

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

Studi of Cost and Time Optimization Method Using Time Cost Trade Off on Building Global Sevilla School Jakarta

Rhama Hidariana Putra, Mandiyo Priyo

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Abstrak. ada suatu perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya harus dioptimalkan. Berdasarkan hasil analisis waktu dan biaya, proyek konstruksi mendapatkan keuntungan yang optimal. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil dari analisis percepatan durasi sehingga didapatkan perubahan biaya proyek dengan penambahan jam kerja (lembur) 1 jam, 2 jam dan 3 jam dan penambahan tenaga kerja, kemudian melakukan perbandingan sehingga mendapatkan hasil yang lebih efektif dan optimal. Pada penelitian ini menggunakan metode *time cost trade off* dengan menggunakan program *Microsoft Project 2016* dan *Microsoft Excel 2016*. Berdasarkan hasil analisis pada kondisi normal dengan durasi proyek selama 189 hari dengan biaya total normal proyek sebesar 8.024.154.950,00, pada penambahan jam kerja lembur selama 1 jam didapatkan durasi proyek selama 144,33 hari dengan biaya total sebesar Rp 7.756.040.541,66, sedangkan pada jam kerja lembur 2 jam didapatkan durasi proyek selama 106,79 hari dengan biaya total sebesar Rp 7.529.764.148,70, dan jam kerja lembur 3 jam dengan durasi proyek selama 80,7 hari dengan biaya sebesar Rp 7.369.171.452,84. Pada metode penambahan tenaga kerja 1 jam lembur memiliki durasi sebesar 144,33 hari dengan biaya sebesar Rp 7.825.238.403,66, penambahan tenaga kerja 2 jam lembur memiliki durasi sebesar 106,79 hari dengan biaya sebesar Rp 7.619.993.710,66, dan penambahan tenaga kerja 3 jam lembur memiliki durasi sebesar 80,7 hari dengan biaya sebesar Rp 7.532.031.074,16. Didapatkan nilai yang termurah dan efektif dengan durasi tercepat yaitu pada penambahan jam kerja lembur 3 jam dengan durasi 80,7 hari dengan biaya total sebesar Rp 7.369,171,452,84.

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

Abstract. *In a construction project planning, time and costs must be optimized. Based on the results of the time and cost analysis, construction projects get optimal benefits. The purpose of this study is to obtain the results of the acceleration duration analysis so that changes in project costs are obtained by the addition of working hours (overtime) 1 hour, 2 hours and 3 hours and the addition of labor, then make comparisons so as to get more effective and optimal results. In this study using the time cost trade off method using Microsoft Project 2016 and Microsoft Excel 2016. Based on the results of the analysis under normal conditions with the duration of the project for 189 days with a total normal project cost of 8,024,154,950.00, on the addition of overtime hours during 1 hour obtained the duration of the project for 144.33 days with a total cost of Rp. 7,756,040,541.66, while in 2 hours of overtime work the duration of the project was 106.79 days with a total cost of Rp. 7,529,764,148.70, and working hours 3 hours overtime with a project duration of 80.7 days at a cost of Rp 7,369,171,452.84. In the method of adding 1 hour of overtime labor has a duration of 144.33 days at a cost of Rp. 7,825,238,403.66, adding 2 hours of overtime labor has a duration of 106.79 days at a cost of Rp. 7,619,993,710.66, and an addition 3 hours of overtime work has a duration of 80.7 days at a cost of Rp 7,532,031,074.16. The lowest and most effective value is obtained with the fastest duration, namely the addition of 3-hour overtime hours with a duration of 80.7 days with a total cost of Rp. 7,369,171,452.84.*

Keywords : *time, cost, microsoft project, microsoft excel and time cost trade off.*

1. Pendahuluan

Proyek konstruksi di Indonesia mengalami perkembangan setiap tahunnya, sehingga membuat pelaksanaan suatu proyek tersebut menjadi rumit. Pelaksanaan proyek memiliki rangkaian kegiatan pekerjaan yang saling berhubungan, diawali dari perencanaan proyek, pelaksanaan proyek hingga proyek tersebut selesai. Pada perencanaan proyek biasanya dihadapkan dengan persiapan sumber daya seperti tenaga kerja, material, biaya, waktu, dan lain sebagainya sampai pada pelaksanaan dilakukan.

Apabila hal-hal yang berkaitan dalam proyek tidak dilakukan dengan benar dan teliti, maka berbagai masalah dan kesalahan dalam pelaksanaan akan terjadi seperti keterlambatan pekerjaan, mutu yang tidak sesuai, dana yang membengkak, dan lain sebagainya yang dapat merugikan pelaksanaan proyek (Ningrum, dkk, 2017) . Cara untuk mengantisipasi masalah ini tidak terjadi adalah harus memperhatikan *Time Schedule* yang akan dibuat karena setiap kegiatan proyek

yang berlangsung harus pada waktu yang tepat dan biaya yang minimalis.

Menurut Soeharto (1999), biaya, waktu dan mutu membatasi kegiatan di proyek dalam proses menggapai hasil akhir. Ketiga batasan tersebut saling berhubungan maksudnya apabila ingin kinerja proyek ditingkatkan dari kesepakatan dalam kontrak maka mutu pekerjaan harus ditingkatkan juga tapi berdampak pada biaya yang meningkat sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya, jika ingin biaya yang minimalis, maka waktu dan mutu harus dipertimbangkan.

Menurut Aulia (2015), waktu penyelesaian yang singkat dengan biaya yang minimal merupakan tolok ukur keberhasilan suatu proyek tanpa mengesampingkan mutu hasil pekerjaan. Untuk mempercepat suatu proyek, manajer perlu mengurangi waktu pelaksanaan dan menambahkan tenaga kerja atau penggunaan peralatan yang produktif (Biswas dkk, 2016). Pada penelitian ini akan menganalisis percepatan waktu proyek pada pelaksanaan proyek Global Sevilla Pulomas School Jakarta dengan menggunakan metode penambahan jam kerja lembur yang bervariasi dari 1 jam hingga 3 jam dan penambahan tenaga kerja

2. Landasan Teori

Manajemen Proyek

Menurut Soeharto (1997) manajemen proyek konstruksi ialah sebuah perencanaan, mengkoordinasikan, memimpin bahkan mengatur dan mengendalikan sumber daya dalam sebuah proyek konstruksi untuk mempersingkat waktu pekerjaan yang telah ditentukan dengan menggunakan aturan yang sudah berjalan.

Menurut Soeharto (1997), tujuan-tujuan dari manajemen proyek konstruksi sebagai berikut :

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,
4. Alur kegiatan sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

Network Planning

Menurut Kajatmo (1997) Suatu proyek dapat diawasi dan direncanakan dengan detail dan lengkap secara luas dengan sebuah alat atau gambaran yang disebut *Network Planning*.

Biaya Total

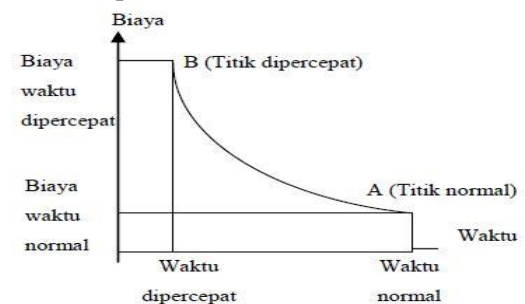
Terdapat dua jenis kelompok pada biaya proyek konstruksi, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).

1. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya yang memiliki hubungan secara langsung dengan kegiatan proyek. Biaya langsung meliputi hal-hal sebagai berikut :
 - a. Biaya material dan bahan proyek,
 - b. Biaya upah tenaga kerja proyek, dan
 - c. Biaya peralatan proyek.
2. Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang tidak memiliki hubungan langsung dengan proyek tetapi akan dibutuhkan selama berjalannya proyek konstruksi. Biaya tidak langsung harus dalam pengawasan agar supaya tidak menjadi biaya tambahan dalam rencana proyek. Hal-hal yang meliputi biaya tidak langsung sebagai berikut:
 - a. Gaji karyawan tetap.
 - b. Fasilitas selama proyek berlangsung.
 - c. Biaya konsultan pengawas dan konsultan perencana.
 - d. Asuransi pekerja, karyawan, dan tukang
 - e. Biaya-biaya tak terduga lainnya

Jadi biaya total proyek ialah biaya langsung dijumlahkan dengan biaya tidak langsung. Waktu sangat berpengaruh dalam biaya total proyek, resiko perubahan biaya akan berkurang apabila perkiraan biaya diawal diperhitungkan secara akurat (Soemardi dan Kusumawardani, 2010).

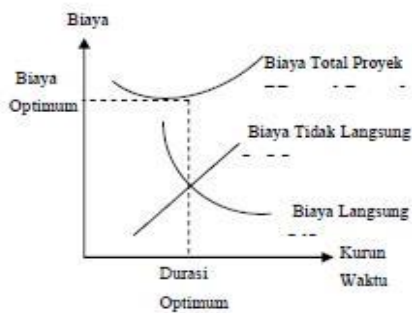
Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Waktu penyelesaian sebuah proyek konstruksi pada suatu proyek sangat berpengaruh dalam menentukan biaya total proyek. Berikut adalah grafik hubungan antara biaya dan waktu dapat dilihat pada Gambar 1.



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

Pada gambar 2.1 yang menunjukkan grafik hubungan biaya dan waktu dapat disimpulkan bahwa titik A sebagai titik normal dan titik B sebagai titik dipercepat sehingga garis yang menghubungkan titik A dengan titik B merupakan hubungan antara waktu dan biaya. Wohon, dkk (2015) menyatakan bahwa pergabungan biaya langsung dengan biaya tidak langsung dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tidak langsung (Soeharto, 1997)

Pada Gambar 2.2 tersebut menunjukkan bahwa biaya total untuk pelaksanaan suatu pekerjaan mempunyai bentuk lengkung yang menandakan apabila waktu dipercepat maka biaya total akan naik juga. Sehingga dapat dikatakan **Metode Pertukaran Waktu dan Biaya (Time Cost Trade Off)**

A Naser dkk (2018) menyatakan bahwa analisis Time cost trade off adalah salah satu proses yang penting dalam aspek perencanaan dan pengendalian sebuah proyek.

Proses yang dikerjakan secara sistematis dan analitis dengan cara melakukan analisis dari seluruh kegiatan dalam suatu proyek konstruksi yang dipusatkan pada kegiatan kritis adalah pengertian dari TCTO (Andhitan dan Dani, 2017).

Pada perencanaan sebuah proyek, variable waktu dan variabel biaya sangat penting karena saling berkaitan dan menjadi salah satu acuan sebuah keberhasilan suatu proyek konstruksi. Masalah-masalah pada proyek seperti keterlambatan waktu penyelesaian yang tidak sesuai dengan rencana awal atau pengeluaran biaya yang melebihi anggaran rencana sebelum proyek dimulai.

Proyek yang menyelesaikan seluruh pekerjaannya lebih cepat dari waktu normal merupakan keinginan seluruh kontraktor tetapi pekerjaan yang dipercepat, akan mengakibatkan biaya langsung yang dibutuhkan akan bertambah dan biaya tidak langsung akan berkurang. Hubungan kedua variable ini dapat dipelajari pada analisis mengenai pertukaran waktu dan biaya atau disebut *time cost trade off*.

bahwa untuk kegiatan pelaksanaan suatu pekerjaan terdapat suatu jumlah pengeluaran optimal atau yang paling kecil.

Upah pekerja yang diberikan tergantung dari produktivitas pekerja karena setiap pekerja memiliki karakter yang berbeda.

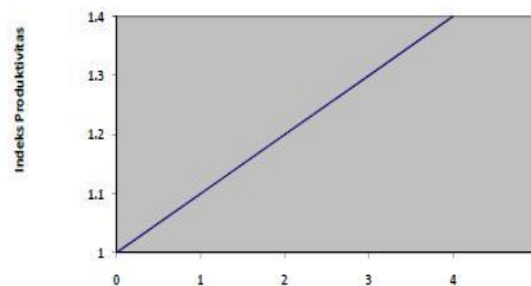
Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu metode mempercepat waktu proyek adalah menambah jam kerja pekerja atau biasa disebut lembur. Hal ini selalu dilakukan setiap proyek dengan memanfaatkan pekerja yang telah ada dilapangan dengan hanya menambahkan jam kerja bukan menambahkan pekerja. Pada proyek konstruksi ini menggunakan waktu normal 8 jam kerja, sejak pukul 08.00 hingga 17.00 dengan waktu istirahat 1 jam pada pukul 12.00-13.00. Jam lembur kerja dilaksanakan setelah waktu normal usai.

Penambahan jam kerja lembur pada proyek biasa menambah 1 jam, 2 jam dan 3 jam kerja lembur tergantung kebutuhan proyek. Meiki (2018) menyatakan bahwa penurunan produktivitas terjadi akibat penambahan jam waktu lembur terlalu besar. Indikasi penurunan produktivitas pekerja akibat penambahan jam kerja lembur dapat dilihat pada gambar 3.

Produktivitas Pekerja

Produktivitas pekerja adalah perbandingan hasil produksi dengan jumlah keseluruhan sumber daya yang digunakan. Efektifitas pekerja adalah salah satu factor keberhasilan sebuah proyek konstruksi.



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)

Dari uraian di atas dapat ditulis persamaan sebagai berikut:

1. Produktivitas harian

$$= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}}$$
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

d = produktivitas tiap jam

4. *Crash Duration*

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

Pelaksanaan Penambahan Tenaga Kerja

Menurut Paridi dan Priyo (2018)

penambahan jam kerja harus diperhatikan dengan teliti agar tidak mempengaruhi dan mengganggu pekerjaan yang ada di proyek konstruksi. Perhitungan penambahan kerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kerja normal

$$= \frac{\text{Koef.Tenaga kerja} \times \text{Vol}}{\text{Durasi normal}}$$

2. Jumlah tenaga kerja percepatan

$$= \frac{\text{Koef.Tenaga kerja} \times \text{Vol}}{\text{Durasi Percepatan}}$$

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

Denda merupakan salah satu hukuman terhadap sebuah proyek yang mengalami keterlambatan. Besaran denda sesuai dengan kesepakatan yang tertulis pada dokumen kontrak sebesar 1/1000 dari nilai keseluruhan kontrak. Biaya denda dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Program Microsoft Project

Menurut Sudiro (2017), Program Microsoft Project adalah sebuah *software* komputer yang dapat mengolah lembar kerja untuk manajemen suatu proyek, pencarian data, serta pembuatan *bar chart*. Menurut Wowor (2013), data-data yang meliputi seluruh kegiatan proyek dapat dikelola dengan menggunakan *Microsoft Project*

Manfaat yang didapatkan apabila menggunakan *Microsoft Project* sebagai berikut.

1. Detail proyek yang meliputi tugas yang berhubungan satu sama lain seperti sumber daya yang digunakan, biaya perkegiatan pekerjaan, jalur kritis, dan lain-lain, tersimpan pada *database* .
2. Informasi tersebut dihitung, serta jadwal, biaya, dan variable lain dipelihara dan juga menciptakan rencana proyek.
3. Proyek yang berjalan dapat diawasi sehingga proyek dapat diselesaikan diwaktu yang tepat dan sesuai anggaran yang direncanakan atau tidak.

Biaya Tambahan Waktu Kerja (Crash Cost)

Penambahan biaya pada tenaga kerja dan biaya normal dipengaruhi oleh penambahan waktu kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004, bahwa upah tenaga kerja berbeda-beda. Penambahan waktu kerja lembur satu jam dikenai penambahan upah sebesar 1,5 kali lipat dari upah perjam waktu normal sedangkan penambahan jam kerja lembur selanjutnya akan ditambahkan sebesar 2 kali lipat upah perjam waktu normal. Penambahan biaya pada pekerja dapat menggunakan rumus sebagai berikut.

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*

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

Penambahan tenaga kerja dapat melakukan perhitungan menggunakan rumus sebagai berikut : 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

= (Biaya total pekerja percepatan – Biaya total pekerja normal)

4. Cost slope

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

Critical Path Methode (CPM)

Priyo dan Aulia (2015), mengatakan kegiatan yang dapat menentukan lintasan kritis dengan menggunakan *arrow diagram* adalah pengertian dari *Critical Path Methode*. Lintasan kritis ini dapat digunakan untuk mengetahui prioritas suatu proyek apabila mengalami keterlambatan yang dipengaruhi oleh waktu. Lintasan kritis dapat ditentukan dengan hitungan maju, hitungan maju biasa digunakan untuk menghitung *Earliest Even Time (EET)* yang merupakan kegiatan awal (Soeharto, 1995). EET dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Dimana :

EET_i = waktu mulai paling cepat dari kegiatan i

EET_j = waktu mulai paling cepat dari kegiatan j

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

Latest Event Time (LET) adalah kegiatan yang memiliki waktu terlama atau paling akhir. LET dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

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

Dimana :

LET_i = waktu mulai paling lambat dari kegiatan i

LET_j = waktu mulai paling lambat dari kegiatan j

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

Perhitungan LET dan EET tidak memiliki perbedaan, tetapi pada perhitungan LET dimulai dari kegiatan paling terakhir ke kegiatan kegiatan paling awal. Apabila kegiatan lebih dari satu yang digunakan untuk nilai LET adalah nilai terkecil.

3. Metode Penelitian

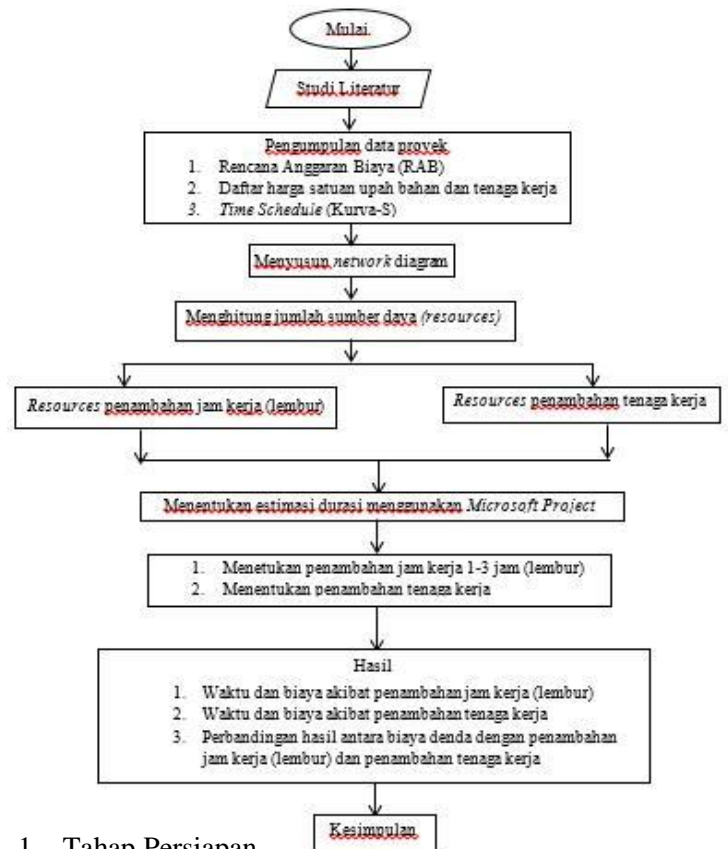
Lokasi Penelitian

Data penelitian ini didapatkan dari proyek Glocal Sevilla Pulomas School Jakarta

Tahapan Penelitian

Data untuk penelitian ini didapatkan dari instansi terkait seperti kontraktor, konsultan, dan lain-lain. Data ini sangat penting untuk mengkoreksi optimasi waktu dan biaya keseluruhan proyek.

Tahapan penelitian ini akan digambarkan dalam bentuk bagan alir yang akan ditunjukkan pada grafik berikut ini.



1. Tahap Persiapan

Penelitian akan dilakukan setelah dilakukan studi literatur agar dapat memahami dan mengerti ilmu-ilmu yang akan dihadapi selama pengerjaan penelitian.

2. Tahap Pengumpulan Data

Data-data proyek yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut.

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
- 4) Rekapitulasi perhitungan biaya proyek

b. Variabel biaya

Data-data yang diperlukan dalam variabel biaya adalah daftar rencana anggaran biaya (RAB), meliputi :

- 1) Jumlah biaya normal
- 2) Durasi normal
- 3) Daftar-daftar harga bahan dan upah tenaga kerja

4. Hasil dan Pembahasan

Data Penelitian

Data umum Proyek Pembangunan Gedung sebagai berikut :

Pemilik Proyek	: X
Konsultansi Pelaksana	: PT. Y
Kontraktor	: PT.Z
Nilai Proyek	: Rp 26.000.000.000,00
Waktu Pelaksanaan	: 315 Hari Kerja
Tanggal mulai	: 4 Juni 2019
Bulan selesai	: Juni 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
1	PGT	GALIAN TANAH PILE CAP	14
2	PBPL1	BETON PELAT LANTAI LANTAI 1	7
3	PBKPL1	BEKISTING PELAT LANTAI 1	7
4	PWPL1	WIREMESH PELAT LANTAI LANTAI 1	7
5	PLKPL1	PEKERJAAN LANTAI KERJA PELAT LANTAI LANTAI 1	7
6	PPUPL1	PASIR URUG PELAT LANTAI LANTAI 1	7
7	PPPL1	PEMBESIAN PILE CAP LANTAI 1	28
8	PLKP1	LANTAI KERJA PILE CAP LANTAI 1	28
9	PPUPL1	PASIR URUG PILE CAP LANTAI 1	28
10	PPKL1	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 1	14
11	PBCL1	BETON CANOPY LANTAI 1	7
12	PBKCL1	BEKISTING CANOPY LANTAI 1	7
13	PPCL1	PEMBESIAN CANOPY LANTAI 1	14
14	PBBL2	BETON BALOK LANTAI 2	7
15	PBKBL2	BEKISTING BALOK LANTAI 2	14
16	PBPL2	BETON PELAT LANTAI LANTAI 2	7
17	PBKL2	BETON KOLOM LANTAI 2	7
18	PBKKL2	BEKISTING KOLOM LANTAI 2	7
19	PPKL2	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 2	14
20	PBKBL3	BEKISTING BALOK LANTAI 3	14
21	PBKPL3	BEKISTING PELAT LANTAI 3	14
22	PBKL3	BETON KOLOM LANTAI 3	7
23	PBKKL3	BEKISTING KOLOM LANTAI 3	7
24	PPKL3	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 3	14
25	PBKBL4	BEKISTING BALOK LANTAI 4	14
26	PBPL4	BETON PELAT LANTAI LANTAI 4	7
27	PBKPL4	BEKISTING PELAT LANTAI LANTAI 4	14
28	PPPL4	PEMBESIAN PELAT LANTAI LANTAI 4	14
29	PBKL4	BETON KOLOM LANTAI 4	7
30	PBKKL4	BEKISTING KOLOM LANTAI 4	7
31	PPKL4	PEMBESIAN KOLOM LANTAI 4	14
32	PBKBLA	BEKISTING BALOK LANTAI ATAP	14
33	PBKPLA	BEKISTING PELAT LANTAI LANTAI ATAP	14
34	PPTALA	PEMBESIAN TALANG AIR LANTAI ATAP	7
35	PBRA1	BAJA RANGKA BAJA ATAP 1	21
36	PBRA2	BAJA RANGKA BAJA ATAP 2	21
37	PPRBA2	PENGECATAN RANGKA BAJA ATAP 2	21
38	PBR	BAJA RINGAN	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:

Resource Name	: Pekerja
Biaya normal (bn)	: Rp 12.500,00
Biaya lembur per jam	
Lembur 1 Jam (L1)	= 1,5 × bn
	= 1,5 × 12.500

	= Rp 18.750,00
Lembur 1 jam	= 18.750 × 1
	= Rp. 18.750,00
Lembur 2 Jam (L2)	= L1 + 2,0 bn
	= (1,5 × 12.500,00) +
	(2 × 1 × 12.500,00)
	= Rp 43.750,00
Lembur 2 Jam	= 43.750,00 × 2
	= Rp. 87.500,00
Lembur 3 Jam (L3)	= L2 + 2,0 bn
	= (1,5 × 12.500) +
	(2 × 2 × 12.500,00)
	= Rp 68.750,00
Lembur 3 Jam	= 68.750,00 × 3
	= Rp. 206.250,00
	=

Analisis Durasi Percepatan

Masing-masing waktu lembur memiliki angka produktivitas untuk diinput pada analisis. Waktu lembur 1 jam memiliki produktivitas yang dapat dianalisis sebesar 90% atau 0,9, untuk waktu lembur 2 jam sebesar 80% atau 0,8, dan waktu lembur 3 jam sebesar 70% atau 0,7 dari produktivitas normal. Factor penurunan produktivitas disebabkan oleh kelelahan para pekerja dan keterbatasan dalam pencahayaan pada malam hari serta keadaan cuaca yang tidak dapat diprediksi sehingga pekerjaan saat waktu lembur tertunda. Contoh perhitungan percepatan durasi ini akan menggunakan kegiatan kritis dari bekisting plat lantai lantai 1 dengan analisis sebagai berikut.

Nama pekerjaan : Bekisting plat lantai lantai 1

Volume : 1923,56 m³

Durasi normal : 7 hari (8 jam kerja per hari)

$$\text{Produktivitas perhari} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

$$= \frac{1923,56}{7}$$

$$= 32,858 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas Normal} = \frac{\text{Produktivitas per hari}}{\text{jam kerja perhari}}$$

$$= \frac{32,858}{8}$$

$$= 4,107 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Durasi Percepatan (Dp)} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{(\sum Pp \times Pn \times jl) + (Pn \times jk)}$$

Keterangan :

Pp = Penurunan Produktivitas

Pn = Produktivitas normal per jam

Jk = Jam kerja

Jl = Jam lembur

Durasi Percepatan (Dp) lembur 1 jam

$$\text{Dp 1 Jam} = \frac{1923,56}{(0,9 \times 4,107 \times 1) + (4,107 \times 8)}$$

$$= 6,29 \text{ hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi} \\ &\quad \text{percepatan} \\ &= 7 \text{ Hari} - 6,29 \text{ Hari} \\ &= 0,71 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Percepatan (Dp) lembur 2 jam} \\ \text{Dp 2 Jam} &= \frac{1923,56}{(0,9 \times 4,107 \times 1) + (0,8 \times 4,107 \times 1) + (4,107 \times 8)} \\ &= 5,77 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi} \\ &\quad \text{percepatan} \\ &= 7 \text{ Hari} - 5,77 \text{ Hari} \\ &= 1,23 \text{ Hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi Percepatan (Dp) lembur 3 jam} \\ \text{Dp 3 Jam} &= \frac{1923,56}{(0,9 \times 4,107 \times 1) + (0,8 \times 4,107 \times 1) + (0,7 \times 4,107 \times 1) + (4,107 \times 8)} \\ &= 5,38 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Maksimal Crashing} &= \text{Durasi normal} - \text{Durasi} \\ &\quad \text{percepatan} \\ &= 7 \text{ Hari} - 5,38 \text{ Hari} \\ &= 1,62 \text{ Hari} \end{aligned}$$

Tabel 3 Hasil perhitungan percepatan Durasi Proyek

NAMA PEKERJAAN	DURASI			
	Normal	Lem. 1 Jam	Lem. 2 Jam	Lem. 3 Jam
Galian Tanah Pile Cap	14	12.58	11.55	10.77
Beton Pelat Lantai Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Pelat Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Wiremesh Pelat Lantai Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Lantai Kerja Pelat Lantai Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Pasir Urug Pelat Lantai Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Pembesian Pile Cap Lantai 1	28	25.17	23.09	21.54
Lantai Kerja Pile Cap Lantai 1	28	25.17	23.09	21.54
Pasir Urug Pile Cap Lantai 1	28	25.17	23.09	21.54
Pembesian Kolom Lantai 1	14	12.58	11.55	10.77
Beton Canopy Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Canopy Lantai 1	7	6.29	5.77	5.38
Pembesian Canopy Lantai 1	14	12.58	11.55	10.77
Beton Balok Lantai 2	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Balok Lantai 2	14	12.58	11.55	10.77
Beton Pelat Lantai Lantai 2	7	6.29	5.77	5.38
Beton Kolom Lantai 2	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Kolom Lantai 2	7	6.29	5.77	5.38
Pembesian Kolom Lantai 2	14	12.58	11.55	10.77
Bekisting Balok Lantai 3	14	12.58	11.55	10.77
Bekisting Pelat Lantai 3	14	12.58	11.55	10.77
Beton Kolom Lantai 3	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Kolom Lantai 3	7	6.29	5.77	5.39
Pembesian Kolom Lantai 3	14	12.58	11.55	10.77
Bekisting Balok Lantai 4	14	12.58	11.55	10.77
Beton Pelat Lantai Lantai 4	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Pelat Lantai Lantai 4	14	12.58	11.55	10.77
Pembesian Pelat Lantai Lantai 4	14	12.58	11.55	10.77
Beton Kolom Lantai 4	7	6.29	5.77	5.38
Bekisting Kolom Lantai 4	7	6.29	5.77	5.38
Pembesian Kolom Lantai 4	14	12.58	11.55	10.77
Bekisting Balok Lantai Atap	14	12.58	11.55	10.77
Bekisting Pelat Lantai Lantai Atap	14	12.58	11.55	10.77
Pembesian Talang Air Lantai Atap	7	6.29	5.77	5.38
Baja Rangka Baja Atap 1	21	18.88	17.32	16.15
Baja Rangka Baja Atap 2	21	18.88	17.32	16.15
Pengecatan Rangka Baja Atap 2	21	18.88	17.32	16.15
Baja Ringan	7	6.29	5.77	5.38

Analisis Biaya Percepatan

Setelah mendapatkan durasi percepatan untuk waktu lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, selanjutnya melakukan analisis biaya percepatan akibat penambahan jam kerja lembur. Pada analisis ini menggunakan *Microsoft Project 2016* dan dikontrol dengan menggunakan *Microsot Excel 2016*. Contoh analisis biaya percepatan sebagai berikut.

Nama pekerjaan : Bekisting Pelat Lantai Lantai 1 (PBKPL1)
 Volume pekerjaan : 1923,56 m³
 Durasi pekerjaan : 7 hari

Tabel 4 Harga Kebutuhan tenaga kerja pembesian kolom K1 lantai 1 lembur 1 jam

Komponen	Satuan	Harga Lembur 1 Jam
Pekerja	OH	Rp18.750,00
Tukang Kayu	OH	Rp22.500,00
Kepala tukang kayu	OH	Rp25.312,50
Mandor	OH	Rp28.125,00

Pekerja
 $= 0,20 \times 18.750,00 = \text{Rp } 3.750,00$
 Tukang Kayu
 $= 0,25 \times 22.500,00 = \text{Rp } 5.625,00$
 Kepala Tukang Kayu
 $= 0,05 \times 25.312,50 = \text{Rp } 1.265,60$
 Mandor
 $= 0,15 \times 28.125,00 = \text{Rp } 4.218,75$
 Maka total harga tenaga kerja ialah = Rp. 14.859,35 / hari

Total biaya *resource* percepatan 1 jam/hari
 Tbrp = Biaya normal total/hari + total harga tenaga kerja 1 jam
 $= \text{Rp } 77.750,00 + \text{Rp } 14.859,35$
 $= \text{Rp } 92.609,35/\text{hari}$

Total biaya percepatan 1 Jam
 Tbp = Total harga material+(Total biaya *resource* percepatan 1 jam \times durasi)
 $= (\text{Rp } 92.609,35 \times 7) + \text{Rp } 193.894.848,00$
 $= \text{Rp } 202.306.378,00$

Hasil analisis diatas merupakan salah satu kegiatan kritis yang didapatkan dari hasil pemrograman *Microsoft Project 2016* dapat dilihat di tabel 5 sebagai berikut.

Tabel 5 Hasil perhitungan biaya percepatan 1 jam

No	Nama Pekerjaan	Biaya	
		Normal	Lembur 1 Jam
1	Galian Tanah Pile Cap	Rp 1,029,000.00	Rp 1,093,125.00
2	Beton Pelat Lantai Lantai1	Rp 264,654,625.00	Rp 265,005,666.00
3	Bekisting Pelat Lantai 1	Rp 201,048,790.00	Rp 202,306,378.00
4	Wiremesh Pelat Lantai Lantai 1	Rp 195,321,620.00	Rp 195,664,239.00
5	Lantai Kerja Pelat Lantai Lantai 1	Rp 84,601,008.00	Rp 84,723,205.00
6	Pasir Urug Pelat Lantai Lantai 1	Rp 64,370,200.00	Rp 64,701,606.00
7	Pembesian Pile Cap Lantai 1	Rp 122,957,680.00	Rp 123,340,833.00
8	Lantai Kerja Pile Cap Lantai 1	Rp 5,691,574.00	Rp 5,676,974.00
9	Pasir Urug Pile Cap Lantai 1	Rp 4,325,000.00	Rp 4,342,563.00
10	Pembesian Kolom Lantai 1	Rp 227,910,080.00	Rp 228,638,486.00
11	Beton Canopy Lantai 1	Rp 8,676,725.00	Rp 8,711,573.00
12	Bekisting Canopy Lantai 1	Rp 5,336,640.00	Rp 5,366,381.00
13	Pembesian Canopy Lantai 1	Rp 48,473,880.00	Rp 48,633,405.00
14	Beton Balok Lantai 2	Rp 194,302,656.00	Rp 194,568,053.00
15	Bekisting Balok Lantai 2	Rp 111,372,420.00	Rp 112,057,001.00
16	Beton Pelat Lantai Lantai 2	Rp 249,908,843.00	Rp 250,239,787.00
17	Beton Kolom Lantai 2	Rp 89,333,246.00	Rp 89,453,652.00
18	Bekisting Kolom Lantai 2	Rp 88,730,390.00	Rp 89,290,743.00
19	Pembesian Kolom Lantai 2	Rp 117,396,080.00	Rp 117,775,839.00
20	Bekisting Balok Lantai 3	Rp 112,872,860.00	Rp 113,575,748.00
21	Bekisting Pelat Lantai 3	Rp 184,326,760.00	Rp 185,472,323.00
22	Beton Kolom Lantai 3	Rp 78,452,961.00	Rp 78,561,286.00
23	Bekisting Kolom Lantai 3	Rp 81,900,660.00	Rp 82,402,951.00
24	Pembesian Kolom Lantai 3	Rp 105,048,300.00	Rp 105,347,338.00
25	Bekisting Balok Lantai 4	Rp 117,552,220.00	Rp 118,284,592.00
26	Beton Pelat Lantai Lantai 4	Rp 256,814,913.00	Rp 257,153,572.00
27	Bekisting Pelat Lantai Lantai 4	Rp 184,326,760.00	Rp 185,472,323.00
28	Pembesian Pelat Lantai Lantai 4	Rp 168,610,268.00	Rp 168,913,281.00
29	Beton Kolom Lantai 4	Rp 65,449,540.00	Rp 65,543,340.00
30	Bekisting Kolom Lantai 4	Rp 71,855,740.00	Rp 72,299,324.00
31	Pembesian Kolom Lantai 4	Rp 93,498,210.00	Rp 93,818,629.00
32	Bekisting Balok Lantai Atap	Rp 62,117,880.00	Rp 62,483,739.00
33	Bekisting Pelat Lantai Lantai Atap	Rp 18,390,120.00	Rp 18,692,726.00
34	Pembesian Talang Air Lantai Atap	Rp 9,233,370.00	Rp 9,263,711.00
35	Baja Rangka Baja Atap 1	Rp 308,989,240.00	Rp 310,385,699.00
36	Baja Rangka Baja Atap 2	Rp 166,354,552.00	Rp 167,081,808.00
37	Pengecatan Rangka Baja Atap 2	Rp 6,711,540.00	Rp 6,794,321.00
38	Baja Ringan	Rp 264,800,600.00	Rp 265,159,969.00

Analisis Cost Variance, Cost Slope, dan Duration Variance untuk Penambahan Jam Kerja/Lembur

Cost Variance :

Nama Pekerjaan : Bekisting Plat Lantai Lantai 1

(PBKPLL1)

Biaya Normal : Rp. 201.048.790,00

Biaya Percepatan :

1 Jam = Rp 202.306.378,00

2 Jam = Rp 203.551.393,00

3 Jam = Rp 204.820.768,00

Selisih biaya (*cost variance*)

= Biaya percepatan – Biaya normal

1 Jam = Rp 202.306.378,00 - Rp 201.048.790,00 = Rp 1.257.588,00

2 Jam = Rp 203.551.393,00 - Rp 201.048.790,00 = Rp 2.502.603,00

3 Jam = Rp 204.820.768,00 - Rp 201.048.790,00 = Rp 3.771.978,00

Hasil keseluruhan perhitungan *cost variance* dapat dilihat ditabel dibawah ini:

Tabel 6 Hasil perhitungan *Cost Variance* dengan jam waktu lembur 1 jam

NO	Nama Pekerjaan	COST VARIANCE (Rp)
1	Galian Tanah Pile Cap	64,125.00
2	Beton Pelat Lantai Lantai1	351,041.00
3	Bekisting Pelat Lantai 1	1,257,588.00
4	Wiremesh Pelat Lantai Lantai 1	342,619.00
5	Lantai Kerja Pelat Lantai Lantai 1	122,197.00
6	Pasir Urug Pelat Lantai Lantai 1	131,406.00
7	Pembesian Pile Cap Lantai 1	383,153.00
8	Lantai Kerja Pile Cap Lantai 1	(14,600.00)
9	Pasir Urug Pile Cap Lantai 1	17,563.00
10	Pembesian Kolom Lantai 1	728,406.00
11	Beton Canopy Lantai 1	34,848.00
12	Bekisting Canopy Lantai 1	29,741.00
13	Pembesian Canopy Lantai 1	159,525.00
14	Beton Balok Lantai 2	265,397.00
15	Bekisting Balok Lantai 2	684,581.00
16	Beton Pelat Lantai Lantai 2	330,944.00
17	Beton Kolom Lantai 2	120,406.00
18	Bekisting Kolom Lantai 2	560,353.00
19	Pembesian Kolom Lantai 2	379,759.00
20	Bekisting Balok Lantai 3	702,888.00
21	Bekisting Pelat Lantai 3	1,145,563.00
22	Beton Kolom Lantai 3	108,325.00
23	Bekisting Kolom Lantai 3	502,291.00
24	Pembesian Kolom Lantai 3	299,038.00
25	Bekisting Balok Lantai 4	732,372.00
26	Beton Pelat Lantai Lantai 4	338,659.00
27	Bekisting Pelat Lantai Lantai 4	1,145,563.00
28	Pembesian Pelat Lantai Lantai 4	303,013.00
29	Beton Kolom Lantai 4	93,800.00
30	Bekisting Kolom Lantai 4	443,584.00
31	Pembesian Kolom Lantai 4	320,419.00
32	Bekisting Balok Lantai Atap	365,859.00
33	Bekisting Pelat Lantai Lantai Atap	102,606.00
34	Pembesian Talang Air Lantai Atap	30,341.00
35	Baja Rangka Baja Atap 1	1,396,459.00
36	Baja Rangka Baja Atap 2	727,256.00
37	Pengecatan Rangka Baja Atap 2	82,781.00
38	Baja Ringan	359,369.00

Duration variance:

Duration variance adalah hasil pengurangan antara durasi normal dengan durasi percepatan yang diakibatkan oleh ditambahkan jam waktu lembur. Hasil analisis *duration variance* untuk seluruh kegiatan pekerjaan menggunakan *Microsoft Excel 2016* adalah sebagai berikut ini

Lembur 1 jam = 7 hari – 6,29 hari
= 0,71 hari

Lembur 2 jam = 7 hari – 5,77 hari
= 1,23 hari

Lembur 3 jam = 7 hari – 5,38 hari
= 1,62 hari

Cost slope:

Cost Slope adalah ratio antara biaya normal dikurang biaya percepatan dengan durasi normal dikurang durasi percepatan.

lembur 1 jam = *Cost variance/Duration variance*

$$= \text{Rp } 1.257.588,00 / 0,71 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp } 1.771.250,70/\text{hari}$$

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

No	Nama Pekerjaan	Cost Variance (Rp)	Durasi Variance (Hari)	Cost Slope (Rp./Hari)
1	Galian Tanah Pile Cap	64,125.00	1.42	45158.45
2	Beton Pelat Lantai Lantai 1	351,041.00	0.71	494423.94
3	Bekisting Pelat Lantai 1	1,257,588.00	0.71	1771250.70
4	Wiremesh Pelat Lantai Lantai 1	342,619.00	0.71	482561.97
5	Lantai Kerja Pelat Lantai Lantai 1	122,197.00	0.71	172108.45
6	Pasir Urug Pelat Lantai Lantai 1	131,406.00	0.71	185078.87
7	Pembesian Pile Cap Lantai 1	383,153.00	2.83	135389.75
8	Lantai Kerja Pile Cap Lantai 1	-14,600.00	2.83	-5159.01
9	Pasir Urug Pile Cap Lantai 1	17,563.00	2.83	6206.01
10	Pembesian Kolom Lantai 1	728,406.00	1.42	512961.97
11	Beton Canopy Lantai 1	34,848.00	0.71	49081.69
12	Bekisting Canopy Lantai 1	29,741.00	0.71	41888.73
13	Pembesian Canopy Lantai 1	159,525.00	1.42	112341.55
14	Beton Balok Lantai 2	265,397.00	0.71	373798.59
15	Bekisting Balok Lantai 2	684,581.00	1.42	482099.30
16	Beton Pelat Lantai Lantai 2	330,944.00	0.71	466118.31
17	Beton Kolom Lantai 2	120,406.00	0.71	169585.92
18	Bekisting Kolom Lantai 2	560,353.00	0.71	789229.58
19	Pembesian Kolom Lantai 2	379,759.00	1.42	267435.92
20	Bekisting Balok Lantai 3	702,888.00	1.42	494991.55
21	Bekisting Pelat Lantai 3	1,145,563.00	1.42	806734.51
22	Beton Kolom Lantai 3	108,325.00	0.71	152570.42
23	Bekisting Kolom Lantai 3	502,291.00	0.71	707452.11
24	Pembesian Kolom Lantai 3	299,038.00	1.42	210590.14
25	Bekisting Balok Lantai 4	732,372.00	1.42	515754.93
26	Beton Pelat Lantai Lantai 4	338,659.00	0.71	476984.51
27	Bekisting Pelat Lantai Lantai 4	1,145,563.00	1.42	806734.51
28	Pembesian Pelat Lantai Lantai 4	303,013.00	1.42	213389.44
29	Beton Kolom Lantai 4	93,800.00	0.71	132112.68
30	Bekisting Kolom Lantai 4	443,584.00	0.71	624766.20
31	Pembesian Kolom Lantai 4	320,419.00	1.42	225647.18
32	Bekisting Balok Lantai Atap	365,859.00	1.42	257647.18
33	Bekisting Pelat Lantai Lantai Atap	102,606.00	1.42	72257.75
34	Pembesian Talang Air Lantai Atap	30,341.00	0.71	42733.80
35	Baja Rangka Baja Atap 1	1,396,459.00	2.12	658707.08
36	Baja Rangka Baja Atap 2	727,256.00	2.12	343045.28
37	Pengecatan Rangka Baja Atap 2	82,781.00	2.12	39047.64
38	Baja Ringan	359,369.00	0.71	506153.52

Analisis Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung merupakan biaya tidak mungkin menjadi permanen pada sebuah proyek tetapi selalu ada selama proyek berjalan.

Penentuan biaya tidak langsung berdasarkan persamaan sebagai berikut
 $y = -0.95 - 4.888(\ln(x1 - 0.21) - \ln(x2))$
 dengan,

$x1$ = Nilai total proyek

$x2$ = Durasi proyek

y = Prosentase biaya tak langsung

Sehingga biaya tidak langsung dari proyek adalah sebagai berikut :

$x1 = \text{Rp. } 8.024.154.950$

$x2 = 189 \text{ hari}$

$\epsilon = \text{random error}$

$$y = -0.95 - 4.888(\ln(x1 - 0.21) - \ln(x2)) + \epsilon$$

$$y = -0.95 - 4.888(\ln(8.024.154.950 - 0.21) - \ln(189)) + \epsilon$$

$$y = 14,62\%$$

Biaya tidak langsung

$$= y \times x1$$

$$= 0,1462 \times \text{Rp } 8.024.154.950,00$$

$$= \text{Rp. } 1.173.311.211,05$$

Contoh perhitungan biaya tidak langsung pada setiap waktu percepatan didapatkan dengan cara dengan cara :

Nama Kegiatan = Bekisting Plat Lantai Lantai 1 (PBKPL1)

$$\text{Lembur 1 jam} = \left(\frac{\text{Rp. } 909.160.988,67 \times 144,33}{146,45} \right)$$

$$= \text{Rp. } 896.000.037,52$$

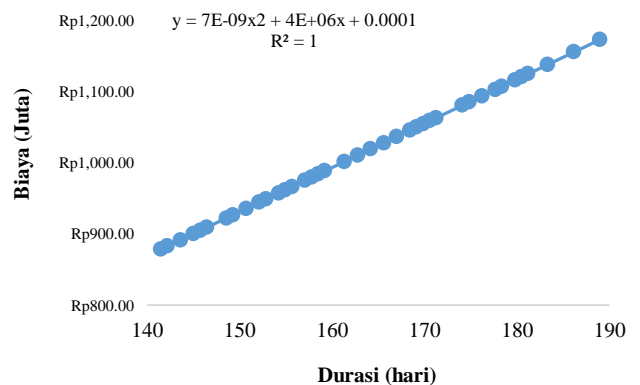
$$\text{Lembur 2 jam} = \left(\frac{\text{Rp. } 670.587.709,09 \times 106,79}{108,2} \right)$$

$$= \text{Rp. } 662.951.874,22$$

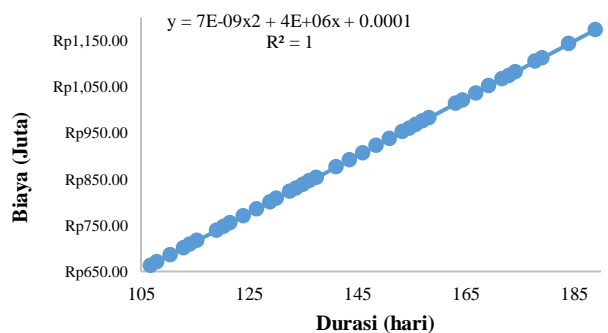
$$\text{Lembur 3 jam} = \left(\frac{\text{Rp. } 511.042.216,37 \times 80,7}{82,32} \right)$$

$$= \text{Rp. } 500.985.263,13$$

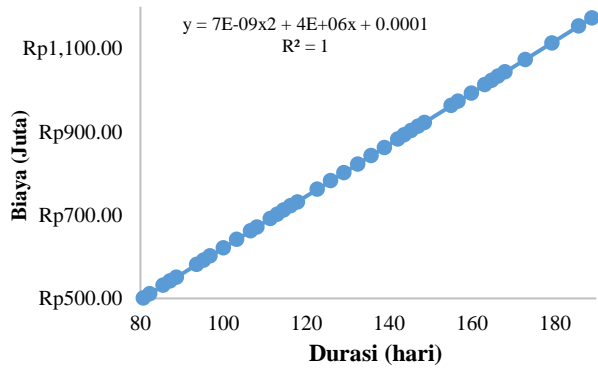
Berdasarkan hasil analisis biaya tidak langsung akibat penambah jam waktu lembur ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini.



Gambar 1 Grafik hubungan biaya tidak langsung dengan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 2 Grafik hubungan biaya tidak langsung dengan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 3 Grafik hubungan biaya tidak langsung dengan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Biaya Langsung

Analisis biaya langsung didapatkan dengan cara sebagai berikut :

Biaya langsung

= Biaya total proyek – Biaya tidak langsung

= Rp 8.024.154.950,00 – Rp 1.173.311.211,05

= Rp 6.850.843.738,95

Biaya langsung pada setiap waktu percepatan pelemburan didapatkan dengan cara sebagai berikut:

Nama Kegiatan : (PK1L1)

Lembur 1 jam

Biaya langsung proyek + *cost variance*

= Rp 6.859.447.302,26 + Rp593.201,89

= Rp 6.860.040.504,14

Lembur 2 jam

= Rp 6.864.777.637,89 + Rp 2.034.636,59

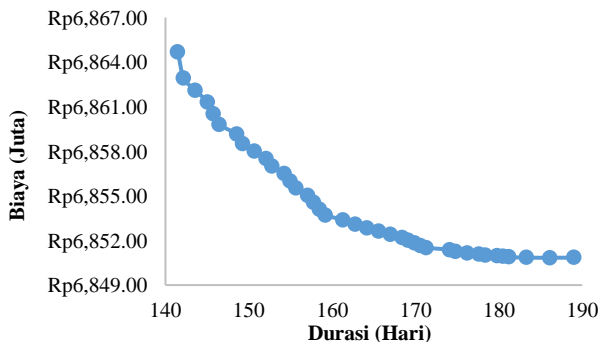
= Rp 6.866.812.274,48

Lembur 3 jam

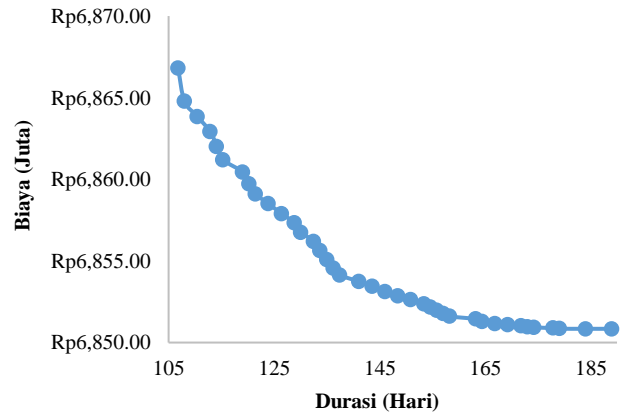
= Rp 6.865.857.808,23 + Rp2.328.381,48

= Rp 6.868.186.189,71

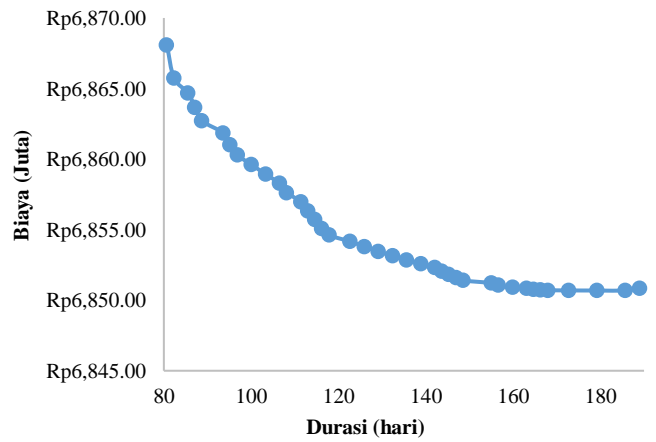
Berdasarkan hasil analisis biaya langsung akibat penambah jam waktu lembur ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini.



Gambar 4 Grafik hubungan biaya langsung dengan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 5 Grafik hubungan biaya langsung dengan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 6 Grafik hubungan biaya langsung dengan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Biaya Total

Penjumlahan antara biaya tidak langsung dengan biaya langsung akibat penambahan jumlah jam lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam adalah total biaya proyek. Biaya total dapat dianalisis dengan menggunakan persamaan berikut ini.

Total biaya = biaya tidak langsung + biaya langsung

Sehingga total biaya pada kegiatan proyek sebagai berikut.

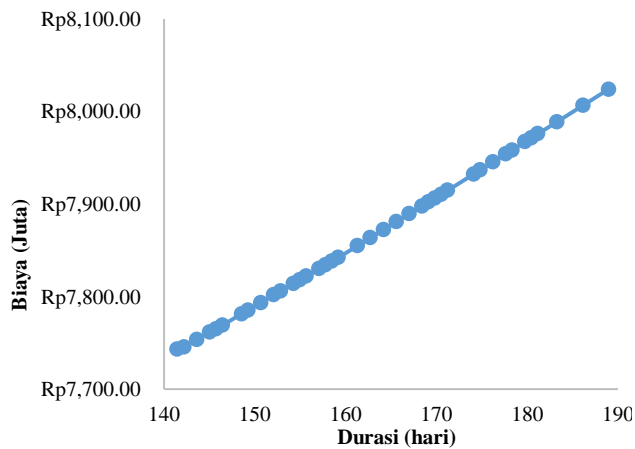
Kegiatan = Bekisting Plat Lantai Lantai 1 (kode: PBKPL1)

Lembur 1 jam = Rp 896.000.037,52 + Rp 6.859.447.302,26
= Rp 7.756.040.541,66

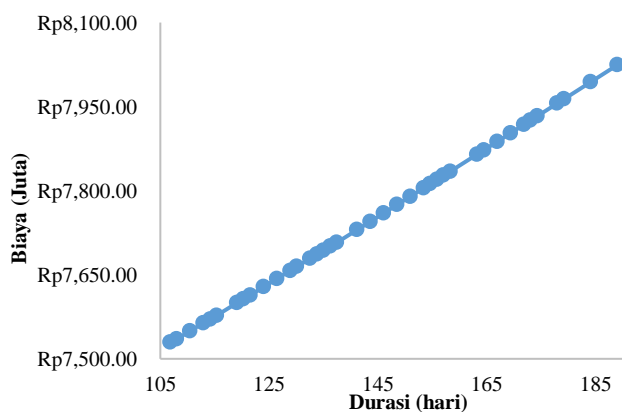
Lembur 2 jam = Rp 662.951.874,22 + Rp 6.859.447.302,26
= Rp 7.529.764.148,70

Lembur 3 jam = Rp 500.985.263,13 + Rp 6.868.186.189,71
= Rp 7.369.171.452,84

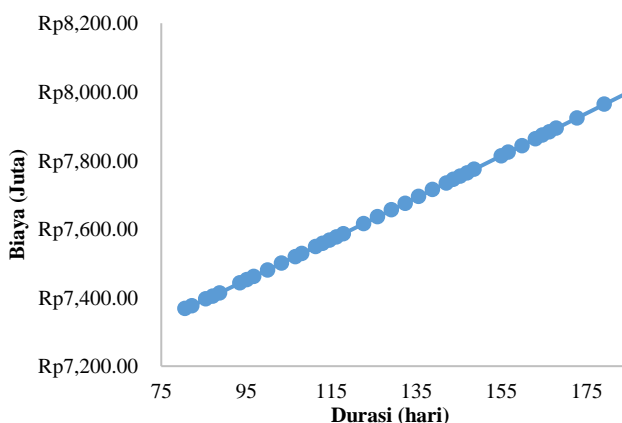
Berdasarkan hasil analisis total biaya akibat penambah jam waktu lembur ditunjukkan dalam bentuk grafik sebagai berikut ini.



Gambar 7 Grafik hubungan total biaya dengan durasi untuk waktu lembur 1 jam



Gambar 8 Grafik hubungan total biaya dengan durasi untuk waktu lembur 2 jam



Gambar 9 Grafik hubungan total biaya dengan durasi untuk waktu lembur 3 jam

Analisis Penambahan Tenaga Kerja

Penambahan tenaga kerja dilakukan dengan menganalisis kebutuhan setiap kegiatan pekerjaan di proyek menggunakan *Software Microsoft Excel 2016*. Proses analisis penambahan tenaga kerja tidak mengurangi atau menambah durasi kegiatan. Berikut contoh analisis penambahan tenaga kerja dan perubahan pada biaya akibat penambahan tenaga kerja.

1. Durasi Normal

Kegiatan: Bekisting Plat Lantai Lantai 1

Volume : 1923,56 m³

Durasi : 7 hari

Tabel 5. Kebutuhan tenaga kerja bekisting plat lantai lantai 1

Tenaga Kerja	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp)
Pekerja Tukang Kayu	OH	0.20	100.000,00
K.tukang Kayu	OH	0.25	120.000,00
Mandor	OH	0.15	135.000,00
	OH	0.05	150.000,00

Analisis jumlah tenaga dan upah tenaga kerja per hari.

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

$$\text{Upah tenaga kerja} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{harga}$$

a. Pekerja

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{(0,20 \times 1923,56)}{7} \\ &= 54,96 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 54,96 \times \text{Rp } 100.000,00 \\ &= \text{Rp } 5.495.885,71 \end{aligned}$$

b. Tukang besi

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{(0,25 \times 1923,56)}{7} \\ &= 68,7 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 68,7 \times \text{Rp } 120.000,00 \\ &= \text{Rp } 8.244.000,00 \end{aligned}$$

c. Kepala Tukang

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tenaga kerja} &= \frac{(0,15 \times 1923,56)}{7} \\ &= 41,22 \text{ orang/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah tenaga kerja} &= 41,22 \times \text{Rp } 135.000,00 \\ &= \text{Rp } 5.564.584,00 \end{aligned}$$

d. Mandor

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(0,05 \times 1923,56)}{7}$$

$$= 13,74 \text{ orang/hari}$$

Upah tenaga kerja = 13,74 × Rp 150.000,00
= Rp 2.060.957,00

Total biaya upah tenaga kerja pada pekerjaan Bekisting Plat Lantai Lantai 1 dengan durasi normal 7 (tujuh) hari adalah.

$$= \text{Rp } 6.116.248,01 + \text{Rp } 9.174.372,02 + \text{Rp } 6.192.701,11 + \text{Rp } 2.293.593,01$$

$$= \text{Rp } 23.776.914,15$$

2. Durasi Percepatan

Kegiatan : Bekisting Plat Lantai Lantai 1
Volume : 1923,56 m³
Durasi Normal : 7 hari
Durasi *Crashing* 1 jam : 6,29 hari

a. Pekerja

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(0,20 \times 1923,56)}{6,29}$$

$$= 61,16 \text{ orang/hari}$$

Upah tenaga kerja = 61,16 × Rp 100.000,00
= Rp 6.116.248,01

b. Tukang besi

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(0,25 \times 1923,56)}{6,29}$$

$$= 76,45 \text{ orang/hari}$$

Upah tenaga kerja = 76,45 × Rp 120.000,00
= Rp 9.174.372,02

c. Kepala Tukang

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(0,15 \times 1923,56)}{6,29}$$

$$= 45,87 \text{ orang/hari}$$

Upah tenaga kerja = 45,87 × Rp 135.000,00
= Rp 6.192.701,11

d. Mandor

$$\text{Jumlah tenaga kerja} = \frac{(0,05 \times 1923,56)}{6,29}$$

$$= 15,29 \text{ orang/hari}$$

Upah tenaga kerja = 15,29 × Rp 150.000,00
= Rp 2.293.593,01

Total biaya upah tenaga kerja pada pekerjaan Bekisting Plat Lantai Lantai 1 dengan durasi normal 7 (tujuh) hari adalah.

$$= \text{Rp } 6.116.248,01 + \text{Rp } 9.174.372,02 + \text{Rp } 6.192.701,11 + \text{Rp } 2.293.593,01$$

$$= \text{Rp } 23.776.914,15$$

Berikut hasil analisis biaya untuk penambahan tenaga kerja keseluruhan kegiatan proyek pada waktu lembur 1 jam pada tabel 6 berikut ini

Tabel 6 Biaya penambahan tenaga kerja waktu lembur 1 jam

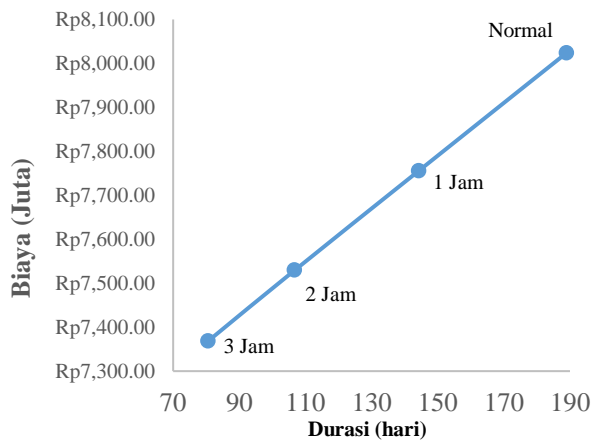
No	Kode	Durasi		Biaya	
		Normal	Lem. 1 Jam	Normal	Lembur 1 Jam
1	PGT	14	12.58	Rp1,029,000.00	Rp1,044,140.00
2	PBPL1	7	6.29	Rp264,654,625.00	Rp264,659,081.59
3	PBKPL1	7	6.29	Rp201,048,790.00	Rp201,066,487.80
4	PWPL1	7	6.29	Rp195,321,620.00	Rp195,331,181.20
5	PLKPL1	7	6.29	Rp84,601,008.00	Rp84,599,013.60
6	PPUPL1	7	6.29	Rp64,570,200.00	Rp64,575,040.00
7	PPPL1	28	25.17	Rp122,957,680.00	Rp123,027,296.25
8	PLKP1	28	25.17	Rp5,691,574.00	Rp5,773,757.95
9	PPUPL1	28	25.17	Rp4,325,000.00	Rp4,374,725.58
10	PPKL1	14	12.58	Rp227,910,080.00	Rp227,935,826.00
11	PBCL1	7	6.29	Rp8,676,725.00	Rp8,718,947.05
12	PBKCL1	7	6.29	Rp5,536,640.00	Rp5,559,014.00
13	PPCL1	14	12.58	Rp48,473,880.00	Rp48,534,601.00
14	PBBL2	7	6.29	Rp194,302,656.00	Rp194,328,073.72
15	PBKBL2	14	12.58	Rp111,372,420.00	Rp111,379,311.56
16	PBPL2	7	6.29	Rp249,908,843.00	Rp249,922,216.90
17	PBKL2	7	6.29	Rp89,333,246.00	Rp89,356,857.16
18	PBKKL2	7	6.29	Rp88,730,390.00	Rp88,759,994.08
19	PPKL2	14	12.58	Rp117,396,080.00	Rp117,438,670.85
20	PBKBL3	14	12.58	Rp112,872,860.00	Rp112,886,783.72
21	PBKPL3	14	12.58	Rp184,326,760.00	Rp184,345,456.97
22	PBKL3	7	6.29	Rp78,452,961.00	Rp78,476,001.51
23	PBKKL3	7	6.29	Rp81,900,660.00	Rp81,911,103.00
24	PPKL3	14	12.58	Rp105,048,300.00	Rp105,091,143.95
25	PBKBL4	14	12.58	Rp117,552,220.00	Rp117,570,545.48
26	PBPL4	7	6.29	Rp256,814,913.00	Rp256,825,816.90
27	PBKPL4	14	12.58	Rp184,326,760.00	Rp184,345,456.97
28	PPPL4	14	12.58	Rp168,610,268.00	Rp168,641,405.80
29	PBKL4	7	6.29	Rp65,449,540.00	Rp65,472,348.04
30	PBKKL4	7	6.29	Rp71,855,740.00	Rp71,864,064.50
31	PPKL4	14	12.58	Rp93,498,210.00	Rp93,544,343.00
32	PBKBLA	14	12.58	Rp62,117,880.00	Rp62,129,030.48
33	PBKPLA	14	12.58	Rp18,590,120.00	Rp18,613,098.74
34	PPTALA	7	6.29	Rp9,233,370.00	Rp9,249,658.00
35	PBRA1	21	18.88	Rp308,989,240.00	Rp309,068,118.40
36	PBRA2	21	18.88	Rp166,354,552.00	Rp166,401,826.56
37	PPRBA2	21	18.88	Rp6,711,540.00	Rp6,757,720.00
38	PBR	7	6.29	Rp264,800,600.00	Rp263,972,348.63

Analisis perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja

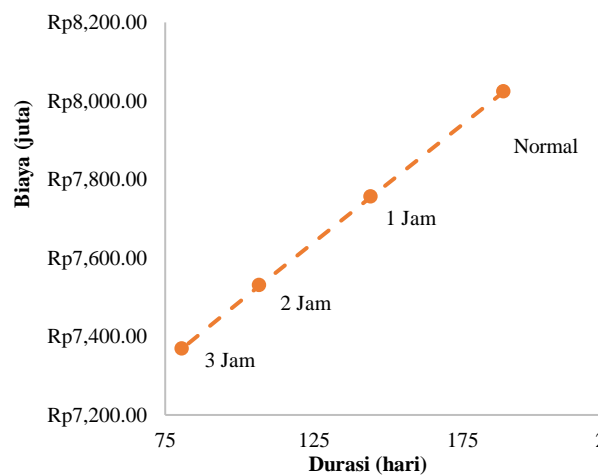
Berdasarkan hasil analisis dengan metode *Time Cost Trade Off* antara penambahan jam kerja waktu lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam atau penambahan tenaga kerja didapatkan perbedaan hasil. Berikut hasil analisis dari perbandingan biaya penambahan jam lembur dan penambahan tenaga kerja.

Tabel 4.64 Perbandingan antara biaya penambahan kerja dan tenaga kerja

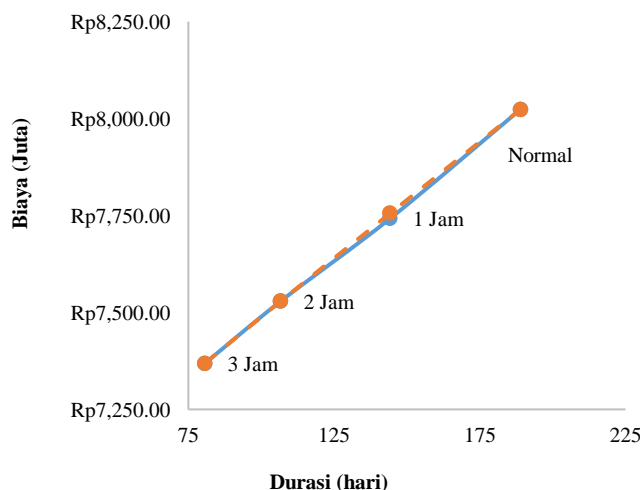
Penambahan tenaga kerja	Durasi Lembur (hari)	Biaya	
		penambahan Jam lembur (Rp)	penambahan tenaga kerja (Rp)
Normal	189	8,024,154,950	8,024,154,950
1 jam	144.33	7,743,051,949	7,756,212,900.
2 jam	106.79	7,529,764,148	7,529,764,148.
3 jam	80.7	7,369,062,047	7,369,171,45



Gambar 10. Hubungan biaya dengan durasi akibat penambahan jam lembur



Gambar 11. Hubungan biaya dengan durasi akibat penambahan tenaga kerja



Gambar 4.21 Hubungan biaya dengan durasi akibat penambahan tenaga kerja dan penambahan waktu lembur

Berikut tabel hasil analisis perbandingan penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja akibat penambahan jam lembur 1 jam, 2 jam, dan 3 jam.

Tabel 7. Perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja untuk waktu lembur 1 jam

Kode	Durasi Percepatan (Hari)	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
PLKP1	6.29	Rp8,006,581,162.80	Rp8,006,581,162.80
PPUPC1	6.29	Rp7,989,018,740.62	Rp8,002,179,691.77
PPRBA2	12.58	Rp7,975,896,837.11	Rp7,997,811,062.38
PBKCL1	6.29	Rp7,971,531,048.81	Rp7,993,445,274.08
PPTALA	6.29	Rp7,967,166,105.58	Rp7,984,672,653.81
PGT	12.58	Rp7,958,395,909.96	Rp7,971,556,861.11
PBCL1	12.58	Rp7,954,037,314.61	Rp7,967,198,265.76
PBKPLA	12.58	Rp7,945,294,218.28	Rp7,958,455,169.43
PPCL1	6.29	Rp7,936,591,205.76	Rp7,954,159,833.95
PBKLA	12.58	Rp7,932,315,641.40	Rp7,949,884,269.59
PPPL1	12.58	Rp7,914,882,402.97	Rp7,945,611,982.30
PBKLA3	12.58	Rp7,910,627,296.35	Rp7,941,356,875.69
PBKLA2	6.29	Rp7,906,389,205.23	Rp7,937,118,784.57
PLKPL1	6.29	Rp7,902,153,636.65	Rp7,928,475,538.95
PPUPL1	6.29	Rp7,897,931,038.48	Rp7,924,252,940.78
PPKLA3	12.58	Rp7,889,326,274.55	Rp7,915,648,176.85
PPPL4	25.17	Rp7,880,724,309.92	Rp7,907,046,212.22
PPKLA4	12.58	Rp7,872,134,603.03	Rp7,898,456,505.33
PBKBLA	6.29	Rp7,863,576,896.14	Rp7,894,306,475.47
PPKLA2	18.88	Rp7,855,028,977.98	Rp7,890,166,234.35
PBRA2	12.58	Rp7,842,211,072.11	Rp7,886,101,602.60
PBBL2	18.88	Rp7,838,177,193.67	Rp7,882,067,724.16
PBPL2	6.29	Rp7,834,235,634.94	Rp7,878,126,165.43
PBPL4	25.17	Rp7,830,304,942.41	Rp7,869,787,795.86
PBKBL2	6.29	Rp7,821,971,687.64	Rp7,861,454,541.09
PWPL1	25.17	Rp7,818,046,572.57	Rp7,844,368,474.87
PBPL1	12.58	Rp7,814,133,319.48	Rp7,840,455,221.78
PBKBL3	12.58	Rp7,805,812,956.96	Rp7,836,542,536.29
PBR	6.29	Rp7,801,911,433.44	Rp7,832,641,012.78
PPKLA1	6.29	Rp7,793,609,041.34	Rp7,824,338,620.68
PBKBL4	6.29	Rp7,785,309,442.20	Rp7,816,039,021.53
PBKKL4	12.58	Rp7,781,526,531.36	Rp7,803,502,836.58
PBRA1	6.29	Rp7,769,024,287.28	Rp7,795,346,189.58
PBKKL3	6.29	Rp7,765,324,062.36	Rp7,787,238,287.62
PBKKL2	18.88	Rp7,761,705,614.90	Rp7,779,212,163.13
PBKPL3	6.29	Rp7,753,696,995.34	Rp7,771,203,543.56
PBKPL4	12.58	Rp7,745,688,375.77	Rp7,767,602,601.03
PBKPL1	6.29	Rp7,743,051,949.44	Rp7,756,212,900.59

Tabel 8. Perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja untuk waktu lembur 2 jam

Kode	Durasi Percepatan (Hari)	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
PLKP1	23.09	Rp7.993,672,592.74	Rp7.993,672,592.74
PPUPC1	23.09	Rp7,963,196,711.24	Rp7,963,196,711.24
PBCL1	5.77	Rp7,955,598,603.20	Rp7,955,598,603.20
PPRBA2	17.32	Rp7,932,794,907.64	Rp7,932,794,907.64
PPTALA	5.77	Rp7,925,207,469.52	Rp7,925,207,469.52
PBKCL1	5.77	Rp7,917,623,718.39	Rp7,917,623,718.39
PGT	11.55	Rp7,902,468,159.23	Rp7,902,468,159.23
PBKPLA	11.55	Rp7,887,347,439.26	Rp7,887,347,439.26
PPCL1	11.55	Rp7,872,265,531.93	Rp7,872,265,531.93
PBKLA	5.77	Rp7,864,776,036.09	Rp7,864,776,036.09
PPPL1	23.09	Rp7,834,451,970.48	Rp7,834,451,970.48
PBKLA3	5.77	Rp7,826,988,376.26	Rp7,826,988,376.26
PBKLA2	5.77	Rp7,819,546,179.61	Rp7,819,546,179.61
PLKPL1	5.77	Rp7,812,105,082.95	Rp7,812,105,082.95
PPUPL1	5.77	Rp7,804,684,568.41	Rp7,804,684,568.41
PPPL4	11.55	Rp7,789,718,937.82	Rp7,789,718,937.82
PPKL3	11.55	Rp7,774,758,100.70	Rp7,774,758,100.70
PPKL4	11.55	Rp7,759,799,977.87	Rp7,759,799,977.87
PPKL2	11.55	Rp7,744,896,364.02	Rp7,744,896,364.02
PBKBLA	11.55	Rp7,729,992,989.75	Rp7,729,992,989.75
PBRA2	17.32	Rp7,707,544,170.01	Rp7,707,544,170.01
PBBL2	5.77	Rp7,700,332,527.82	Rp7,700,332,527.82
PBPL2	5.77	Rp7,693,233,511.66	Rp7,693,233,511.66
PBPL4	5.77	Rp7,686,148,235.33	Rp7,686,148,235.33
PWPL1	5.77	Rp7,679,068,518.35	Rp7,679,068,518.35
PBKBL2	11.55	Rp7,664,419,878.78	Rp7,664,419,878.78
PBPL1	5.77	Rp7,657,353,304.89	Rp7,657,353,304.89
PBKBL3	11.55	Rp7,642,716,546.95	Rp7,642,716,546.95
PPKL1	11.55	Rp7,628,098,393.51	Rp7,628,098,393.51
PBKBL4	11.55	Rp7,613,484,826.59	Rp7,613,484,826.59
PBR	5.77	Rp7,606,476,720.18	Rp7,606,476,720.18
PBKKL4	5.77	Rp7,599,563,060.11	Rp7,599,563,060.11
PBRA1	17.32	Rp7,577,466,610.47	Rp7,577,466,610.47
PBKKL3	5.77	Rp7,570,651,215.45	Rp7,570,651,215.45
PBKKL2	5.77	Rp7,563,917,623.67	Rp7,563,917,623.67
PBKPL3	11.55	Rp7,549,641,485.33	Rp7,549,641,485.33
PBKPL4	11.55	Rp7,535,365,346.98	Rp7,535,365,346.98
PBKPL1	5.77	Rp7,529,764,148.70	Rp7,529,764,148.70

Tabel 9. Perbandingan antara penambahan jam lembur dengan penambahan tenaga kerja untuk waktu lembur 3 jam

Kode	Durasi Percepatan (Hari)	Biaya Penambahan Jam Kerja (Rp)	Biaya Penambahan Tenaga Kerja (Rp)
PBKPLA	10.77	Rp8.003.944.657.48	Rp8.004.054.062.80
PLKP1	21.54	Rp7,963,841,654.60	Rp7,963,951,059.92
PPUPC1	21.54	Rp7,923,743,506.68	Rp7,923,852,912.00
PPRBA2	16.15	Rp7,893,649,688.37	Rp7,893,759,093.69
PBCL1	5.38	Rp7,883,611,996.24	Rp7,883,721,401.56
PPTALA	5.38	Rp7,873,609,998.56	Rp7,873,719,403.88
PBKCL1	5.38	Rp7,863,614,084.83	Rp7,863,723,490.15
PGT	10.77	Rp7,843,624,767.91	Rp7,843,734,173.23
PPCL1	10.77	Rp7,823,718,148.51	Rp7,823,827,553.83
PBKLA	5.38	Rp7,813,826,742.81	Rp7,813,936,148.12
PPPL1	21.54	Rp7,773,903,920.89	Rp7,774,013,326.21
PBKLA3	5.38	Rp7,764,042,875.06	Rp7,764,152,280.37
PBKLA2	5.38	Rp7,754,206,986.63	Rp7,754,316,391.95
PLKPL1	5.38	Rp7,744,387,340.19	Rp7,744,496,745.50
PPUPL1	5.38	Rp7,734,578,053.00	Rp7,734,687,458.32
PPPL4	10.77	Rp7,714,804,341.96	Rp7,714,913,747.28

Tabel 9. Lanjutan

PPKL4	10.77	Rp7.695.036.615.75	Rp7.695.146.021.07
PPKL3	10.77	Rp7,675,272,337.53	Rp7,675,381,742.85
PBKPL3	10.77	Rp7,655,523,549.10	Rp7,655,632,954.42
PPKL2	10.77	Rp7,635,821,368.40	Rp7,635,930,773.72
PBKBLA	10.77	Rp7,616,123,267.58	Rp7,616,232,672.90
PBRA2	16.15	Rp7,586,469,233.39	Rp7,586,578,638.71
PBBL2	5.38	Rp7,576,895,598.06	Rp7,577,005,003.38
PBPL2	5.38	Rp7,567,453,700.37	Rp7,567,563,105.69
PBPL4	5.38	Rp7,558,027,792.82	Rp7,558,137,198.14
PWPL1	5.38	Rp7,548,607,919.21	Rp7,548,717,324.53
PBKBL2	10.77	Rp7,529,199,223.65	Rp7,529,308,628.97
PBPL1	5.38	Rp7,519,794,118.56	Rp7,519,903,523.88
PBKBL3	10.77	Rp7,500,396,943.75	Rp7,500,506,349.07
PPKL1	10.77	Rp7,481,021,162.12	Rp7,481,130,567.44
PBKBL4	10.77	Rp7,461,651,297.83	Rp7,461,760,703.15
PBR	5.38	Rp7,452,330,797.07	Rp7,452,440,202.38
PBKKL4	5.38	Rp7,443,101,957.41	Rp7,443,211,362.73
PBRA1	16.15	Rp7,413,847,325.90	Rp7,413,956,731.22
PBKKL3	5.38	Rp7,404,800,100.45	Rp7,404,909,505.77
PBKKL2	5.38	Rp7,395,774,104.00	Rp7,395,883,509.32
PBKPL4	10.77	Rp7,376,790,619.28	Rp7,376,900,024.60
PBKPL1	5.38	Rp7,369,062,047.52	Rp7,369,171,452.84

Denda Keterlambatan

Jika suatu proyek mengalami keterlambatan maka akan dikenakan denda, berikut ini total biaya proyek apabila mengalami keterlambatan
 Total denda = total hari keterlambatan × denda perhari

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

Sehingga biaya denda keterlambatan dapat dianalisis sebagai berikut.

Kegiatan : Bekisting Plat Lantai

Lantai 1

Total keterlambatan = 1,42 hari

Biaya total proyek = Rp 8.024.154.950,00

Total denda = $1,42 \times \frac{1}{1000} \times$
 Rp 8.024.154.950,00
 = Rp 5.697.150,01

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan data yang telah dilakukan pada proyek *Global Sevilla School* Jakarta dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Kondisi normal proyek memiliki durasi selama 189 hari dengan total biaya Rp 8.024.154.950,00. Pada penambahan jam lembur selama 1 jam dengan durasi waktu 144,3 hari dengan total biaya sebesar Rp 7.743.051.949,44, lalu pada penambahan lembur selama 2 jam didapatkan durasi waktu selama 106,79 hari dengan biaya total sebesar Rp 7.529.764.148,70, dan pada penambahan jam lembur selama 3 jam, waktu durasi menjadi 80,7 hari dan biaya total menjadi Rp 7.369.062.047,52.

2. Kondisi normal proyek memiliki durasi selama 189 hari dengan total biaya Rp 8.024.154.950,00. Pada penambahan tenaga kerja yang setara dengan lembur selama 1 jam dengan durasi waktu 144,3 hari dengan total biaya sebesar Rp 7.756.212.900,59, lalu pada penambahan tenaga kerja yang setara dengan waktu lembur selama 2 jam didapatkan durasi waktu selama 106,79 hari dengan biaya total sebesar Rp 7,529.764.148,70, dan pada penambahan tenaga kerja yang setara jam lembur selama 3 jam, waktu durasi menjadi 80,7 hari dan biaya total menjadi Rp 7.369.171,452,84.
3. Hasil dari kesimpulan di atas, penambahan tenaga kerja selama 3 jam sangat efektif karena memiliki durasi pekerjaan menjadi 80,7 hari dan biaya Rp Rp7.351.604.436,54. Pada penambahan tenaga kerja didapatkan selisih biaya sebesar Rp 672.550.513,46, sedangkan pada penambahan jam lembur kerja selisih biaya menjadi Rp 655.092.903,00. Perbandingan dari kedua metode bahwa penambahan jam kerja lembur lebih efektif dari penambahan tenaga kerja karena dengan durasi pekerjaan yang sama (80,7 hari) biaya penambahan tenaga kerja lebih murah dari penambahan jam lembur kerja dengan selisih biaya Rp 17.567.016,31.

6. Daftar Pustaka

- Andhita, A., dan Dani, H., 2017, Analisis Pemampatan Waktu Terhadap Biaya pada Pembangunan My Tower Hotel & Apartement Project dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO), *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil*, Vol. 3, pp. 47-55.
- Biswas, S. K., Karmaker, C. L., & Biswas, T. K. (2016). Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Project Problem: Case Study. *International Journal of Computational Engineering Research*, 6(10), 32-38.
- Djarmiko, A Yulistyorini, R M Sugandi, E Setyawan. (2019) The application of fuzzy logic for profit optimization to contractor project cash flow. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 669, 012060.
- 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.
- Kajatmo, S., 1997, Uraian Lengkap Metode Network Planning Jilid I,II,III, *Badan Penerbit Pekerjaan Umum*, Jakarta.
- 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
- Naseri, H., & Ghasbeh, M. A. E. (2018). Time-Cost Trade off to Compensate Delay of Project Using Genetic Algorithm and Linear Programming. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 9(6).
- 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
- Paridi, M., dan Priyo, M. 2018. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi Pembangunan Gedung Olahraga (GOR). *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol.21 (1): hal. 72-84.
- Priyo,M., dan Aulia, M. R. 2015. “Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia”. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol. 18 (1): hal. 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.
- Santoso, S. R. 2019. Studi Optimasi Biaya dan Waktu menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil,

- Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
Yogyakarta.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*, jilid satu. Jakarta: Erlangga.
- Soemardi, B. W., dan Kusumawardani, R. G. 2010. Studi Praktek Estimasi Biaya Tidak Langsung pada Proyek Konstruksi. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4 (KoNTekS 4) Sanur-Bali. 2-3 Juni 2010, 295-300.
- Sudiro, S., dan Priyo, M. 2017. Studi Optimasi Waktu dan Biaya dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi : Studi Kasus Proyek Jalan Bugel-Galur-Poncosari Cs. Tahap I, Provinsi D.I. Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*. Vol.20 (2): hal. 172-186.
- Wohon, F.Y., Mandagi, R.J.M., Pratas, 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.
- Wowor, F., N., Sompie, B., F., Walangitan, D., R., O., dan Malingkas, G., Y. 2013. Aplikasi Microsoft Project dalam Pengendalian Waktu Pelaksanaan Pekerjaan Proyek. *Jurnal Sipil Statik*, 1 (8), 543-548.