

Solusi Alternatif Keterlambatan Pembangunan Rumah Sakit Gedung Inspektorat Provinsi Jawa Timur Tahap II dengan Metode TCTO

Faris Rizal Andardi¹, Sandi Wahyudiono², Wiku Darmawan Wibisono³.

¹Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang, Malang
email: farisrzl@umm.ac.id

²Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang, Malang
email: sandi@umm.ac.id

³Teknik Sipil-Fakultas Teknik-Universitas Muhammadiyah Malang, Malang
email: wikudarmawan99@gmail.com

Received: 26-07-2023. Revised: 31-08-2023. Accepted: 11-03-2024.

Abstract

Delay is one of the obstacles to the execution of the work of a construction project, resulting in increased completion time and cost. The optimization was performed on the construction site of the East Java Provincial Inspector Hospital building. The purpose of the study was to provide solutions to overcome the delay in the project implementation. This study used TCTO (Time-Cost Trade-off) method by considering important and unimportant tasks when conducting the analysis. The results showed that stopping the program with overtime work can result in 32.15% time efficiency and 0.96% project profit.

Keywords: Cost, Project, TCTO, Delay

Abstrak

Keterlambatan merupakan salah satu kendala dalam pelaksanaan pekerjaan proyek konstruksi yang menyebabkan bertambahnya waktu pelaksanaan dan biaya. optimasi dilakukan di lokasi pembangunan gedung Rumah Sakit Inspektorat Provinsi Jawa Timur. Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan solusi untuk mengatasi keterlambatan pelaksanaan proyek. Penelitian ini menggunakan metode TCTO (Time-Cost Trade-off) dengan mempertimbangkan pekerjaan penting dan tidak penting dalam melakukan analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa program darurat dengan kerja lembur dapat menghasilkan efisiensi waktu sebesar 32,15% dengan keuntungan proyek sebesar 0,96%.

Kata Kunci : Biaya, Proyek, TCTO, Keterlambatan

PENDAHULUAN

Saat ini, pembangunan di segala bidang sedang gencar dilakukan oleh pemerintah Indonesia. Pembangunan adalah rangkaian kegiatan pembangunan yang ditujukan untuk memenuhi kebutuhan tertentu. Pelaksanaan proyek konstruksi harus mendapat manfaat dari manajemen proyek yang baik agar dapat berjalan dengan lancar (Hermawan et al., 2021). Manajemen proyek adalah kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan pengendalian sumber daya perusahaan untuk mencapai tujuan jangka pendek yang telah ditentukan sebelumnya secara efisien dan efektif (Hermawan et al., 2021) (Hendriyani et al., 2020) (Dita Nafa Anggraeni, Meriana Wahyu Nugroho, 2019). Metode TCTO (Time Cost Trade Off) sering digunakan pada bidang pengembangan keilmuan dan manajemen pekerjaan kantor, sehingga penelitian dalam

simulasi penelitian ini akan diterapkan pada bidang konstruksi *survival construction*. Salah satu proyek pembangunan tersebut adalah pembangunan rumah sakit gedung Inspektorat Jawa Timur Tahap II.

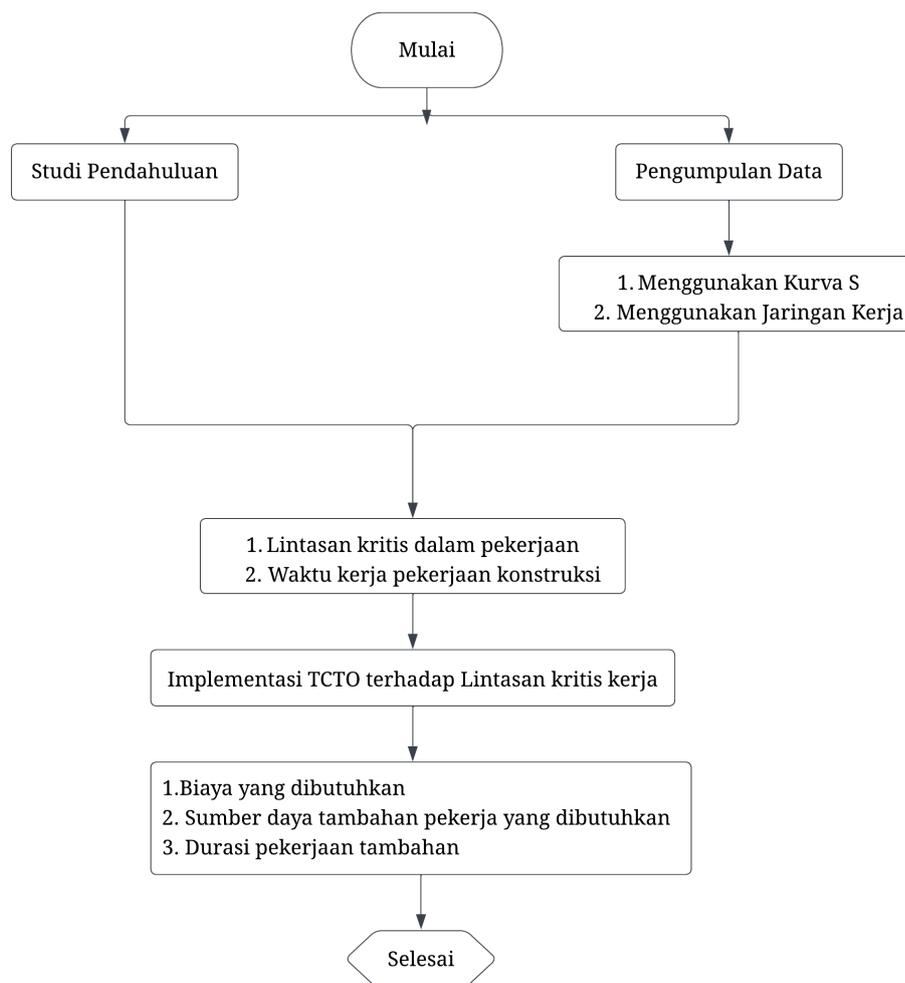
Penerapan implementasi TCTO banyak digunakan dalam pengembangan ilmu pengetahuan, manajemen dan perbankan (Ndamlabin Mboula et al., 2020) (Bischiniotis et al., 2019) (Jeunet & Bou Orm, 2020) (Aouam & Vanhoucke, 2019). Melihat permasalahan keterlambatan yang sering terjadi di pekerjaan konstruksi dan beberapa penelitian terdahulu, maka dilakukan penelitian berupa solusi alternatif keterlambatan pada proyek pembangunan Rumah Sakit Inspektorat Provinsi Jawa Timur tahap II dengan TCTO. membantu mengatasi keterlambatan pelaksanaan pekerjaan proyek, mencegah kerusakan dalam banyak aspek, baik secara sosial maupun bagi

industri jasa maupun bagi kontraktor konstruksi berupa peningkatan biaya pelaksanaan (Gunawan, 2020). Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan solusi untuk mengatasi keterlambatan pelaksanaan proyek. Untuk mengatasi keterlambatan pelaksanaan proyek, analisis berbasis simulasi adalah salah satu cara yang memungkinkan, faktor-faktor yang terjadi di lokasi penelitian adalah kondisi cuaca, kurangnya tenaga kerja dan keterlambatan material mengakibatkan keterlambatan pada

minggu ke 12 sampai minggu ke 18. Untuk mengatasi kekurangan dalam pelaksanaan proyek diperlukan penerapan pengetahuan, keterampilan, dan teknik yaitu manajemen proyek yang baik dan teliti, (Fazri et al., 2020).

METODA PENELITIAN

Tahapan penelitian ini, dilaksanakan menurut bagan alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

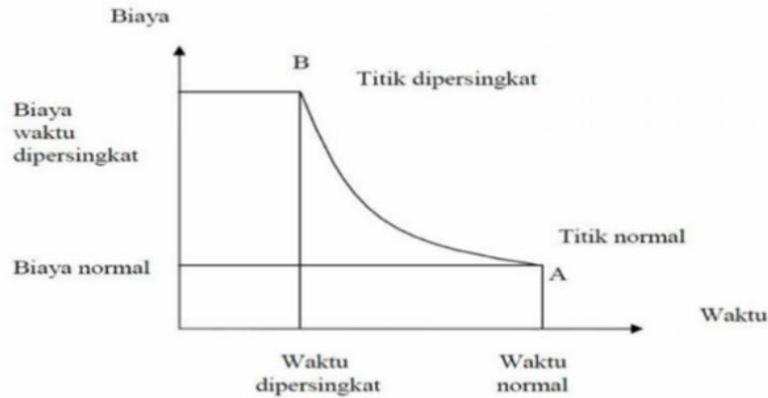
Gambar 1 mengilustrasikan proses penelitian berdasarkan studi pendahuluan dan pengumpulan data. Data yang digunakan adalah data sekunder yang terdiri dari jadwal pengerjaan proyek dan RAB. Kemudian diikuti dengan entri data dan alur kerja simulasi untuk perencanaan guna mengidentifikasi aktivitas pada jalur kritis yaitu pada pekerjaan Lantai 1, Lantai Atap, serta pekerjaan mekanikal gedung. Selain menghitung biaya proyek dan durasi proyek, juga perlu dilakukan optimasi terhadap

tenaga kerja dan waktu pekerjaan. Kemudian menghitung biaya kecelakaan ditambah waktu kerja lembur. Pekerjaan yang telah diselesaikan hingga saat ini mencakup temuan dan rekomendasi untuk mempercepat pembangunan Gedung Rumah Sakit Inspektorat Jawa Timur Tahap II dengan menggunakan pendekatan *Time Cost Trade-Off*.

Time cost trade-off (TCTO) pertukaran waktu dan biaya adalah metode yang digunakan untuk mempercepat waktu proyek dengan

memprioritaskan jalur-jalur kritis dalam kegiatan proyek secara tepat waktu, sengaja atau sistematis berdasarkan uji coba semua

kegiatan proyek (Izzah, 2017). Dari uraian di atas dapat dijelaskan dengan Gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan waktu-biaya normal dan dipersingkat untuk suatu kegiatan

Titik A menyatakan atau menandakan keadaan normal, sedangkan titik menandakan keadaan yang mengalami percepatan tanda titik garis yang menghubungkan antara titik itu sendiri dinamai kurva waktu biaya. Berdasarkan pandangan Hamdan dari (Fatimah, 2019) berapa *slope* serta sudut kemiringan dapat diketahui apabila andaikata bentuk kurva waktu biaya sebuah kegiatan telah diketahui, hingga kemudian bisa dihitung sebesar apa biaya guna memendekkan waktu 1 hari. *Cost slope* dinamai pula dengan penambahan biaya langsung guna menjadikan sebuah aktivitas cepat persatuan waktu. *Cost slope* dapat dihitung menggunakan rumus 14.

Percepatan waktu kerja mencakup tumpang tindih operasi kritis. kegiatan/1 sampai

$$\frac{\text{Bobot Pekerjaan}}{\text{Bobot Pekerjaan Realisasi}} = \frac{\text{Total Progress Rencana}}{\text{Total Progress Realisasi}} \quad (1)$$

batas tertentu dapat membatalkan hubungan prioritas asli, dengan tujuan memperpendek durasi proyek secara keseluruhan (Ballesteros-Pérez et al., 2019). Percepatan waktu pekerjaan dapat dilakukan dengan tepat apabila penambahan biaya, tenaga kerja dan material dapat di implementasikan dengan baik, mengakibatkan waktu yang telah melebihi batas waktu yang semula disepakati, dapat diselesaikan tepat waktu bahkan mungkin dapat diselesaikan lebih cepat dari waktu yang telah ditentukan. Bidang percepatan waktu dapat dijelaskan dengan syarat sebagai berikut (Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi, 2004):

a). Pekerjaan lembur atau penambahan waktu jam kerja dapat dimulai setelah pelaksanaan waktu pekerjaan normal yaitu jam (07:00 – 16:00).

b). Menteri Tenaga Kerja memberikan pengertian mengenai penambahan waktu jam kerja atau lembur serta perhitungan untuk menentukan upah dalam KEP. NOMOR: 28/PRT/M/2016 yang dapat diuraikan sebagai berikut :

- Untuk satu jam kerja lembur pertama pembayaran upah harus dikalikan sebesar 1,5 dari upah pembayaran dari pekerjaan jam normal
- Dalam dua jam kerja lembur kedua pembayaran upah harus dikalikan sebesar 2 dari upah bayaran dari pekerjaan jam normal Tahapan atau urutan pelaksanaan simulasi percepatan waktu dan biaya.

1. Menentukan progres pekerjaan
2. Menentukan Produktivitas Harian Normal
3. Perhitungan Kebutuhan tenaga kerja, upah tenaga kerja dan penambahan waktu atau jam lembur

* Jumlah tenaga kerja

$$\frac{\text{koefisien pekerja} \times \text{volume pekerjaan}}{\text{durasi hari normal}} \quad (2)$$

* upah pekerja total
jumlah pekerja x upah kerja per hari (4)

4. Menghitung Produktivitas Harian Dipercepat serta kebutuhan tenaga kerja serta waktu lembur yang dibutuhkan
* Produktivitas Jam lembur

$$\frac{\text{Jumlah Jam lembur} \times \text{Produktivitas normal/Jam}}{0,71} \quad (5)$$

$$\frac{\text{* Produktivitas Harian percepatan} + \text{Produktivitas harian normal} + \text{produktivitas jam/hari}}{\text{*Jumlah tenaga kerja dipercepat}} \quad (6)$$

$$\frac{\text{koefisien tenaga kerja} \times \text{volume}}{\text{durasi percepat}} \quad (7)$$

5. Perhitungan *Crash Duration*, *Crash Cost* dan *Cost Slope*

a. *Crash Duration*

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas Harian Percepatan}} \quad (8)$$

b. *Crash Cost*

- Menghitung upah kerja normal per jam
Produktivitas per jam x harga satuan upah kerja (9)

- Menghitung upah kerja normal per hari
8 jam x upah kerja normal per jam (10)

- Menghitung upah lembur per hari
((1.5 x upah normal per jam)+(3 x (2 x upah normal per jam))) (11)

- Menghitung *cost* upah harian
upah normal harian + upah lembur per hari (12)

- Menghitung *crash cost*
cost upah harian x *crash duration* (13)

c. *Cost Slope*

$$\frac{\text{Crash cost} - \text{Upah total}}{\text{durasi normal} - \text{crash duration}} \quad (14)$$

Produktivitas dapat dipahami sebagai perbandingan antara pekerjaan yang dilakukan dengan hasil pekerjaan itu. Dalam dunia konstruksi, usaha yang dilakukan disebut *input*, sedangkan hasil dari pekerjaan disebut *output*. Masukan atau pekerjaan yang dilakukan adalah kegiatan yang berhubungan langsung dengan sumber daya pekerja. Keluaran atau hasil kerja

adalah jenis pekerjaan yang dilakukan, seperti beban kerja versus volume yang direncanakan (Hendriyani et al., 2020)(Kurniawan & Nursin, 2021). Namun, lembur memiliki banyak efek pada efisiensi kerja. Selain faktor kelelahan bagi pekerja, jadwal lembur juga menyebabkan banyak aspek yang berkaitan dengan performa kerja dan mempercepat pengadaan, seperti perlengkapan, peralatan, staf teknis, Dll. Serta Bertanggung jawab secara teknis dan administratif untuk memenuhi kebutuhan tempat kerja(Sumarningsih, 2015).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data progres Pembangunan Rumah Sakit Inspektur Provinsi Jawa Timur Tahap II dan perkiraan anggaran biaya, studi ini akan menentukan progres pembangunan Proyek Pembangunan/Iserta menentukan nilai biaya proyek. setelah *crashing* dengan menambahkan jam kerja. (lembur) serta penambahan SDM. Untuk mengetahui progres rencana pelaksanaan/Idari minggu ke 19 sampai dengan minggu ke 23, dicarilah bobot pekerjaan aktual, hasil perhitungan simulasi total jadwal rencana interpolasi, total progres aktual dan bobot pekerjaan.

Perhitungan diambil dari data pekerjaan bangunan utama lantai 1 menggunakan rumus 1

$$\frac{14,62}{x} = \frac{14,33}{9,75}$$

$$(14,62 \times 9,75) - (14,33 \times X) = 0$$

$$142,54 = 14,33X$$

$$X = 9,94$$

Dengan demikian, progres rencana yang dicapai dengan bobot kerja 14,62 tercapai pada bobot kerja 9,94. Dari perhitungan simulasi di atas, dari masing-masing pekerjaan terlihat bahwa ada keterlambatan pekerjaan simulasi pada minggu ke 18/Idari rencana semula/123 minggu kerja.

Dapat diketahui dari Tabel 1 bahwa pekerjaan Lantai 1, Lantai Atap serta Pekerjaan Mekanikal Gedung mengalami keterlambatan, hal itu terlihat dari bobot sisa pekerjaan yang terlalu besar pada minggu ke – 18 dari perencanaan awal yaitu 23 minggu kerja.

Tabel 1. Rekapitulasi Progress Pekerjaan Pembangunan Rumah Sakit Gedung Inspektorat Provinsi Jawa Timur Tahap II

No	Item Pekerjaan	Bobot		
		Rencana	Pelaksanaan	Sisa
A	Pekerjaan Persiapan dan Pembersihan	0.36	0.09	0.27
B	Bangunan Utama			
1	Lantai 1	14.62	10.64	3.98
2	Lantai 2	12.71	10.84	1.87
3	Lantai 3	11.65	9.20	2.45
4	Lantai 4	10.34	7.32	3.02
5	Lantai 5	6.91	3.34	3.57
6	Lantai Atap	5.62	1.04	4.58
C	Bangunan Penunjang			0.00
1	Masjid	4.17	1.58	2.59
2	Gardu Listrik	0.46	0.21	0.25
3	Mini Halte	0.22	0	0.22
4	Pos Jaga	0.4	0.16	0.24
D	K3	0.58	0.23	0.35
E	Finishing Facade	7.44	2.14	5.30
F	Infrastruktur	1.71	0.14	1.57
G	Landscape	1.21	0.023	1.19
H	Pekerjaan Mekanikal Gedung	18.42	5.06017	13.36
I	Pekerjaan Kabel Power Tegangan Rendah	3.18	0.11	3.07
	Total	100	52.12	-47.88

Perhitungan optimasi dari data rekapitulasi progres dapat diuraikan pada contoh pekerjaan lantai 1 berikut,

1. Program Dengan Alternatif Penambahan Jam kerja

a. Perhitungan Produktivitas Harian Normal

Perhitungan menggunakan Rumus 2.

Produktivitas harian normal

a).Volume Pekerjaan = 889,66 m²

b).Durasi Normal = 7 Hari

$$= \frac{889,66 \text{ m}^2}{7 \text{ hari}}$$

$$= 127,09 \text{ m}^2/\text{hari}$$

b. Perhitungan Produktivitas Harian Percepatan

Perhitungan menggunakan Rumus 5, 6 dan 7

a).Volume Pekerjaan=889,66 m²

b).Durasi Normal=7 Hari

Produktivitas harian normal

$$= \frac{889,66 \text{ m}^2}{7 \text{ hari}}$$

$$= 127,09 \text{ m}^2/\text{hari}$$

Produktivitas normal/jam

$$= \frac{127,09 \text{ m}^2}{8 \text{ jam}}$$

$$= 15,89 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Produktivitas Jam lembur

$$= 3 \times 15,89 \times 0,71$$

$$= 33,85 \text{ m}^2/\text{jam}$$

Produktivitas Harian percepatan

$$= (127,09 + 33,85)$$

$$= 160,94 \text{ m}^2/\text{hari}$$

c. Perhitungan Crash Duration, Crash Cost dan Cost Slope

Perhitungan menggunakan Rumus 8, 9, 10, 11, 12, 13 dan 14.

a.Crash Duration

$$= \frac{889,66 \text{ m}^2}{160,94 \text{ m}^2}$$

$$= 5,59 \text{ hari} = 6 \text{ hari}$$

b.Crash Cost

1.Menghitung upah kerja normal per jam

$$= 15,89 \text{ m}^2 \times \text{Rp. } 27,000$$

$$= \text{Rp. } 429,030/\text{jam}$$

2.Menghitung upah kerja normal per hari

$$= 8 \text{ jam} \times \text{Rp. } 429,030$$

$$= \text{Rp. } 3,432,240$$

3.menghitung upah lembur per hari

$$= (1.5 \times \text{Rp. } 429,030)$$

$$+(3 \times (2 \times \text{Rp. } 429,030))$$

$$= \text{Rp. } 3,217,725$$

4.Menghitung cost upah harian

$$= \text{Rp. } 3,432,240 + \text{Rp. } 3,217,725$$

$$= \text{Rp. } 6,649,965$$

5.Menghitung crash cost

$$= \text{Rp. } 6,649,965 \times 6 \text{ hari}$$

$$= \text{Rp. } 39,889,790$$

6.Cost Slope

$$= \frac{\text{Rp. } 39,889,790 - \text{Rp. } 24,025,680}{7 - 6}$$

$$= \text{Rp. } 15,864,110$$

2. Crash Program Dengan Alternatif Penambahan Jam Kerja

a. Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Normal

Perhitungan menggunakan Rumus 3, 4, 5, 6, 7,

8, 9, 10 dan 14.

$$\text{Volume Pekerjaan} = 889,66 \text{ m}^2$$

$$\text{Durasi normal} = 7 \text{ hari}$$

$$\text{Koefisien Pekerja} = 0.3 \text{ Oh/1} = \text{Rp. } 27.000$$

$$\text{Koefisien Mandor} = 0.015 \text{ Oh} = \text{Rp. } 18.000$$

Menghitung jumlah tenaga kerja dan upah tenaga kerja

*Jumlah tenaga kerja

$$= \frac{0.3 \times 889,66 \text{ m}^2}{7}$$

$$= 38,13 = 38 \text{ orang}$$

*upah pekerja total

$$= 38 \times \text{Rp. } 3,432,240$$

$$= \text{Rp. } 130,425,120$$

*Jumlah mandor

$$= \frac{0.015 \times 889,66 \text{ m}^2}{7} = 1.90 = 2 \text{ orang}$$

*upah mandor total

$$= 2 \text{ orang} \times \text{Rp. } 2,288,160 = \text{Rp. } 4,576,320$$

$$= (\text{Rp. } 130,425,120 + \text{Rp. } 4,576,320)$$

$$= \text{Rp. } 135,001,440$$

b. Perhitungan Jumlah Tenaga Kerja Setelah Percepatan

$$\text{volume pekerjaan} = 889,66 \text{ m}^2$$

$$\text{crashing} = 1 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi dipercepat} = 7 - 1 = 6 \text{ hari}$$

Menghitung jumlah tenaga kerja dan upah tenaga kerja setelah dipercepat

* Jumlah tenaga kerja

$$= \frac{0.3 \times 889.66}{6} = 44,48 = 45 \text{ orang}$$

*upah pekerja total

$$= 45 \times \text{Rp. } 3,432,240$$

$$= \text{Rp. } 154,450,800$$

*Jumlah mandor setelah dipercepat

$$= \frac{0.015 \times 889,66}{6}$$

$$= 2,22 = 2 \text{ Orang}$$

*Upah Mandor setelah dipercepat

$$= 2 \times \text{Rp. } 2,288,160 = \text{Rp. } 4,576,320$$

$$= 2 \times \text{Rp. } 2,288,160 = \text{Rp. } 4,576,320$$

Jadi, upah tenaga kerja setelah dipercepat adalah :

$$= (\text{Rp. } 154,450,800 + \text{Rp. } 4,576,320)$$

$$= \text{Rp. } 159,027,120$$

Cost Slope

$$= \frac{\text{Rp. } 159,027,120 - \text{Rp. } 135,001,440}{7 - 6}$$

$$= \text{Rp. } 24,025,680$$

Dari perhitungan di atas durasi proyek sesuai perjanjian di awal kontrak adalah 161 hari kerja dan total biaya sebesar Rp. 22,672,716,578.57. Setelah dilakukan optimasi percepatan menggunakan metode *time cost trade off*, maka total biaya proyek dan durasi proyek yang optimal yaitu pada 114 hari kerja dengan total biaya proyek yang optimum

sebesar/Rp. 24,155,722,356.15

Dengan efisiensi waktu dan biaya proyek adalah sebagai berikut:

1. Efisiensi waktu proyek = 161 hari – 114 hari/1= 47 Hari atau

$$\frac{161 - 114}{161} \times 100\% = 32.15\%$$

2. Efisiensi biaya proyek

= Rp. 24,155,722,356.15 –/1Rp.

22,672,716,578.57

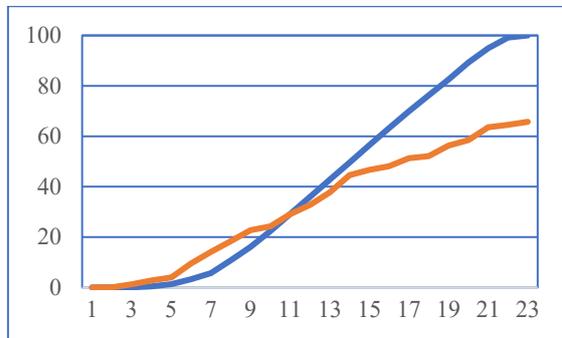
= Rp. 1,483,005,780 Atau

$Rp. 24,155,722,356.15 - Rp. 22,672,716,578.57$

$$\frac{Rp. 24,155,722,356.15}{x 100\%}$$

= 0.96%

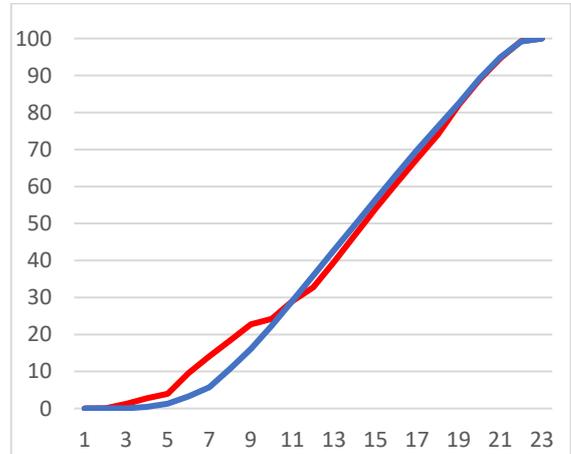
Hasil dapat dijelaskan dalam kurva S rencana, realisasi serta setelah optimasi percepatan.



Gambar 3. Kurva S Progres Rencana dan Progres Realisasi

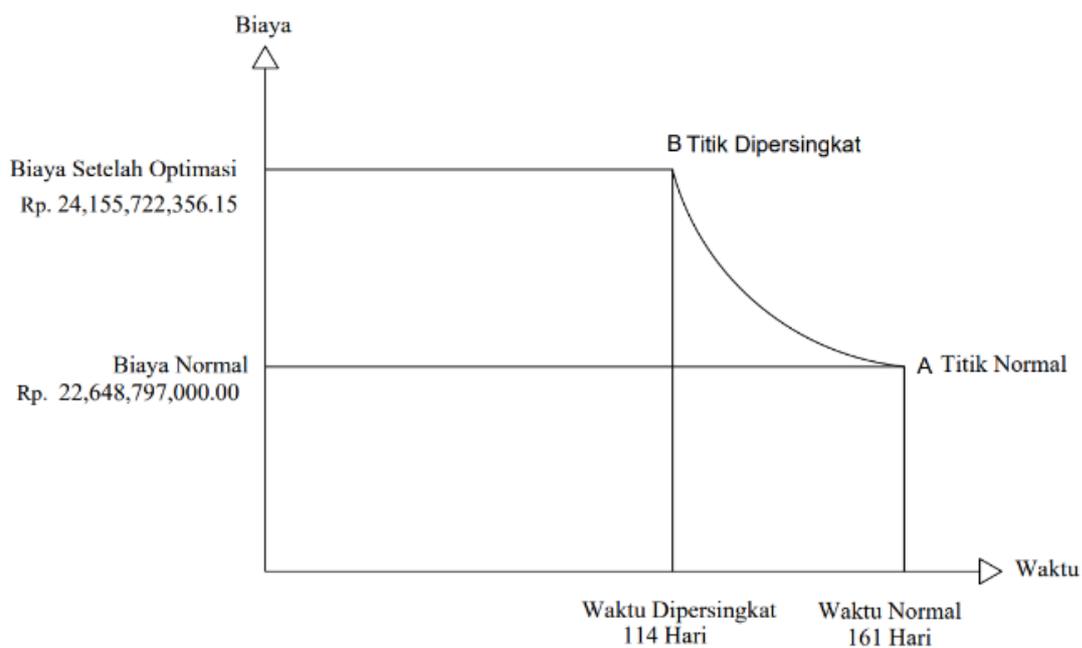
Pada kurva S gambar 3 terlihat bahwa grafik berwarna biru merupakan progres dari perencanaan awal yang dilaksanakan dalam 23

minggu mencapai 100% atau selesai, sedangkan pada grafik berwarna oranye menunjukkan progres realisasi dari pekerjaan yang mengalami keterlambatan mulai minggu ke -18, terlihat dari menurunnya grafik sampai dengan minggu ke 23.



Gambar 4. Kurva S Progres Realisasi setelah Optimasi

Pada kurva S gambar 4 terlihat bahwa grafik berwarna biru merupakan progres dari perencanaan awal yang dilaksanakan dalam 23 minggu mencapai 100% atau selesai, sedangkan pada grafik berwarna merah menunjukkan progres realisasi dari pekerjaan yang optimum karena grafik mendekati grafik perencanaan setelah percepatan menggunakan metode TCTO. Begitu juga dapat digambarkan hubungan antara pekerjaan setelah optimasi dengan biaya sesuai dengan teori TCTO.



Gambar 5. Hubungan biaya dengan pelaksanaan metode *Time Cost Trade Off*

Pada gambar 5 menjelaskan bahwa semakin singkat optimasi pelaksanaan pekerjaan, maka biaya untuk pelaksanaan pekerjaan semakin meningkat.

Dari Analisa perhitungan *Time Cost Trade Off* menghasilkan waktu kerja yang singkat dan tambahan biaya yang lebih efisien, dikarenakan menggunakan metode penambahan waktu serta tenaga kerja secara bersamaan sehingga penelitian ini menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan secara khusus pada selisih waktu serta biaya tambahan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan Nailul Izzah (2017) percepatan dilakukan dengan memilih salah satu metode yaitu menambah waktu pekerjaan atau menambah tenaga kerja saja, sehingga percepatan waktu yang dihasilkan kurang optimal. Keterbatasan dalam penelitian ini adalah cuaca yang tidak menentu dan material yang datang terlambat ke lokasi proyek tersebut.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jadwal darurat dengan penambahan jam kerja lembur dapat menghasilkan waktu kerja yang lebih singkat dari perjanjian kerja kontrak di awal yang berdurasi selama 114 hari dengan *cost slope* sebesar Rp. 15.864.110 sehingga biaya akhir setelah dipercepat adalah Rp. 24,155,722,356.15. Untuk presentasi perhitungan setelah optimasi menggunakan metode *Time Cost Trade Off* memberikan hasil yakni meningkatkan waktu efisiensi menjadi 32,15% dan keuntungan proyek sebesar 0,96%.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya dan bagi bidang konstruksi adalah dengan membuat program komputer untuk mengoptimalkan proses perhitungan dan membuat diagram perencanaan agar rencana dapat dilaksanakan dengan lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Aouam, T., & Vanhoucke, M. (2019). An agency perspective for multi-mode project scheduling with time/cost trade-offs. *Computers and Operations Research*, 105, 167–186. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2019.01.012>
- Ballesteros-Pérez, P., Elamrousy, K. M., & González-Cruz, M. C. (2019). Non-linear time-cost trade-off models of activity crashing: Application to construction scheduling and project compression with fast-tracking. *Automation in Construction*, 97(August 2018), 229–240. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.001>
- Bischiniotis, K., van den Hurk, B., Coughlan de Perez, E., Veldkamp, T., Nobre, G. G., & Aerts, J. (2019). Assessing time, cost and quality trade-offs in forecast-based action for floods. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 40, 101252. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101252>
- Dita Nafa Anggraeni, Meriana Wahyu Nugroho, S. (2019). Optimasi Waktu Dan Biaya Crashing Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Jurnal CIVILA*, 4(2), 310–317.
- Fatimah, I. (2019). *Analisa Percepatan Proyek Konstruksi Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (studi kasus proyek rehabilitasi dan renovasi perpustakaan dan Laboratorium Iain Ambon)*. 6–18.
- Fazri, M., Widiastuti, M., & Jamal, M. (2020). Analisis Percepatan Waktu Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Pembangunan Rusun 1 Kota Samarinda Kalimantan Timur. *Teknologi Sipil*, 3(2), 1–14.
- Gunawan, A. (2020). *Analisa Faktor Yang Mempengaruhi Keterlambatan Proyek Infrastruktur Dikabupaten Garut*. 80–89.
- Hendriyani, I., Pratiwi, R., & Qadri, N. (2020). Optimasi Waktu dan Biaya Pada Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Bina Bakti Kelurahan Gunung Seteleng Kabupaten Penajam Paser Utara dengan Metode Time Cost Trade Off (TCTO). *Jurnal Transukma*, 03(1), 65–76.
- Hermawan, M. R., Ridwan, A., & Suwarno, S. (2021). Mengurangi Durasi Pelaksanaan Proyek Dengan Menggunakan Metode Time Cost Trade Off. *Jurnal Manajemen Teknologi & Teknik Sipil*, 4(2), 13. <https://doi.org/10.30737/jurmateks.v4i2.1829>
- Izzah, N. (2017). Analisis Pertukaran Waktu

- dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek Pembangunan Time Exchange Analysis and Cost Using Time Cost Trade Off (TCTO) Method in Housing Development Projects in PT . X. *Teknik Industri*, 10(1), 51–58.
- Jeunet, J., & Bou Orm, M. (2020). Optimizing temporary work and overtime in the Time Cost Quality Trade-off Problem. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.01.013>
- Kementrian Tenaga Kerja dan Transmigrasi. (2004). *Keputusan Menteri Tenaga Kerja Dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor Kep. 102/Men/Vi/2004 Tentang Waktu Kerja Lembur Dan Upah Kerja Lembur*. 53(9), 11. <https://jdih.bpk.go.id/wp-content/uploads/2011/03/KepmenNaker102-2004.pdf>
- Kurniawan, W., & Nursin, A. (2021). Analisis Pengaruh Kerja Lembur terhadap Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi pada Pekerjaan Struktur Bawah. *RekaRacana: Jurnal Teknil Sipil*, 7(2), 108. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v7i2.108>
- Ndamlabin Mboula, J. E., Kamla, V. C., & Tayou Djamegni, C. (2020). Cost-time trade-off efficient workflow scheduling in cloud. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 103(May), 102107. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102107>
- Sumarningsih, T. (2015). Pengaruh Kerja Lembur pada Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 20(1), 63–69.