

**OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PERCEPATAN PROYEK
MENGUNAKAN METODE *TIME COST TRADE OFF* DENGAN
ALTERNATIF PENAMBAHAN TENAGA KERJA
DAN JAM KERJA (LEMBUR)**

(Studi Kasus : Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang)

Tiurma Elita Saragi¹, Ruth Uli A. Situmorang²

^{1,2}Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan
email : tiurmasaragih@uhn.ac.id¹, uliruth9@gmail.com²

ABSTRAK

Dalam penelitian ini akan menganalisa durasi dan biaya penyelesaian pada proyek Pembangunan Gedung Convention Hall Kabupaten Deli Serdang, menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan jam kerja (lembur). Maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui biaya proyek yang lebih ekonomis untuk mempercepat durasi proyek. Diketahui biaya untuk pekerjaan struktur tersebut dalam kondisi normal ialah sebesar Rp. 6.308.209.831 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur selama 246 hari kerja. Dari hasil pada penelitian ini diperoleh biaya dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar Rp. 6.344.110.212 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur bangunan selama 232 hari kerja atau lebih cepat 5,69% dari durasi normal. Sedangkan biaya dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) sebesar Rp. 6.342.970.800 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur selama 234 hari kerja atau lebih cepat 4,88% dari durasi normal. Dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek ialah penambahan tenaga kerja karena lebih cepat 2 hari dari penambahan jam kerja (lembur) dan ditinjau dari segi produktivitas penambahan tenaga kerja lebih efektif digunakan dari pada penambahan jam kerja (lembur).

Kata Kunci : percepatan proyek, metode *time cost trade off*, PDM, tenaga kerja lembur

ABSTRACT

In this study, we will analyze the duration and cost of project completion in the Convention Hall Kab. Deli Serdang, using the Time Cost Trade Off method with the alternative of adding labor and working hours (overtime). So the purpose of this research is to find out which project costs are more economical to speed up the project duration. It is known that cost for the structural work being 246 working days. From the results of the analysis in this study, it was found that alternative cost of adding labor was Rp. 6,334,110,212 with the duration of the construction work being 232 working days or 5,69% faster than the normal duration. Meanwhile, the alternative cost of additional working hours (overtime) is Rp. 6,342,970,800 with the duration of the structural working being 234 working days or 4.88% faster than the normal duration. From this research, it can be concluded that a more economical alternative to completing the project is adding labor because it is 2 days faster than addition of working hours (overtime) and in terms of productivity the addition of labor is more effectively used than the addition of working hours (overtime)

Keywords : project acceleration, time cost trade off method, PDM, labor work overtime

PENDAHULUAN

Dalam pelaksanaan pembangunan sebuah proyek harus ada perencanaan, pengorganisasian, pengkoordinasian dan kontrol yang baik agar mendapatkan hasil yang optimal dari segi waktu,

biaya dan juga kualitas. Aspek penting yang berkaitan dengan pelaksanaan pembangunan sebuah proyek adalah manajemen proyek. Menurut H. Kerzner dalam Soeharto (1995) manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan.

Keberhasilan suatu proyek dapat diukur dari dua hal, yaitu keuntungan yang didapat serta ketepatan waktu penyelesaian. Banyak upaya yang harus dilakukan agar kita dapat mencapai apa yang telah direncanakan antara lain perhitungan kekuatan struktur yang tepat, perhitungan estimasi biaya yang efektif dan ekonomis (Rencana Anggaran Biaya) dan menejerial pelaksanaan baik mengenai waktu dan biaya. Jika salah satu dari upaya tersebut tidak atau kurang memenuhi akan berakibat kurangnya mutu atau hasil akhir dari proyek tersebut.

Penjabaran di dalam proyek aytiu berupa penjadwalan yang meliputi langkah-langkah urutan pelaksanaan pekerjaan sesuai dengan waktu yang ditentukan untuk mencapai tujuan proyek. Menurut Callahan (1992) dalam Setiawati et al., (2017) penjadwalan dalam pengertian proyek konstruksi merupakan perangkat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, dimana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya yang ekonomis.

Di dalam aktivitasnya tidak dipungkiri berbagai macam permasalahan di dalam pelaksanaan proyek sering dijumpai, salah satunya yaitu bertambahnya waktu pelaksanaan proyek karena mengalami keterlambatan progres pada tahap pelaksanaan, yang menyebabkan waktu penyelesaian proyek menjadi lebih lama. Oleh karena itu sebagai kontraktor pelaksana ketika hal tersebut terjadi di lapangan maka harus segera mengambil tindakan untuk mengatasinya salah satunya yaitu dengan melakukan percepatan. Selain itu juga percepatan bisa dilakukan untuk mengantisipasi adanya penalti yang dijatuhkan kepada kontraktor apabila waktu yang ditentukan tidak tercapai. Ada beberapa alternatif yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan pelaksanaan percepatan pada suatu aktivitas proyek yaitu meliputi penambahan jumlah jam kerja (lembur), penambahan tenaga kerja dan pergantian atau penambahan peralatan.

Untuk melakukan percepatan dengan beberapa alternatif percepatan perlu dipelajari tentang jaringan kerja yang ada dan hubungan antara waktu dan biaya, hal ini disebut sebagai Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya (*Time Cost Trade Off Analysis*) (Frederika, 2010). *Time Cost Trade Off Analysis* (TCTO) adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi) dan biaya (Florensia, 2016). Ariany (2010) menyatakan tujuan dari metode analisis pertukaran waktu dan biaya (*Trade Cost Trade Off Analysis*) ini adalah mempercepat waktu pelaksanaan proyek dan menganalisis sejauh mana waktu dapat dipersingkat dengan penambahan biaya minimum terhadap kegiatan yang bisa dipercepat kurun waktu

pelaksanaannya sehingga dapat diketahui percepatan yang paling maksimum dan biaya yang paling minimum.

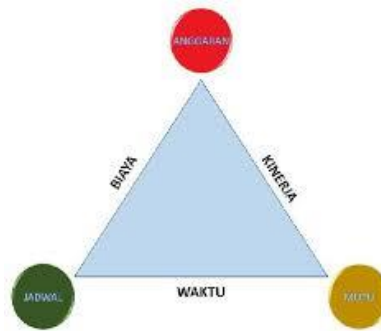
Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah untuk menganalisa pelaksanaan proyek guna mengetahui total waktu dan biaya penyelesaian proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan durasi kerja serta untuk memilih alternatif yang memiliki biaya dan waktu yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan proyek.

TINJAUAN PUSTAKA

1. MANAJEMEN PROYEK

Manajemen adalah suatu ilmu tentang tata cara pengelolaan, perencanaan, pengorganisasian suatu kegiatan untuk mencapai sasaran yang efektif dan efisien. Dalam manajemen, diperlukan juga metode dan seni kepemimpinan untuk mengelola sumber daya yang ada. Hasil akhir dalam proses manajemen akan berbeda satu sama lain karena perbedaan prinsip manajemen oleh suatu individu atau organisasi.

Dalam mencapai sasaran dan tujuan dari proyek yang telah ditentukan terdapat batasan-batasan dalam suatu proyek yaitu *Tripel Constraint* atau tiga batasan yang terdiri dari :



Gambar 1. Hubungan antara Biaya, Waktu dan Mutu

a) Biaya/Anggaran (*Cost*)

Proyek harus diselesaikan sesuai dengan anggaran yang telah ditentukan. Untuk proyek yang membutuhkan anggaran dalam jumlah besar dengan kurun waktu penyelesaian sampai bertahun-tahun maka dibutuhkan proses perencanaan, pelaksanaan dan *controlling* yang sangat teliti dan matang agar bisa mendapatkan hasil yang optimal. Jika proses tersebut tidak dilakukan dengan benar maka akibatnya bisa saja proyek tersebut mengalami defisit atau kekurangan biaya bahkan bisa membuat proyek tersebut berhenti ditengah jalan.

b) Waktu/Jadwal (*Time*)

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu yang telah ditentukan dan tanggal akhir penyerahan berkas proyek tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

c) Mutu

Produk atau hasil dari proyek harus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang telah dimaksudkan.

Dari segi teknis ukuran keberhasilan proyek yaitu sejauh mana ketiga sasaran tersebut dapat dipenuhi. Untuk itu harus ada pengaturan yang baik untuk memadukan ketiganya sesuai dengan yang diinginkan, yaitu dengan manajemen proyek.

Manajemen proyek meliputi tiga (3) fase (Haizer dan Render, 2005), yaitu :

- 1) Perencanaan. Fase ini meliputi penetapan sasaran, mendefinisikan proyek dan organisasi tim-nya.
- 2) Penjadwalan. Fase ini menghubungkan sumber daya manusia, uang dan material untuk kegiatan khusus untuk menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- 3) Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

2. ALTERNATIF PERCEPATAN

Alternatif percepatan di dalam pelaksanaan pembangunan proyek sering dilakukan. Dimiyati, H (2014) menjelaskan ada dua alasan kenapa percepatan di dalam pembangunan proyek konstruksi dilakukan. Pertama karena keinginan dari pihak *owner* agar proyek dapat diselesaikan sebelum batas akhir waktu penyelesaian proyek. Kedua karena di dalam pelaksanaan proyek mengalami keterlambatan waktu atau progres maka percepatan harus dilakukan. Ada beberapa alternatif optimalisasi waktu dan biaya penyelesaian proyek (percepatan) yang dapat dilakukan (Priyo & Aulia, 2015) seperti :

a. Alternatif percepatan dengan penambahan tenaga kerja

Untuk menganalisis hubungan antar biaya dengan waktu suatu kegiatan dipakai beberapa istilah yaitu kurun waktu normal/*normal duration*, kurun waktu yang dipersingkat/*crash duration*, biaya normal/*normal cost* dan biaya untuk waktu dipersingkat/*crash cost*.

Untuk menentukan jumlah tenaga kerja (*resource*) yang akan ditambahkan dibutuhkan nilai produktivitas tenaga kerja pada pekerjaan yang akan dilakukan percepatan (*crashing*).

1) Perhitungan biaya normal (*normal cost*)

a) Menghitung koefisien bahan

$$Koefisien\ bahan = \frac{Biaya\ bahan}{Biaya\ bahan\ dan\ upah} \quad (1)$$

b) Menghitung total *normal cost* bahan

$$Total\ normal\ cost = Koef.Bahan \times Normal\ cost \times Volume\ pekerjaan \quad (2)$$

c) Menghitung koefisien upah

$$\text{Koefisien upah} = \frac{\text{Biaya upah}}{\text{Biaya bahan dan upah}} \quad (3)$$

d) Menghitung total *normal cost* upah

$$\text{Total normal cost} = \text{Koef. Upah} \times \text{Normal cost} \times \text{Volume pekerjaan} \quad (4)$$

2) Analisis produktivitas tenaga kerja

a) Menentukan kapasitas kerja per hari

$$\text{Kapasitas kerja} = \frac{1}{\text{Koefisien tenaga kerja}} \quad (5)$$

b) Menentukan jumlah indeks tenaga kerja/hari

$$\text{Jumlah indeks tenaga kerja} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja} \times \text{durasi kerja}} \quad (6)$$

c) Menghitung *cost normal*

$$\text{Harga upah} = \text{Jumlah tenaga kerja} \times \text{Harga satuan tenaga kerja} \quad (7)$$

$$\text{Cost normal} = \text{Jumlah harga upah} \times \text{durasi normal} \quad (8)$$

3) Perhitungan biaya dan durasi percepatan

a) Menentukan durasi *crashing*

$$\text{Durasi pekerjaan crashing} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Kapasitas kerja} \times \text{jumlah tenaga kerja}} \quad (9)$$

b) Menentukan biaya tambahan dan upah tenaga kerja

$$\text{Pekerja} = \frac{\text{Upah normal}}{\text{hari}} \times \text{tenaga kerja setelah ditambah} \quad (10)$$

$$\text{Cost crash} = \text{Jumlah upah} \times \text{durasi crash} \quad (11)$$

$$\text{Cost slope/hari} = \frac{\text{crash cost} - \text{normal cost}}{\text{normal duration} - \text{crash duration}} \quad (12)$$

$$\text{Cost slope total} = \text{cost slope/hari} \times (\text{durasi normal} - \text{durasi crash}) \quad (13)$$

b. Alternatif percepatan dengan penambahan jam kerja (lembur)

Jika jam per hari bertambah, maka pekerja terindikasi penurunan produktivitas dan perlu diketahui nilai penurunan produktivitasnya.

Perhitungan penurunan produktivitas

$$\text{a) Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \quad (14)$$

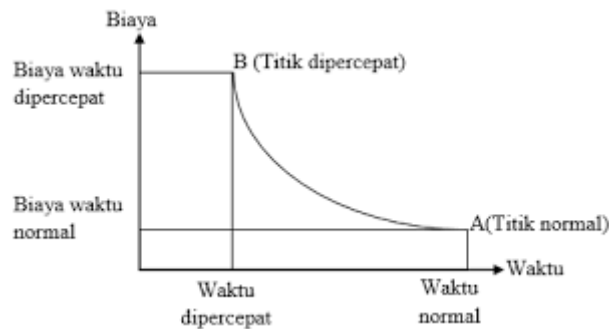
$$\text{b) Produktivitas per jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam kerja normal}} \quad (15)$$

3. MEMPERSINGKAT WAKTU PENYELESAIAN PROYEK

(AKSELERASI/CRASHING)

Crashing merupakan tindakan untuk mengurangi durasi keseluruhan pekerjaan setelah menganalisa alternatif-alternatif yang ada dari jaringan kerja, bertujuan untuk mengoptimalkan waktu kerja dengan biaya terendah (Taufiqur Rahman, 2013:1) dikutip oleh (Fika Giri, 2017). Seringkali dalam *crashing* terjadi *trade-off* yaitu pertukaran waktu dengan

biaya. Hal ini dapat digambarkan dalam bentuk grafik waktu biaya seperti pada Gambar 2.5 berikut.



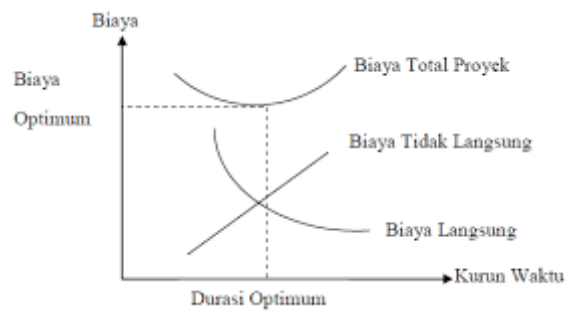
Gambar 2. Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk satu kegiatan
(Sumber: Soeharto, 1995)

Gambar 2.5 menunjukkan hubungan antara durasi-biaya, pada titik A memberikan informasi tentang biaya yang dibutuhkan dalam kondisi minimum, tetapi durasinya maksimum (waktu paling lambat) dan waktu normal (*normal duration*). Pada titik B memberikan informasi bahwa pada titik tersebut durasi berada pada waktu paling cepat sedangkan biaya yang dibutuhkan pada kondisi maksimum. Pada keadaan demikian titik B disebut waktu dipersingkat (*crash duration*) dan biaya waktu dipersingkat (*crash cost*). Garis penghubung antara titik-titik ini dihubungkan oleh garis-garis dan dalam keadaan normal berupa kurva biaya dari suatu kegiatan yang dihubungkan oleh segmen-segmen garis yang dapat berfungsi untuk menganalisis kegiatan apa yang masih layak untuk diadakan *crashing*. Cara yang digunakan adalah meninjau *slope* (kemiringan) dari masing-masing segmen garis yang dapat memberikan identifikasi mengenai pengaruh biaya terhadap pengurangan waktu penyelesaian suatu proyek.

Durasi *crashing* maksimum suatu aktivitas adalah durasi tersingkat untuk menyelesaikan suatu aktivitas yang secara teknis masih mungkin dengan asumsi sumber daya bukan merupakan hambatan (Soeharto, 1995). Durasi percepatan maksimum dibatas oleh luas proyek atau lokasi kerja.

4. HUBUNGAN ANTARA BIAYA DAN WAKTU

Biaya total proyek adalah penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tak langsung yang digunakan selama pelaksanaan proyek. Besarnya biaya ini sangat tergantung oleh lamanya waktu (durasi) penyelesaian proyek, kedua-duanya berubah sesuai dengan waktu dan kemajuan proyek. Meskipun tidak dapat diperhitungkan dengan rumus tertentu, tapi pada umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tak langsung yang diperlukan (Soeharto, 1995).



Gambar 3. Grafik hubungan waktu dengan biaya total, biaya langsung dan biaya tidak langsung
(Sumber: Soeharto, 1995)

Berdasarkan Gambar 3. ditunjukkan hubungan biaya langsung, biaya tak langsung dan biaya total terlihat bahwa biaya optimal didapatkan dengan mencari total biaya proyek yang terkecil. Hubungan semacam ini disebabkan karena setiap percepatan durasi proyek membutuhkan tambahan biaya langsung yang digunakan untuk menambah tingkat produktivitas kerja, menambah peralatan, mengganti metode kerja dan lain-lain. Disisi lain terjadi pengurangan biaya tidak langsung yang disebabkan oleh pengurangan durasi total proyek. Antara waktu penyelesaian proyek normal dan dipercepat mengakibatkan perubahan terhadap biaya total proyek.

5. ANALISIS PERTUKARAN WAKTU DAN BIAYA

(TIME COST TRADE OFF ANALYSIS)

Time Cost Trade Off Analysis (TCTO) adalah metode analisis yang digunakan untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek dengan cara kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi) dan biaya (Florensia, 2016). Tujuannya adalah memapatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimalisasi biaya total proyek. Pengurangan durasi proyek dilakukan dengan memilih aktivitas yang berada pada jalur kritis.

Menurut Ervianto (2004) pengertian *Time Cost Trade Off Analysis* adalah suatu proses yang di sengaja, sistematis dan analitis dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis. Selanjutnya melakukan kompresi dimulai dari lintasan kritis yang mempunyai nilai *cost slope* terendah. Kompresi terus dilakukan sampai lintasan kritis mempunyai aktivitas-aktivitas yang telah jenuh seluruhnya (tidak mungkin dikompres lagi).

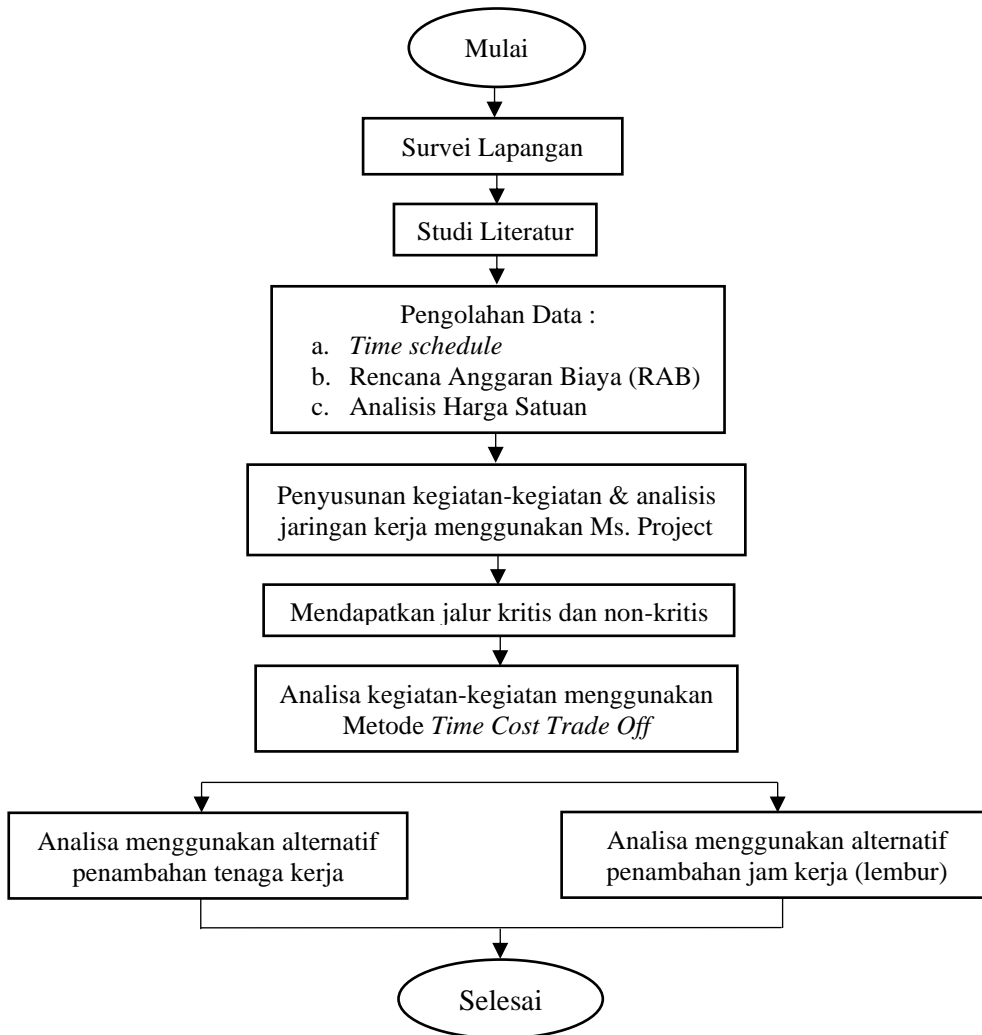
METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini membahas tentang percepatan untuk mendapatkan waktu dan biaya yang optimal, hubungan antara waktu dan biaya optimum agar pekerjaan dapat terlaksana tepat waktu atau lebih cepat dengan biaya yang optimum dengan menggunakan metode percepatan *Time Cost Trade Off Analysis*.

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini berupa :

- a) Gambar rencana proyek
- b) *Time schedule* proyek
- c) Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan Analisis harga satuan.

Tahapan-tahapan pelaksanaan dalam penelitian ini dirumuskan dan digambarkan pada kerangka penelitian Gambar 4 berikut.



Gambar 4. Kerangka Penelitian

Data umum proyek dijabarkan berikut ini :

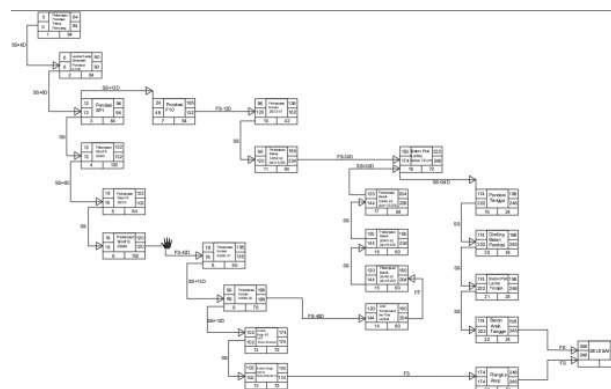
- a. Nama proyek = Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang
- b. Alamat proyek = Jl. Medan – Tebing Tinggi, Tj. Garbus 1, Kec. Lubuk Pakam, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara
- c. Pemilik proyek = Pejabat Pembuat Komitmen (PPK)
- d. Kontraktor = PT. Sige Sinar Gemilang
- e. Konsultan = CV. Rekayasa Utama Konsultan
- f. Tanggal kontrak = 19 Oktober 2020

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. MENYUSUN NETWORK DIAGRAM

Pengelompokkan pekerjaan dibuat berdasarkan pekerjaan utama yang tercantum pada schedule proyek dan RAB. Sedangkan untuk menentukan keterkaitan antar aktifitas, penyusunan logika menggunakan schedule proyek yang ada. Misalnya, untuk pekerjaan balok harus menunggu pekerjaan kolom selesai terlebih dahulu lalu pekerjaan balok dapat dimulai. Hubungan antara aktivitas dan durasi pada proyek yang ditinjau.

Setelah diketahui hubungan ketergantungan antar kegiatan dan durasi tiap kegiatan maka dapat disusun jaringan kerja dengan bantuan *software* Ms. Office Project untuk melakukan perhitungan maju dan mundur. Program ini dapat membantu mempercepat dalam proses pembuatan jaringan kerja. Setelah durasi dan ketergantungan untuk masing-masing kegiatan dimasukkan, maka akan diperoleh jaringan kerja berupa diagram *precedence* yang lengkap berisikan waktu mulai paling cepat (ES), waktu selesai paling awal (EF), waktu mulai paling lambat (LS) dan waktu selesai paling lambat (LF) dari suatu kegiatan, untuk mengidentifikasi kegiatan kritis, *float* dan waktu penyelesaian proyek dengan melihat diagram *precedence* dan total *float* dari masing-masing kegiatan dapat diketahui jalur kritis dan kegiatan-kegiatan kritis lainnya seperti pada Gambar 5 dan Tabel 1 berikut.



Gambar 5. Diagram PDM
(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

Tabel 1. Jalur Kritis Pembangunan Gedung Convention Hall Kab. Deli Serdang

No.	Item Pekerjaan	Durasi	Kode	Prodecessor	Total Float
1	Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang	14	A		0 hari
A. PEKERJAAN PONDASI POER DAN SLOOF					
2.	Lantai kerja di bawah pondasi K100	14	B	A (SS+6)	0 hari
3.	Pondasi SP1	14	C	B (SS+6)	0 hari
4.	Pekerjaan sloof S 25/40	20	D	C (SS)	0 hari
5.	Pekerjaan sloof S 25/35	14	E	D (SS+6)	0 hari
6.	Pekerjaan sloof S 40/40	17	F	E (SS)	0 hari
7.	Pondasi F10	14	G	C (SS+12)	24 hari
B. PEKERJAAN KOLOM LANTAI 1					
8.	Pekerjaan kolom 40/40 lt 1	10	H	F (FS-42)	0 hari
9.	Pekerjaan kolom 20/30 lt 1	7	I	G (FS-12)	26 hari
C. PEKERJAAN KOLOM LANTAI 2					

10	Pekerjaan kolom 40/40 lt 2	13	J	H (SS+12)	0 hari
11	Kolom baja H25 H 250x250x9x14	12	K	J (SS+12)	0 hari
12	Kolom baja I25 IWF 250x125x6x8	12	L	K (SS)	0 hari
13	Join konstruksi ke plat lantai	10	M	J (FS-48)	26 hari
D. PEKERJAAN PEMBALOKKAN LANTAI 2 (Elevasi + 5,00)					
14.	Pekerjaan balok 30/50 lt 2 (elv +5,00)	14	N	I (SS)	26 hari
15.	Pekerjaan balok 25/40	10	O	M (FF)	26 hari
16.	Pekerjaan balok 20/40	10	P	O (SS)	26 hari
E. LANTAI 2 (Elevasi + 10,00)					
17.	Pekerjaan balok 25/40	14	Q	P (SS)	26 hari
F. PEKERJAAN BETON PLAT LANTAI (LANTAI 2)					
18.	Beton plat lantai, tebal 12 cm	12	R	Q (SS+30) N (FS-30)	26 hari
G. PEKERJAAN TANGGA (SIPIL)					
19.	Pondasi tangga	4	S	R (SS+24)	48 hari
20.	Dinding beton pondasi	4	T	S (SS)	48 hari
21.	Beton plat lantai tangga	4	U	T (SS)	48 hari
22.	Beton anak tangga	4	V	U (SS)	48 hari
H. PEKERJAAN RANGKA ATAP					
23.	Rangka atap	12	W	L (FS)	0 hari
SELESAI				V (FS)	
				W (FS)	

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

2. ANALISA PERCEPATAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA

a) Perhitungan Biaya Normal (*Normal Cost*)

Normal *cost* adalah jumlah biaya total dari setiap aktivitas pekerjaan yang terdiri dari normal *cost* bahan dan normal *cost* upah. Untuk harga satuan bahan pembuatan kolom 40/40 lantai 2 beton (K-250) dijabarkan Tabel 2 berikut.

b) Tabel 2. Harga satuan pekerjaan 1 m3 beton K250

KEBUTUHAN	INDEKS	SATUAN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
Pekerjaan	1,6500	OH	120.000,00	198.000,00
Tukang	0,2750	OH	135.000,00	37.125,00
Kepala Tukang	0,0280	OH	145.000,00	4.060,00
Mandor	0,0830	OH	135.000,00	11.205,00
	Jumlah 1			250.390,00
Bahan :				
Semen (PPC)	384	Kg	1.180,00	721.920,00
Pasir	692	Kg	131,07	90.701,43
Kerikil	1.039	Kg	259,26	269.370,37
Air	215	Ltr	35,00	7.525,00
	Jumlah 2			1.089.516,80
Peralatan :				
Concrete Mixer	1,00	Ls	31.250,00	31.250,00
	Jumlah 3			31.250,00
	Total			1.371.156,80

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

Sedangkan *cost* bahan ditambah *cost* upah kolom baja dijabarkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. *Cost* bahan ditambah *cost* upah kolom 40/40 lt 2, kolom baja I25 dan kolom baja H25

No.	Item pekerjaan	Vol.	Total normal <i>cost</i> bahan	Total normal <i>cost</i> upah	<i>Cost</i> bahan + <i>cost</i> upah
1	Kolom 40/40 lt. 2				
	Beton K250	35,33	Rp. 38.490.449,47	Rp. 8.845.777,92	Rp. 47.336.227,39

	Besi ulir	3.033,60	Rp. 50.709.703,10	Rp. 5.886.700,80	Rp. 56.596.403,90
	Besi polos	855,69	Rp. 13.405.198,18	Rp. 1.660.459,73	Rp. 15.065.657,92
	Bekisting	353,28	Rp. 47.478.250,48	Rp. 46.982.707,20	Rp. 94.460.957,68
	Jumlah				Rp. 213.459.246,90
2	Kolom baja I25 IWF 250x125x6x8				
	Besi baja IWF	835,90	Rp. 19.225.792,00	Rp. 13.855.108,80	Rp. 33.808.900,80
	Jumlah				Rp. 33.808.900,80
3	Kolom baja H25 H 250x250x9x14				
	Besi baja H25	6.721,76	Rp. 154.600.498,40	Rp. 111.413.185,26	Rp. 266.013.683,66
	Jumlah				Rp. 266.013.683,66

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

c) Analisis Produktivitas Tenaga Kerja

Untuk pekerjaan kolom 40/40 lt. 2 terdiri dari empat (4) sub pekerjaan, yaitu Beton K250, Besi ulir, Besi polos dan bekisting. *Cost* upah normal kolom 40/40 lt 2, Kolom baja I25 dan Kolom baja H25 dijabarkan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. *Cost* upah normal pekerjaan kolom 40/40 lt. 2, kolom baja I25 dan kolom baja H25

No.	Tenaga kerja	Volume pekerjaan	Harga satuan tenaga kerja	Jumlah harga upah	Cost normal
Pekerjaan kolom 40/40 lt.2					
1	Pembuatan beton K250				
	a. Pekerja	35,33	Rp. 120.000	Rp. 89.679	Rp. 6.994.944
	b. Tukang	35,33	Rp. 135.000	Rp. 16.815	Rp. 1.311.552
	c. Kepala tukang	35,33	Rp. 145.000	Rp. 1.839	Rp. 143.432
	d. Mandor	35,33	Rp. 135.000	Rp. 5.075	Rp. 395.850
					Rp. 8.845.778
2	Pembuatan 1 kg besi ulir				
	a. Pekerja	3.033,60	Rp. 120.000	Rp. 326.695	Rp. 2.548.224
	b. Tukang	3.033,60	Rp. 135.000	Rp. 367.532	Rp. 2.866.752
	c. Kepala tukang	3.033,60	Rp. 145.000	Rp. 39.476	Rp. 307.910
	d. Mandor	3.033,60	Rp. 135.000	Rp. 21.002	Rp. 163.814
					Rp. 5.886.701
3	Pembuatan 1 kg besi polos				
	a. Pekerja	855,69	Rp. 120.000	Rp. 92.151	Rp. 718.777
	b. Tukang	855,69	Rp. 135.000	Rp. 103.670	Rp. 808.624
	c. Kepala tukang	855,69	Rp. 145.000	Rp. 11.135	Rp. 86.852
	d. Mandor	855,69	Rp. 135.000	Rp. 5.924	Rp. 46.207
					Rp. 1.660.460
4	Pembuatan 1 m² bekesting kolom				
	a. Pekerja	353,28	Rp. 120.000	Rp. 358.715	Rp. 27.979.776
	b. Tukang	353,28	Rp. 135.000	Rp. 210.777	Rp. 15.738.624
	c. Kepala tukang	353,28	Rp. 145.000	Rp. 21.672	Rp. 1.690.445
	d. Mandor	353,28	Rp. 135.000	Rp. 20.178	Rp. 1.573.862
					Rp. 46.982.707
Pekerjaan kolom baja I25 IWF 250x125x6x8					
1	Pembuatan besi baja IWF				
	a. Pekerja	835,90	Rp. 120.000	Rp. 83.590	Rp. 6.018.509
	b. Tukang	835,90	Rp. 135.000	Rp. 94.039	Rp. 6.770.822
	c. Kepala tukang	835,90	Rp. 145.000	Rp. 10.101	Rp. 727.236
	d. Mandor	835,90	Rp. 135.000	Rp. 4.702	Rp. 338.541
					Rp. 13.855.109
Pekerjaan kolom baja H25 H 250x250x9x14					
1	Pembuatan besi baja H25				
	a. Pekerja	6.721,76	Rp. 120.000	Rp. 672.176	Rp. 48.396.678
	b. Tukang	6.721,76	Rp. 135.000	Rp. 756.198	Rp. 54.446.262
	c. Kepala tukang	6.721,76	Rp. 145.000	Rp. 81.221	Rp. 5.847.932
	d. Mandor	6.721,76	Rp. 135.000	Rp. 37.810	Rp. 2.722.313
					Rp. 111.413.185

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

d) Perhitungan Biaya dan Durasi Percepatan

Hasil analisis perhitungan biaya dan durasi percepatan pada penelitian ini, dijabarkan pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Perhitungan Biaya dan Durasi Percepatan

No.	Jenis pekerjaan	Crash cost	Cost normal	Duration crash	Cost slope total
A. Pekerjaan Kolom 40/40 lt.2					
1	Beton K250	Rp. 14.864.256	Rp. 8.845.778	29,15	Rp. 6.018.478,08
2	Penulangan besi ulir	Rp. 6.954.528	Rp. 5.886.701	53,09	Rp. 1.067.827,20
3	Penulangan besi polos	Rp. 2.395.922	Rp. 1.660.460	29,95	Rp. 735.462,58
4	Bekisting kolom	Rp. 51.587.712	Rp. 46.982.707	58,29	Rp. 4.605.004,80
					Rp. 12.426.772,66
B. Pekerjaan Kolom Baja IWF					
1	Besi IWF	Rp. 21.757.133	Rp. 13.855.109	25,08	Rp. 7.902.024
					Rp. 7.902.024
C. Pekerjaan Besi Baja H25					
1	Besi H25	Rp. 120.386.310	Rp. 111.413.185	57,62	Rp. 8.973.125
					Rp. 8.973.125

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

e) Time Cost Trade Off Analysis untuk Penambahan Tenaga Kerja

Analisis ini dilakukan dengan cara kompresi (penekanan) pada beberapa aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Penekanan (kompresi) durasi proyek dilakukan pada item pekerjaan kolom 40/40 lantai 2, kolom baja H25 dan kolom baja I25.

Tahap normal

Durasi normal = 246 hari
 Biaya langsung = Rp. 6.308.209.831
 Biaya tidak langsung = Rp. 630.820.983
 Total biaya = Biaya langsung + biaya tidak langsung
 = Rp. 6.308.209.831 + Rp. 630.820.983
 = Rp. 6.939.030.814

Tahap kompresi dengan crashing

Crashing Kolom 40/40 lantai 2, Kolom baja H25 dan Kolom baja IWF

Cost slope/hari = Rp. 2.564.313
 Durasi normal = 246
 Durasi dipercepat = 232
 Total percepatan = 14
 Tambahan biaya = Rp. 2.564.313 x 14
 = Rp. 35.900.381
 Biaya langsung = Rp. 6.308.209.831 + Rp. 35.900.381
 = Rp. 6.344.110.212
 Biaya tidak langsung = (Rp. 630.820.983 / 246) x 232
 = Rp. 594.920.602
 Total cost = Rp. 6.344.110.212 + Rp. 594.920.602
 = Rp. 6.939.030.814

3. ALTERNATIF PERCEPATAN PENAMBAHAN LEMBUR 2 JAM

a) Menentukan crash duration lembur 2 jam

Menurut Soeharto (1995), produktivitas kerja lembur diperhitungkan berdasarkan grafik indikasi menurunnya produktivitas karena kerja lembur. Produktivitas tenaga kerja akan sangat

besar pengaruhnya terhadap total biaya proyek, minimal pada aspek tenaga kerja dan fasilitas yang diperlukan.

Tabel 6. Hasil perhitungan durasi *crashing*

Tenaga kerja	Durasi normal	Jam kerja normal	Crash duration	Crashing
Pekerjaan kolom 40/40 lantai 2				
Pembuatan beton K250				
Pekerja	78	8	65	13
Tukang	78	8	65	13
Kepala tukang	78	8	65	13
Mandor	78	8	65	13
Pembuatan 10 kg besi ulir				
Pekerja	78	8	65	13
Tukang	78	8	65	13
Kepala tukang	78	8	65	13
Mandor	78	8	65	13
Pembuatan 10 kg besi polos				
Pekerja	78	8	65	13
Tukang	78	8	65	13
Kepala tukang	78	8	65	13
Mandor	78	8	65	13
Pembuatan 1m² bekisting kolom				
Pekerja	78	8	65	13
Tukang	78	8	65	13
Kepala tukang	78	8	65	13
Mandor	78	8	65	13
Pekerjaan kolom baja I25 IWF 250x125x6x8				
Pembuatan besi baja IWF				
Pekerja	72	8	60	12
Tukang	72	8	60	12
Kepala tukang	72	8	60	12
Mandor	72	8	60	12
Pekerjaan kolom baja H25 H 250x250x9x14				
Pembuatan besi baja H25				
Pekerja	72	8	60	12
Tukang	72	8	60	12
Kepala tukang	72	8	60	12
Mandor	72	8	60	12

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

b) Menentukan *crush cost* lembur 2 jam

Crush cost dikeluarkan setelah dilakukan percepatan yang merupakan total biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan. Dimana biaya ini diperhitungkan dari jumlah biaya langsung dan biaya upah lembur total pekerja. Secara otomatis dengan adanya percepatan ini maka nilai biaya langsung untuk tiap item pekerjaan akan lebih besar dibandingkan dengan biaya langsung sebelumnya.

Tabel 7. Hasil perhitungan *crash cost* penambahan jam kerja (lembur)

Tenaga kerja	Upah per jam	Biaya lembur per jam	Durasi lembur	Crush cost
Pekerjaan kolom 40/40 lantai 2				
Pembuatan beton K250				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	65	Rp. 8.379.360
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 1.571.130
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	65	Rp. 171.819

Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 474.196
			Jumlah	Rp. 10.596.505
Pembuatan 10 kg besi ulir				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	65	Rp. 3.052.560
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 3.434.130
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	65	Rp. 368.851
Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 196.236
			Jumlah	Rp. 7.051.777
Pembuatan 10 kg besi polos				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	65	Rp. 861.035
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 968.664
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	65	Rp. 104.042
Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 55.352
			Jumlah	Rp. 1.989.093
Pembuatan 1m² bekisting kolom				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	65	Rp. 33.517.440
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 18.853.560
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	65	Rp. 2.025.012
Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	65	Rp. 1.885.356
			Jumlah	Rp. 56.281.368
Pekerjaan kolom baja I25 IWF 250x125x6x8				
Pembuatan besi baja IWF				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	60	Rp. 7.209.672
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	60	Rp. 8.110.881
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	60	Rp. 871.169
Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	60	Rp. 405.544
			Jumlah	Rp. 16.597.266
Pekerjaan kolom baja H25 H 250x250x9x14				
Pembuatan besi baja H25				
Pekerja	Rp. 15.000	Rp. 52.500	60	Rp. 57.975.187
Tukang	Rp. 16.875	Rp. 59.063	60	Rp. 65.222.085
Kepala tukang	Rp. 18.125	Rp. 53.438	60	Rp. 7.005.335
Mandor	Rp. 16.875	Rp. 59.063	60	Rp. 3.261.104
			Jumlah	Rp. 133.463.711

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

c) Menentukan cost slope

Cost slope merupakan pertambahan biaya langsung untuk mempercepat suatu aktivitas per satuan waktu. Pertambahan biaya tersebut berbanding lurus dengan nilai *crash cost*.

Tabel 8. *Cost slope* penambahan jam kerja (lembur)

Tenaga kerja	Crush cost	Normal cost	Crashing	Cost slope
Pekerjaan kolom 40/40 lantai 2				
Pembuatan beton K250				
Pekerja	Rp. 8.379.360	Rp. 6.994.944	13	Rp. 1.384.416
Tukang	Rp. 1.571.130	Rp. 1.311.552	13	Rp. 259.578
Kepala tukang	Rp. 171.819	Rp. 143.432	13	Rp. 28.388
Mandor	Rp. 474.196	Rp. 395.850	13	Rp. 78.345
			Jumlah	Rp. 1.750.727
Pembuatan 10 kg besi ulir				
Pekerja	Rp. 3.052.560	Rp. 2.548.224	13	Rp. 504.336
Tukang	Rp. 3.434.130	Rp. 2.866.752	13	Rp. 567.378
Kepala tukang	Rp. 368.851	Rp. 307.910	13	Rp. 60.941
Mandor	Rp. 196.236	Rp. 163.814	13	Rp. 32.422
			Jumlah	Rp. 1.165.077
Pembuatan 10 kg besi polos				
Pekerja	Rp. 861.035	Rp. 718.777	13	Rp. 142.258
Tukang	Rp. 968.664	Rp. 808.624	13	Rp. 160.040
Kepala tukang	Rp. 104.042	Rp. 86.852	13	Rp. 17.189

Mandor	Rp. 55.352	Rp. 46.207	13	Rp. 9.145
			Jumlah	Rp. 328.632
Pembuatan 1m² bekisting kolom				
Pekerja	Rp. 33.517.440	Rp. 27.979.776	13	Rp. 5.537.664
Tukang	Rp. 18.853.560	Rp. 15.738.624	13	Rp. 3.114.936
Kepala tukang	Rp. 2.025.012	Rp. 1.690.445	13	Rp. 334.567
Mandor	Rp. 1.885.356	Rp. 1.573.862	13	Rp. 311.494
			Jumlah	Rp. 9.298.661
Pekerjaan kolom baja I25 IWF 250x125x6x8				
Pembuatan besi baja IWF				
Pekerja	Rp. 7.209.672	Rp. 6.018.509	12	Rp. 1.191.163
Tukang	Rp. 8.110.881	Rp. 6.770.822	12	Rp. 1.340.059
Kepala tukang	Rp. 871.169	Rp. 727.236	12	Rp. 143.932
Mandor	Rp. 405.544	Rp. 338.541	12	Rp. 67.003
			Jumlah	Rp. 2.742.157
Pekerjaan kolom baja H25 H 250x250x9x14				
Pembuatan besi baja H25				
Pekerja	Rp. 57.975.187	Rp. 48.396.678	12	Rp. 1.595.698
Tukang	Rp. 65.222.085	Rp. 54.446.262	12	Rp. 10.775.823
Kepala tukang	Rp. 7.005.335	Rp. 5.847.932	12	Rp. 1.157.403
Mandor	Rp. 3.261.104	Rp. 2.722.313	12	Rp. 538.791
			Jumlah	Rp. 14.067.715

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

d) Perhitungan waktu dan biaya optimal setelah percepatan

Analisis ini dilakukan dengan cara melakukan kompresi (penekanan) pada beberapa aktivitas yang berada pada lintasan kritis.

Tabel 9. Perhitungan biaya setelah percepatan

	Normal	Tenaga Kerja	Jam Kerja
Durasi	246	232	234
Biaya langsung	Rp. 6.308.209.831	Rp. 6.344.110.212	Rp. 6.342.970.800
Biaya tidak langsung	Rp. 630.820.983	Rp. 594.920.602	Rp. 596.060.014
Penambahan biaya langsung	-	Rp. 35.900.381	Rp. 34.760.969
Pengurangan biaya tidak langsung	-	Rp. 35.900.381	Rp. 34.760.969

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

Uraian	Durasi (hari)	Biaya langsung	Biaya tidak langsung	Total biaya
Normal	246	Rp. 6.308.209.831	Rp. 630.820.983	Rp. 6.939.030.814
Alternatif penambahan tenaga kerja	232	Rp. 6.344.110.212	Rp. 594.920.602	Rp. 6.939.030.814
Alternatif penambahan jam kerja (lembur)	234	Rp. 6.342.970.800	Rp. 596.060.014	Rp. 6.939.030.814

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

e) Perhitungan efisiensi waktu dan biaya proyek

Efisiensi biaya dan waktu proyek merupakan perbandingan antara biaya dan waktu proyek rencana dengan biaya dan waktu proyek setelah dilakukan percepatan dengan alternatif penambahan tenaga kerja dan alternatif penambahan jam kerja (lembur).

Tabel 10. Perhitungan efisiensi waktu dan biaya proyek

	Efisiensi waktu proyek	Efisiensi biaya proyek
Efisiensi penambahan tenaga kerja	5,69%	-0,57%
Efisiensi penambahan jam kerja (lembur)	4,88%	-0,55%

(Sumber : Hasil penelitian, 2021)

KESIMPULAN (Font: Times New Roman, 11 pt, Bold)

Berdasarkan hasil analisa, maka diperoleh beberapa kesimpulan di antaranya :

- a) Biaya langsung dalam kondisi normal adalah sebesar Rp. 6.308.209.831 dan biaya tak langsung sebesar Rp. 630.820.983 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur 246 hari kerja.
- b) Biaya langsung dengan alternatif penambahan tenaga kerja sebesar Rp. 6.344.110.212 dan biaya tidak langsung sebesar Rp. 594.920.602 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur selama 232 hari kerja atau lebih cepat 5,69% dari durasi normal.
- c) Biaya langsung dengan alternatif penambahan jam kerja (lembur) sebesar Rp. 6.342.970.800 dan biaya tidak langsung sebesar Rp. 596.060.014 dengan durasi pelaksanaan pekerjaan struktur selama 234 hari kerja atau lebih cepat 4,88% dari durasi normal.
- d) Alternatif yang lebih ekonomis untuk menyelesaikan pekerjaan struktur ialah penambahan tenaga kerja karena lebih cepat 2 hari dari penambahan kerja (lembur) dan ditinjau dari segi produktivitas penambahan tenaga kerja lebih efektif digunakan dari pada penambahan jam kerja (lembur).
- e) Apabila waktu dipersingkat maka biaya langsung akan meningkat dan biaya tidak langsung akan berkurang.

DAFTAR PUSTAKA

- Callahan, M. T. 1992. *Construction Project Scheduling*. McGraw Hill, Inc.
- Dimiyati, H. N. 2014. *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka Setia.
- Giri, F. A. N, dkk. 2017. *Penerapan Metode Crashing dalam Percepatan Durasi Proyek dengan Alternatif Penambahan Jam Lembur dan Shift Kerja*. Jurnal Matriks Teknik Sipil Vol. 5 No. 2 hal. 583-591. Surakarta.
- Ervianto, W. I. 2004. *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Florensia, M. A. 2016. *Analisis Time Cost Trade Off untuk Mengejar Keterlambatan Proyek*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil.
- Frederika, A. 2010. *Analisis Percepatan Pelaksanaan dengan Menambahkan Jam Kerja Optimum pada Proyek Konstruksi*. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Vol. 14 No. 2. Bali.
- Heizer, & Render. 2005. *Operation Management*. Jakarta: Salemba Empat.

- Priyo, M. & Aulia, M. R. 2015. *Aplikasi Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Indonesia)*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknik Vol. 18 No. 1 hal. 30-43. Yogyakarta.
- Setiawati, S. Syahrizal, & Dewi, R. A. 2017. *Penerapan Metode CPM dan PERT pada Penjadwalan Proyek Konstruksi*. Jurnal Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.