

OPTIMASI WAKTU DAN BIAYA PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DENGAN METODE *TIME COST TRADE OFF* (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit Islam Unisma Tahap 3 Malang)

Ahmad Dwi Aprilyanto¹, Tiong Iskandar², I Nyoman Sudiasa³

¹²³⁾ Jurusan Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang

Email : Dwiapriyanto0@gmail.com

ABSTRACT

A construction project is a series of activities that are carried out only once and generally have a short period of time. Every project is always limited by constraints that affect each other and are commonly referred to as the project constraint triangle, namely the scope of work (scope), time and cost. In the construction project of RSI Unisma phase 3 Malang did not go according to plan, because it experienced delays in the implementation stage, especially in structural work. The method used to overcome delays in the construction project of RSI Unisma Phase 3 Malang is the Time Cost Trade Off (TCTO) with the alternative of adding 1 hour of overtime work, and 2 hours on the remaining structural work that is on a critical path, as well as comparing normal time and costs. with time and cost after acceleration. Based on the results of the calculation analysis, from the remaining normal time of 74 days and the remaining implementation costs of Rp. 3,909,407,471.21, the results of the acceleration time with the addition of 1 hour of overtime are 65 days (12.16% reduced), while the acceleration cost is Rp. 3,937.350,283.71 (0.71% increase), and the result of the acceleration time with the addition of 2 hours of overtime is 62 days (16.22% decreased), while the acceleration fee is Rp. 3,950,526,091.00 (1.05% increase) . So from the results of the most optimal acceleration is the addition of 2 hours of overtime because it has a faster completion time than normal time and with the most optimal cost.

Keywords : Time Cost Trade Off, Time, Cost.

ABSTRAK

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Setiap proyek selalu dibatasi oleh kendala-kendala yang sifatnya saling mempengaruhi dan biasa disebut sebagai segitiga *project constraint* yaitu lingkup pekerjaan (*scope*), waktu dan biaya. Pada proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang tidak berjalan sesuai dengan rencana, karena mengalami keterlambatan pada tahap pelaksanaannya terutama pada pekerjaan struktur. Metode yang digunakan untuk mengatasi keterlambatan pada proyek pembangunan RSI Unisma Tahap 3 Malang adalah *Time Cost Trade Off* (TCTO) dengan alternatif penambahan jam kerja lembur 1 jam, dan 2 jam pada sisa pekerjaan struktur yang berada pada lintasan kritis, serta membandingkan waktu dan biaya normal dengan waktu dan biaya setelah percepatan. Berdasarkan hasil analisa perhitungan, dari sisa waktu normal 74 hari dan sisa biaya pelaksanaan sebesar Rp 3.909.407.471,21, didapatkan hasil waktu percepatan dengan penambahan 1 jam lembur yaitu 65 hari (12,16% berkurang), sedangkan untuk biaya percepatan sebesar Rp 3.937.350.283,71 (0,71% bertambah), dan hasil waktu percepatan dengan penambahan 2 jam lembur yaitu 62 hari (16,22% berkurang), sedangkan untuk biaya percepatan sebesar Rp 3.950.526.091,00 (1,05% bertambah). Maka dari hasil percepatan yang paling optimal adalah dengan penambahan 2 jam lembur karena memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dari waktu normal dan dengan biaya paling optimal.

Kata Kunci : Time Cost Trade Off, Waktu, Biaya

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu

hasil kegiatan yang berupa bangunan (Ervianto, 2004:11). Menurut Santosa (2009:3) dalam pelaksanaannya, setiap proyek selalu dibatasi oleh kendala-kendala yang sifatnya saling mempengaruhi dan biasa disebut sebagai segitiga *project constraint* yaitu lingkup pekerjaan (*scope*), waktu dan biaya. Dimana keseimbangan ketiga konstrain tersebut menentukan kualitas suatu proyek. Perubahan salah

satu atau lebih faktor tersebut mempengaruhi setidaknya satu faktor lainnya.

Pada proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang yang berlokasi di Jalan MT. Haryono no. 163 Kota Malang. Proyek yang direncanakan selesai dalam 360 hari masa kalender, yang dimulai pengerjaannya dari minggu ke 1 bulan maret 2020 hingga minggu ke 52 pada bulan Februari 2021. Pada minggu ke 34 kalender proyek yang seharusnya dalam *time schedule* mencapai prosentase 74,904%, akan tetapi mulai mengalami keterlambatan pada tahap pekerjaannya sejak minggu ke 11 kalender proyek, sehingga prosentase pada minggu ke 34 dalam realisasinya adalah 45,276%. Berdasarkan data laporan mingguan dan *time schdule* yang ada, keterlambatan terjadi salah satunya disebabkan karena adanya insiden kecelakaan kerja yang terjadi pada 8 september 2020, yang berakibat di tutupnya lokasi proyek selama kurang lebih 14 hari (minggu ke 26 sampai minggu ke 28 kalender proyek), hal ini tentunya akan berdampak pada jalannya pelaksanaan proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang terutama pada tahap pekerjaan struktur.

Sehingga dari hasil pengamatan di lapangan dan analisis data, untuk mengatasi keterlambatan pada pelaksanaan proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang terutama pada pekerjaan struktur, maka diperlukan percepatan agar proyek segera dapat diselesaikan agar tidak mengganggu pekerjaan-pekerjaan selanjutnya. Maka dalam penelitian ini metode yang akan digunakan untuk percepatan yaitu dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam lembur, yang akan cukup efisien dilaksanakan karena dalam pelaksanaannya dikerjakan oleh orang-orang yang sama. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini berjudul: Optimasi Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung Dengan Metode *Time Cost Trade Off* (Studi Kasus: Pembangunan Rumah Sakit Islam Unisma Tahap 3 Malang).

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghitung waktu dan biaya yang dibutuhkan untuk pelaksanaan proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang pada sisa pekerjaan struktur menggunakan metode *Time Cost Trade Off* dengan penambahan jam kerja lembur.
2. Menganalisis perbandingan waktu dan biaya pada pelaksanaan proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang pada sisa pekerjaan struktur sebelum dan sesudah diterapkan metode *Time Cost Trade Off*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

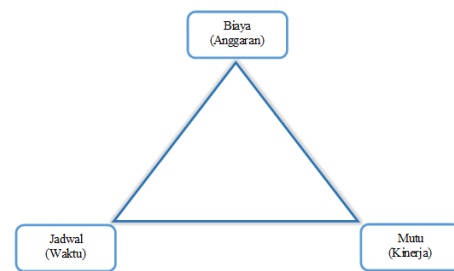
Proyek dan Manajemen Proyek

Proyek konstruksi adalah suatu rangkaian kegiatan yang bersifat sementara yang sudah ditetapkan awal pekerjaannya dan waku selesainya.

Manajemen proyek adalah aplikasi pengetahuan (*knowledges*), keterampilan (*skills*), alat (*tools*) dan teknik (*techniques*) dalam aktivitas-aktivitas proyek untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan proyek.

Konsep kegiatan proyek

Kegiatan proyek merupakan suatu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Lingkup (*scope*) tugas tersebut dapat berupa pembangunan pabrik, pembuatan produk baru atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan. (Soeharto, 1995:2)



Gambar 1 Triple Constraint
(Sumber: Soeharto, 1995:2)

Didalam proses mencapai tujuan tersebut, ada batasan yang harus dipenuhi yaitu besar biaya (anggaran) yang harus dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek Ketiga batasan di atas disebut tiga kendala (triple constraint). (Soeharto, 1995:2).

Network Planning (Jaringan Kerja)

Network planning (jaringan kerja) merupakan cara untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Ada beberapa hal yang harus dilakukan terlebih dahulu dalam membuat metode jaringan kerja yaitu (Widiasanti & Lenggogeni, 2013:49):

1. Menentukan Aktivitas/Kegiatan
2. Menentukan Durasi Aktivitas Kegiatan
3. Mendeskripsikan Aktivitas/Kegiatan
4. Menentukan Hubungan yang Logis.

Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang dapat memberikan informasi

tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber-sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek. Penjadwalan adalah pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hingga tercapai suatu hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. (Husen, 2011:154).

1. Bagan Balok (*Bar Chart*)

Fungsi dari diagram batang (*Bar Chart*) digunakan untuk mengidentifikasi unsur waktu dan urutan dalam perencanaan suatu kegiatan yang terdiri dari waktu selesai dan waktu pelaporan. *Bar chart* adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal. Kolom arah horizontal menunjukkan skala waktu.

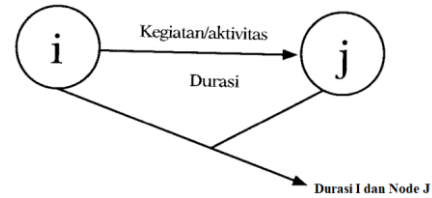
2. Kurva S

Kurva S secara grafis adalah penggambaran kemajuan kerja (bobot %) kumulatif pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal. Untuk menentukan bobot pekerjaan, pendekatan yang dilakukan dapat berupa perhitungan persentase berdasarkan biaya setiap item pekerjaan dibagi nilai anggaran (Husen, 2011:155).

3. Critical Path Method

Pada dasarnya metode *Critical Path Method* (CPM) hampir sama dengan metode *PERT*, perbedaan mendasarnya adalah dalam waktu. *Critical Path Method* (CPM) dapat memperkirakan waktu *Barchart* yang dibutuhkan untuk melaksanakan setiap kegiatan dan dapat menentukan prioritas kegiatan yang harus mendapatkan perhatian pengawasan yang cermat agar dapat selesai sesuai rencana.

Dalam CPM terdapat dua metode yaitu *Activity on Arrow* dan *Activity on Node*. Dua elemen penting pada AOA yaitu anak panah dan node. Satu anak panah dibuat untuk setiap kegiatan yang dikerjakan. Ekor anak panah merupakan awal dari kegiatan, sementara kepala anak panah merupakan akhir dari kegiatan. Node-node ini diletakkan di awal dan akhir setiap anak panah. Karena proyek didefinisikan sebagai suatu kegiatan yang ada awal dan akhir, maka node-i dibutuhkan sebagai awal, dan node-j dibutuhkan sebagai akhir dalam setiap proyek. Keseluruhan aktivitas-aktivitas tersebut, dimulai dari aktivitas pertama dengan node-i dan diakhiri dengan node-j disebut “jaringan kerja”. (Widiasanti & Lenggogeni, 2013:53-54).

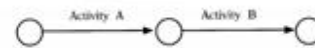


Gambar 2 Node I-J

Berikut adalah contoh jaringan kerja sederhana:

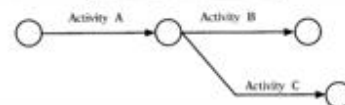
Contoh 1:

Activity	Prior Activity
A	None
B	A



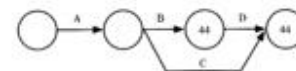
Contoh 2:

Activity	Prior Activity
A	None
B	A
C	A



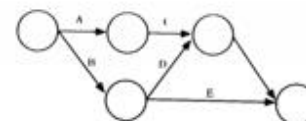
Contoh 3:

Activity	Predecessors Activity
A	None
B	A
C	A
D	B



Contoh 4:

Activity	Precl. Act
A	None
B	None
C	A
D	B
E	B
F	C, D



Gambar 3 Jaringan Kerja

(Sumber: Widiasanti & Lenggogeni, 2013:55-59)

Jalur kritis ditentukan dengan melihat hasil dari perhitungan maju dan mundur, apabila hasil dari kedua perhitungan tersebut mempunyai angka yang sama maka jalur dengan keadaan seperti itu disebut dengan jalur kritis. Perhitungan maju digunakan untuk menghitung EET, dimana EET adalah kegiatan paling awal atau waktu yang cepat dari kejadian. (Soeharto, 1995:198)

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

Keterangan:

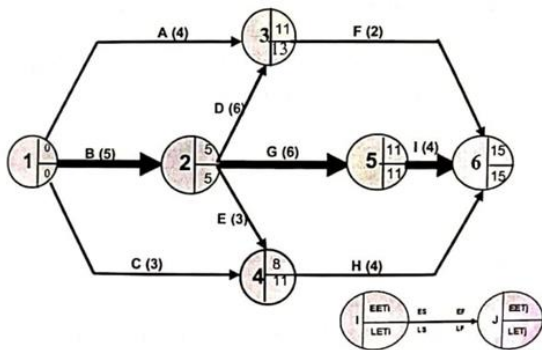
EET_i = waktu mulai paling cepat dari event i

EET_j = waktu mulai paling cepat dari event j

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

Berikut merupakan tahap-tahap untuk menghitung EET:

- Tentukan nomor kegiatan dari kiri ke kanan, mulai dari kegiatan nomor berturut-turut sampai dengan nomor kegiatan terakhir.
- Tentukan nilai EETi untuk kegiatan nomor 1 (paling kiri) dengan angka awal yaitu nol.
- Menghitung nilai EETj kegiatan berikutnya dengan rumus 2.1 apabila terdapat beberapa kegiatan (termasuk *dummy*) menuju atau dibatasi oleh kegiatan yang sama maka diambil nilai EETj yang maksimum.



Gambar 4 Critical Path Method
(Sumber: Hamdan & Kadar, 2014:161)

Hasil dari Perhitungan maju dimasukkan Pada kolom atas di dalam lingkaran seperti yang terlihat pada gambar 2.6, sedangkan kolom bawahnya diisi dari hasil perhitungan mundur. Hitungan mundur dimulai dari ujung kanan (hari terakhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Perhitungan mundur ini digunakan untuk menghitung LET, dimana LET adalah kegiatan paling akhir atau waktu paling lambat dari event. (Soeharto, 1995:200)

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

Keterangan:

- LET_i = waktu mulai paling lambat dari event i
LET_j = waktu mulai paling lambat dari event j
D_{ij} = durasi untuk melaksanakan kegiatan antara event i dan event j

Berikut merupakan tahap-tahap untuk menghitung LET:

- Tentukan nilai LET kegiatan terakhir (paling kanan) sesuai dengan nilai EET kegiatan terakhir.
- Menghitung nilai LET dari kanan ke kiri dengan rumus 2.2.
- Bila terdapat lebih dari satu kegiatan (termasuk *dummy*) maka dipilih LET yang minimum.

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

Time Cost Trade Off adalah cara mengatasi masalah-masalah seperti proses penjadwalan durasi proyek

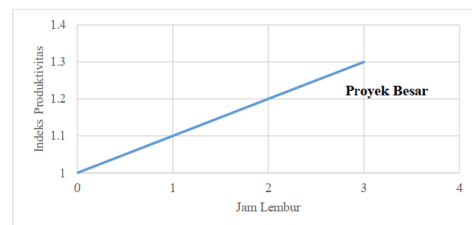
yang tidak sesuai dengan durasi kontrak, terjadi keterlambatan/ indikasi akan terjadi keterlambatan pada pelaksanaan kegiatan proyek, untuk memperoleh bonus apabila penyelesaian proyek dipercepat, atau mempercepat jadwal proyek karena menghindari cuaca buruk pada sisa waktu proyek. Sebagai konsekuensi dari penyesuaian durasi proyek lebih cepat, biasanya adalah dengan menambah biaya, berupa biaya *direct cost* dan *indirect cost*. (Husen, 2011:184)

Ada beberapa macam cara yang dapat digunakan untuk melakukan percepatan penyelesaian waktu proyek. Cara-cara tersebut antara lain:

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

Pelaksanaan Penambahan Jam Kerja (Lembur)

Salah satu strategi untuk mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah dengan menambah jam lembur para pekerja. Penambahan jam lembur ini sangat sering dilakukan dikarenakan dapat memberdayakan sumber daya yang sudah ada di lapangan dan cukup dengan mengefisienkan tambahan biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor. Biasanya waktu kerja normal pekerja adalah 8 jam (dimulai pukul 07.00 dan selesai pukul 16.00 dengan satu jam istirahat), kemudian jam lembur dilakukan setelah jam kerja normal selesai. Penambahan jam lembur bisa dilakukan dengan melakukan penambahan 1 jam, 2 jam, dan 3 jam, sesuai dengan waktu penambahan yang diinginkan. Semakin besar penambahan jam lembur dapat menimbulkan penurunan produktivitas. Indikasi dari penurunan produktivitas pekerja terhadap penambahan jam lembur dapat dilihat pada gambar dibawah:



Gambar 5 Grafik Indikasi Penurunan Produktivitas Akibat Penambahan Jam Kerja
(Sumber: Soeharto, 1995:165)

Salah satu pendekatan yang dipakai untuk mengukur indikasi menurunnya produktivitas tenaga kerja akibat kerja lembur adalah menggunakan parameter indeks produktivitas seperti pada **Gambar 5**, pada grafik tersebut menunjukkan indikasi penurunan

produktivitas setiap bertambahnya jumlah jam perhari dan hari per minggu, maka nilai selisih indeks produktivitas akibat kerja lembur adalah 0,1 per jam atau mengalami penurunan indeks produktivitas sebesar 0,1 dalam setiap jam. Berikut adalah langkah untuk mengetahui produktivitas serta hasil *crash duration* akibat penambahan jam kerja lembur:

a. Produktivitas harian

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{volume}}{\text{durasi normal}}$$

b. Produktivitas tiap jam

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{produktivitas harian}}{\text{jam kerja per hari}}$$

c. Produktivitas harian sesudah *crash*

$$\text{Produktivitas harian sesudah crash} = (\text{Jam kerja Perhari} \times \text{Produktivitas Tiap Jam}) + (a \times b \times \text{Produktivitas Tiap Jam})$$

Keterangan:

a = lama penambahan jam lembur

b = koefisien penurunan produktivitas akibat lembur

Nilai koefisien penurunan produktivitas tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut ini:

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, 1995)

d. *Crash duration*

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{volume}}{\text{produktivitas harian}}$$

Biaya Tambahan Pekerja (*Crash Cost*)

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 pasal 3, pasal 7 dan pasal 11 diperhitungkan bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah per jam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Menurut Soeharto (1995:214) Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja akibat jam lembur dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

a. Upah Pekerja Per Hari (Normal)

$$= \text{Produktivitas Harian} \times \text{Harga Satuan Upah Pekerja}$$

b. Upah Pekerja Per Jam (Normal)

$$= \text{Produktivitas Per Jam} \times \text{Harga Satuan Upah Pekerja}$$

c. Upah Lembur Pekerja

$$= 1,5 \times \text{upah untuk penambahan jam lembur pertama} + 2 \times n \times \text{upah untuk penambahan jam lembur berikutnya dengan: } n = \text{jumlah penambahan jam kerja (lembur)}$$

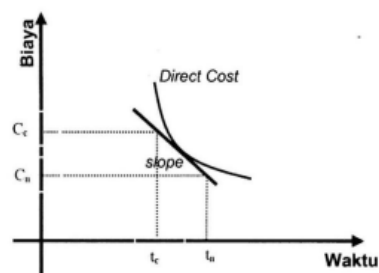
d. *Crash Cost* Pekerja Per Hari

$$= (\text{Jam Kerja Perhari} \times \text{Normal Cost Pekerja}) + (n \times \text{Biaya Lembur Per Jam})$$

$$\text{e. Cost Slope} = \frac{\text{Crash Cost} - \text{Normal Cost}}{\text{Durasi Normal} - \text{Durasi Crash}}$$

Hubungan Antara Biaya dan Waktu

Biaya total proyek sama dengan penjumlahan dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya total proyek sangat bergantung dari waktu penyelesaian proyek. Hubungan antara biaya dengan waktu dapat dilihat pada **Gambar 6**. Bila waktu penyelesaian proyek lebih lama dari waktu normal dimana $t > t_n$, maka proyek akan terlambat, yang berarti biaya bertambah dan penggunaan sumberdaya menjadi tidak efektif. Bila waktu dipercepat dengan waktu penyelesaian kurang dari waktu normal, dimana $t < t_n$, maka biaya juga akan meningkat karena jumlah sumber daya ditambah sesuai kebutuhan. **Gambar 5** memperlihatkan bahwa semakin besar penambahan jumlah jam lembur maka akan semakin cepat waktu penyelesaian proyek, akan tetapi sebagai konsekuensinya maka terjadi biaya tambahan yang harus dikeluarkan akan semakin besar. (Husen, 2011:185)



Gambar 6 Hubungan Waktu dan Biaya dengan *Direct Cost*

(Sumber: Husen, 2011:185)

Keterangan:

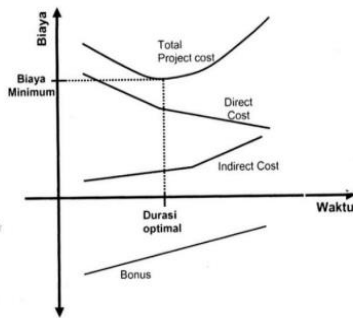
t_n = normal time

C_n = normal cost

t_c = crash time

C_c = crash cost

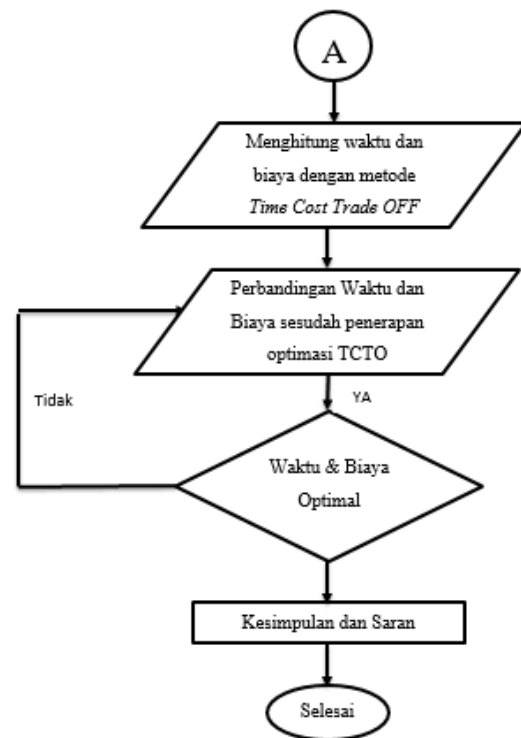
Gambar 7 terlihat bahwa biaya total proyek adalah "*direct cost + indirect cost - bonus*", dimana nilai optimal yang diambil adalah nilai total proyek terkecil sehingga durasi proyek yang lebih singkat didapat sebagai hasil dari proses *least cost analysis*. Dalam proses ini juga dapat ditunjukkan bahwa *direct cost* akan cenderung naik seiring dengan berkurangnya durasi proyek. Sebaliknya *indirect cost* akan cenderung menurun dengan berkurangnya durasi proyek.



Gambar 7 Total Project Cost
(Sumber: Husen, 2011:186)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada proyek Pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang yang berlokasi di jalan MT. Haryono no 163, Dinoyo, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Proses penganalisisan data dilakukan dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan jam kerja lembur. Tahapan-tahapan dalam proses analisis dapat dilihat pada bagan alir berikut ini.



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Aktivitas Sisa

Proyek Pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang direncanakan akan selesai pada bulan Februari tahun 2021. Berdasarkan data yang diperoleh dari realisasi yang terdapat dalam *Time Schedule* (lampiran 2) dan progress mingguan (lampiran 3) dapat diketahui bahwa proyek mengalami keterlambatan. Identifikasi aktivitas sisa dilakukan hanya pada pekerjaan struktur, yaitu sampai pengerjaan struktur lantai IX. Identifikasi ini ditinjau mulai minggu ke-11 hingga minggu ke-34 karena terlihat bahwa proyek mengalami keterlambatan. Pada minggu ke 34, proyek yang seharusnya sudah mencapai bobot presentase penyelesaian 74,904%, tetapi pada realisasi di lapangan proyek baru mencapai bobot presentase penyelesaian 45,276%, hal ini berarti bahwa proyek mengalami keterlambatan sebesar $\pm 29,628\%$. Pekerjaan yang mengalami keterlambatan yaitu pada pekerjaan struktur lantai VII sampai IX, maka untuk mengatasi keterlambatan maka akan diterapkan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan 1 jam lembur dan 2 jam lembur.

Biaya Normal

Biaya normal proyek dapat diketahui dari data RAB proyek yaitu sebesar Rp 57.300.000.000,00 sedangkan pada pekerjaan struktur sebesar Rp 22.146.927.000,00.

Waktu Normal

Pada pelaksanaan proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang menggunakan kalender normal dari data *time schedule*, dengan 7 hari kerja (Senin - Minggu) dan 8 jam kerja perhari. Pada **Tabel 2** menunjukkan contoh perhitungan total kapasitas produktifitas perhari pada pekerjaan pembesian Kolom 70/70 Beton K-300 sehingga didapatkan waktu normal pelaksanaan pekerjaan sebagai berikut.

Tabel 2 Contoh Perhitungan Waktu Normal

No	Urutan Pekerjaan	Satuan	Koefisien	Kapasitas	Jumlah tenaga	Total kap. produksi perhari	N. Pekerjaan	Waktu pelaksanaan hari
a	b	c	d	e=1/d	f	g=e*f	h	i=h/g
Pekerjaan Lantai VII								
Kolom 70/70 beton K-300 (K.2)								
	Besi Ulat					16893,299		12,924
1	Tenaga				22	314,29		
	Pekerja Biasa	Org/hr	0,07	14,29	22	314,29		
	Tukang Besi	Org/hr	0,07	14,29	22	314,29		
	Kepala Tukang Besi	Org/hr	0,007	142,86	3	428,57		
	Mandor	Org/hr	0,004	250,00	1	250,00		

(Sumber: Hasil Analisis)

Jumlah total sumber daya manusia dalam pekerjaan pembesian Kolom 70/70 Beton K-300 pada struktur lantai VII dengan volume 16893,299 kg terdapat beberapa pekerja, terdiri dari pekerja biasa 22 orang, tukang batu 22 orang, kepala tukang besi 3 orang, dan mandor 1 orang. Dengan produksi perhari $314,29 + 314,29 + 428,57 + 250,00 = 1.307,14$ kg/hari

$$\text{Durasi Normal} = \frac{\text{Volume}}{\text{produktivitas kerja perhari}} = \frac{16893,299}{1.307,14} = 12,924 \approx 13 \text{ hari}$$

Analisis Sisa Waktu dan Biaya

Dari peninjauan progres mingguan dan *time Schedule* proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang di ketahui bahwa pekerjaan yang belum selesai 100% yaitu pekerjaan pada lantai VII sampai Lantai IX. Sebagai contoh perhitungan sisa waktu dan biaya pada pekerjaan pembesian pada Kolom 70/70 beton K-300 (K2) pada pekerjaan struktur lantai VII dengan prosentase realisasi 55%:

- Produktivitas kerja perhari = 1.307,14 kg/hari
- Realisasi di lapangan = 55%
- Volume = 16893,299 kg
- Volume Sisa
= Volume – (Volume × realisasi di lapangan)
= 16893,299 – (55% × 16893,299)
= 7601,984 kg
- Waktu Sisa

$$= \frac{\text{Volume Sisa}}{\text{Produktivitas kerja rata-rata perhari}} = \frac{7601,984}{1.307,14} = 5,816 \approx 6 \text{ hari}$$

Sedangkan untuk sisa biaya didapatkan dari volume sisa keseluruhan pada tiap-tiap aktivitas pekerjaan dikalikan dengan harga satuan yang didapatkan dari RAB, sebagai contoh pada pekerjaan Kolom 70/70 beton K-300 (K2) struktur lantai VII:

- Realisasi di lapangan = 55%
- Volume = 61,740 m³
- Harga satuan = Rp 4.500.000,00
- Volume Sisa
= Volume – (Volume × realisasi di lapangan)
= 61,740 – (55% × 61,740)
= 27,783 m³
- Biaya Sisa
= 27,783 × 4.500.000
= Rp 125.023.500,00

Dari hasil analisis perhitungan sisa biaya yang dibutuhkan, untuk pekerjaan struktur pada proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang yaitu sebesar Rp 3.909.407.471,21.

Menyusun Waktu Penyelesaian Dengan Menggunakan CPM (Critical Path Method)

Tujuan dari penyusunan penjadwalan dengan CPM yaitu untuk mengetahui berapa waktu penyelesaian proyek Pembangunan RSI Unisma Tahap 3 Malang pada sisa pekerjaan struktur dan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Sehingga dari penyusunan CPM didapat waktu penyelesaian selama 74 hari dan pada **Tabel 3** menunjukan kegiatan pada lintasan kritis yang akan di percepat dmenggunakan *metode Time Cost Trade Off* dengan alternatif 1 jam lembur dan 2 jam lembur

Tabel 3 Daftar kegiatan kritis yang akan dipercepat

Kode Pekerjaan	Urutan Pekerjaan	Waktu Penyelesaian	Nomer Pekerjaan	Pekerjaan Pendahu	Keterangan
PEKERJAAN BETON LANTAI VII					
a1	Kolom 70/70 beton K-300 (K.2)	8	1		dipercepat
a6	Balok 40/70 beton K-300	11	8	6, 7	dipercepat
PEKERJAAN BETON LANTAI VIII					
b1	Kolom 70/70 beton K-300 (K.2)	12	13	1	dipercepat
b2	Kolom 40/60 beton K-300 (K.3)	4	14	13	dipercepat
b5	Kolom 40/40 beton K-300 (K.6)	4	17	16	dipercepat
b7	Dinding Geser/ Beton K 300	11	19	18	dipercepat
b8	Balok 40/70 beton K-300	18	20	12, 17, 19	dipercepat
PEKERJAAN BETON LANTAI IX					
c1	Kolom 70/70 beton K-300 (K.2)	16	25	13	dipercepat
c2	Kolom 40/60 beton K-300 (K.3)	5	26	25	dipercepat
c5	Kolom 40/40 beton K-300 (K.6)	5	29	28	dipercepat
c6	Kolom 20/40 - beton K-300 (PER	4	30	25	dipercepat
c7	Dinding Geser/ Beton K 300	13	31	30	dipercepat
c8	Balok 40/70 beton K-300	22	32	24, 29, 31	dipercepat

(Sumber: Hasil Analisis)

Analisa Time Cost Trade Off

Dalam mengatasi keterlambatan pada suatu proyek maka perlu diterapkan metode percepatan, salah satunya yaitu dengan metode *Time Cost Trade Off* terhadap pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis, sehingga waktu penyelesaian proyek dapat dipercepat.

Penambahan Jam Kerja Lembur

Proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang tiap minggunya dikerjakan selama 7 (tujuh) hari yaitu hari senin sampai dengan hari minggu dengan 8 (delapan) jam kerja mulai pukul 08.00 WIB sampai dengan pukul 17.00 WIB dan 1 (satu) jam

istirahat yaitu pukul 12.00 WIB sampai dengan pukul 13.00 WIB, sedangkan untuk jam kerja lembur pada penelitian ini dilakukan setelah jam kerja normal.

Berdasarkan peraturan Keputusan Menteri Tenaga Kerja Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 pasal 3 dan pasal 11 maka diambil alternatif penambahan jam lembur 1 jam/hari dan 2 jam/hari mulai dari pukul 18.00 WIB, karena apabila dilaksanakan penambahan jam lembur 3 jam/hari dengan 7 hari kerja maka akan bertentangan dengan peraturan.

Produktivitas Kerja Lembur

Produktivitas normal perhari yang digunakan untuk perhitungan diambil berdasarkan dari salah satu produktivitas jam kerja perhari. Penurunan produktivitas kerja lembur disebabkan oleh kelelahan pekerja, keterbatasan pandangan pada malam hari, serta keadaan cuaca yang dingin. Untuk koefisien penurunan produktivitas akibat kerja lembur dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Indeks Penurunan Produktivitas Jam Lembur

Jam lembur	Selisih indeks produktivitas	Penurunan prestasi kerja (per jam)	Presentase penurunan kerja (%)	Koef.pengurangan produktivitas
a	b	c=a*b	d=c*100%	e=100%-d
1 jam	0.1	0.1	10%	90%
2 jam	0.1	0.2	20%	80%

(Sumber: Hasil Analisis)

Crash Duration

Untuk kegiatan-kegiatan kritis yang dipercepat waktu penyelesaiannya, dihitung berdasarkan penambahan alternatif 1 jam/hari, dan 2 jam/hari dari sisa waktu normal.. Berikut salah satu contoh perhitungan untuk pekerjaan struktur lantai VII Kolom 90/90 beton K-300 pada tahap pembesian:

- a. *Crash duration* berdasarkan penambahan 1 jam kerja lembur.
- Volume sisa = 7.601,984 kg
Waktu sisa = 5,816 ≈ 6 hari

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Pekerjaan}} = \frac{7.601,984}{6} \\ &= 1.307,14 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas per jam} &= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam kerja perhari}} = \frac{1.307,14}{8} \\ &= 163,393 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian sesudah crash} &= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) + (\text{Lama penambahan jam lembur} \times \text{koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur} \times \text{Produktivitas tiap jam}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (8 \times 163,393) + (1 \times 0,9 \times 163,393) \\ &= 1454,196 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Crash duration

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{produktivitas harian sesudah crash}} \\ &= \frac{7601,984}{1454,196} \\ &= 5,228 \text{ hari} \approx 5 \text{ hari} \end{aligned}$$

- b. *Crash duration* berdasarkan penambahan 2 jam kerja lembur.

$$\begin{aligned} \text{Volume sisa} &= 7.601,984 \text{ kg} \\ \text{Waktu sisa} &= 5,816 \approx 6 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Durasi Pekerjaan}} = \frac{7.601,984}{6} \\ &= 1.307,14 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Produktivitas per jam} &= \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{jam kerja perhari}} = \frac{1.307,14}{8} \\ &= 163,393 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian sesudah crash} &= (\text{Jam kerja perhari} \times \text{Produktivitas tiap jam}) \\ &+ (\text{Lama penambahan jam lembur} \times \text{koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam lembur} \times \text{Produktivitas tiap jam}) \\ &= (8 \times 163,393) + (2 \times 0,8 \times 163,393) \\ &= 1568,571 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

Crash duration

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{produktivitas harian sesudah crash}} \\ &= \frac{7.601,984}{1568,571} \\ &= 4,846 \text{ hari} \approx 5 \text{ hari} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *crash duration* pada kegiatan-kegiatan kritis, maka selanjutnya waktu hasil percepatan atau *crash duration* disusun dengan metode CPM untuk mengetahui waktu penyelesaian Proyek RSI Unisma Tahap 3 Malang setelah dipercepat. Hasil percepatan dari penambahan alternatif 1 jam lembur/hari didapat waktu penyelesaian menjadi 65 hari dan dengan penambahan 2 jam lembur/hari didapat waktu penyelesaian menjadi 62 hari.

Crash Cost

Berdasarkan upah normal tenaga kerja proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang. Berikut hasil perhitungan analisis upah tenaga yang timbul dari kerja lembur atau *Crash Cost*.

Tabel 5 Perhitungan Upah Lembur

URAIAN	SATUAN	UPAH NORMAL	UPAH PERJAM	LEMBUR 1 JAM	LEMBUR 2 JAM
a	b	c	d=0,6c	e=1,5d	f=(1,5*d)+(2*2d)
Tukang Potong Pohon	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Pinter	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Pipa	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Listrik	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Kayu	Hari	Rp 60.000,00	Rp 7.500,00	Rp 11.250,00	Rp 26.250,00
Tukang Gali Tanah	Hari	Rp 60.000,00	Rp 7.500,00	Rp 11.250,00	Rp 26.250,00
Tukang Gali Lumpur	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Cat / Kapek	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Tukang Besi	Hari	Rp 60.000,00	Rp 7.500,00	Rp 11.250,00	Rp 26.250,00
Tukang Batu	Hari	Rp 60.000,00	Rp 7.500,00	Rp 11.250,00	Rp 26.250,00
Penjaga	Hari	Rp 65.000,00	Rp 8.125,00	Rp 12.187,50	Rp 28.437,50
Pengemudi/sopir	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pengawas	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pembantu Operator	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pembantu Masinis	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pemasak aspal	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pekerja Terampil	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Pekerja / Buruh Tak Terampil	Hari	Rp 55.000,00	Rp 6.875,00	Rp 10.312,50	Rp 24.062,50
Operator	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Mekanik Pembantu	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Mekanik	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Pipa	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Listrik	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Kayu	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Gali Tanah	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Cat	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Besi	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Kepala Tukang Batu	Hari	Rp 75.000,00	Rp 9.375,00	Rp 14.062,50	Rp 32.812,50
Mandor	Hari	Rp 85.000,00	Rp 10.625,00	Rp 15.937,50	Rp 37.187,50

(Sumber: Hasil Analisis)

Dengan rumus:

Upah lembur perhari= jumlah tenaga x Biaya lembur

Biaya percepatan = upah kerja lembur x *Crash duration*

Crash Cost = Biaya Normal + Biaya Percepatan

Maka akan di dapat biaya-biaya yang timbul akibat percepatan pada pekerjaan-pekerjaan yang berada pada lintasan kritis.

Cost slope

Cost slope merupakan selisih biaya normal dengan biaya percepatan dibagi selisih waktu normal dengan waktu dipercepat. Maka dari hasil analisis dengan metode *Time Cost Trade Off* di dapat waktu hasil percepatan (*crash duration*) dan *Crash Cost* dengan alternatif penambahan 1 jam lembur dan jam 2 lembur sebagai berikut:

Tabel 6 Cost Slope

Kondisi	Waktu penyelesaian (Hari)	Slope biaya/Cost Slope (Rp)
1 jam lembur	65	Rp 27.942.812,50
2 jam lembur	62	Rp 41.118.619,79

(Sumber: Hasil Analisis)

Biaya langsung

Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Adapun total anggaran biaya terhadap sisa pekerjaan struktur proyek Pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang sebesar Rp 3.909.407.471,21.

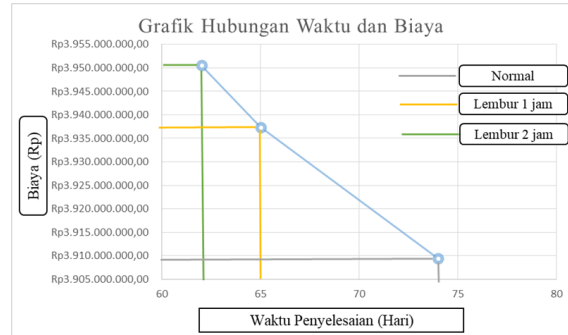
Biaya Total Proyek

Biaya total proyek yaitu hasil penjumlahan sisa biaya proyek ditambah dengan *cost slope* dari penambahan 1 jam lembur dan 2 jam lembur.

Tabel 7 Biaya Langsung

Kondisi	Waktu penyelesaian (Hari)	Biaya penyelesaian (Rp)
Normal	74	Rp 3.909.407.471,21
1 jam lembur	65	Rp 3.937.350.283,71
2 jam lembur	62	Rp 3.950.526.091,00

(Sumber: Hasil Analisis)



Gambar 9 Grafik hubungan waktu dan biaya
(Sumber: Hasil Analisis)

Nilai Efisiensi Waktu dan Biaya Proyek

Berdasarkan hasil dari perhitungan biaya proyek, selanjutnya dapat dilakukan analisis untuk mengetahui total biaya optimal dengan waktu optimal proyek dengan cara sebagai berikut:

a. Penambahan 1 jam lembur

Sisa Waktu normal = 74 hari
Crash Duration = 65 hari
Biaya normal = Rp 3.909.407.471,21
Crash cost = Rp 3.937.350.283,71

1 Efisiensi biaya proyek (Ec)

$$Ec = \frac{\text{Biaya Normal} - \text{Crash Cost}}{\text{Biaya Normal}} \times 100$$

Ec = 0,71%

2 Efisiensi waktu proyek (Et)

$$Et = \frac{\text{Waktu Normal} - \text{Crash Duration}}{\text{Waktu Normal}} \times 100$$

Et = 12,16%

b. Penambahan 2 jam lembur

Sisa Waktu normal = 74 hari
Crash Duration = 62 hari
Biaya normal = Rp 3.909.407.471,21
Crash cost = Rp 3.950.526.091,00

1 Efisiensi biaya proyek (Ec)

$$Ec = \frac{\text{Biaya Normal} - \text{Crash Cost}}{\text{Biaya Normal}} \times 100$$

Ec = 1,05%

2 Efisiensi waktu proyek (Et)

$$Et = \frac{\text{Waktu Normal} - \text{Crash Duration}}{\text{Waktu Normal}} \times 100$$

Et = 16,22%

Dari hasil analisis percepatan dengan metode *Time Cost Trade Off* dengan alternatif penambahan 1 jam lembur dan 2 jam lembur, yang dilakukan pada proyek pembangunan RSI Unisma Tahap 3 Malang dengan sisa waktu normal penyelesaian yaitu 74 hari dengan biaya Rp 3.909.407.471,21 didapatkan hasil analisis sebagai berikut:

- 1 Untuk penambahan 1 jam kerja perhari proyek dapat diselesaikan dengan waktu penyelesaian menjadi 65 hari atau berkurang 9 hari (Et 12,16% berkurang) dari sisa waktu normal dan dengan biaya total akibat percepatan sebesar Rp 3.937.350.283,71 atau bertambah (*cost slope*) sebesar Rp 27.942.812,50 (Ec 0,71% bertambah).
- 2 Untuk penambahan 2 jam kerja perhari proyek dapat diselesaikan dengan waktu penyelesaian menjadi 62 hari atau berkurang 12 hari (Et 16,22% berkurang) dari sisa waktu normal dan dengan biaya total akibat percepatan sebesar Rp 3.950.526.091,00 atau bertambah (*cost slope*) sebesar Rp 41.118.619,79 (Ec 1,05% bertambah).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis *Time Cost Trade Off* yang telah dilakukan pada sisa pekerjaan struktur proyek pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pembangunan RSI Unisma tahap 3 Malang pada sisa pekerjaan struktur yaitu 74 hari dengan biaya penyelesaian sebesar Rp 3.909.407.471,21, sedangkan untuk penambahan 1 jam kerja lembur perhari dapat diselesaikan dengan waktu penyelesaian selama 65 hari dengan biaya Rp 3.937.350.283,71 sedangkan untuk penambahan 2 jam kerja lembur perhari dapat diselesaikan dengan waktu penyelesaian selama 62 hari dengan biaya Rp 3.950.526.091,00.
2. Perbandingan sisa waktu dan biaya kondisi normal dengan waktu dan biaya setelah dipercepat sebagai berikut:
 - a. Dengan penambahan 1 jam lembur perhari di dapat pengurangan waktu sebanyak 9 hari, yang artinya berkurang 12,16% dari sisa waktu normal yaitu 74 hari dan dengan

penambahan biaya Rp 27.942.812,50 yang artinya bertambah 0,71% dari sisa biaya normal yaitu Rp 3.909.407.471,21.

- b. Dengan penambahan 2 jam lembur perhari di dapat pengurangan waktu sebanyak 12 hari, yang artinya berkurang 16,22% dari sisa waktu normal yaitu 74 hari dan dengan penambahan biaya Rp 41.118.619,79 yang artinya bertambah 1,05% dari sisa biaya normal yaitu Rp 3.909.407.471,21.

Maka dari hasil percepatan yang paling optimal adalah dengan penambahan 2 jam lembur karena memiliki waktu penyelesaian lebih cepat dari waktu normal dan dengan biaya paling optimal.

Saran

1. Perlu mencoba metode percepatan lain untuk mengetahui hasil yang optimal misalnya dengan metode *fast track*.
2. Diharapkan untuk studi selanjutnya dapat mengembangkan penelitian tentang Analisis *Time Cost Trade Off*, misalnya dengan mengembangkan analisis dengan menambahkan pekerjaan arsitektur, serta dapat dicoba pula alternatif yang lain misalnya dengan menambahkan *Shift* pekerjaan, menambah tenaga kerja atau menambah peralatan.
3. Perlu memperbanyak bacaan dari studi terdahulu, buku dan peraturan-peraturan yang berhubungan dengan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. (2004). *Teori Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi.
- Hamdan, D., & Kadar, N. (2014). *Manajemen Proyek*. Bandung: Pustaka Setia.
- Husen, A. (2011). *Manajemen Proyek (Edisi Kedua)*. Yogyakarta: Andi.
- Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia. (2004). *Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur Nomor Kep.102/Men/Vi/2004*. Jakarta.
- Santosa, B. (2009). *Manajemen Proyek: Konsep & Implementasi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Soeharto, I. (1995). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Widiasanti, I., & Lenggogeni. (2013). *Manajemen Konstruksi*. Bandung: Remaja Rosdakarya.