

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA DENGAN *METODE TIME COST TRADE OFF* PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUANG KELAS BARU MTSN 6 MALTENG**Julfirawati Launuru¹⁾, Lenora Leuhery²⁾, Meyke Marantika³⁾**

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ambon
launuruira@gmail.com¹⁾, lenoraleuhery@gmail.com²⁾, meykemarantika@gmail.com³⁾

ABSTRACT

The construction of the new classroom construction project at MTSN 6 Malteng was intended to be the object of this study because it was based on the background that occurred in the project, namely delays. Based on secondary data obtained from the project, the Budget Plan (RAB) and Time Schedule are used as project's duration and normal costs of the project. Then the time cost trade-off method is applied which aims to be able to reduce the duration and find out the total cost needed so that the project can reach the planned time target so as not to experience delays. After accelerating with the addition of 3 hours, it could save time by 8,33% where the project cost is reduced by around 0,21%. Meanwhile, the addition of 2 hours could save time by 6,67% where the project cost is also reduced by around 0,17%. While the optimal duration and optimal costs were known in the alternative addition of 3 hours of overtime obtained 110 working days for IDR 2,992,374,365.55. Meanwhile, in addition to 2 hours of overtime, 112 working days were obtained for IDR 2,993,479,584.03.

ABSTRAK

Pembangunan Gedung Ruang Kelas Baru MTSN 6 Malteng, diambil untuk menjadi objek pada penelitian ini karena berdasarkan masalah yang terjadi pada proyek yaitu keterlambatan. Berdasarkan data sekunder yang didapat dari proyek yaitu Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan *Time Schedule* dipakai sebagai durasi dan biaya normal proyek. Kemudian keunggulan diterapkan metode *time cost trade off* yang bertujuan untuk dapat mereduksi durasi dan mengetahui total biaya yang dibutuhkan agar proyek dapat mencapai target waktu rencana agar tidak mengalami keterlambatan. Setelah dilakukan percepatan dengan penambahan 3 jam dapat menghemat waktu sebesar 8,33% dimana biaya proyek tereduksi sekitar 0,21%. Sedangkan dengan penambahan 2 jam dapat menghemat waktu sebesar 6,67% dimana biaya proyek ikut tereduksi sekitar 0,17%. Sedangkan durasi optimal dan biaya optimal diketahui pada alternative penambahan 3 jam lembur didapat 110 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 2,992,374,365.55. Sedangkan pada penambahan 2 jam lembur didapat 112 hari kerja dengan biaya sebesar Rp. 2,993,479,584.03.

Kata Kunci: Keterlambatan, *Time Cost Trade Off*, Percepatan Waktu.

1. PENDAHULUAN

Tolak ukur berhasilnya suatu proyek dilihat dari segi waktu penyelesaian yang singkat dan biaya yang minimal tanpa mengubah kualitas hasil pekerjaan. Pengolahan proyek secara sistematis diperlukan untuk memastikan waktu pekerjaan proyek sesuai dengan kontrak atau lebih cepat sehingga biaya yang dikeluarkan dapat memberikan keuntungan dan juga dapat terhindar dari adanya denda akibat keterlambatan penyelesaian proyek. Pada perencanaan proyek konstruksi, waktu dan biaya yang dioptimalkan sangat penting untuk diketahui dari waktu dan biaya yang optimal agar pelaksana proyek bisa mendapatkan keuntungan yang lebih maksimal. agar keterlambatan proyek tidak terjadi lagi maka perlu diterapkan metode untuk memadamkan jadwal proyek secara keseluruhan atau mempercepat jadwal agar waktu dapat dioptimalkan. Maka dari itu salah satunya menggunakan metode *Time Cost Trade Off (TCTO)*. Metode *TCTO* adalah metode percepatan untuk mempercepat waktu pelaksanaan proyek dan menganalisis pengaruh waktu yang dipercepat dengan

penambahan biaya agar dapat diketahui waktu maksimum suatu proyek yang dipercepat dengan biaya yang paling minimum. Pada proyek pembangunan MTSN 6 Malteng ini dikerjakan oleh CV. Bakal Jaya Abadi dengan durasi pekerjaan selama 120 hari kalender dengan anggaran sebesar RP.2,998.745.000.- pada bulan Juni hingga Oktober 2022. Tetapi, proyek ini mengalami keterlambatan dengan persen kumulatif realisasi yang dikerjakan pada kontrak awal sebesar 71,18% pekerjaan yang dilakukan, dan masih kurang 28,82% pekerjaan yang harus dikerjakan. Proyek ini mengalami keterlambatan, karena pelaksanaannya tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan yang disebabkan oleh faktor cuaca (hujan) dan keterlambatan mobilisasi material sehingga menghambat proses pelaksanaan pada pekerjaan. Untuk mengembalikan tingkat kemajuan proyek, diperlukan analisis untuk durasi optimal proyek dan logika ketergantungan antara kegiatan tersebut untuk mendapat durasi pelaksanaan yang optimal.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proyek dan Management Proyek

Proyek adalah suatu rangkaian yang bersifat sementara yang sudah ditetapkan awal pekerjaannya dan waktu selesainya. Menurut Nurhayati(2010), sebuah proyek merupakan suatu usaha/ aktivitas yang kompleks, tidak rutin dan tidak dibatasi oleh waktu, anggaran, *resources* dan spesifikasi performansi yang diracang untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (knowledges), keterampilan (skills), dan teknik (technique). Dalam kebutuhan-kebutuhan proyek manajemen proyek dilaksanakan melalui aplikasi dan integrasi tahapan proses management proyek yaitu *intiating, planning, executing, dan controlling* serta akhirnya *closing* keseluruhan proyek tersebut. Manajemen proyek merupakan suatu Teknik yang digunakan untuk merencanakan, mengerjakan dan mengendalikan aktivitas proyek untuk memenuhi kendala waktu dan biaya proyek (Muslich 2009).

2.2 Metode Percepatan *Time Cost Trade Off* (TCTO)

Metode TCTO merupakan salah satu metode analisa untuk mempercepat waktu dan biaya pada suatu proyek percepatan penjadwalan ini untuk mencari waktu dan biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai target rencana efisien dan terbaik. (Eko Arif Budianto), untuk mempercepat atau mengkompres durasi proyek biasa disebut metode pertukaran waktu dan biaya. Perhitungan dalam proses percepatan ini hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis dengan maksud agar dicapai pengurangan waktu proyek sebesar-besarnya dengan pengeluaran biaya yang sekecil-kecilnya.

2.3 Analisa *Time Cost Trade-Off*

Perencanaan awal suatu proyek sangat tergantung pada jumlah sumber daya, biaya dan waktu. Biaya merupakan aspek penting dari manajemen, dan dalam hal ini, kemungkinan biaya harus dijaga seminimal mungkin. Pengendalian biaya harus memperhatikan faktor waktu, karena waktu penyelesaian proyek berkaitan erat dengan biaya proyek. Seringkali proyek harus diselesaikan lebih cepat dari biasanya. Dalam hal ini pimpinan proyek dihadapkan pada masalah bagaimana mempercepat penyelesaian proyek dengan biaya yang seminimal mungkin. Untuk itu perlu dilakukan *studi time and cost exchange analysis* (TCTO).

3. METODOLOGI

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Pembangunan Gedung Ruang Kelas Baru MTSN 6 Malteng

3.2 Jenis Data

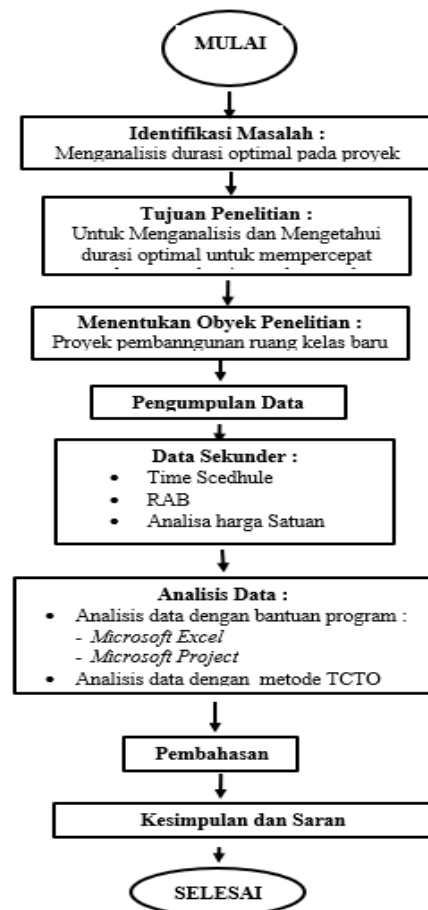
Data yang digunakan adalah data sekunder yaitu adalah data yang diperoleh dari sumber lain, dalam penelitian ini data diperoleh dari CV.BAKAL JAYA ABADI berupa, rencana anggaran biaya (RAB), *time schedule*.

3.2 Sumber data

Sumber data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah:

1. Rancangan Anggaran Biaya
Adalah salah satu data yang paling dibutuhkan sebagai variabel biaya dan digunakan sebagai acuan atau patokan biaya normal setiap item pekerjaan.
2. Time Schedule
Time schedule, dipakai sebagai acuan durasi normal proyek dan juga dipakai untuk mengetahui waktu penyelesaian proyek dan durasi dari setiap item pekerjaan.

2.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Penulis, 2023

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Menyusun Jaringan Kerja Pada Ms Project

Pada penelitian ini, data yang dibutuhkan adalah *time schedule* proyek. Susunan pekerjaan pada *time schedule* dimasukkan sebagai dasar input data pada program *Microsoft project*. Langkah-langkah dalam menyusun jaringan kerja pada program *Microsoft Project* adalah sebagai berikut:

1. Menyusun aktivitas-aktivitas pekerjaan sesuai dengan urutan yang logis
2. Menentukan durasi masing-masing aktivitas
3. Menyusun *predecessor* (ketergantungan antar aktivitas/kegiatan yang mengikuti) pada masing-masing aktivitas. Dengan disusunnya *predecessor* maka secara otomatis program akan membentuk diagram *gant chart*.

Tabel 1. Aktivitas Pekerjaan Yang Termasuk Lintasan Kritis setelah penyusunan jaringan kerja pada Ms Project

No	KEGIATAN	SATUAN	[VOLUME]	NORMAL
1	Pembesian Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm	kg	1.782,89	27 days
2	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	m ²	69,37	29 days
3	Urug Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	m ³	13,07	6 days
4	Pembesian Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT)	kg	2.579,32	15 days
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR,	kg	5,13	5 days
6	Pembesian Kolom K2 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	kg	1.960,23	7 days
7	Bekisting Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	m ²	150,48	8 days
8	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	m ³	0,92	4 days
9	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	m ³	0,20	4 days
10	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai t = 12 cm (Pekerjaan	m ³	1,12	1 days

Sumber: Penulis, 2023

Dari tabel diatas dapat diketahui menentukan durasi normal setiap item pekerjaan dan menyusun jaringan kerja pada Ms.Project dapat diketahui pekerjaan apa saja yang termasuk dalam lintasan kritis pada Pembangunan ruang kelas baru MTSN 6 Malteng. Dimana aktivitas yang berada pada lintasan kritis tidak boleh mengalami keterlambatan karena dapat mempengaruhi waktu penyelesaian proyek. Sehingga, pada lintasan kritis tersebut dilakukan percepatan agar memastikan penyelesaian proyek dapat selesai tepat waktu atau lebih awal.

4.2 Analisa Produktivitas Tenaga Kerja

4.2.1 Menentukan Produktivitas Tenaga Kerja Per Hari

Produktivitas tenaga kerja digunakan untuk mencari jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan pada pekerjaan yang berada pada lintasan kritis, untuk mengetahui nilai produktivitas tenaga kerja dibutuhkan nilai koefisien tenaga kerja tersebut. Sehingga untuk mencari nilai produktivitas digunakan rumus:

$$Produktivitas\ Tenaga\ Kerja = \frac{1}{Koefisien\ Tenaga\ Kerja}$$

a. Perhitungan produktivitas pada Pekerjaan Pembesian Kolom Lantai 1

Koefisien tenaga kerja (didapat dari lampiran Analisa Harga Satuan)

- Pekerja = 0.0700
- Mandor = 0.0700
- Kepala Tukang = 0.0070
- Mandor = 0.0040

(Nilai koefisien didapat dari AHS proyek)

- Pekerja = $\frac{1}{0.0700} = 14,29\text{kg}^3/\text{hari}$
- Tukang Besi = $\frac{1}{0.0700} = 14,29\text{kg}^3/\text{hari}$
- Kepala Tukang = $\frac{1}{0.0070} = 142,86\text{kg}^3/\text{hari}$
- Mandor = $\frac{1}{0.0040} = 250\text{kg}^3/\text{hari}$

4.2.2 Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Per Hari

Setelah mendapatkan nilai produktivitas tenaga kerja, selanjutnya akan dicari jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan per hari. Dimana untuk mencari jumlah tenaga kerja digunakan rumus.

$$Jumlah\ Tenaga\ Kerja = \frac{Volume}{Produktivitas\ Tenaga\ Kerja\ per\ hari \times Durasi\ Pekerjaan}$$

a. Perhitungan jumlah tenaga kerja pada Pekerjaan Pembesian Kolom pedestal

Volume = 1,782.89 kg (berdasarkan Tabel 4.1)

Durasi = 27 hari (berdasarkan Tabel 4.1)

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= \frac{1,782.89}{14,29 \times 27} = 5\text{ OH} \\ \text{Tukang} &= \frac{1,782.89}{1,782.89} = 5\text{ OH} \\ \text{Kepala Tukang} &= \frac{14,29 \times 27}{1,782.89} = 1\text{ OH} \\ \text{Mandor} &= \frac{14,29 \times 27}{1,782.89} = 1\text{ OH} \end{aligned}$$

4.2.3 Menghitung Upah Normal Tenaga Kerja

Untuk mengetahui total biaya upah normal tenaga kerja, maka dapat dihitung dengan menggunakan total tenaga kerja per hari dikali dengan harga satuan tenaga kerja itu sendiri pada setiap item pekerjaan. Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung biaya upah normal adalah sebagai berikut.

$$Harga\ Upah = Jumlah\ tenaga\ kerja \times Harga\ satuan\ tenaga\ kerja \times Durasi$$

Untuk harga satuan tenaga kerja dapat dilihat pada lampiran analisa harga satuan, dan untuk durasi dapat dilihat pada tabel 1.

a. Perhitungan harga upah per hari tenaga kerja pada Pekerjaan Pembesian Kolom pedestal

$$\begin{aligned} \text{Pekerja} &= 5\text{ OH} \times \text{Rp.}100.000,00 \times 27 = \\ &\text{Rp.}12.480.230,00 \end{aligned}$$

Tukang = 5 OH x Rp. 130.000,00 x 27 = Rp.16,224,299.00
 Kepala Tukang = 1 OH x Rp. 140.000,00 x 27= Rp.3,780,000.00

Mandor = 1 OH x Rp.160,000.00 x 27 = Rp.4,320,000.00

4.3 Analisa Menggunakan Metode Time Cost trade Off

4.3.1 Penambahan Jam Kerja Lembur

Pada penelitian ini, percepatan dilakukan dengan menggunakan Metode Time Cost Trade Off. Dalam metode ini ada berbagai alternatif yang dapat digunakan untuk mereduksi durasi atau waktu pekerjaan. Diantaranya percepatan dilakukan dengan penambahan jam kerja (lembur). Metode penambahan jam kerja akan diterapkan pada studi kasus kali ini, dimana akan dilakukan penambahan jam kerja sebanyak 2 jam dan 3 jam dari jam kerja normal, hal ini diputuskan berdasarkan keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3, dimana lembur yang diperbolehkan paling lama yaitu selama 3 jam. Penambahan jam kerja juga sangat berpengaruh terhadap produktivitas masing-masing tenaga kerja. Sehingga untuk melakukan percepatan dengan penambahan 3 jam kerja/hari harus berdasarkan pertimbangan dengan melihat penurunan produktivitas tenaga kerja pada saat jam lembur, seperti yang disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Produktivitas Tenaga Kerja

Jam Lembur (Jam)	Penurunan Indeks Produktivitas	Penurunan Prestasi Kerja (per jam)	Presentase Penurunan Prestasi Kerja (%)	Koefisien Produktivitas
A	B	$c = a \times b$	D	$E = 100\% - d$
Ke - 1	0,1	0,1	10	0,9
Ke - 2	0,1	0,2	20	0,8
Ke - 3	0,1	0,3	30	0,7
Ke - 4	0,1	0,4	40	0,6

Sumber : Penulis, 2023

Sehingga berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa percepatan dengan menggunakan penambahan jam lembur sebanyak 3 jam koefisien produktivitasnya adalah 0,7, sedangkan penambahan jam lembur sebanyak 2 jam koefisien produktivitasnya adalah 0,8 .

4.3.2 Perhitungan Crash Duration

Langkah-langkah dalam menghitung crash duration adalah :

a. Menghitung produktifitas harian

$$\text{Produktifitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}}$$

Di mana : Volume dan Durasi Normal dapat dilihat pada tabel 1

b. Menghitung produktifitas per jam

$$\text{Produktifitas per jam} = \frac{\text{Prod per hari}}{\text{Jam kerja normal}}$$

Di mana : Jam kerja normal harian = 8 jam

c. Menghitung produktifitas lembur

Produktifitas lembur = jam kerja lembur x koef.produktifitas x prod.per jam

Di mana : Jam kerja lembur per hari = 2 jam dan 3 jam

Koefisien Produktifitas = 80% dan 70%

d. Menghitung produktifitas harian setelah dilakukan crash

$$\text{Produktifitas harian setelah crash} = \text{Prod.harian} + \text{Prod.Lembur}$$

e. Menghitung crash duration

$$\text{Crash Duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Prod setelah crashing}}$$

Hasil perhitungan produktifitas harian, produktifitas per jam, produktifitas harian setelah dilakukan crash dan crash duration untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam tabel 3 untuk 3 jam lembur dan tabel 4 untuk 2 jam lembur.

Tabel 3 Crash Duration untuk 3 Jam Lembur

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Normal Duration	Jam Kerja Normal	Prod Harian	Prod Per Jam	Prod Lembur	Prod. Crashing	Crash Duration (day)
	a	b	c	d=ab	e=dc	f=3x0,07x e	g=d+f	h=lg		
1	Pembesian Kolom Prestasi K3 300 x 300 mm	1.702,09	kg	27	8	66,03	8,25	17,33	83,37	21
2	Balokang Kolom (2 x Pakai)	69,37	m ²	29	8	2,39	0,30	0,63	3,02	23
3	Uang Pagar Borok Lantai i = 5 cm (Pekerjaan Tamb. Struktur LT 1)	13,07	m ³	6	8	2,18	0,27	0,57	2,75	5
4	Pembesian Kolom K3 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT 1)	2.579,32	kg	15	8	171,95	21,49	45,14	217,09	12
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI/DASAR, CANOPY & MEJA Struktur LT 1)	5,13	kg	5	8	1,03	0,13	0,27	1,30	4
6	Pembesian Kolom K3 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	1.940,23	kg	7	8	200,03	25,00	73,31	353,34	6
7	Balokang Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	150,48	m ²	8	8	18,81	2,35	4,94	23,75	6
8	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok B0.3 200 x 300 mm	0,92	m ³	4	8	0,23	0,03	0,06	0,29	3
9	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok B0.4 200 x 300 mm	0,20	m ³	4	8	0,05	0,01	0,01	0,06	3
10	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai i = 12 cm (Pekerjaan	1,12	m ²	1	8	1,12	0,14	0,29	1,41	1

Sumber : Penulis, 2023

Tabel 4. Crash Duration Untuk 2 Jam Lembur

No	Uraian Pekerjaan	Volume	Satuan	Normal Duration	Jam Kerja Normal	Prod Harian	Prod Per Jam	Prod Lembur	Prod. Crashing	Crash Duration (day)
	a	b	c	d=ab	e=dc	f=2x0,07x e	g=d+f	h=lg		
1	Pembesian Kolom Prestasi K3 300 x 300 mm	1.702,09	kg	27	8	66,03	8,25	13,21	79,24	23
2	Balokang Kolom (2 x Pakai)	69,37	m ²	29	8	2,39	0,30	0,48	2,87	24
3	Uang Pagar Borok Lantai i = 5 cm (Pekerjaan Tamb. Struktur LT 1)	13,07	m ³	6	8	2,18	0,27	0,44	2,61	5
4	Pembesian Kolom K3 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT 1)	2.579,32	kg	15	8	171,95	21,49	34,39	206,35	13
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI/DASAR, CANOPY & MEJA Struktur LT 1)	5,13	kg	5	8	1,03	0,13	0,21	1,23	4
6	Pembesian Kolom K3 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	1.940,23	kg	7	8	200,03	25,00	56,01	336,04	6
7	Balokang Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	150,48	m ²	8	8	18,81	2,35	3,76	22,57	7
8	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok B0.3 200 x 300 mm	0,92	m ³	4	8	0,23	0,03	0,05	0,28	3
9	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok B0.4 200 x 300 mm	0,20	m ³	4	8	0,05	0,01	0,01	0,06	3
10	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai i = 12 cm (Pekerjaan	1,12	m ²	1	8	1,12	0,14	0,22	1,34	1

Sumber : Penulis, 2023

4.3.3 Perhitungan Biaya Percepatan (Crash Cost)

Setelah mendapatkan durasi pekerjaan yang dipercepat (crash duration), maka selanjutnya dapat dihitung biaya tambahan akibat penambahan jam kerja. Berdasarkan ketentuan yang tertulis dalam keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 11, tentang upah jam kerja lembur, maka akan diuraikan dalam rums sebagai berikut:

Untuk penambahan upah jam lembur

- Jam ke 1 = $1.5 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$
- Jam ke 2, dst = $2 \times \frac{1}{173} \times \text{upah normal} \times \text{hari kerja sebulan}$

Langkah-langkah dalam menghitung crash cost adalah sebagai berikut :

- Menghitung upah kerja lembur per hari 3 jam dan 2 jam kerja lembur
Upah kerja lembur per hari = $(1,5 \times \text{upah sejam normal}) + 2 \times (2 \times \text{upah sejam normal})$
- Menghitung crash cost tenaga kerja per hari
Crash cost tenaga kerja per hari = upah harian + upah kerja lembur per hari
- Menghitung crash cost total
Crash cost total = $(\text{crash cost per hari} \times \text{jumlah tenaga} \times \text{crash duration})$

Hasil perhitungan upah kerja harian normal, upah kerja per jam normal, upah lembur per hari (2 jam dan 3 jam kerja), crash cost per hari dan crash cost total untuk tiap kegiatan kritis disajikan dalam hasil perhitungan pada tabel 5 untuk 3 jam kerja dan tabel 6 untuk 2 jam kerja.

Tabel 5 Crash Cost untuk 3 jam kerja Lembur

Uraian Pekerjaan	Jumlah Tenaga Kerja	Normal Duration	crash Duration	Total Upah 3 jam Lembur	Total Crash Cost	Total Upah Tenaga Kerja Normal
	a	b	c	d	e = a x c x d	f
1. Pemasangan Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm						
Pekerja	5	27	21	Rp179.479,77	Rp17.421.823,96	Rp12.480.230,00
Tukang	5			Rp233.323,70	Rp22.648.371,15	Rp16.224.299,00
Kepala Tukang	1			Rp251.271,68	Rp5.276.705,20	Rp5.780.000,00
Mandor	1			Rp287.167,63	Rp5.030.520,23	Rp4.320.000,00
					Rp13.377.420,54	Rp36.804.529,00
2. Bekisting Kolom (2 x Pakai)						
Pekerja	1	29	23	Rp179.479,77	Rp4.887.899,11	Rp3.433.815,00
Tukang	1			Rp233.323,70	Rp3.177.134,42	Rp2.231.979,75
Kepala Tukang	1			Rp251.271,68	Rp5.779.248,35	Rp4.060.000,00
Mandor	1			Rp287.167,63	Rp6.604.855,49	Rp4.640.000,00
					Rp20.449.137,37	Rp14.365.794,75
3. Urug Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tamah Struktur LT 1)						
Pekerja	1	6	5	Rp179.479,77	Rp586.450,14	Rp392.100,00
Mandor	1			Rp287.167,63	Rp1.435.838,15	Rp960.000,00
					Rp2.022.288,29	Rp1.352.100,00
4. Pemasangan Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom: Struktur LT 1)						
Pekerja	12	15	12	Rp179.479,77	Rp5.924.402,40	Rp18.055.240,00
Tukang Besi	12			Rp233.323,70	Rp3.701.723,13	Rp3.471.812,00
Kepala Tukang	1			Rp251.271,68	Rp3.629.416,34	Rp2.527.733,60
Mandor	1			Rp287.167,63	Rp3.370.231,08	Rp1.650.764,80
					Rp6.625.772,94	Rp45.705.550,40
5. Pemasangan Meja Wastafel (pekerjaan Lantai Dasar, Canopy & Meja: Struktur LT 1)						
Pekerja	1	5	4	Rp179.479,77	Rp717.919,08	Rp500.000,00
Tukang Kayu	1			Rp233.323,70	Rp933.294,80	Rp500.000,00
Kepala Tukang	1			Rp251.271,68	Rp1.005.086,71	Rp700.000,00
Mandor	1			Rp287.167,63	Rp1.148.670,52	Rp800.000,00
					Rp3.804.971,10	Rp2.500.000,00

Sumber: Penulis, 2023

Tabel 6. Crash Cost untuk 2 jam kerja Lembur

Uraian Pekerjaan	Jumlah Tenaga	Normal Duration	crash	Total Upah 2 jam Lembur	Total Crash Cost	Total Upah Tenaga Kerja Normal
	a	b	c	d	e = a x c x d	f
1. Pemasangan Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm						
Pekerja	5	27	23	Rp150.578,03	Rp16.008.413,20	Rp12.480.230,00
Tukang	5			Rp195.751,45	Rp20.810.937,16	Rp16.224.299,00
Kepala Tukang	1			Rp210.809,25	Rp3.848.612,72	Rp5.780.000,00
Mandor	1			Rp240.924,86	Rp5.541.271,68	Rp4.320.000,00
					Rp47.209.234,75	Rp36.804.529,00
2. Bekisting Kolom (2 x Pakai)						
Pekerja	1	29	24	Rp150.578,03	Rp4.279.093,36	Rp3.433.815,00
Tukang	1			Rp195.751,45	Rp2.781.410,68	Rp2.231.979,75
Kepala Tukang	1			Rp210.809,25	Rp5.059.421,97	Rp4.060.000,00
Mandor	1			Rp240.924,86	Rp5.782.196,53	Rp4.640.000,00
					Rp17.902.122,54	Rp14.365.794,75
3. Urug Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tamah Struktur LT 1)						
Pekerja	1	6	5	Rp150.578,03	Rp492.013,73	Rp392.100,00
Mandor	1			Rp240.924,86	Rp1.204.624,28	Rp960.000,00
					Rp1.696.638,01	Rp1.352.100,00
4. Pemasangan Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom: Struktur LT 1)						
Pekerja	12	15	13	Rp150.578,03	Rp23.562.262,14	Rp18.055.240,00
Tukang Besi	12			Rp195.751,45	Rp30.630.940,79	Rp23.471.812,00
Kepala Tukang	1			Rp210.809,25	Rp3.298.716,70	Rp2.527.733,60
Mandor	1			Rp240.924,86	Rp2.154.263,97	Rp1.650.764,80
					Rp69.646.183,60	Rp45.705.550,40
5. Pemasangan Meja Wastafel (pekerjaan Lantai Dasar, Canopy & Meja: Struktur LT 1)						
Pekerja	1	5	4	Rp150.578,03	Rp602.312,14	Rp500.000,00
Tukang Kayu	1			Rp195.751,45	Rp783.005,78	Rp500.000,00
Kepala Tukang	1			Rp210.809,25	Rp843.236,99	Rp700.000,00
Mandor	1			Rp240.924,86	Rp963.699,42	Rp800.000,00
					Rp3.192.254,34	Rp2.500.000,00

Sumber: Penulis, 2023

4.3.4 Perhitungan Cost Slope

Cost slope merupakan pertambahan biaya untuk mempercepat suatu aktifitas per satuan waktu. Cost slope dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Cost Slope} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}}$$

Untuk hasil perhitungan Cost Slope untuk tiap kegiatan kritis dapat dilihat pada tabel 7 untuk 3 jam kerja dan tabel 8 untuk 2 jam kerja.

Tabel 7. Cost Slope Untuk 3 Jam Kerja Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duratio n (hari)	Crash Duratio n (hari)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Pemasangan Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm	27	21	Rp36.804.529,00	Rp51.377.420,54	Rp2.595,676,62
2	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	23	Rp4.365.794,75	Rp20.449.137,37	Rp4.083,895,94
3	Urug Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tamah Struktur LT 1)	6	5	Rp1.352.100,00	Rp2.022.288,29	Rp657,214,43
4	Pemasangan Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom: Struktur LT 1)	15	12	Rp65.705.550,40	Rp65.625.772,94	Rp3.807,188,97
5	Pemasangan Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA: Struktur LT 1)	5	4	Rp2.500.000,00	Rp3.804.971,10	Rp1.104,972,20
6	Pemasangan Kolom K2 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	7	6	Rp33.794.250,20	Rp51.989.007,53	Rp12.501,159,80
7	Bekisting Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	8	6	Rp4.690.450,00	Rp19.774.794,65	Rp4.046,667,18
8	Beton Masi Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2.120.000,00	Rp2.853.728,32	Rp682,220,84
9	Beton Masi Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2.120.000,00	Rp2.853.728,32	Rp682,220,84
10	Beton Masi Fc = 21,7 MPa (K-250) Wala Lantai t = 12 cm (Pekerjaan Lantai Dudukan Tandon)	1	1	Rp614.800,00	Rp1.102.441,62	Rp2.380,133,54

Sumber: Penulis, 2023

Tabel 8. Cost Slope Untuk 2 Jam Kerja Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration (day)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Pembesian Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm	27	23	Rp36,804,529.00	Rp47,209,234.75	Rp2,312,156.83
2	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	24	Rp14,365,794.75	Rp17,902,122.54	Rp731,654.08
3	Ung Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	6	5	Rp1,352,100.00	Rp1,696,638.01	Rp344,538.01
4	Pembesian Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT 1)	15	13	Rp45,705,550.40	Rp59,646,183.60	Rp5,576,253.28
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT	5	4	Rp2,650,000.00	Rp3,192,254.34	Rp650,000.34
6	Pembesian Kolom K2 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	7	6	Rp33,794,250.20	Rp43,617,186.67	Rp8,419,659.84
7	Bekisting Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	8	7	Rp14,690,454.00	Rp19,355,522.30	Rp3,498,801.23
8	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
9	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
10	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai t = 12 cm (Pekerjaan Lantai Dudukan Tandon)	1	1	Rp614,800.00	Rp925,753.76	Rp1,865,722.54

Sumber: Penulis, 2023

Setelah diperoleh nilai *Cost Slope* dari masing-masing kegiatan, maka dilakukan penekanan (kompresi) durasi proyek pada setiap kegiatan di lintasan kritis yang dimulai dari kegiatan dengan *Cost Slope* terendah. Berikut urutan kegiatan dengan *Cost Slope* terendah sampai tertinggi seperti ditunjukkan pada tabel 9 untuk 3 jam lembur dan tabel 10 untuk 2 jam lembur.

Tabel 9. Cost Slope Dari Yang Terkecil Untuk 3 Jam Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration (day)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Ung Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	6	5	Rp1,352,100.00	Rp2,022,288.29	Rp537,214.43
2	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,853,728.32	Rp882,220.96
3	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,853,728.32	Rp882,220.96
4	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	23	Rp14,365,794.75	Rp20,449,137.57	Rp1,008,895.94
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT	5	4	Rp2,650,000.00	Rp3,804,971.10	Rp1,110,972.20
6	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai t = 12 cm (Pekerjaan Lantai Dudukan Tandon)	1	1	Rp614,800.00	Rp1,103,441.62	Rp2,350,133.50
7	Pembesian Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm	27	21	Rp36,804,529.00	Rp51,377,420.54	Rp2,595,876.62
8	Bekisting Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	8	6	Rp14,690,454.00	Rp19,774,794.65	Rp3,056,657.18
9	Pembesian Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT 1)	15	12	Rp45,705,550.40	Rp65,625,772.94	Rp6,387,118.97
10	Pembesian Kolom K2 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	7	6	Rp33,794,250.20	Rp51,989,007.53	Rp12,501,159.80

Sumber: Penulis, 2023

Tabel 10 Cost Slope Dari Yang Terkecil Untuk 2 Jam Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration (day)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Ung Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	6	5	Rp1,352,100.00	Rp1,696,638.01	Rp344,538.01
2	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
3	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
4	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT	5	4	Rp2,650,000.00	Rp3,192,254.34	Rp650,705.20
5	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	24	Rp14,365,794.75	Rp17,902,122.54	Rp731,654.03
6	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Plat Lantai t = 12 cm (Pekerjaan Lantai Dudukan Tandon)	1	1	Rp614,800.00	Rp925,753.76	Rp1,865,722.54
7	Pembesian Kolom Pedestal K1 300 x 300 mm	27	23	Rp36,804,529.00	Rp47,209,234.75	Rp2,312,156.83
8	Bekisting Kolom K2 (2 x Pakai) Struktur LT 2	8	7	Rp14,690,454.00	Rp19,355,522.30	Rp3,498,801.23
9	Pembesian Kolom K1 300 x 300 mm (Pekerjaan Kolom Struktur LT 1)	15	13	Rp45,705,550.40	Rp59,646,183.60	Rp5,576,253.28
10	Pembesian Kolom K2 300 x 300 mm (Struktur LT 2)	7	6	Rp33,794,250.20	Rp43,617,186.67	Rp8,419,659.84

Sumber: Penulis, 2023

4.3.5 Analisa Percepatan Durasi

Setelah diperoleh crash duration dari analisa sebelumnya, maka dengan bantuan program Microsoft Project dilakukan controlling kembali yaitu dengan mengganti durasi normal dengan durasi Crash pada kegiatan kritis. Berdasarkan langkah-langkah metode analisis data pada Bab 3 maka yang dilakukan adalah mempercepat kegiatan-kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.

Disini berdasarkan alternative:

- 3 jam menggunakan kombinasi cost slope terkecil yaitu dari range (Rp.500.000,00 – Rp.1.000.000,00) terdapat 5 item pekerjaan yang akan dilakukan percepatan.
- 2 jam menggunakan kombinasi cost slope terkecil yaitu dari range (Rp.300.000,00– Rp.1.000.000,00) terdapat 5 item pekerjaan yang akan dilakukan percepatan.

Tabel 11. Percepatan Durasi Berdasarkan Kombinasi Cost Slope Untuk 3 Jam Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration (day)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Ung Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	6	5	Rp1,352,100.00	Rp2,022,288.29	Rp537,214.43
2	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,853,728.32	Rp882,220.96
3	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,853,728.32	Rp882,220.96
4	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	23	Rp14,365,794.75	Rp20,449,137.57	Rp1,008,895.94
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT	5	4	Rp2,650,000.00	Rp3,804,971.10	Rp1,110,972.20

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 11 hasil perhitungan total durasi proyek setelah dilakukan Crashing untuk 3 jam lembur pada tiap-tiap pekerjaan pada kombinasi cost slope terendah yang dimana durasi normal penyelesaian proyek adalah 120 hari kerja menjadi 110 hari. Dan untuk total kombinasi cost slope dari yang terendah yaitu sebesar Rp.4.421.529,49.

Tabel 12 Percepatan Durasi Berdasarkan Kombinasi Cost Slope Untuk 2 Jam Lembur

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Duration	Crash Duration (day)	Cost Normal	Cost Crashing	Cost Slope
1	Ung Pasir Bawah Lantai t = 5 cm (Pekerjaan Tanah Struktur LT 1)	6	5	Rp1,352,100.00	Rp1,696,638.01	Rp344,538.01
2	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL3 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
3	Beton Mutu Fc' = 21,7 MPa (K-250) Balok BL4 200 x 300 mm	4	3	Rp2,120,000.00	Rp2,394,190.75	Rp411,286.13
4	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAI DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT	5	4	Rp2,650,000.00	Rp3,192,254.34	Rp650,705.20
5	Bekisting Kolom (2 x Pakai)	29	24	Rp14,365,794.75	Rp17,902,122.54	Rp731,654.03

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 12 hasil perhitungan total durasi proyek setelah dilakukan Crashing untuk 2 jam lembur pada tiap-tiap pekerjaan pada kombinasi cost slope terendah yang dimana durasi normal penyelesaian proyek adalah 120 hari kerja menjadi 112 hari. Dan untuk total kombinasi cost slope dari yang terendah yaitu sebesar Rp.2.549.469,50.

4.4 Hasil Penelitian

Setelah melakukan proses percepatan menggunakan penambahan jam kerja pada kegiatan-

kegiatan kritis maka biaya langsungnya mengalami kenaikan sementara biaya tidak langsung mengalami penurunan. Pada proyek ini, biaya tidak langsung meliputi biaya *profit* dan biaya *overhead*. Dimana biaya profit dan overhead itu sendiri merupakan biaya yang dikeluarkan secara tidak langsung seperti keuntungan gaji, biaya listrik, operasional, dan lain-lain. Dalam proyek ini, bobot biaya langsung sebesar 90% dan bobot biaya tidak langsung sebesar 10% dimana terdiri dari bobot biaya *overhead* sebesar 3% dan *profit* sebesar 7%. Berikut perhitungan biaya langsung dan biaya tidak langsung dengan (penambahan jam kerja / lembur) antara keadaan normal dan setelah percepatan adalah sebagai berikut:

4.4.1 Total Perubahan Waktu dan Biaya Akibat Penambahan Jam Kerja

4.4.1.1 Proyek Pada Kondisi Normal

Durasi normal = 120 hari
 Rencana anggaran biaya = Rp. 2.998.745.000.

1) $Profit = Total\ biaya\ proyek \times 7\%$
 = Rp. 2.998.745.000. x 7%
 = Rp.209.912.150

2) $Biaya\ overhead = Total\ biaya\ proyek \times 3\%$
 = Rp. 2.998.745.000. x 3%
 = Rp.89.962.350

3) $Overhead\ per\ hari = \frac{biaya\ overhead}{durasi\ normal}$
 = $\frac{Rp.89.962.350}{120}$
 = Rp.749.686,25

Setelah mendapatkan nilai *profit* dan biaya *overhead*, maka selanjutnya dapat menghitung biaya langsung dan biaya tidak langsung:

4) $Direct\ cost = 90\% \times Total\ biaya\ proyek$
 = 90% x Rp. 2.998.745.000.
 = Rp.2.698.870,5

5) $Indirect\ cost = Profit + Biaya\ overhead$
 =Rp. 209.912,150 + Rp.89.962,350
 = Rp.299.874.500

6) $Biaya\ total\ proyek = Direct\ Cost + Indirect\ Cost$
 =Rp. 2.998.745.000 +Rp. .2.698.870,5
 = **Rp.2.998.745.000**

4.4.1.2 Biaya Proyek Pada Kondisi Percepatan

Dalam perhitungan ini menggunakan nilai cost slope terkecil:

a. Penambahan jam lembur 3 jam

Durasi crashing =110 hari (didapat setelah melakukan percepatan durasi pada tabel 4.11

- Biaya Langsung
 = biaya langsung normal + kombinasi cost slope terkecil 3 jam
 = Rp. 2.699.981.472,20
- Biaya tidak langsung

= (durasi *crashing* x overhead per hari) + profit
 = Rp.292.392.895,35

b. Total biaya proyek
 = $direct\ cost + indirect\ cost$
 = **Rp.2.992.374.367,55**

Tabel 13 Perubahan Waktu Dan Biaya Akibat Penambahan 3 Jam Kerja Lembur

NO	URAIAN	WAKTU	BIAYA
1	DURASI NORMAL	120 HARI	Rp.2.998.745.000,00
2	DURASI DIPERCEPAT	110 HARI	RP.2.992.374.367,55
3	SELISIH	10 HARI	RP.6.370.632,45

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 13 dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan jam kerja selama 3 jam, waktu dapat dipercepat selama 110 hari selisih 10 hari dari durasi normalnya yaitu 120 hari sedangkan untuk total biaya diperoleh Rp2.992.374.367,55selisih Rp. 6.370.632,45 dari biaya normalnya yaitu sebesar RP. 2.998.745.000

c. Penambahan jam lembur 2 jam

Durasi crashing = 112 hari (didapat setelah melakukan percepatan durasi pada tabel 4.12

- Biaya Langsung
 = biaya langsung normal + kombinasi cost slope terkecil 2 jam
 = Rp. 2.699.602.154,03
- Biaya tidak langsung
 = (durasi *crashing* x overhead per hari) + profit
 = Rp.293.877.430,00
- Total biaya proyek
 = $direct\ cost + indirect\ cost$
 = **Rp. 2.933.584,03**

Tabel 14 Perubahan Waktu Dan Biaya Akibat Penambahan 2 Jam Kerja Lembur

NO	URAIAN	WAKTU	BIAYA
1	DURASI NORMAL	120 HARI	Rp.2.998.745.000,00
2	DURASI DIPERCEPAT	112 HARI	RP.2.993.479.584,03
3	SELISIH	8 HARI	RP.5.265.415,97

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel 14 dapat diketahui bahwa dengan melakukan penambahan jam kerja selama 2 jam, waktu dapat dipercepat selama 112 hari selisih 8 hari dari durasi normalnya yaitu 120 hari sedangkan untuk biaya Rp.2.993.479,03 diperoleh selisih Rp.5.265.415,97 dari biaya normalnya yaitu sebesar Rp2.998.745.000.

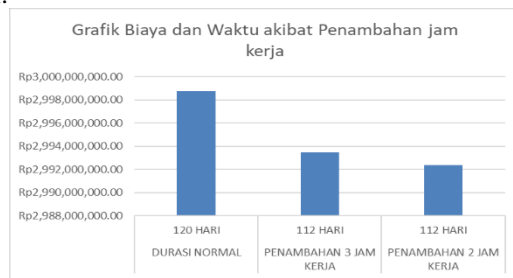
Berdasarkan hasil perhitungan diatas dibuat perbandingan biaya dan waktu dari penambahan 2 dan 3 jam kerja terhadap waktu dan durasi normal proyek.

Tabel 15 Perbandingan Waktu Dan Biaya Dipercepat Terhadap Durasi Normal

NO	URAIAN	WAKTU	BIAYA
1	DURASI NORMAL	120 HARI	Rp2.998.745.000,00
2	PENAMBAHAN 3 JAM KERJA	110 HARI	RP.2.992.374.367,55
3	PENAMBAHAN 2 JAM KERJA	112 HARI	RP.2993.479.584,03

Sumber: Penulis, 2023

Berdasarkan tabel diatas dibuat grafik perbandingan waktu dan biaya akibat penambahan jam kerja selama 3 dan 2 jam dengan biaya dan durasi normal proyek. Yang dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:



Gambar 2. Grafik Perbandingan Biaya

a. Efisiensi waktu proyek 3 jam kerja

$$= \frac{120-110}{120} \times 100\% = 8,33\%$$

b. Efisiensi biaya proyek 3 jam kerja

$$= \frac{Rp.2.998.745.000 - 2.992.374.367,55}{Rp.2.998.745.000} \times 100\% = 0,21\%$$

c. Efisiensi waktu proyek penambahan 2 jam kerja

$$= \frac{120-112}{120} \times 100\% = 6,67\%$$

d. Efisiensi biaya proyek penambahan 2 jam kerja

$$= \frac{Rp.2.998.745.000 - Rp.2.993.479.584,03}{Rp.2.998.745.000} \times 100\% = 0,17\%$$

Pada studi kasus kali ini disimpulkan bahwa metode yang paling efektif untuk diterapkan pada Pembangunan Gedung Ruang Kelas Baru MTSN 6 Malteng adalah dengan penambahan 3 jam lembur. karena dilihat dari waktu yang tereduksi dan pengaruhnya terhadap biaya proyek juga tidak memberikan dampak yang buruk. Dimana biaya proyek juga ikut tereduksi.

4.4.2 Biaya Optimal dan Durasi Optimal

Setelah melakukan proses percepatan sehingga memperoleh *crash duration*, *crash cost* dan *cost slope* maka langkah selanjutnya adalah menghitung total biaya dari biaya langsung dan biaya tidak langsung untuk mengetahui biaya dan durasi optimal.

Adapun hasil perhitungan untuk alternatif penambahan jam kerja lembur tersaji dalam tabel 16 untuk 3 jam kerja dan tabel 17 untuk 2 jam kerja.

Tabel 16. Perhitungan Total Biaya Proyek Untuk 3 Jam Kerja

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Durasi (hari)	Crash Durasi (hari)	Total Durasi (hari)	Cost Slope	Biaya Langsung	Biaya tidak Langsung	Total biaya
	DURASI NORMAL	120		120		Rp2.998.745.000,00	Rp299.874.500,00	Rp2.998.745.000,00
1	Ring Pagar Besiwal Lantai = 5 cm (Pekerjaan Tamb. Struktur LT 1)	6	5	1	119	Rp637,234	Rp2.699.407.714,43	Rp2.998.347.407,60
2	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok 30x300 x 300 mm	4	3	1	118	Rp482,221	Rp2.699.732.720,96	Rp2.998.698.499,57
3	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok 30x300 x 300 mm	4	3	1	117	Rp482,221	Rp2.699.732.720,96	Rp2.997.445.245,02
4	Bekisting Kolom (2. Pakai)	29	23	6	111	Rp1.008,894	Rp2.699.879.395,94	Rp2.993.671.276,18
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAU DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT 1)	5	4	1	110	Rp1.109,721	Rp2.699.801.472,20	Rp2.992.374.367,55

Sumber: Penulis, 2023

Tabel 17. Perhitungan Total Biaya Proyek Untuk 2 Jam Kerja

NO	Uraian Pekerjaan	Normal Durasi (hari)	Crash Durasi (hari)	Total Durasi (hari)	Cost Slope	Biaya Langsung	Biaya tidak Langsung	Total biaya
	DURASI NORMAL	120		120		Rp2.998.745.000,00	Rp299.874.500,00	Rp2.998.745.000,00
1	Ring Pagar Besiwal Lantai = 5 cm (Pekerjaan Tamb. Struktur LT 1)	6	5	1	119	Rp644,530,01	Rp2.699.215.038,01	Rp2.998.340.298,01
2	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok 30x300 x 300 mm	4	3	1	118	Rp411,286,13	Rp2.699.201.786,13	Rp2.997.907.252,79
3	Beton Murni Fc = 21,7 MPa (K-250) Balok 30x300 x 300 mm	4	3	1	118	Rp411,286,13	Rp2.699.201.786,13	Rp2.997.407.459,46
4	Bekisting Kolom (2. Pakai)	5	4	1	117	Rp630,786,30	Rp2.699.511.282,30	Rp2.991.022.136,07
5	Pembesian Meja Wastafel (PEKERJAAN LANTAU DASAR, CANOPY & MEJA- Struktur LT 1)	29	24	5	112	Rp31.654,018	Rp2.699.022.154,018	Rp2.992.479.584,018

Sumber: Penulis, 2023

Masing-masing percepatan dengan alternatif penambahan jam kerja didapat durasi optimal pada penambahan 3 jam lembur sebesar 110 hari kerja dan biaya optimal sebesar Rp.2.992.374.367,55 Sedangkan untuk durasi optimal pada penambahan 2 jam lembur sebesar 112 hari kerja dan biaya optimal sebesar Rp.2.993.479.584,03.

Berdasarkan hasil diatas dapat diketahui bahwa durasi optimal dan biaya yang paling optimal dalam mempercepat pembangunan gedung Ruang Kelas Baru MTSN 6 Malteng yaitu pada alternative penambahan 3 jam kerja sebesar sebesar 110 hari kerja dan biaya optimal sebesar Rp.2.992.374.367,55 Yang didapat dari total biaya penyelesaian yang paling terendah.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *time cost trade off*, diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Dari hasil analisa hasil penambahan 3 jam kerja lembur dapat penghematan waktu sebesar 8,33% yaitu 110 hari dan biaya proyek tereduksi sebesar 0,21% sedangkan penambahan 2 jam kerja lembur penghematan waktu sebesar 6,67% yaitu 112 hari dimana biaya tereduksi sebesar 0,17% dilihat dari biaya awal proyek yaitu sebesar RP.2.998.745.000
2. Berdasarkan hasil perhitungan masing-masing alternative penambahan jam kerja diketahui durasi dan biaya yang paling optimal dan durasi optimal yaitu pada alternatif penambahan 3 jam kerja dengan durasi 110 hari dan total biaya sebesar RP.2.992.374.365,55

5.2 Saran.

1. Disarankan pada penelitian yang akan datang bisa menggunakan seperti penambahan jumlah pekerja atau menambah jumlah alat yang digunakan.
2. Hasil dari biaya dan durasi optimum yang didapat dari analisis metode ini dapat dipertimbangkan untuk penerapannya dalam pelaksanaan proyek. dikarenakan, hasil optimasi waktu dan biaya menunjukkan durasi yang singkat dengan biaya yang lebih kecil daripada kondisi normal. hal ini dapat berguna bagi kontraktor dalam efisiensi waktu dan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, T. H. (1992). *Prinsip-prinsip Network Planning*. Gramedia Pustaka Utama.
- Fahrul, D., Jamlaay, O., & Abdin, M. (2023). Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pembangunan Gedung Asrama Haji Embarkasi Transit Waiheru Ambon Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Journal Agregate*, 2(1), 1-11.
- Frederika, A. (2010). Analisis Percepatan Pelaksanaan Dengan Menambah Jam Kerja Optimum Pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14(2).
- Hidayat, L. T., & Pramungsetya, F. K. (2023). *Optimalisasi Biaya Dan Waktu Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Rehabilitasi Dan Modernisasi Di Saddang Sub Unit Langnga (Simurp)(Lokasi: Ta2023tkba27-37)* (Doctoral Dissertation, Politeknik Pekerjaan Umum).
- Izzah, N. (2017). Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Pembangunan Perumahan Di Pt. X. *Rekayasa*, 10(1), 51-58.
- Matahelumual, R., Jamlaay, O., & Sahusilawane, T. (2022). Analisa Percepatan Proyek Dengan Metode Crashing Program Pada Proyek Pembangunan Gedung Auditorium Iain Kota Ambon (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Auditorium Iain Kota Ambon). *Journal Agregate*, 1(1), 65-72.
- Oetomo, W., Priyoto, P., & Uhad, U. (2017). Analisis Waktu Dan Biaya Dengan Metode Crash Duration Pada Keterlambatan Proyek Pembangunan Jembatan Sei Hanyu Kabupaten Kapuas. *Media Ilmiah Teknik Sipil*, 6(1), 8-22.
- Pamungkas, R. N., & Hidayat, R. T. (2011). *Analisis Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi The Analysis Of Time Cost Trade Off On Construction Project* (Doctoral Dissertation, F. Teknik Undip).
- Priyo, M., & Aulia, M. R. U. (2015). Aplikasi Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Konstruksi: Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indonesia. *Semesta Teknika*, 18(1), 30-43.
- Salakory, C., Jamlaay, O., & Titaley, H. D. (2023). Analisa Percepatan Waktu Pada Proyek Pembangunan Struktur Gedung Laboratorium Unpatti Menggunakan Metode Crashing Program Dan Fast-Track. *Journal Agregate*, 2(1), 29-39.
- Saputro, R. (2015). *Analisa Percepatan Dengan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Pembangunan Hotel Ijen Padjajaran Malang* (Doctoral Dissertation, Itn Malang).
- Setiawan, B. B., & Trijeti, T. (2012). Analisis Pertukaran Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Pembangunan Gedung Di Jakarta. *Konstruksia*, 4(1).
- Suherman, S. T. (2016). Optimasi Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Access Road Construction And Soil Clean Up. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 3(2), 135-147.