

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

(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Taman Melati Yogyakarta @ Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15)

Uswatun Khasanah², Ir. Mandiyo Priyo MT³, Ir. Anita Widiyanti MT⁴

INTISARI

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolok ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengelolaan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan. Dan juga menghindari dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, serta membandingkan biaya akibat lembur, biaya akibat penambahan tenaga kerja, dan biaya denda.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh dari Kontraktor Pelaksana. Analisis data menggunakan program Microsoft Project 2010 dengan metode time cost trade off. Hasil dari program Microsoft Project 2010 adalah lintasan kritis dan kenaikan biaya akibat dari penambahan jam kerja (lembur) sedangkan hasil dari metode time cost trade off adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dari ketiga penambahan jam lembur diperoleh biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan lembur 3 jam dengan durasi crashing 24,53 hari dan total biaya sebesar Rp25.355.006.692,15. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja didapatkan biaya termurah yaitu terdapat pada penambahan tenaga kerja 3 dengan durasi crashing 24,53 hari dan total biaya sebesar Rp 24.864.457.468,83.

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

Kata kunci : Microsoft Project 2010, Penambahan Jam lembur, Penambahan Tenaga Kerja, Waktu dan Biaya

¹Disampaikan pada Seminar Tugas Akhir,

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

NIM : 20130110049

e-mail : uswatunkhasanah12@gmail.com

³Dosen Pembimbing I

⁴Dosen Pembimbing II

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Waktu dan biaya sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan suatu proyek. Tolok ukur keberhasilan proyek biasanya dilihat dari waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal tanpa meninggalkan mutu hasil pekerjaan. Pengolahan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak atau bahkan lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan bisa memberikan keuntungan. Dan juga menghindari dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui. Dari waktu dan biaya yang optimal maka pelaksana proyek bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal. Untuk bisa mendapatkan hal tersebut maka yang harus dilakukan dalam optimasi waktu dan biaya adalah membuat jaringan kerja proyek (*network*), mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*resources*).

Penelitian ini membahas mengenai analisis percepatan waktu proyek dan perubahan biaya proyek pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15 dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan program *Microsoft Project*.

B. Rumusan Masalah

Penelitian ini diharapkan dapat memiliki suatu kejelasan dalam pengerjaannya, sehingga dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa besar perubahan waktu dan biaya pelaksanaan proyek sebelum dan sesudah penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja ?
2. Bagaimanakah perbandingan biaya akibat lembur, biaya akibat penambahan tenaga kerja, dan biaya denda ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi

penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja.

2. Menganalisis perbandingan biaya akibat lembur, biaya akibat penambahan tenaga kerja, dan biaya denda.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah :

1. Sebagai bahan pertimbangan dan masukan bagi perusahaan dalam mengambil keputusan yang berkaitan dengan kebijakan pelaksanaan proyek.
2. Sebagai bahan acuan dalam mengembangkan ilmu pengetahuan khususnya dalam ilmu manajemen konstruksi dan dapat digunakan sebagai bahan kajian untuk penelitian yang akan datang.

E. Batasan Masalah

Agar penelitian ini dapat lebih mengarah pada latar belakang dan permasalahan yang telah dirumuskan, maka dibuat batasan-batasan masalah guna membatasi ruang lingkup penelitian, antara lain :

1. Pengambilan data berasal dari Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Taman Melati Yogyakarta @Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15.
2. Analisis penjadwalan dan lintasan kritis proyek menggunakan program *Microsoft Project 2010*.
3. Hari kerja yang berlangsung dalam pelaksanaan proyek adalah Senin-Sabtu, dengan waktu kerja pada 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 WIB.
4. Analisis pengoptimasian waktu dan biaya pada lembur dan penambahan tenaga kerja menggunakan Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off*) dengan dibantu *Microsoft Excel 2007*.
5. Perhitungan percepatan durasi atau *crash duration* dengan mencari maksimum durasi pekerjaan dan mengambil asumsi *crashing* sama untuk setiap pekerjaan yang dianalisis.
6. Anggaran biaya dan jadwal pekerjaan diambil sesuai dengan data yang ada pada Rencana Anggaran Biaya dan *Time Scheedule*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Novitasari (2014), menyebutkan mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal. Ada kalanya jadwal proyek harus dipercepat dengan berbagai pertimbangan dari pemilik proyek. Proses mempercepat kurun waktu tersebut disebut *crash program*.

III. LANDASAN TEORI

A. Manajemen Proyek

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. Metode CPM (*Critical Path Method*)

CPM (Critical Path Method) adalah suatu metode dengan menggunakan *arrow* diagram dalam menentukan lintasan kritis sehingga kemudian disebut juga sebagai diagram lintasan kritis. Metode CMP membantu mendapatkan lintasan kritis, yaitu lintasan yang menghubungkan kegiatan – kegiatan kritis, atau dengan kata lain lintasan kritis adalah lintasan kegiatan yang tidak boleh terlambat ataupun mengalami penundaan pelaksanaan karena keterlambatan tersebut akan menyebabkan keterlambatan pada waktu total penyelesaian proyek.

D. Biaya Total Proyek

Biaya total proyek adalah biaya langsung ditambah biaya tidak langsung. Keduanya

berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tetapi pada umumnya makin lama proyek berjalan maka makin tinggi kumulatif biaya tidak langsung yang diperlukan. Sedangkan biaya optimal didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkendali.

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

Dalam analisa *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Cara yang dapat digunakan untuk melaksanakan percepatan penyelesaian waktu proyek tersebut antara lain :

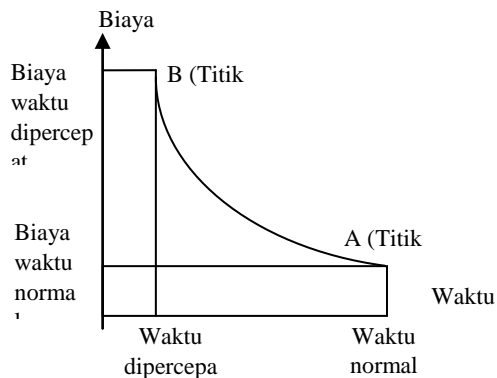
1. Penambahan jumlah jam kerja (kerja lembur).
2. Penambahan tenaga kerja
3. Pergantian atau penambahan peralatan
4. Pemilihan sumber daya manusia yang berkualitas
5. Penggunaan metode konstruksi yang efektif

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

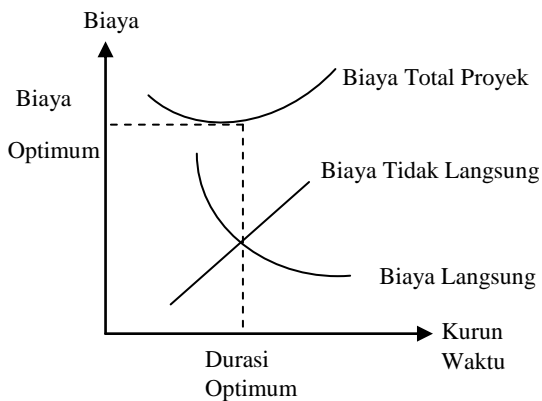
F. Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Titik A pada gambar menunjukkan kondisi normal, sedangkan titik B menunjukkan kondisi dipercepat. Garis yang menghubungkan antar titik tersebut disebut dengan kurva waktu biaya. Dari Gambar 2. terlihat bahwa semakin besar penambahan jumlah jam kerja (lembur) maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. Gambar 3. menunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total dalam suatu grafik dan terlihat

bahwa biaya optimum didapat dengan mencari total biaya proyek yang terkecil.



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



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

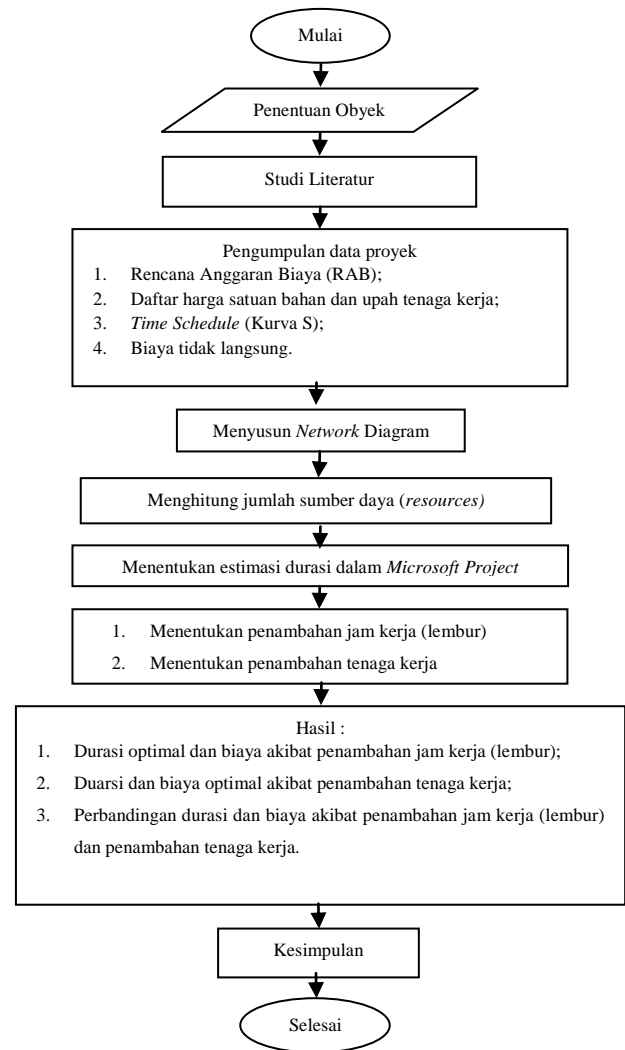
IV. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Taman Melati, Yogyakarta @Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15.

B. Tahapan Penelitian

Suatu penelitian harus dilaksanakan secara sistematis dengan urutan yang jelas dan teratur, sehingga akan diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Tahapan penelitian secara skematis dalam bentuk diagram alir dapat dilihat pada *Gambar 4.1*



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian

Tahapan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan sebagai berikut :

1. Persiapan

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

2. Pengumpulan data

Pengumpulan data atau informasi dari suatu pelaksanaan proyek konstruksi sangat bermanfaat untuk evaluasi optimasi waktu dan biaya secara keseluruhan. Data yang diperlukan adalah data sekunder, yaitu data yang diperoleh dari kontraktor pelaksana.

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

- 1) Daftar harga bahan dan upah tenaga kerja

- 2) Analisa harga satuan pekerjaan
- 3) Rencana Anggaran Biaya (RAB)
- 4) *Time schedule* (kurva – S)
- 5) Estimasi waktu dalam program *Microsoft Project*
- 6) Data biaya normal

3. Analisa percepatan dengan aplikasi program dan metode *Time Cost Trade Off*

Analisis data dilakukan dengan bantuan program *Microsoft Project* 2010 dan *Microsoft Excel* 2010. Dilakukan *input* data ke program *Microsoft Project* 2010 untuk perencanaan dan *update* perencanaan dengan data pelaksanaan, yang hasil penginputan datanya adalah lintasan kritis. Setelah lintasan kritis didapat selanjutnya dianalisis setiap kegiatan yang berada di lintasan kritis dengan metode *time cost trade off* yaitu penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat menggunakan *Microsoft Excel* 2010 untuk mempermudah analisis dan perhitungan. Hasil dari analisis tersebut adalah percepatan durasi dan kenaikan biaya akibat percepatan durasi dalam setiap kegiatan yang dipercepat. Kenaikan biaya ini disebabkan karena penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan alat berat. Kemudian membandingkan hasil analisa percepatan yang berupa perubahan biaya proyek sebelum dan sesudah percepatan (*crashing*) dengan biaya denda akibat keterlambatan.

4. Kesimpulan

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

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian

Data umum dari Proyek Pembangunan Gedung Apartemen Taman Melati, Yogyakarta @Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15 ini adalah sebagai berikut :

Pemilik Proyek	: A
Konsultan Supervisi	: PT. B
Kontraktor	: PT. C
Anggaran	: Rp 26.214.984.506,00
Waktu pelaksanaan	: 119 Hari kerja
Tanggal pekerjaan dimulai	: 17 Oktober 2016
Tanggal pekerjaan selesai	: 12 Februari 2017

B. Daftar Kegiatan-kegiatan kritis

Tabel 5.1 Daftar kegiatan kritis yang memiliki *resource* alat berat dan tenaga kerja

Kode	Uraian Pekerjaan	Durasi (Hari)
PBK L6	Pembesian kolom lantai 6	15
PBB L7	Pembesian balok lantai 7	16
BB L7	Bekisting balok lantai 7	20
PCB L7	Pengecoran balok lantai 7	8
BP L7	Bekisting plat lantai 7	15
PBB L8	Pembesian balok lantai 8	16
BB L8	Bekisting balok lantai 8	20
PCB L8	Pengecoran balok lantai 8	8
BP L8	Bekisting plat lantai 8	15
PBB L9	Pembesian balok lantai 9	16
BB L9	Bekisting balok lantai 9	20
PCB L9	Pengecoran balok lantai 9	8
BP L9	Bekisting plat lantai 9	15
BP L10	Bekisting plat lantai 10	15
PBK L11	Pembesian kolom lantai 11	15
PBS L11	Pembesian shearwall lantai 11	13
PBK L12	Pembesian kolom lantai 12	15
PBS L12	Pembesian shearwall lantai 12	13
PBK L13	Pembesian kolom lantai 13	15
PBB L14	Pembesian balok lantai 14	16
BB L14	Bekisting balok lantai 14	20
PCB L14	Pengecoran balok lantai 14	8
PBP L14	Pembesian plat lantai 14	10
BP LT14	Bekisting plat lantai 14	15
PCP L14	Pengecoran plat lantai 14	10
PBT L14	Pembesian tangga lantai 14	5
BT L14	Bekisting tangga lantai 14	4
PCT L14	Pengecoran tangga lantai 14	2
PCT L15	Pengecoran tangga lantai 15	2

Data diatas merupakan kegiatan – kegiatan yang akan dilakukan percepatan. Beberapa alasan pemilihan item kegiatan yang ada dalam kegiatan kritis tersebut adalah:

1. Kegiatan kritis yang terpilih memiliki *resource work* atau yang memiliki pekerja sehingga bisa dicrashing.
2. Pada kegiatan kritis terpilih 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. Kegiatan kritis terpilih tersebut apabila dipercepat dapat mengurangi biaya tidak langsung pada kegiatan tersebut dan dapat mempercepat durasi proyek secara keseluruhan.

C. Penerapan Metode *Time Cost Trade Off*

Di dalam analisis *time cost trade off* ini dengan berubahnya waktu penyelesaian proyek maka berubah pula biaya yang akan dikeluarkan. Apabila waktu pelaksanaan dipercepat maka

biaya langsung proyek akan bertambah dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang. Penerapan metode *time cost trade off* dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara untuk mempercepat penyelesaian waktu proyek diantaranya :

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

1. Penambahan Jam Kerja (Waktu Lembur)

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

Nama pekerjaan = Pembesian kolom lantai 6

Volume pekerjaan = 20.065,50 kg

Durasi normal = 15 hari

Jam Kerja = 7 jam/hari

a. Analisis Biaya Lembur

Biaya tenaga kerja lembur per jam :

lembur 1 jam (L1) = $1,5 \times bn$

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

lembur 3 jam (L3) = $L2 + 2,0 \times bn$

Keterangan :

Bn = Biaya normal tenaga kerja (Rp / jam)

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

Tabel 5.2 Upah Tenaga Kerja

No	JENIS PEKERJA	UPAH KERJA PERHARI	UPAH KERJA PERJAM
1	Pekerja	Rp 60.000,00	Rp 8.571,43
2	Mandor	Rp 75.000,00	Rp 10.714,29
3	Tukang Batu	Rp 70.000,00	Rp 10.000,00
4	Kepala Tukang Batu	Rp 80.000,00	Rp 11.428,57
5	Tukang Besi	Rp 70.000,00	Rp 10.000,00
6	Kepala Tukang Besi	Rp 80.000,00	Rp 11.428,57
7	Tukang Kayu	Rp 70.000,00	Rp 10.000,00
8	Kepala Tukang Kayu	Rp 80.000,00	Rp 11.428,57

Tabel 5.3 Biaya Lembur Tenaga Kerja

Jenis Pekerja	Biaya Normal Perjam (Rp)	Biaya Lembur		
		1 jam (Rp)	2 jam (Rp)	3 jam (Rp)
Pekerja	8.571,43	12.857,14	15.000,00	15.714,29
Mandor	10.714,29	16.071,43	18.750,00	19.642,86
Tukang Batu	10.000,00	15.000,00	17.500,00	18.333,33
Kepala Tukang Batu	11.428,57	17.142,86	20.000,00	20.952,38
Tukang Besi	10.000,00	15.000,00	17.500,00	18.333,33
Kepala Tukang Besi	11.428,57	17.142,86	20.000,00	20.952,38
Tukang Kayu	10.000,00	15.000,00	17.500,00	18.333,33
Kepala Tukang Kayu	11.428,57	17.142,86	20.000,00	20.952,38

b. Analisis durasi percepatan

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

Untuk menghitung durasi percepatan menggunakan persamaan sebagai berikut :

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

Kebutuhan tenaga kerja :
Pekerja = 9,36 Oh
Tukang besi = 9,36 Oh
Kepala tukang besi = 0,94 Oh
Mandor = 0,94 Oh

Produktivitas normal per jam

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

$$= \frac{20.065,50 \text{ kg}}{(15 \text{ hari} \times 7 \text{ jam})} = 191,10 \text{ kg/jam}$$

Durasi Percepatan lembur 1 jam :

$$= \frac{20.065,50 \text{ kg}}{(191,10 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 191,10)}$$

= 13,29 hari

Durasi Percepatan lembur 2 jam :

$$= \frac{20.065,50 \text{ kg}}{(191,10 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 191,10) + (1 \times 0,8 \times 191,10)}$$

= 12,07 hari

Durasi Percepatan lembur 3 jam :

$$= \frac{20.065,50 \text{ kg}}{(191,10 \times 7) + (1 \times 0,9 \times 191,10) + (1 \times 0,7 \times 191,10)}$$

= 11,17 hari

Tabel 5.4 Hasil Perhitungan durasi *crashing* Microsoft Project 2010

No	Jenis Pekerjaan	Durasi (hari)	Durasi Crashing (hari)		
			1 jam	2 jam	3 jam
1	PBK L6	15	13.29	12.07	11.17
2	PBB L7	16	14.18	12.87	11.91
3	BB L7	20	17.72	16.09	14.89
4	PCB L7	8	7.09	6.44	5.96
5	BP L7	15	13.29	12.07	11.17
6	PBB L8	16	14.18	12.87	11.91
7	BB L8	20	17.72	16.09	14.89
8	PCB L8	8	7.09	6.44	5.96
9	BP L8	15	13.29	12.07	11.17
10	PBB L9	16	14.18	12.87	11.91
11	BB L9	20	17.72	16.09	14.89
12	PCB L9	8	7.09	6.44	5.96
13	BP L9	15	13.29	12.07	11.17
14	BP L10	15	13.29	12.07	11.17
15	PBK L11	15	13.29	12.07	11.17
16	PBS L11	13	11.52	10.46	9.68
17	PBK L12	15	13.29	12.07	11.17
18	PBS L12	13	11.52	10.46	9.68
19	PBK L13	15	13.29	12.07	11.17
20	PBB L14	16	14.18	12.87	11.91
21	BB L14	20	17.72	16.09	14.89
22	PCB L14	8	7.09	6.44	5.96
23	PBP L14	10	8.86	8.05	7.45
24	BP LT14	15	13.29	12.07	11.17
25	PCP L14	10	8.86	8.05	7.45
26	PBT L14	5	4.43	4.02	3.72
27	BT L14	4	3.54	3.22	2.98
28	PCT L14	2	1.77	1.61	1.49
29	PCT L15	2	1.77	1.61	1.49

c. Analisis Biaya Percepatan

Harga material dan upah tenaga kerja :

Besi beton = Rp 11.000,00 /kg
 Kawat beton = Rp 16.000,00 /kg
 Pekerja = Rp 60.000,00 /hari

Tukang besi = Rp 70.000,00 /hari
 Kepala tukang besi = Rp 80.000,00 /hari
 Mandor = Rp 75.000,00 /hari

Contoh perhitungan

Biaya material :

Besi beton = koef x volume x harga material
 = 1,0500 x 20.065,50 x Rp 11.000,00
 = Rp 231.756.478,46

Biaya total material :

= besi beton + kawat beton
 = Rp 231.756.478,46 + Rp 4.815.719,03
 = Rp 236.572.197,50

Biaya tenaga kerja perhari :

= Jumlah tenaga kerja x harga upah tenaga kerja
 Perhari

Pekerja = 9,36 x Rp 60.000,00

= Rp 561.833,89

Biaya total tenaga kerja harian :

= (pekerja + tukang besi + kepala tukang besi + mandor)

= Rp 561.833,89 + Rp 655.472,87 +
 Rp 74.911,18 + Rp 70.229,24
 = Rp 1.362.447,18

Biaya total pekerjaan pembesian kolom Lt 6 :

= Biaya total material + (Biaya total tenaga kerja perhari x Durasi)

= Rp 236.572.197,50 + (Rp 1.362.447,18 x 15)
 = **Rp 257.009.650,00**

Untuk perhitungan lembur 1 sampai 3 jam, langkahnya sama dengan data durasi dan biaya tenaga kerja yang berbeda

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

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

Cost slope = *Cost variance* / *Duration variance*

e. Analisis Biaya Total Proyek

Biaya-biaya dalam suatu proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek.

1) Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan hasil dari penelitian oleh Odik Fajrin Jayadewa (2013). Berdasarkan persamaan sebagai berikut :

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

dengan :

$$x1 = \text{Rp. } 26.214.984.506,00$$

$$x2 = 119 \text{ hari}$$

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

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(x1 - 0,21) - \ln(x2)) + \varepsilon$$

$$y = -0,95 - 4.888(\ln(26,215 - 0.21) - \ln(119)) + \varepsilon$$

$$y = 6,48 \%$$

$$\text{Biaya tidak langsung} = y \times x1$$

$$= 6,48 \% \times \text{Rp } 26.214.984.506,00$$

$$= \text{Rp } 1.699.738.274,71$$

2) Menentukan biaya langsung

$$\text{Biaya langsung} = \text{Nilai total proyek} - \text{biaya tidak langsung}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp } 26.214.984.506,00 - \\ &\quad \text{Rp } 1.699.738.274,71 \\ &= \text{Rp } 24.515.246.131,29 \end{aligned}$$

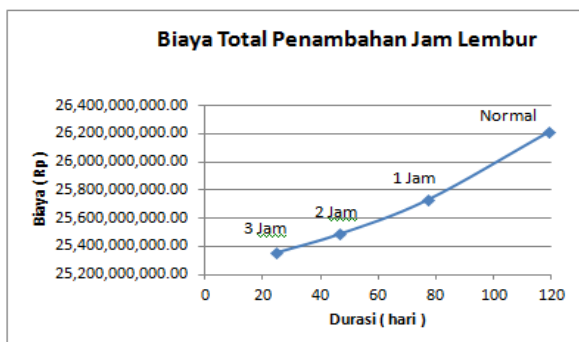
3) Menentukan total biaya

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

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp } 24.515.246.131,29 + \\ &\quad \text{Rp } 1.699.738.274,71 \\ &= \text{Rp } 26.214.984.506,00 \end{aligned}$$

Tabel 5 perbandingan antara biaya total dengan variasi penambahan jam lembur

No	Lembur Jam	Durasi Lembur	Biaya Lembur
1	Normal	119	26,214,984,506.00
2	1 jam	76.85	25,730,156,320.38
3	2 jam	46.7	25,490,259,866.83
4	3 jam	24.53	25,355,006,692.15



Gambar 5.1 Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan jam Lembur

Dari grafik biaya total didapatkan biaya total proyek pada penambahan tenaga 1 jam lembur menjadi 76.85 hari dengan biaya total sebesar Rp 25,730,156,320.38 sedangkan untuk penambahan 2 jam lembur diperoleh biaya total

proyek sebesar Rp 25,490,259,866.83 dan durasi crashing yang dipercepat menjadi 46.70 hari dan untuk penambahan lembur 3 jam diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 25,355,006,692.15 dan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 24,53 hari.

2. Penambahan Tenaga Kerja

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

a. Perhitungan penambahan tenaga kerja berdasarkan durasi normal :

Nama pekerjaan = Pembesian kolom lantai 6

Volume pekerjaan = 20.065,50 kg

Durasi Normal = 15 hari

1. Durasi akibat lembur 1 jam, yaitu 13,29 hari

2. Durasi akibat lembur 2 jam, yaitu 12,07 hari

3. Durasi akibat lembur 3 jam, yaitu 11,17 hari

Kapasitas tenaga kerja per 1 kg :

Pekerja = 0,007 Oh @ 60.000,00

Tukang batu = 0,007 Oh @ 70.000,00

Kepala tukang batu = 0,0007 Oh @ 80.000,00

Mandor = 0,0007 Oh @ 75.000,00

Pehitungan jumlah tenaga kerja :

Jumlah tenaga kerja = ((Koefisien tenaga kerja

× volume)) / (Durasi Normal × Jam kerja perhari)

Jumlah Pekerja = ((0,007 × 20.065,50) / (15 × 7)) = 1,34 orang

Upah Pekerja = 1,34 × Rp 60.000,00 = Rp 80.400,00

Jumlah Tukang = ((0,007 × 20.065,50) / (15 × 7)) = 1,34 orang

Upah Tukang = 1,34 × Rp 70.000,00 = 93.800,00

Jumlah Kepala Tukang = ((0,0007 × 20.065,50) / (15 × 7)) = 0,14 orang

Upah Kepala Tukang = 0,14 × Rp 80.000,00 = Rp 11.200,00

Jumlah Mandor = ((0,0007 × 20.065,50) / (15 × 7)) = 0,14 orang

Upah Mandor = 0,14 × Rp 75.000,00 = Rp 10.500,00

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi normal (15 hari) adalah :

$$\begin{aligned} &(\text{Rp } 80.400,00 + \text{Rp } 93.800,00 + \text{Rp } 11.200,00 + \\ &\text{Rp } 10.500,00) \times 15 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} = \text{Rp } \\ &20.569.500,00 \end{aligned}$$

b. Perhitungan penambahan tenaga kerja berdasarkan durasi percepatan :

Nama pekerjaan = Pembesian kolom lantai 6
 Volume pekerjaan = 20.065,50 kg
 Durasi Normal = 15 hari
 Durasi akibat lembur 1 jam, yaitu 13,29 hari
 Durasi percepatan = 1.71 hari
 Kapasitas tenaga kerja per 1 kg :
 Pekerja = 0,007 Oh @ 60.000,00
 Tukang batu = 0,007 Oh @ 70.000,00
 Kepala tukang batu = 0,0007 Oh @ 80.000,00
 Mandor = 0,0007 Oh @ 75.000,00

Pehitungan jumlah tenaga kerja :

Jumlah tenaga kerja = ((Koefisien tenaga kerja

×volume))/(Durasi Normal×Jam kerja perhari)

Jumlah Pekerja =((0,00720.065,50)/(13,29x7)) = 1,51 orang

Upah Pekerja = 1,51 × Rp 60.000,00 = Rp 90.600,00

Jumlah Tukang =((0,007×20.065,50)/(13,29x7)) = 1,51 orang

Upah Tukang = 1,51 × Rp 70.000,00 = 105.700,00

Jumlah Kepala Tukang = ((0,0007× 20.065,50)/(13,29x7)) = 0,16 orang

Upah Kepala Tukang = 0,16 × Rp 80.000,00 = Rp 12.800,00

Jumlah Mandor =((0,0007× 20.065,50)/(13,29x7)) = 0,16 orang

Upah Mandor = 0,16 × Rp 75.000,00 = Rp 12.000,00

Jadi upah tenaga kerja dengan durasi dipercepat (13,29 hari) adalah :

(Rp 90.600,00+Rp 105.700,00+ Rp12.800,00+ Rp12.000,00) × 13,29 hari × 7 jam = Rp 20.570.696,00

Untuk perhitungan penambahan tenaga kerja 2 dan 3, langkahnya sama dengan data durasi dan biaya tenaga kerja yang berbeda

c. Analisis Biaya Total Proyek

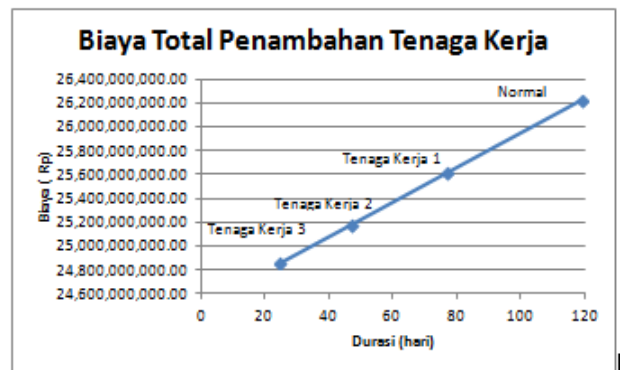
Biaya Tidak Lansung = Rp 1.699.738.374,71
 Biaya langsung = Nilai total proyek – biaya tidak langsung
 Biaya langsung = Rp 26.214.984.506,00 –Rp 1.699.738.274,71 = **Rp 24.515.246.131,29**

Total biaya = biaya langsung + biaya tidak langsung

= Rp 24.515.246.131,29 + Rp 1.699.738.274,71 = **Rp 26.214.984.506,00**

Tabel 6 Tabel perbandingan antara biaya total dengan tenaga kerja

No.	Lembur (Jam)	Durasi Percepatan	Biaya Total
1	Normal	119	26,214,984,506.00
2	1	76.85	25,613,419,653.97
3	2	46.7	25,181,310,814.72
4	3	24.53	24,864,457,468.83



Gambar 5.2 Perbandingan Biaya Total Proyek dan durasi percepatan akibat penambahan Tenaga Kerja

Dari grafik biaya total didapatkan biaya total proyek dan durasi *crashing* yang dipercepat pada penambahan tenaga kerja 1 menjadi 76.85 hari dengan biaya total sebesar Rp 25,613,419,653.97 sedangkan untuk penambahan tenaga kerja 2 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 25,181,310,814.72 dan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 46.70 hari dan untuk penambahan tenaga kerja 3 diperoleh biaya total proyek sebesar Rp 24,864,457,468.83 dan durasi *crashing* yang dipercepat menjadi 24,53 hari. Dari ketiganya penambahan tenaga kerja 3 adalah yang paling efektif dari segi durasi percepatan maupun dari segi biaya.

3. Perhitungan biaya denda akibat keterlambatan

Untuk biaya denda akibat keterlambatan proyek dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :
 Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

dengan :

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

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan data serta hasil analisis dan pembahasan yang dilakukan pada Pekerjaan Gedung Apartemen Taman Melati, Yogyakarta @Sinduadi Lantai 6 sampai lantai 15, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 119 hari dengan biaya Rp 26.214.984.506,00. Setelah penambahan 1 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 76,85 hari dan dengan biaya sebesar Rp 25,730,156,320.38 untuk penambahan 2 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 46,7 hari dan biaya sebesar Rp 25,490,259,866.83 dan untuk penambahan 3 jam kerja lembur didapatkan durasi crashing 24,53 hari dengan biaya Rp 25,355,006,692.
2. Waktu dan biaya total proyek pada kondisi normal sebesar 119 hari dengan biaya Rp 26.214.984.506,00. Setelah penambahan 1 tenaga kerja didapatkan durasi crashing 76,85 hari dengan biaya sebesar Rp 25,613,419,653.97 untuk penambahan 2 tenaga kerja didapatkan durasi crashing 46,70 hari dengan biaya sebesar Rp 25,181,310,814.72 dan untuk penambahan 3 tenaga kerja didapatkan durasi crashing 24,53 hari dengan biaya Rp 24,864,457,468.83 .
3. Berdasarkan penambahan jam lembur 1 sampai 3 jam dengan penambahan 1 sampai 3 tenaga kerja yang paling efektif adalah penambahan 3 tenaga kerja dari waktu lembur 3 jam, karena menghasilkan biaya termurah sebesar Rp 24,864,457,468.83 dengan durasi sebesar 24,53 hari.
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 kenaikan denda.

B. Saran

1. Pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* hendaknya dilakukan secara cermat dan teliti agar diperoleh hasil analisis yang akurat.
2. Pemilihan *item-item* pekerjaan yang akan *dicrashing* (lintasan kritis) sebaiknya diusahakan yang memiliki nilai/harga pekerjaan besar.
3. Pada penelitian ini, hendaknya mengetahui bagaimana keadaan di lapangan secara langsung agar pembuatan hubungan antar pekerjaan dalam *Microsoft Project* lebih akurat.
4. Penggunaan *Microsoft Project* dengan versi yang terbaru untuk variasi pengerjaandenganmetode *Time Cost Trade Off*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adawyah, Nur Rabbyatul. 2016. *Optimasi biaya dan waktu proyek konstruksi dengan lembur dibandingkan dengan penambahan tenaga kerja menggunakan metode time cost trade off (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Amaris Sagan Yogyakarta)*. 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.
- Jayadewa, O. F. 2013. *Pemodelan Biaya Tak Langsung Proyek Konstruksi di PT Wijaya Karya*. Tugas Akhir, Jurusan Statistika, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Peraturan Gubernur Daerah Istimewah Yogyakarta Nomor 45 Tahun 2015 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah Istimewah Yogyakarta .
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.11/PRT/M/2013. *Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*.
- Novitasari, vien. 2014, *Penambahan jam kerja pada Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Belitung dengan menggunakan metode time cost trade*

off. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah
Yogyakarta, Yogyakarta.

- Ajinugraha, Faizal Ryan. 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.
- Adjie, Aris Supri. 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.
- Soeharto, Iman. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, Iman. 1999. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga, Jakarta.
- Pratama, Ikhsan Adhi. 2016. *Analisis waktu pelaksanaan proyek konstruksi dengan variasi penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan metode Time Cost Trade Off*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.
- Noerbayanti, Mela. 2017. *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.