukan tingkat prioritas kebijaksanaan penyelenggara proyek apabila kegiatan tersebut terlambat (Kustiani, Dkk, 2016).

Biaya Tambah Pekerja (Crash Cost)

Perhitungan untuk biaya tambahan akibat jam lembur dapat dirumuskan sebagai berikut:

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

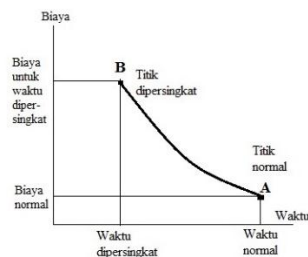
Dengan:

n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

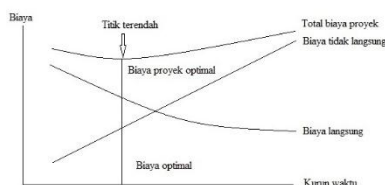
4. *Crash cost* pekerja perhari
= (jam kerja perhari \times Normal *cost* pekerja) + ($n \times$ Biaya lembur perjam)
5. *Cost slope*
= *Crash Cost* – Normal *Cost* Durasi Normal – Durasi *Crash*

Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sangat bergantung pada waktu pelaksanaan proyek. Hubungan antara biaya dan waktu dapat dilihat pada Gambar 2



Gambar 2 Grafik hubungan waktu – biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan (Soeharto, 1997).



Gambar 3 Grafik Hubungan biaya-biaya total, langsung, tidak langsung, dan optimal (Soeharto, 1997).

Biaya Denda

Berdasarkan Perpres Nomor 70 Tahun 2012 Pasal 120 menyatakan dimana “Selain perbuatan atau tindakan sebagaimana yang dimaksud dalam Pasal 118 ayat (1), Penyedia Barang/Jasa yang terlambat menyelesaikan pekerjaan dalam jangka waktu sebagaimana ditetapkan dalam Kontrak karena kesalahan Penyedia Barang/Jasa, dikenakan denda keterlambatan sebesar 1/1000 (satu perseribu) dari nilai Kontrak atau nilai bagian Kontrak untuk setiap hari keterlambatan”. Keterlambatan penyelesaian proyek akan menyebabkan kontaktor terkena sanksi berupa denda yang telah disepakati dalam dokumen kontrak. Besarnya biaya denda umumnya dihitung sebagai berikut:

Denda = Total Aibat Keterlambatan \times Denda Perhari Akibat Keterlambatan

Program Microsoft Project

Microsoft Project adalah *software* yang digunakan untuk mengelola suatu proyek yang biasa disebut *schedule* (Hartono, Dkk, 2015). Sedangkan kegiatan manajemen itu sendiri berupa suatu proses kegiatan yang akan mengubah *input* menjadi *output* sesuai dengan apa yang menjadi tujuan awal. *Input* ini sendiri mencakup seperti unsur-unsur manusia, material, uang, alat serta kegiatan-kegiatan yang dibutuhkan. Selanjutnya diproses menjadi suatu hasil yang maksimal untuk mendapatkan informasi yang diinginkan sebagai pertimbangan untuk pengambilan keputusan. Proses tersebut diperlukan perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian.

3. Metode Penelitian

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek pekerjaan Quest Hotel yang berada di Yogyakarta.

Tahap dan Prosedur Penelitian

1. Tahap persiapan

Tahapan persiapan yakni tahapan awal yang di lakukan sebelum melakukan penelitian, pada tahapan ini dilakukan studi literatur berupa pendalaman ilmu kemudian

menentukan rumusan masalah sampai dengan komplikasi data.

2. Tahap Pengumpulan Data

Pengumpulan data atau informasi suatu pelaksanaan proyek konstruksi yang sangat bermanfaat sebagai evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Umum Proyek

Pemilik Proyek : P
 Konsultan Supervisi : PT. Q
 Kontraktor : PT. Z
 Anggaran : Rp. 6,395,407,233.41
 Tanggal Pekerjaan Dimulai: 1 Februari 2017
 Tanggal Pekerjaan Selesai : 30 April 2018

Daftar Kegiatan Kritis

Beberapa alasan pemilihan item kegiatan yang akan dipercepat adalah kegiatan kritis tersebut, dimana:

1. Kegiatan kritis yang terpilih tersebut mempunyai *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga dapat dipercepat dengan mengolah *resource work*;
2. Pada kegiatan kritis terpilih tersebut dapat dilakukan percepatan dengan penambahan jam lembur atau dengan penambahan jumlah tenaga kerja. Jika dilakukan penambahan tenaga kerja pada kegiatan kritis yang lain maka jumlah tenaga kerja tidak akan bertambah karena kegiatan kritis tersebut hanya memiliki indeks tenaga kerja yang kecil;
3. Pada kegiatan kritis terpilih tersebut apabila dipercepat dapat mengurangi biaya tidak langsung pada kegiatan tersebut;

Tabel 1 Daftar Kegiatan Kritis

No.	Kode	Task Name	Durasi (Hari)
1	BBPT-1	Beton K300 Pek. Beton Plat Tebal 12cm Lt.1	6
2	BPBB-1	Beton K300 Pek. Beton Balok 30x60cm (B1) Lt.1	6
3	KBB-1	Bekisting Pek. Beton Balok 30x60cm (B1) Lt.1	6
4	KPLB-1	Bekisting Pek. Pit Lift Balok 20x40cm (BA3) Lt.1	6
5	BPK-1	Beton K300 Pek. Kolom 20x50cm (K2) Lt.1	6
6	PPK-1	Pembesian Pek. Kolom 20x50cm (K2) Lt.1	6
7	KPK-1	Bekisting Pek. Kolom 20x50cm (K2) Lt.1	6
8	KPLSW-1	Bekisting Pek. Pit Lift Shear Wall Lt.1	6
9	KBPT-2	Bekisting Pek. Beton Plat Tebal 12cm Lt.2	6
10	KPLB-2	Bekisting Pek. Pit Lift Balok 20x40cm (BA3) Lt.2	6
11	KPK-2	Bekisting Pek. Kolom 50x60cm (K1) Lt.2	6
12	PPTB-2	Pembesian Pek. Plat Tangga & Bordes Lt. 2	6
13	BPLB-2	Beton K300 Pek. Pit Lift Balok 25x50cm (BA2) Lt.2	6
14	PPLB-2	Pembesian Pek. Pit Lift Balok 25x50cm (BA2) Lt.2	6
15	BPLSW-2	Beton K300 Pek. Pit Lift Shear Wall Lt.2	6
16	PPLSW-2	Pembesian Pek. Pit Lift Shear Wall Lt.2	6
17	KPLSW-2	Bekisting Pek. Pit Lift Shear Wall Lt.2	6
18	BBPT-3	Beton K 300 Pek. Beton Plat Tebal 12cm Lt.3	6
19	KBPT-3	Bekisting Pek. Beton Plat Tebal 12cm Lt.3	6
20	BBB-3	Beton K300 Pek. Beton Balok 30x60cm (B1) Lt.3	6
21	BBB-3	Beton K300 Pek. Beton Balok 25x60cm (BA1) Lt.3	6
22	PBB-3	Pembesian Pek. Beton Balok 25x60cm (BA1) Lt.3	6
23	BBB-3	Beton K300 Pek. Beton Balok 25x50cm (BA2) Lt.3	6
24	BBB-3	Beton K300 Pek. Beton Balok 20x40cm (BA3) Lt.3	6
25	BBB-3	Beton K300 Pek. Beton Balok 20x40cm (BK) Lt.3	6
26	KBB-3	Bekisting Pek. Beton Balok 20x40cm (BK) Lt.3	6
27	BPK-3	Beton K300 Pek. Kolom 50x60cm (K1) Lt.3	6
28	PPK-3	Pembesian Pek. Kolom 50x60cm (K1) Lt.3	6
29	BPK-3	Beton K300 Pek. Kolom 20x50cm (K2) Lt.3	6
30	BPTB-3	Beton K300 Pek. Plat Tangga & Bordes Lt. 3	6
31	BPLK-3	Beton K300 Pek. Pit Lift Kolom L 20x40cm (K3) Lt. 3	6
32	BPLK-3	Beton K300 Pek. Pit Lift Kolom L 20x60cm (K4) Lt. 3	6
33	BPLB-3	Beton K300 Pek. PIT lift Balok 25x50cm (BA2) Lt.3	6
34	PBPLB-3	Pembesian Pek. Beton PIT Lift Balok 25x50cm (BA2) Lt.3	6
35	BBPLB-3	Beton K300 Pek. Beton PIT Lift Balok 20x40cm (BA3) Lt.3	6
36	BPLSW-3	Beton K300 Pek. Pit Lift Shear Wall Lt.3	6

Analisis penambahan jam kerja (lembur)

Pembahasan jam kerja ini bertujuan untuk memperbesar produksi selama satu hari sehingga suatu aktivitas akan lebih cepat diselesaikan. Berikut contoh perhitungan upah tenaga kerja:

Resourch name : Pekerja
 Biaya Normal : Rp. 63.000
 Jam kerja normal perhari : 8 jam/hari
 Biaya normal perjam : $\frac{Rp\ 63.000,00}{8\ jam/hari}$
 : Rp. 7,875.00

Kemudian biaya lembur setiap jamnya dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

1 jam = $1,5 \times$ Upah pekerja normal perjam
 2 jam = $(1,5 \times$ Upah normal perjam) + $(2 \times 1 \times$ upah normal perjam)
 3 jam = $(1,5 \times$ Upah normal perjam) + $(2 \times 2 \times$ upah normal perjam)

Berikut pada Tabel 2 hasil setelah di lakukan perhitungan biaya lembur sebagai berikut :

Tabel 2 hasil setelah di lakukan perhitungan biaya lembur

Lembur (jam)	Biaya per jam (Rp)	Biaya Total (Rp)
1	11.812,50	11.812,50
2	13.781,25	27.562,50
3	14.437,50	43.312,50

Analisis Durasi Percepatan

Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam perhari hitung sebesar 90%, 2 jam perhari hitung sebesar 80%, dan 3 jam perhari dihitung 70% dari produktivitas normal. Perhitungan percepatan dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut :

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

- Volume = 75.12 m³
- Durasi normal = 6 hari
- Durasi normal (jam) = 6 x 7 = 42 jam
- Produktivitas jam normal = $\frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal (Jam)}}$

$$= \frac{75.12}{42}$$

$$= 1.78857 \text{ m}^3 / \text{jam}$$
- Maksimal *crashing* = $\frac{75.12}{(1.78857 \times 7) + (1 \times 0.9 \times 1.78857)}$

$$= 5.3164557 \text{ hari}$$
- Maka maksimal *crashing* :

$$= 6 \text{ hari} - 5.3164557 \text{ hari}$$

$$= 0.68354 \text{ hari}$$

Tabel 3 Durasi sebelum dan sesudah dilakukan percepatan

Durasi (hari)	
Normal	6,00
Lembur 1 jam	5,32
Lembur 2 jam	4,83
Lembur 3 jam	4,47

Biaya Lembur

Perhitungan biaya lembur ataupun normal memiliki persamaan yaitu jumlah tenaga kerja dikali dengan harga normal/lembur. Berikut hasil dari analisa pada pekerjaan pengecoran pelat Lantai 1 :
 Lembur 1 Jam = Rp. 67,838,147.77
 Lembur 2 Jam = Rp. 68,795,435.58
 Lembur 3 Jam = Rp. 69,615,067.38

Cost Variance

Diketahui selisih biaya (*cost variance*) adalah selisih antara biaya normal dengan biaya percepatan tiap lemburnya yaitu dengan cara:

- Lembur 1 jam : Rp. 67,838,147.77 – Rp 67,283,355.89 = Rp 554,791.88
- Lembur 2 jam : Rp. 68,795,435.58 – Rp 67,283,355.89 = Rp 1,512,079.69
- Lembur 3 jam : Rp. 69,615,067.38 – Rp 67,283,355.89 = Rp 2,331,711.49

Duration Variance

Duration Variance dapat dihitung dengan cara selisih antara durasi normal dengan durasi percepatan. Berikut hasil dari perhitungan untuk pekerjaan pengecoran pelat lantai 1:

- Lembur 1 jam : 6 – 5,32 = 0,68
- Lembur 2 jam : 6 – 4,83 = 1,17
- Lembur 3 jam : 6 – 4,47 = 1,53

Cost Slope

Mengitung *Cost Slope* dimana biaya perhari dari selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Salah satu contoh perhitungan *cost slope* dari item pekerjaan yang kritis adalah sebagai berikut:

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{Cost variance}}{\text{Duration variance}}$$

$$\text{Lembur 1 jam} = \frac{\text{Rp. } 554,791.88}{0.68} = \text{Rp. } 815,870.41$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \frac{\text{Rp. } 1,512,079.69}{1.17} = \text{Rp. } 1,292,375.80$$

$$\text{Lembur 2 jam} = \frac{\text{Rp. } 2,331,711.49}{1.53} = \text{Rp. } 1,523,994.44$$

Analisis Biaya Total Proyek

Model Regresi Non Linear dengan menggunakan Alogarim Genetika sebagai berikut:

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

Dengan:

x_1 = Nilai Proyek (Miliar)
 x_2 = Durasi Pelaksanaan Proyek (Hari)
 Perhitungan :

$$Y = -0,95 - 4,888(\ln(6,119-0,21)-\ln(90)) + \varepsilon$$

$$= 0,124 = 12,4\%$$

Berdasarkan model regresi diatas pada proyek pembangunan Gedung dengan nilai total proyek sebesar Rp. 6.119.074.363 didapatkan presentase untuk biaya tidak langsung sebesar 0,124% dari nilai total proyek tersebut secara detail hitungan seperti contoh dibawah berikut ini :

$$BTL = 0.124 \times \text{Rp. } 6,119,074,363$$

$$= \text{Rp. } 756,414,913.5$$

$$\text{Biaya Tidak Langsung/Hari} = \frac{\text{Biaya Tidak Langsung}}{\text{Durasi Normal Proyek}}$$

$$= \frac{\text{Rp. } 756,414,913.5}{90 \text{ hari}} = \text{Rp. } 8,404,610.15$$

$$BL = \text{Biaya Total Rencana} - \text{Biaya Tidak Langsung}$$

$$= \text{Rp. } 6,119,074,363 - \text{Rp. } 756,414,913.5$$

$$= \text{Rp. } 5,362,659,449.28$$

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

Berikut contoh perhitungan dari total Pengecoran Pelat Lantai 1:

$$\text{Biaya total lembur 1 jam}$$

$$= \text{Rp } 5,362,962,200.52 + \text{Rp } 676,403,024.89$$

$$= \text{Rp } 6,039,365,225.41$$

$$\text{Biaya total lembur 2 jam}$$

$$= \text{Rp } 5,363,481,305.42 + \text{Rp } 618,747,399.26$$

$$= \text{Rp } 5,982,228,704.68$$

$$\text{Biaya total lembur 3 jam}$$

$$= \text{Rp } 5,363,931,613.96 + \text{Rp } 576,388,164.10$$

$$= \text{Rp } 5,940,319,778.06$$

Analisa Penambahan Tenaga Kerja

Berdasarkan hasil perhitungan percepatan durasi maka dilakukan penambahan tenaga kerja dan menghitung ulang kebutuhan tenaga kerja dengan durasi baru setelah crashing, tanpa menambah jam kerja perhari.

a. Durasi normal

Pekerjaan = Pengecoran Beton Pelat Lt. 1

Volume = 75.12m³

Durasi normal = 6 hari

Kapasitas tenaga kerja per m³

OH = Orang / hari

Pekerja = 1.65 OH @ Rp 63.000,00

Tukang batu = 0.28 OH @ Rp 75.000,00

Kepala tukang = 0.03 OH @ Rp 80.000,00

Mandor = 0.08 OH @ Rp 79.000,00

Perhitungan jumlah tenaga kerja dan upah tenaga kerja :

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(\text{koefisien} \times \text{volume})}{\text{durasi}}$$

$$\text{Pekerja} = \frac{(1.65 \times 75.12)}{6}$$

$$= 20.658 \text{ orang/hari}$$

$$\text{Upah pekerja} = 20.66 \times \text{Rp } 63.000,00$$

$$= \text{Rp } 1,301,454.00$$

$$\text{Tukang Batu} = \frac{(0.28 \times 75.12)}{6}$$

$$= 3.51 \text{ orang/hari}$$

$$\text{Upah Tukang Batu} = 3.51 \times \text{Rp } 75.000,00$$

$$= \text{Rp } 262,920$$

$$\text{Kepala Tukang} = \frac{(0.03 \times 75.12)}{6}$$

$$= 0,38 \text{ orang/hari}$$

$$\text{Upah Kepala Tukang} = 0,38 \times \text{Rp } 80.000,00$$

$$= \text{Rp } 30,048$$

$$\text{Mandor} = \frac{(0.08 \times 75.12)}{6}$$

$$= 1 \text{ orang/hari}$$

$$\text{Upah Mandor} = 1 \times \text{Rp } 79.000,00$$

$$= \text{Rp. } 79,000$$

Total upah tenaga kerja pada durasi normal :

$$= (\text{Rp. } 1,301,454.00 + \text{Rp. } 262,920 + \text{Rp. } 30,048 + \text{Rp. } 79,000) \times 6 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 10,040,532$$

Analisis Biaya Total Penambahan Kerja

Analisis Biaya Tidak Langsung

Contoh pada pekerjaan Pengecoran Pelat Lt.1:

Lembur 1 Jam:

$$= (\text{Rp. } 756,414,913.52 / 90) \times 75.72$$

$$= \text{Rp. } 636,397,808.58$$

Analisis Biaya Langsung

Lembur 1 jam:

$$= \text{Rp. } 5,362,594,064.12 + \text{Rp } 596$$

$$= \text{Rp. } 5,362,594,670.12$$

Biaya Total

Biaya total lembur 1 jam:

$$= \text{Biaya langsung} - \text{B. Tidak Langsung}$$

$$= \text{Rp. } 5,362,594,670.12 + \text{Rp. } 636,397,808.58$$

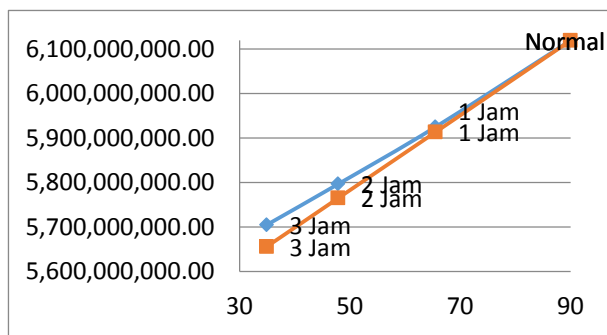
$$= \text{Rp. } 5,998,991,750.70$$

Tabel 4. Perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan tenaga kerja

Penambahan Alat	Durasi	Penambahan Jam Lembur	Penambahan Tenaga Kerja
Normal	90	6,119,074,362.80	6,119,074,362.80

1	65.52	5,924,921,578.52	5,913,328,262.82
2	47.88	5,796,726,186.95	5,765,070,525.64
3	34.92	5,705,005,189.80	5,656,147,050.08

Dari tabel perbandingan tersebut dihasilkan biaya total dengan variasi penambahan tenaga kerja untuk penambahan lembur 1 jam Rp. 5,913,328,262.82 dengan durasi percepatan 65.52 hari, sedangkan penambahan tenaga kerja dengan durasi lembur 2 jam Rp. 5,765,070,525.64 dengan durasi percepatan 47.88 hari, dan penambahan 3 jam lembur sebesar Rp. 5,656,147,050.08 dengan durasi percepatan 34.92 hari. Dari ketiga penambahan tenaga kerja, didapatkan biaya dan waktu paling efektif pada penambahan tenaga kerja 3 jam.



Gambar 1. Grafik perbandingan biaya penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja

Untuk biaya denda akibat keterlambatan proyek dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Dengan,

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

Berikut dibawah ini salah satu contoh perhitungan biaya denda untuk pekerjaan kode BBPT-1 :

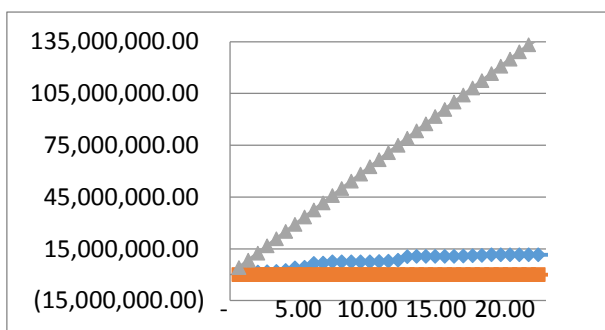
$$\text{Total hari keterlambatan} = 0.68$$

$$\text{Biaya total proyek} = \text{Rp.} 6,119,074,362.80$$

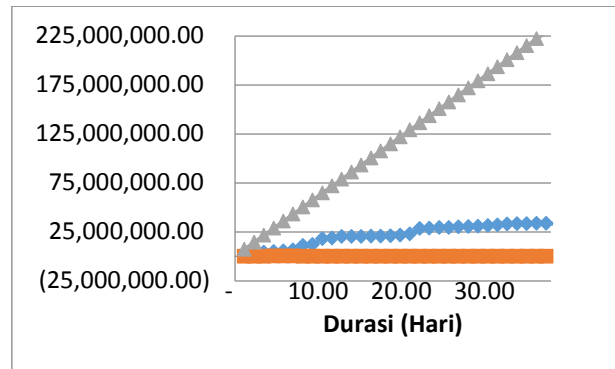
Total denda:

$$= 0.68 \times \frac{1}{1000} \times \text{Rp.} 6,119,074,362.80$$

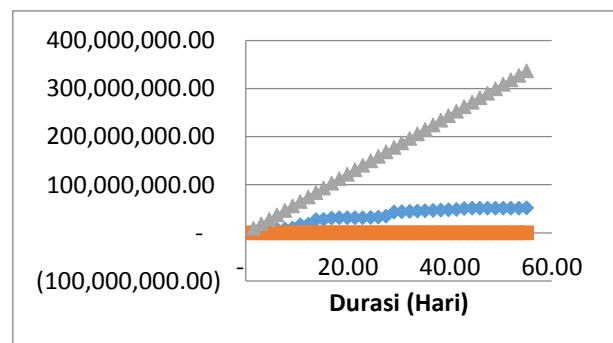
$$= \text{Rp.} 4,160,970.57$$



Gambar 2. Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Tenaga Kerja dan Denda pada Lembur 1 Jam



Gambar 3. Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Tenaga Kerja dan Denda pada Lembur 2 Jam



Gambar 4. Perbandingan Biaya Penambahan Jam Lembur, Tenaga Kerja dan Denda pada Lembur 2 Jam

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari data yang telah dianalisis dan pembahasan yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Quest Hotel, Yogyakarta, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Waktu dan Biaya total pada proyek dalam kondisi normal selama 90 hari dengan biaya sebesar Rp. 6,119,074,362.8, mengalami perubahan lebih murah sebesar Rp. 194,152,784.28 akibat variasi penambahan jam kerja selama 1 jam

dengan durasi percepatan 65.52 hari, sedangkan penambahan 2 jam kerja didapatkan biaya lebih murah sebesar Rp. 322,348,175.85 dengan durasi percepatan 47,88 hari dan untuk penambahan 3 jam lembur didapatkan biaya lebih murah sebesar Rp. 414,069,173.00 dengan durasi percepatan 34.92 hari. Sedangkan untuk biaya total penambahan tenaga kerja 1 biaya total proyek dan durasi *crashing* yang dipercepat akan lebih murah sebesar Rp. 205,746,099.98 dengan percepatan waktu 65.52 hari, sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya yang lebih murah dari biaya normal sebesar Rp. 354,033,837.16 dengan durasi percepatan menjadi 47.88 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya lebih murah sebesar Rp. 462,927,312.72 dengan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 34.92 hari.

2. Pada durasi pengerjaan yang sama yakni penambahan waktu sebanyak 3 jam adalah yang paling efektif yaitu penambahan tenaga kerja menjadi 34.92 hari dari durasi normal 90 hari memiliki selisih biaya sebesar Rp. 48,858,138.71 lebih murah dibandingkan dengan penambahan jam kerja (lembur). Biaya mempercepat durasi proyek pada penambahan jam kerja (lembur) atau penambahan tenaga kerja lebih murah dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan apabila proyek mengalami keterlambatan dan dikenakan denda.

Daftar Pustaka

- Ali, T.H., 1995, *Prinsip-Prinsip Network Planning*. Bandung: Gramedia.
- Ardika, P.C.O., Sugiarto, dan Handayani, F.S., 2014, Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A). *Universitas Sebelas Maret, Surakarta*, 2, 3.
- Arvianto, R., Fajar S.H., dan Setiono. 2017, Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) Studi Kasus Proyek Bangunan Rawat Inap Kelas III dan Parkir RSUD Dr. Moewardi Surakarta. *Jurnal Matriks, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*, 5 – 6.
- Chusairi, Moch., dan Mas S., 2012, Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Ptoyek Pembangunan Gedung Time B SMPN Baru Siwalankerto. *Jurnal Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya, Surabaya*. 1, 11 – 13.
- Darmayudha, A.A.N., I Ketut, Ani K., dan Ni K.A., 2015, Analisa Program Percepatan pada Proyek Konstruksi dengan Metode Penambahan Jam Kerja (Studi Kasus Proyek Pembangunan Agranusa Signature Villa Nusa Dua Bali). *PADURAKSA*, 4(1), 9 – 12.
- Hartono, W., Chabibah, S.A.N., dan Sugiarto. 2015, Penerapan Time Cost Trade Off dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu Terhadap Perbandingan Penambahan Tenaga Kerja dan Shift Kerja (Studi Kasus Proyek Pembangunan Kelurahan Ketelan Surakarta). *e-jurnal Matriks, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta*. 6 – 8.
- Handayani, F.S., Sulistiofanny, R.A.I., dan Sugiarto. 2017, Penerapan Time Cost Trade Off dalam Optimalisasi Biaya dan Waktu Dengan Penambahan Shift Kerja dan Kapasitas Alat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Semarang, Ruas Bawen – Solo Seksi II). *e-matriks, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*, 9 – 10.
- Kustiani, I., Amril, M., dan Anastasia, F.M., 2016, Analisis Time Cost Trade Off untuk Mengejar Keterlambatan Pelaksanaan Proyek di Bandar Lampung. *Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung, Lampung*, 20, 7 – 10.
- Luthan, P., dan Syafriandi. 2006, *Aplikasi Microsoft Project untuk Penjadwalan kerja Proyek Teknik Sipil*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Maddepungeng, A., Suryani, I., dan Hermawan D., 2015, Analisis Optimasi

- Biaya dan Waktu dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten). *Jurnal Fondasi, Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten*, 4(1), 4 – 6.
- Mahendra, S.S. 2004, *Manajemen Proyek-Kiat Sukses Mengelola Proyek*. Jakarta: Gramedia Pustaka Umum.
- Novitasari, V. 2014, Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan Time Cost Trade Off. *Jurnal, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Nomor KEP.11/PRT/M/2013. *Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 70 Tahun 2012, *Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Presiden Nomor 54 Tahun 2010 Tentang Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*.
- Priyo, M., dan Sarwidi, S. 2017, Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel – Galur – Poncosari Cs. Terhadap I, Provinsi D.I. Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta*, 20 (2), 172 – 186.
- Priyo, M., dan Bella, L.A.Z., 2017, Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode TCTO pada Proyek Konstruksi : Sudi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Radiotherapy Center RSUP Dr. Kariyadi Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta*.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, I., 1999, *Manajemen Proyek dari Konseptual Sampai Operasional Jilid 1 Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Sri, Handayani. Sugiyarto, Ardika. 2014, Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A). *e-jurnal Matriks, Jurusan Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret, Surakarta*, 6 – 7.
- Sudarsana, D.K. 2008. *Pengendalian Biaya dan Jadwal Terpadu pada Proyek Konstruksi*. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12, 117-125.