

Studi Optimasi Biaya dan Waktu menggunakan Metode *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung

Studi of Cost and Time Optimization Method Using Time Cost Trade Off on Building

Septhia Rahmada Santoso, Mandiyo Priyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. Optimasi waktu dan biaya sangat penting untuk diketahui pada suatu perencanaan proyek konstruksi. Dari hal tersebut, maka didapatkan waktu dan biaya terbaik sehingga proyek bisa mendapatkan keuntungan yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil dari percepatan durasi sehingga mengetahui perubahan biaya proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja, kemudian melakukan perbandingan sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif. Pada penelitian ini menggunakan metode *time cost trade off* dengan menggunakan program *Microsoft Project 2010*. Dari hasil penelitian pada kondisi normal dengan durasi proyek selama 147 hari dengan biaya total normal proyek sebesar Rp 3.672.736.653,00, lembur 1 jam dengan durasi proyek selama 103,73 hari dengan biaya total sebesar Rp 3.487.750.911,17, lembur 2 jam dengan durasi proyek selama 71,37 hari dengan biaya total sebesar Rp 3.350.013.645,22, dan lembur 3 jam dengan durasi proyek selama 46,79 hari dengan biaya sebesar Rp 3.245.993.154,92. Penambahan tenaga kerja 1 jam lembur memiliki durasi sebesar 103,73 hari dengan biaya sebesar Rp 3.485.565.135,38, penambahan tenaga kerja 2 jam lembur memiliki durasi sebesar 71,37 hari dengan biaya sebesar Rp 3.345.096.104,11, dan penambahan tenaga kerja 3 jam lembur memiliki durasi sebesar 46,79 hari dengan biaya sebesar Rp 3.238.026.956,81. Didapatkan nilai yang termurah dengan durasi tercepat yaitu pada penambahan tenaga kerja 3 jam lembur dengan durasi 46,79 hari dengan biaya total sebesar Rp 3.238.026.956,81.

Kata kunci : durasi, biaya, *microsoft project*, dan *time cost trade off*.

Abstract. *The time and cost optimizations are very important to be understood in a construction project planning. By knowing these, the time and cost in a project can be measured to obtain maximum profit. The aim of this study is to obtain the result of velocity duration to find out the change in project cost with additional working hours (overtime) and additional workforce, then conduct a comparison in order to get effective result. This study employed the time cost trade off method and used Microsoft Project 2010 program. The findings of the study showed that in normal condition with the project duration of 147 days has a normal total project cost of Rp 3.672.736.653,00. Meanwhile, in 1 hour overtime with the project duration of 103,73 days has a total project cost of Rp 3.487.750.911,17. In 2 hours overtime with the project duration of 71,37 days has a total project cost of Rp 3.350.013.645,22. Additionally, in 3 hours overtime with the project duration of 46,79 days has a total project cost of Rp 3.245.993.154,92. As for the workforce addition of 1 hour overtime has a duration of 103,73 days and costs around Rp 3.485.565.135,38. The workforce addition of 2 hours overtime has a duration of 71,37 days and costs around Rp 3.345.096.104,11. Meanwhile, the workforce addition of 3 hours overtime has a duration of 46,79 days and costs around Rp 3.238.026.956,81. Therefore, the cheapest cost with the fastest duration found in the 3 hours overtime workforce addition with duration of 46,79 days and cost of Rp 3.238.026.956,81.*

Keywords *duration, cost, microsoft project, and time cost trade off.*

1. Pendahuluan

Waktu dan biaya merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan dan kegagalan sebuah proyek. Parameter keberhasilan suatu proyek dapat dilihat dari waktu penyelesaian dengan biaya yang minimal namun tetap memiliki dan memperhatikan mutu yang sesuai dengan perencanaan. Pengelolaan waktu pelaksanaan suatu proyek yang sistematis sangat diperlukan untuk menentukan waktu

pelaksanaan suatu proyek sesuai dengan rencana atau lebih cepat dari rencana sehingga dapat memberikan keuntungan dari biaya yang dikeluarkan. Serta, dengan pengelolaan waktu pelaksanaan suatu proyek maka dapat menghindari dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek.

Optimasi waktu dan biaya sangat penting untuk diketahui pada suatu perencanaan proyek

konstruksi. Berdasarkan hal tersebut, maka didapatkan waktu dan biaya terbaik sehingga proyek bisa mendapatkan keuntungan yang optimal. Untuk mendapatkan keuntungan yang optimal maka yang harus dilakukan adalah membuat jaringan kerja (*network*), mencari kegiatan kritis atau biasa disebut lintasan kritis, menghitung durasi proyek serta mengetahui jumlah sumber daya (*resource*).

Penelitian ini membahas tentang optimalisasi waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek pembangunan Gedung dengan metode penambahan jam kerja (lembur) dan penambahan tenaga kerja menggunakan aplikasi *microsoft project 2010*.

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Manajemen proyek konstruksi adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya suatu proyek konstruksi dalam memperpendek waktu yang telah ditentukan dengan cara mengikuti alur yang telah ada dalam suatu proyek (Soeharto, 1997).

Menurut Soeharto (1997), manajemen proyek konstruksi memiliki tujuan dari proses manajemen suatu proyek, yaitu sebagai berikut ini.

1. Pelaksanaan seluruh kegiatan sesuai dengan waktu yang telah ditentukan agar tidak terjadi keterlambatan dalam menyelesaikan proyek,
2. Pengeluaran biaya sesuai dengan yang telah direncanakan agar tidak terjadi penambahan biaya diluar biaya rencana,
3. Kualitas sesuai dengan persyaratan yang berlaku, dan
4. Alur kegiatan sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

Network Planning

Network planning merupakan suatu hubungan pekerjaan yang saling ketergantungan dalam tahap proses pengerjaannya, sehingga dapat diketahui pekerjaan atau kegiatan yang harus dikerjakan terlebih dahulu dan pekerjaan mana yang harus dikerjakan setelah pekerjaan lainnya selesai (Soeharto, 2001). Dengan adanya *network planning* maka manajemen dapat menyusun tahapan kegiatan suatu proyek dengan waktu dan biaya yang paling efektif dan dapat tergambar dengan jelas. Sehingga seluruh aktivitas yang dilakukan pada suatu proyek dapat dilakukan dengan cepat dan efisien agar hasil dari proyek tersebut sesuai dengan yang diharapkan serta saling berhubungan dengan kegiatan yang lainnya.

Biaya Total

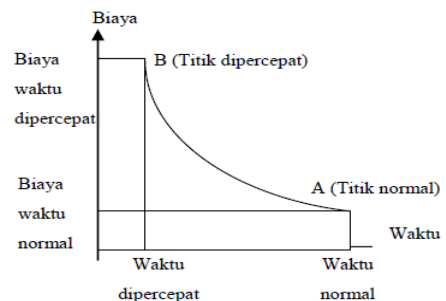
Biaya proyek konstruksi terdapat dua jenis kelompok biaya, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

1. Biaya langsung adalah biaya yang berhubungan langsung dengan kegiatan proyek yang berlangsung dan akan menjadi komponen hasil akhir proyek. Biaya langsung meliputi:
 - a. biaya bahan atau material proyek,
 - b. biaya upah tenaga kerja proyek, dan
 - c. biaya peralatan proyek.
2. Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berhubungan langsung dengan proyek konstruksi tetapi sangat dibutuhkan selama proyek berlangsung dan tidak dapat dilepaskan dari suatu proyek konstruksi. Walaupun biaya tidak langsung tetap sangat dibutuhkan namun harus tetap dilakukan pengendalian agar tidak melebihi biaya rencana proyek konstruksi. Biaya tidak langsung meliputi:
 - a. gaji pegawai,
 - b. fasilitas selama proyek berlangsung,
 - c. biaya konsultan,
 - d. pajak, dan
 - e. biaya tak terduga lainnya.

Jadi biaya total adalah jumlah dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya tersebut bergantung dari waktu pelaksanaan penyelesaian suatu proyek. Jika proyek mengalami keterlambatan atau lebih lama maka semakin besar biaya tidak langsung yang diperlukan dalam proyek konstruksi.

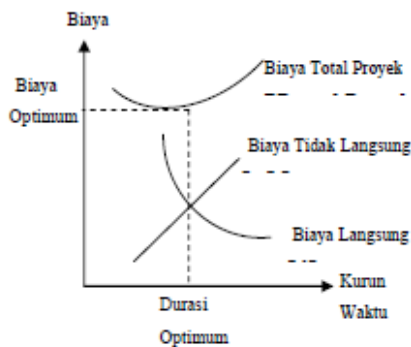
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Dalam menentukan biaya total proyek sangat bergantung pada waktu pelaksanaan penyelesaian suatu proyek konstruksi. Berikut adalah hubungan antara waktu dan biaya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 1 Hubungan biaya – waktu normal dan dipercepat untuk suatu item kegiatan (Soeharto, 1997)

Pada grafik di atas terdapat titik A yang merupakan titik normal dan terdapat titik B yang merupakan titik dipercepat. Garis yang menghubungkan antara titik A dan titik B merupakan kurva hubungan antara waktu dan biaya. Dapat diambil kesimpulan bahwa semakin lama waktu lembur ditambah maka waktu akan semakin lebih cepat sehingga akan menimbulkan biaya yang lebih besar juga.



Gambar 2 Hubungan biaya total, biaya langsung, dan biaya tidak langsung dan waktu (Soeharto, 1997)

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

Dalam perencanaan suatu proyek waktu dan biaya merupakan hal penting yang sangat berkaitan. Waktu dan biaya proyek juga merupakan aspek penting sebagai acuan keberhasilan suatu proyek. Dalam suatu proyek biasanya banyak ditemukan masalah bagaimana proyek tersebut selesai tanpa mengalami keterlambatan penyelesaian dan pengeluaran yang diluar biaya rencana. Analisis mengenai penyesuaian waktu dan biaya disebut dengan *Time Cost Trade Off*. Jika waktu suatu proyek berubah maka biaya yang dikeluarkan juga akan berubah. Misalnya jika waktu pelaksanaan proyek dipercepat maka biaya proyek akan mengalami penambahan dan biaya tidak langsung proyek akan berkurang.

Produktivitas Pekerja

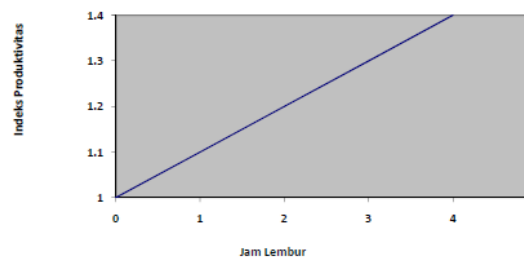
Produktivitas diartikan sebagai rasio antara hasil produksi dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi rasio dari produktivitas ini adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi berlangsung yang dapat dipisahkan menjadi biaya tenaga kerja, biaya material, metode dan alat. Keberhasilan suatu proyek konstruksi bergantung pada efektifitas sumber daya yang salah satunya adalah pekerja. Upah yang diberikan bergantung pada kecakapan

setiap pekerja karena masing – masing pekerja memiliki karakter yang berbeda-beda.

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Dalam mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam kerja (lembur) para pekerja. Penambahan jam kerja (lembur) sangat sering dilakukan pada proyek konstruksi yang ingin dilakukan percepatan waktu proyek tanpa ada penambahan tenaga kerja hanya dengan menambah jam kerja dengan memanfaatkan sumber daya yang telah ada. Pada proyek konstruksi ini jam kerja normal adalah 9 jam (sejak pukul 07.00 sampai 17.00 WIB) dengan jam istirahat 1 jam (12.00 sampai 13.00 WIB) lalu penambahan jam kerja (lembur) dilaksanakan setelah jam kerja normal selesai.

Pada penambahan jam kerja (lembur) bisa dilakukan dengan menambah 1 jam, 2 jam hingga 3 jam kerja (lembur) sesuai dengan penambahan jam kerja (lembur) yang diinginkan. Bertambahnya jam kerja (lembur) maka menimbulkan produktivitas yang semakin menurun, indikasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 3 Indikasi penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (Soeharto, 1997)

Tabel 1 Koefisien penurunan produktivitas

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

Sumber: Soeharto (1997)

Berdasarkan uraian di atas dapat ditulis persamaan sebagai berikut ini.

1. Produktivitas harian

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

2. Produktivitas tiap jam

$$= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja perhari}}$$

3. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$= (c \times d) + (a \times b \times d)$$

dengan :

a = lama penambahan jam kerja (lembur),

b = koefisien penurunan produktivitas,

c = jam kerja per hari, dan

d = produktivitas tiap jam.

4. *Crash Duration*

$$= \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian sesudah crash}}$$

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Pada pelaksanaan tahap ini harus sangat diperhatikan agar ruang kerja yang tersedia tidak mengalami kepenuhan atau cukup lapang agar tidak mengganggu pekerjaan lain. Perhitungan untuk penambahan tenaga kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. Jumlah tenaga kerja normal

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

2. Jumlah tenaga kerja percepatan

$$= \frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi dipercepat}}$$

Dengan menggunakan rumus di tersebut maka akan diketahui jumlah pekerja pada saat durasi normal dan jumlah pekerja setelah dilakukan penambahan pada saat durasi dipercepat.

Denda

Keterlambatan suatu proyek akan menyebabkan pelaksana proyek terkena hukuman yang berupa denda sebesar kesepakatan dalam dokumen kontrak sebesar 1/1000 (satu perseribu/satu permil) dari nilai kontrak. Besarnya biaya denda yang diberikan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut ini.

Total denda = total waktu akibat keterlambatan × denda per hari akibat keterlambatan

Program Microsoft Project

Microsoft Project memberikan suatu kemudahan dalam mengatur manajemen dan administrasi suatu proyek. *Software* ini digunakan untuk melakukan suatu perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan suatu proyek. Merencanakan jadwal proyek dengan program *Microsoft Project 2010* yang dilakukan pertama adalah memasukkan data-data kegiatan seperti, durasi, sumber daya dan lain-lain..

Software microsoft project memiliki keunggulan dalam pemakaian program ini.

Kenggulan tersebut adalah mempermudah menangani perencanaan, pengorganisasian dan pengendalian kegiatan serta waktu dan biaya yang di input kemudian akan mengeluarkan sebuah output data sesuai tujuan.

Biaya Tambahan Waktu Kerja (*Crash Cost*)

Penambahan waktu kerja akan mengalami penambahan pada biaya untuk tenaga kerja juga dari biaya normal. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 bahwa upah dari tenaga kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja akan mendapatkan penambahan sebesar 1,5 kali upah perjam dari waktu normal sedangkan pada penambahan jam kerja berikutnya pekerja akan mendapatkan tambahan sebesar 2 kali upah perjam dari waktu normal. Jumlah biaya tambahan waktu kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. Ongkos normal pekerja per hari

$$= \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga satuan upah pekerja}$$

2. Ongkos normal pekerja per jam

$$= \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga satuan upah pekerja}$$

3. Biaya lembur pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur) pertama} + (2 \times n \times \text{upah perjam normal untuk penambahan jam kerja (lembur)})$$

dengan: n = jumlah penambahan jam kerja (lembur)

4. *Crash cost* pekerja perhari

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

5. *Cost slope*

$$= \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}}$$

Penambahan tenaga kerja dapat melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut ini.

1. Ongkos normal pekerja per hari sesuai dengan harga satuan setiap lokasi.

2. Biaya penambahan pekerja

$$= \text{Jumlah pekerja} \times \text{upah normal pekerja per hari}$$

3. *Crash cost* pekerja

$$= (\text{Biaya total pekerja percepatan} - \text{Biaya total pekerja normal})$$

4. *Cost slope*

$$= \frac{\text{biaya percepatan} - \text{biaya normal}}{\text{durasi normal} - \text{durasi percepatan}}$$

Critical Path Methode (CPM)

CPM (*Critical Path Methode*) merupakan suatu kegiatan dalam menentukan lintasan kritis

menggunakan *arrow diagram* yang kemudian disebut sebagai kegiatan kritis (Priyo dan Aulia, 2015). Tujuan diketahuinya lintasan kritis adalah untuk mengetahui kegiatan yang sangat berpengaruh terhadap waktu penyelesaian suatu proyek sehingga akan mudah ditentukan tingkat prioritas suatu proyek jika mengalami keterlambatan. Dalam menentukan lintasan kritis digunakan suatu cara yang disebut hitungan maju. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung EET (*Earliest Even Time*) yang merupakan peristiwa paling awal atau waktu yang cepat dari suatu kegiatan (Soeharto, 1995). Perumusam dari EET adalah sebagai berikut ini.

$$EET_j = (EET_i + D_{ij}) \max$$

dimana :

EET_i = waktu mulai paling cepat dari kegiatan i ,

EET_j = waktu mulai paling cepat dari kegiatan j , dan

D_{ij} = durasi untuk suatu kegiatan antara kegiatan i dan kegiatan j .

Perhitungan mundur digunakan untuk menghitung LET (*Latest Event Time*). LET adalah peristiwa paling terakhir atau waktu paling lama dari kegiatan (Soeharto, 1995). Berikut adalah perumusan dari LET.

$$LET_i = (LET_j - D_{ij}) \min$$

dimana :

LET_i = waktu mulai paling lambat dari kegiatan i ,

LET_j = waktu mulai paling lambat dari kegiatan j , dan

D_{ij} = durasi untuk kegiatan antara kegiatan i dan kegiatan j .

Pada perhitungan LET tidak berbeda dengan cara perhitungan EET, namun perhitungan LET dimulai dari kegiatan yang paling akhir (dari arah kanan) ke kegiatan awal (ke arah kiri). Apabila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka diambil nilai LET yang paling kecil.

3. Metode Penelitian

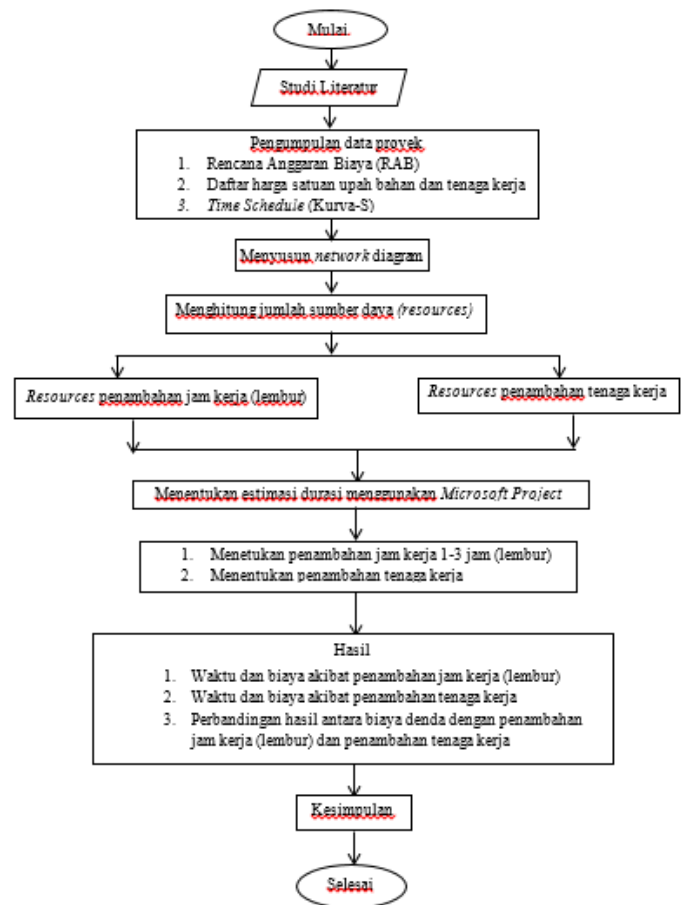
Lokasi Penelitian

Obyek penelitian ini beradapa pada Proyek Pembangunan Gedung.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan sesuai dengan urutan yang benar dan jelas, sehingga agar didapatkan hasil yang benar dan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Tahapan penelitian ini disajikan

dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat sebagai berikut ini.



Gambar 4 Diagram alir penelitian

1. Tahap Persiapan
Sebelum melakukan penelitian ini dilakukan studi literatur guna untuk lebih mengetahui dan memperdalam ilmu yang berkaitan dengan topik penelitian ini. Kemudian menentukan rumusan masalah sampai dengan kompilasi data.
2. Tahap Pengumpulan Data
Mengumpulkan data yang diperlukan dari suatu pelaksanaan proyek kontruksi. Data tersebut adalah sebagai berikut ini.
 - a. Variable Waktu
Data-data yang diperlukan pada variabel waktu adalah data *Commulative Progress* (*Kurva-S*), sebagai berikut.
 - 1) Jenis Kegiatan,
 - 2) Persentase,
 - 3) Durasi, dan
 - 4) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek.
 - b. Variabel biaya
Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya adalah daftar rencana anggaran biaya (RAB), adalah sebagai berikut ini.
 - 1) Jumlah biaya normal,

- 2) Durasi normal, dan
- 3) Daftar-daftar harga bahan dan upah tenaga kerja.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Penelitian

Data umum Proyek Pembangunan Gedung sebagai berikut ini.

Pemilik Proyek	: X
Konsultan Pelaksana	: PT. Y
Kontraktor	: PT. Z
Nilai Proyek	: Rp 3.672.736.653,00
Waktu Pelaksanaan	: 147 Hari Kerja
Tanggal mulai	: 2 April 2018
Tanggal selesai	: 26 Agustus 2018

Data – Data Kegiatan Kritis

Pada Tabel 2 menjelaskan beberapa kegiatan yang akan dipercepat yang merupakan pekerjaan yang memiliki unsur tenaga kerja.

Tabel 2 Daftar kegiatan kritis kondisi normal

NO	KODE	NAMA PEKERJAAN	DURASI (HARD)
1	BBP	BETON BORE PILE	14
2	PBP	PEMBESIAN BORE PILE	14
3	PPC	PEMBESIAN PILE CAP	14
4	BDPTD	BETON DINDING PENAHAN TANAH DASAR	14
5	PDPTD	PEMBESIAN DINDING PENAHAN TANAH DASAR	14
6	BKDPTD	BETON DINDING PENAHAN TANAH DASAR	14
7	PS	PEMBESIAN SLOOF DASAR	14
8	PSL1	PEMBESIAN SLOOF LANTAI 1	14
9	BBL1	BETON BALOK LANTAI 1	14
10	PBL1	PEMBESIAN BALOK LANTAI 1	14
11	BKBL1	BEKISTING BALOK LANTAI 1	14
12	BKL1	BETON KOLOM L1	14
13	PKL1	PEMBESIAN KOLOM L1	14
14	BKKL1	BEKISTING KOLOM L1	14
15	BKL2	BETON KOLOM LANTAI 2	14
16	PKL2	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 2	14
17	BKKL2	BEKISTING KOLOM LANTAI 2	14
18	BKL3	BETON KOLOM LANTAI 3	14
19	PKL3	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 3	14
20	BKKL3	BEKISTING KOLOM LANTAI 3	14
21	BKL4	BETON KOLOM LANTAI 4	14
22	PKL4	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 4	14
23	BKKL4	BEKISTING KOLOM LANTAI 4	14
24	BKL5	BETON KOLOM LANTAI 5	14
25	PKL5	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 5	14
26	BKKL5	BEKISTING KOLOM LANTAI 5	14
27	BKBL5	BEKISTING BALOK LANTAI 5	14
28	BPL5	BETON PLAT LANTAI 5	21
29	PPL5	PEMBESIAN PLAT LANTAI 5	21
30	BKPL5	BEKISTING PLAT LANTAI 5	21
31	PAG	PASANG ATAP GENTENG	14
32	PNAB	PASANG NOK ATAS BULAT	7
33	PLP	PASANG LISTPLANK	7

Analisis Biaya Lembur untuk Tenaga Kerja

Analisis biaya lembur dihitung untuk mengetahui besar upah biaya lembur tenaga kerja sehingga biaya total kegiatan yang akan dilembur dapat diketahui juga. Berikut contoh perhitungan upah lembur sebagai berikut ini.

Resource Name	: Pekerja
Biaya normal (bn)	: Rp 9.444,44
Biaya lembur per jam	
Lembur 1 Jam (L1)	= 1,5 × bn
	= 1,5 × 9.444,44

Lembur 1 Jam	= Rp 14.166,67
	= $\left(\frac{14.166,67}{1}\right)$
	= Rp. 14.166,67
Lembur 2 Jam (L2)	= L1 + 2,0 × bn
	= (1,5 × 9.444,44) + (2 × 1 × 9.444,44)
	= Rp 33.055,56
Lembur 2 Jam	= $\left(\frac{33.055,56}{2}\right)$
	= Rp. 66.111,11
Lembur 3 Jam (L3)	= L2 + 2,0 × bn
	= (1,5 × 9.444,44) + (2 × 2 × 9.444,44)
	= Rp 51.944,44
Lembur 3 Jam	= $\left(\frac{51.944,44}{3}\right)$
	= Rp. 155.833,33

Analisis Durasi Percepatan

Dalam analisis perhitungan ini terdapat produktivitas kerja untuk setiap waktu lembur. Produktivitas kerja lembur untuk 1 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,9 atau 90%, 2 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,8 atau 80%, dan 3 jam per hari diperhitungkan sebesar 0,7 atau 70% dari produktivitas normal. Penurunan produktivitas ini disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya kelelahan pekerjaan dan keterbatasan penerangan karena malam hari serta keadaan cuaca yang tidak memungkinkan untuk dilakukannya pekerjaan. Pada perhitungan percepatan durasi ini diambil contoh dari kegiatan kritis Pembesian Kolom Lantai 1 (PKL1) dengan contoh perhitungan sebagai berikut ini.

Nama pekerjaan: Pembesian Kolom Lantai 1

Volume : 7940,20 kg

Durasi normal : 14 Hari (9 jam kerja per hari)

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}} = \frac{7940,20}{14} = 567,16 \text{ kg/hari}$$

$$\text{Produktivitas normal} = \frac{\text{produktivitas perhari}}{\text{jam kerja perhari}} = \frac{567,16}{9} = 63,02 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Durasi Percepatan (Dp)} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas perhari}}$$

$$Dp = \frac{7940,20}{(0,9 \times 567,16) + (0,8 \times 567,16)}$$

dengan :

pp = penurunan produktivitas, dan

pn = produktivitas normal per jam.

Durasi Percepatan (Dp) lembur 1 jam

$$Dp \text{ 1 ja} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(0,9 \times 567,16) + (0,8 \times 567,16)}$$

$$= \frac{7940,20}{(0,09 \times 63,02 \times 1) + (63,02 \times 9)}$$

$$= 12,73 \text{ hari}$$

Maksimal *Crashing* = Durasi normal – Durasi percepatan

$$= 14 \text{ Hari} - 12,73 \text{ Hari}$$

$$= 1,27 \text{ Hari}$$

Analisis Biaya Percepatan

Biaya percepatan adalah biaya yang diperoleh dari hasil percepatan durasi akibat lembur 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Item kegiatan kritis yang akan dihitung biaya percepatan durasi akibat penambahan jam lembur menggunakan *Microsoft Project 2010* dengan dikontrol oleh perhitungan dari *Microsoft Excel 2013*. Berikut contoh perhitungannya sebagai berikut ini.

1) Kondisi Normal

Nama pekerjaan : Pemesian Kolom Lantai 1

Volume pekerjaan : 7.940,20 kg

Durasi pekerjaan : 41 Hari (9 jam kerja per hari)

Biaya total *resource*

$$= (\text{Biaya total tenaga kerja} \times \text{durasi}) + \text{Total harga material}$$

$$= (\text{Rp. } 91.784,931 \times 14) + \text{Rp } 87.242.947,500$$

$$= \text{Rp } 88.527.936,533$$

2) Kondisi Lembur 1 Jam

Total biaya percepatan 1 Jam

$$\text{Tbp} = \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource percepatan 1 jam} \times \text{durasi})$$

$$= \text{Rp } 87.242.947,500 + (\text{Rp. } 107.082,419 \times 12,73)$$

$$= \text{Rp } 88.606.106,700$$

3) Kondisi Lembur 2 Jam

Total biaya percepatan 2 jam

$$\text{Tbp} = \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource percepatan 1 jam} \times \text{durasi})$$

$$= \text{Rp } 87.242.947,500 + (\text{Rp. } 127.479,071 \times 11,78)$$

$$= \text{Rp } 88.744.650,954$$

4) Kondisi Lembur 3 Jam

Total biaya percepatan 1 Jam

$$\text{Tbp} = \text{Total harga material} + (\text{Total biaya resource percepatan 1 jam} \times \text{durasi})$$

$$= \text{Rp } 87.242.947,500 + (\text{Rp. } 147.875,722 \times 11,05)$$

$$= \text{Rp } 88.876.974,229$$

Tabel 3 Hasil perhitungan analisis biaya percepatan dengan waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	Biaya	
		Normal	Lembur 1 Jam
1	Beton Bore Pile	Rp38.013.428,00	Rp38.071.353,00
2	Pemesian Bore Pile	Rp54.952.935,00	Rp55.000.099,00
3	Pemesian Pile Cap	Rp27.225.705,00	Rp27.245.158,00
4	Beton Dinding Penahan Tanah Dasar	Rp15.198.096,00	Rp15.219.443,00
5	Pemesian Dinding Penahan Tanah Dasar	Rp28.339.906,00	Rp28.371.834,00
6	Bekisting Dinding Penahan Tanah Dasar	Rp50.973.700,00	Rp51.129.086,00
7	Pemesian Sloof Dasar	Rp19.834.598,00	Rp19.865.865,00
8	Pemesian Sloof Lantai 1	Rp51.748.965,00	Rp51.800.593,00
9	Beton Balok Lantai 1	Rp8.087.616,00	Rp8.106.368,00
10	Pemesian Balok Lantai 1	Rp20.351.923,00	Rp20.379.001,00
11	Bekisting Balok Lantai 1	Rp17.234.980,00	Rp17.301.510,00
12	Beton Kolom L1	Rp37.751.523,00	Rp37.802.923,00
13	Pemesian Kolom L1	Rp88.525.992,00	Rp88.605.609,00
14	Bekisting Kolom L1	Rp79.729.039,00	Rp80.016.115,00
15	Beton Kolom Lantai 2	Rp30.179.029,00	Rp30.225.910,00
16	Pemesian Kolom Lantai 2	Rp72.787.925,00	Rp72.854.347,00
17	Bekisting Kolom Lantai 2	Rp62.183.640,00	Rp62.420.079,00
18	Beton Kolom Lantai 3	Rp30.179.029,00	Rp30.225.910,00
19	Pemesian Kolom Lantai 3	Rp72.787.925,00	Rp72.854.347,00
20	Bekisting Kolom Lantai 3	Rp62.183.640,00	Rp62.420.079,00
21	Beton Kolom Lantai 4	Rp28.567.899,00	Rp28.611.922,00
22	Pemesian Kolom Lantai 4	Rp66.947.185,00	Rp67.019.907,00
23	Bekisting Kolom Lantai 4	Rp56.467.340,00	Rp56.684.412,00
24	Beton Kolom Lantai 5	Rp29.455.411,00	Rp29.496.872,00
25	Pemesian Kolom Lantai 5	Rp71.063.251,00	Rp71.129.865,00
26	Bekisting Kolom Lantai 5	Rp56.966.800,00	Rp57.171.783,00
27	Bekisting Balok Lantai 5	Rp62.123.620,00	Rp62.345.206,00
28	Beton Plat Lantai 5	Rp15.760.633,00	Rp15.773.633,00
29	Pemesian Plat Lantai 5	Rp31.037.010,00	Rp31.067.646,00
30	Bekisting Plat Lantai 5	Rp49.095.150,00	Rp49.243.922,00
31	Pasang Atap Genteng	Rp36.380.670,00	Rp36.463.762,00
32	Pasang Nok Atas Bulat	Rp4.505.340,00	Rp4.523.732,00
33	Pasang Listplank	Rp3.365.070,00	Rp3.389.181,00

Analisis *Cost Variance*, *Cost Slope*, dan *Duration Variance*

a. *Cost Variance* sebagai contoh diambil salah satu contoh item pekerjaan untuk perhitungan analisis *cost variance*.

Selisih Biaya = Biaya Percepatan - Biaya Normal

Biaya Normal = Rp 88.525.992,00

Biaya Percepatan

1 Jam = Rp. 88.605.609,00

2 Jam = Rp. 88.730.970,00

3 Jam = Rp. 88.764.653,00

Selisih Biaya :

$$\text{Lembur 1 jam} = \text{Rp } 88.605.609,00 - \text{Rp } 88.525.992,00$$

$$= \text{Rp } 79.617,00$$

b. *Cost Slope* adalah perbandingan selisih biaya normal dengan biaya percepatan dan selisih durasi normal dengan durasi percepatan. Berikut adalah contoh perhitungan perhitungan *cost slope* pada item pekerjaan sebagai berikut ini.

Nama pekerjaan : Pemesian Kolom Lantai 1

Cost variance

1 jam = Rp 79.617,00

2 jam = Rp 204.978,00

3 jam = Rp 238.661,00

Duration variance

Lembur 1 jam = 1,27 hari
 Lembur 2 jam = 2,22 hari
 Lembur 3 jam = 2,95 hari

Cost slope

Lembur 1 jam = $\text{Cost variance} / \text{Duration variance}$
 = Rp 79.617,00 / 1,27 hari
 = Rp 62.556,21

Tabel 4 Hasil *cost slope* untuk waktu lembur 1 jam

No	Kegiatan	Selisih Durasi (Hari)	Selisih Biaya (Rp)	Cost Slope (Rp./hari)
1	Beton Bore Pile	1,27	57.925,00	Rp45.512,50
2	Pembesian Bore Pile	1,27	47.164,00	Rp37.057,43
3	Pembesian Pile Cap	1,27	19.453,00	Rp15.284,50
4	Beton Dinding Penahan Tanah Dasar	1,27	21.347,00	Rp16.772,64
5	Pembesian Dinding Penahan Tanah Dasar	1,27	31.928,00	Rp25.086,29
6	Bekisting Dinding Penahan Tanah Dasar	1,27	155.386,00	Rp122.089,00
7	Pembesian Sloof Dasar	1,27	31.267,00	Rp24.566,93
8	Pembesian Sloof Lantai 1	1,27	51.628,00	Rp40.564,86
9	Beton Balok Lantai 1	1,27	18.752,00	Rp14.733,71
10	Pembesian Balok Lantai 1	1,27	27.078,00	Rp21.275,57
11	Bekisting Balok Lantai 1	1,27	66.530,00	Rp52.273,57
12	Beton Kolom L1	1,27	51.400,00	Rp40.385,71
13	Pembesian Kolom L1	1,27	79.617,00	Rp62.556,21
14	Bekisting Kolom L1	1,27	287.076,00	Rp225.559,71
15	Beton Kolom Lantai 2	1,27	46.881,00	Rp36.835,07
16	Pembesian Kolom Lantai 2	1,27	66.422,00	Rp52.188,71
17	Bekisting Kolom Lantai 2	1,27	236.439,00	Rp185.773,50
18	Beton Kolom Lantai 3	1,27	46.881,00	Rp36.835,07
19	Pembesian Kolom Lantai 3	1,27	66.422,00	Rp52.188,71
20	Bekisting Kolom Lantai 3	1,27	236.439,00	Rp185.773,50
21	Beton Kolom Lantai 4	1,27	44.023,00	Rp34.589,50
22	Pembesian Kolom Lantai 4	1,27	72.722,00	Rp57.138,71
23	Bekisting Kolom Lantai 4	1,27	217.072,00	Rp170.556,57
24	Beton Kolom Lantai 5	1,27	41.461,00	Rp32.576,50
25	Pembesian Kolom Lantai 5	1,27	66.614,00	Rp52.339,57
26	Bekisting Kolom Lantai 5	1,27	204.983,00	Rp161.058,07
27	Bekisting Balok Lantai 5	1,91	221.586,00	Rp116.068,86
28	Beton Plat Lantai 5	1,91	13.000,00	Rp6.809,52
29	Pembesian Plat Lantai 5	1,91	30.636,00	Rp16.047,43
30	Bekisting Plat Lantai 5	1,91	148.772,00	Rp77.928,19
31	Pasang Atap Genteng	1,27	83.092,00	Rp65.286,57
32	Pasang Nok Atas Bulat	0,64	18.392,00	Rp28.901,71
33	Pasang Listplank	0,64	24.111,00	Rp37.888,71

Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung adalah biaya yang tidak berhubungan langsung dengan proyek konstruksi tetapi sangat dibutuhkan selama proyek berlangsung dan tidak dapat dilepaskan dari suatu proyek konstruksi. Walaupun biaya tidak langsung tetap sangat dibutuhkan namun harus tetap dilakukan pengendalian agar tidak melebihi biaya rencana proyek konstruksi.

Menentukan biaya tidak langsung

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan persamaan sebagai berikut ini.

$$y = -0,95 - 4,888(\ln - \ln(x2)) + \epsilon$$

dengan :

$x1$ = nilai total proyek,

$x2$ = durasi proyek,

ϵ = *random error*, dan

y = Prosentase biaya tak langsung.

Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut ini.

$$x1 = \text{Rp. } 3.672.736.653,00$$

$$x2 = 147 \text{ hari}$$

ϵ = *random error*

$$y = -0,95 - 4,888(\ln - \ln(x2)) + \epsilon$$

$$y = -0,95 - 4,888(\ln(3.672.736.653,00, -0,21) - \ln(147)) + \epsilon$$

$$y = 17,37 \%$$

Biaya tidak langsung

$$= y \times x1$$

$$= 17,37 \% \times \text{Rp. } 3.672.736.653,00$$

$$= \text{Rp. } 638.029.612,23$$

Analisis Biaya Langsung

Biaya Langsung biaya yang berhubungan langsung dengan kegiatan proyek yang berlangsung dan akan menjadi komponen hasil akhir proyek. Menentukan biaya langsung menggunakan persamaan sebagai berikut ini.

Biaya langsung = Biaya total proyek – biaya tidak langsung

sehingga nilai dari biaya langsung pada proyek adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Biaya langsung} &= \text{Rp. } 3.672.736.653,00 - \text{Rp. } \\ & \quad 638.029.612,23 \\ &= \text{Rp. } 3.034.707.040,77 \end{aligned}$$

Analisis Biaya Total

Total biaya merupakan penjumlahan dari biaya tidak langsung dan biaya langsung suatu proyek akibat penambahan jam lembur 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Menentukan biaya total dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut ini.

Total biaya = biaya tidak langsung + biaya langsung

sehingga nilai dari total biaya pada proyek adalah sebagai berikut ini.

$$\begin{aligned} \text{Total biaya} &= \text{Rp } 638.029.612,23 + \text{Rp. } \\ & \quad 3.034.707.040,77 \\ &= \text{Rp. } 3.672.736.653,00 \end{aligned}$$

Analisis Biaya Tenaga Kerja

Kondisi Lembur 1 Jam

Nama pekerjaan : Pembesian Kolom Lantai 1

Volume pekerjaan : 7.940,20 kg

Durasi pekerjaan : 14 hari (9 jam kerja per hari)

Tabel 5 Kebutuhan tenaga kerja kegiatan pembesian kolom lanai 1

Tenaga Kerja	Satuan	Koefisien	Harga
Pekerja	OH	0,007	Rp85.000,00
Tukang Besi Kepala	OH	0,007	Rp105.000,00
Tukang	OH	0,0007	Rp115.000,00
Mandor	OH	0,0004	Rp115.000,00

a. Pekerja

Jumlah Tenaga Kerja

$$= \frac{(0,007 \times 7.940,20)}{12,73}$$

$$= 4,37 \text{ orang/hari}$$

Upah Tenaga Kerja

- = $4,37 \times \text{Rp}85.000,00$
 = Rp 371.124,82
- b. Tukang Besi
 Jumlah Tenaga Kerja
 = $\frac{(0,007 \times 7.940,20)}{12,73}$
 = 4,37 orang/hari
 Upah Tenaga Kerja
 = $4,37 \times \text{Rp}105.000,00$
 = Rp 458.448,31
- c. Kepala Tukang
 Jumlah Tenaga Kerja
 = $\frac{(0,0007 \times 7.940,20)}{12,73}$
 = 0,44 orang/hari
 Upah Tenaga Kerja
 = $0,44 \times \text{Rp}115.000,00$
 = Rp 50.211,01
- d. Mandor
 Jumlah Tenaga Kerja
 = $\frac{(0,0004 \times 7.940,20)}{12,73}$
 = 0,25 orang/hari
 Upah Tenaga Kerja
 = $0,25 \times \text{Rp}115.000,00$
 = Rp 28.692,00

Total upah tenaga kerja dengan durasi percepatan (12,73 Hari) pada kegiatan Pembesian kolom lantai 1 adalah
 = $(\text{Rp } 371.124,82 + \text{Rp } 458.448,31 + \text{Rp } 50.211,01 + \text{Rp } 28.692,00) \times 9$
 = Rp 8.176.285,29

Analisa Perbandingan Antara Penambahan Jam lembur dan Penambahan Tenaga Kerja

Berdasarkan penerapan metode *Time cost trade off* antara penambahan jam lembur dengan waktu lembur 1 – 3 jam dengan penambahan tenaga kerja didapatkan perbedaan hasil. Berikut adalah tabel analisis dari perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja.

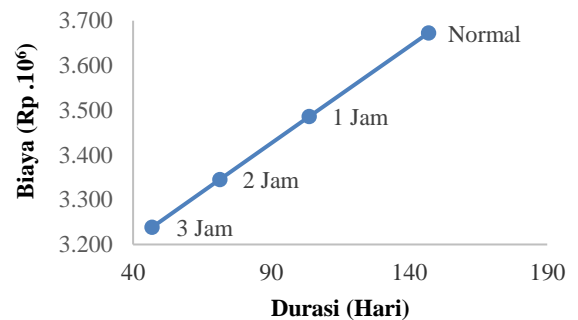
Tabel 6 Perbandingan biaya penambahan jam lembur dengan biaya penambahan tenaga kerja

Kode	Durasi Percepatan (Hari)	Durasi Normal (Hari)	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
BPL5	19,09	21	3.664.463.554,14	3.622.692.340,24
BBL1	12,73	14	3.658.958.240,23	3.521.142.495,23
PPC	12,73	14	3.653.453.627,33	3.630.955.768,55
PPL5	19,09	21	3.645.198.164,47	3.600.700.009,24
BDPTD	12,73	14	3.639.695.445,56	3.578.732.874,93
PBL1	12,73	14	3.634.198.457,65	3.595.205.378,83
PS	12,73	14	3.628.705.658,75	3.537.577.595,10
PDPTD	12,73	14	3.623.213.520,84	3.636.459.404,45
PNAB	6,36	7	3.620.469.879,89	3.619.954.632,93
BKL5	12,73	14	3.614.987.274,98	3.641.964.142,56

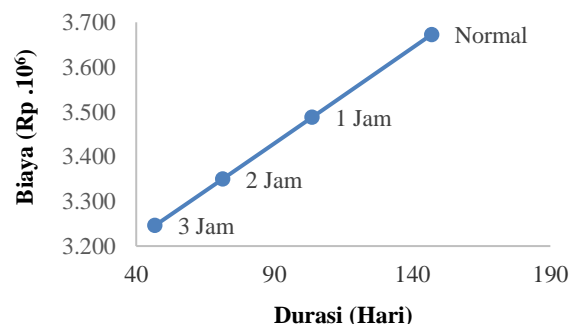
Tabel 6 Lanjutan

BKL5	12,73	14	3.614.987.274,98	3.641.964.142,56
BKL4	12,73	14	3.609.507.232,07	3.589.713.255,93
BKL2	12,73	14	3.604.030.047,17	3.614.455.067,40
BKL3	12,73	14	3.598.552.862,26	3.608.957.192,93
PBP	12,73	14	3.593.075.960,35	3.532.099.011,19
PLP	6,36	7	3.590.338.038,40	3.669.502.506,23
RKI.1	12,73	14	3.584.865.372,40	3.515.664.032,82
PSL1	12,73	14	3.579.392.934,59	3.573.243.496,33
BEP	12,73	14	3.573.926.793,68	3.485.565.135,38
PKL2	12,73	14	3.568.469.149,77	3.663.992.384,94
PKL3	12,73	14	3.563.011.505,87	3.658.483.882,93
BKBL1	12,73	14	3.557.553.969,96	3.554.022.002,58
PKL5	12,73	14	3.552.096.518,05	3.652.975.380,92
PKL4	12,73	14	3.546.645.174,15	3.584.222.253,52
PKL1	12,73	14	3.541.200.725,24	3.647.469.252,97
PAG	12,73	14	3.535.759.751,33	3.548.536.770,87
BKPL5	19,09	21	3.527.622.424,47	3.496.488.155,24
BKBL5	19,09	21	3.519.557.911,61	3.564.992.985,69
BKDPTD	12,73	14	3.514.189.231,71	3.526.620.427,28
BKKL5	12,73	14	3.508.870.148,80	3.543.056.634,87
BKKL4	12,73	14	3.503.563.154,89	3.559.507.347,82
BKKL2	12,73	14	3.498.275.527,99	3.510.188.736,95
BKKL3	12,73	14	3.492.987.901,08	3.504.718.522,91
BKKL1	12,73	14	3.487.750.911,17	3.491.022.037,83

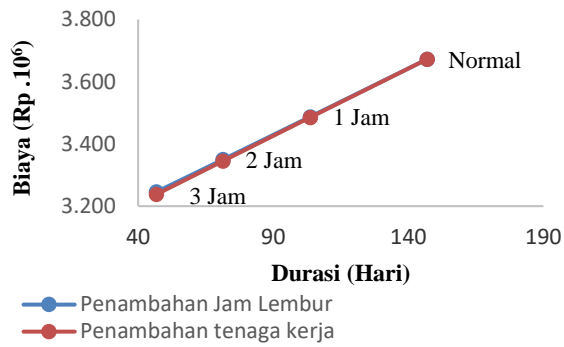
Kemudian di dapatkan perbandingan biaya normal dengan penambahan alat dan tenaga kerja seperti di bawah ini.



Gambar 5 Hubungan antara biaya dan durasi terhadap perbandingan waktu normal dengan penambahan tenaga kerja



Gambar 6 Hubungan antara biaya dan durasi terhadap perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan jam kerja (lembur)



Gambar 7 Hubungan antara biaya dan durasi terhadap perbandingan biaya normal dengan biaya penambahan tenaga kerja dan penambahan jam kerja (lembur)

Analisis Biaya Denda Akibat Keterlambatan

Menentukan biaya denda keterlambatan suatu proyek dapat dihitung menggunakan persamaan.

Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

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

Sehingga analisis perhitungan biaya denda keterlambatan adalah sebagai berikut ini.

Kegiatan : Pembesian Kolom Lantai 1

Total keterlambatan = 1,27 hari

Biaya total proyek = Rp 3.672.736.653,00

Total denda

$$= 1,27 \times \frac{1}{1000} \times 3.672.736.653,00$$

$$= \text{Rp } 4.674.392,10$$

5. Kesimpulan

Berdasarkan data kemudian analisis dan pembahasan yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Gedung dapat dihasilkan kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Waktu terhadap penambahan jam lembur pada kondisi normal selama 147 hari dengan biaya sebesar Rp 3.672.736.653,00, pada kondisi lembur 1 jam dengan waktu selama 103,73 hari dengan biaya sebesar Rp 3.487.750.911,17, lalu pada kondisi lembur 2 jam dengan waktu selama 71,37 hari dengan biaya sebesar Rp 3.350.013.645,22, dan pada kondisi lembur 3 jam dengan waktu selama 46,79 hari dengan biaya sebesar Rp 3.245.993.154,92,
2. Waktu terhadap penambahan tenaga kerja pada kondisi normal selama 147 hari dengan biaya sebesar Rp 3.672.736.653,00, pada penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 1 jam memiliki waktu selama 103,73 hari dengan biaya sebesar Rp 3.485.565.135,38, lalu penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 2 jam

memiliki waktu selama 71,37 hari dengan biaya sebesar Rp 3.345.096.104,11, dan penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur 3 jam memiliki waktu selama 46,79 hari dengan biaya sebesar Rp 3.238.026.956,81, dan

3. Berdasarkan kesimpulan diatas dapat ditarik dengan penambahan jam lembur didapat hasil yang efektif adalah dengan penambahan jam lembur 3 jam dengan selisih durasi pekerjaan adalah 100,21 hari dan selisih biaya sebesar Rp 426.743.498,08. Sedangkan untuk penambahan tenaga kerja didapat hasil yang efektif adalah dengan penambahan tenaga kerja setara dengan waktu lembur 3 jam dengan selisih durasi pekerjaan adalah 100,21 hari dan selisih biaya sebesar Rp 434.709.696,19. Jika dilakukan perbandingan antara penambahan jam lembur dan tenaga kerja maka didapatkan bahwa penambahan tenaga kerja lebih efektif daripada penambahan jam lembur karena biaya yang lebih murah dan dengan percepatan durasi yang sama.

6. Daftar Pustaka

- Ardika, O. P. C., Sugiyarto, dan Handayani, F. S., 2014, *Analisis Time Cost Trade Off Dengan Penambahan Jam Kerja (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor)*, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 2 (3), 273-280.
- Badri, S., 1997, *Dasar-Dasar Network Planning*, Rineka Cipta.
- Chusairi, M., Suryanto, H.S., 2015, *Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Tipe B SMPN Baru Siwalankerto)*, Rekayasa Teknik Sipil, 2 (2), 9-15.
- Fazil, Afifuddin, M., dan Rani, H.A., 2015, *Analisa Waktu Dan Biaya Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Studi Kasus : Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung DPRK Aceh Timur Tahap I)*, e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 4 (3), 241-248.
- Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia 2004. *Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia tentang Waktu Lembur dan Upah Kerja Lembur*. KEPMEN NO.102 TH.2004. Kep.102/MEN/VI/2004.
- Muhammad, A.A., dan Indriyani, R., 2015, *Analisa Time Cost Trade Off pada Proyek Pasar*

Sentral Gadang Malang, Jurnal Teknik, 4 (1), 2301-9271.

- Ningrum, F.G.A., Hartono, W., 2017, *Penerapan Metode Crashing Dalam Percepatan Durasi Proyek Dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur Dan Shift Kerja (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Hotel Grand Keisha)*, Matriks Teknik Sipil, 5 (2), 583-591.
- Priyo, M., Aulia, M.R., 2015, *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 18 (1), 30-43.
- Priyo, M., Sartika, 2014, *Analisis Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi dengan Variasi Penambahan Jam Kerja*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 17 (2), 98-105.
- Priyo, M., Sumanto, A., 2015, *Analisis Percepatan Waktu dan Biaya Proyek Konstruksi dengan Penambahan Jam Kerja (Lembur) menggunakan Metode Time Cost Trade Off Studi Kasus Proyek Pembangunan Prasarana Pengendali Banjir*, Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, 19 (1), 1-15.
- Putra, V.P.R.H., Andriansyah, A., Wibowo, M.A., Pudjianto, B., 2014, *Penerapan Metode Crashing Proyek Pembangunan Elizabeth Building RS. Santo Borromeus Paket 1 Bandung*, Jurnal Karya Teknik Sipil, 3 (3), 597-616.
- Soeharto I., 1995, *Manajemen proyek dari konseptual sampai operasional*, Erlangga, Jakarta.
- Soeharto, I., 1997, *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional Jilid II* Erlangga, Jakarta.
- Wohon, F.Y., Mandagi, R.J.M., Pratisis, P.A.K., 2015, *Analisa Pengaruh Percepatan Durasi Pada Biaya Proyek Menggunakan Program Microsoft Project 2013 (Studi Kasus : Pembangunan Gereja GMIM Syaloom Karombasan)*, Jurnal Sipil Statik, 3 (2), 141-150.