

Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode PERT dan TCTO

(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jembatan Sei Merangin Kabupaten Kampar)

Elfira Safitri¹, Sri Basriati², Riska Wulandari³, Zukrianto⁴

^{1,2,3} Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293
e-mail: elfira.safitri@uin-suska.ac.id; riskawulandari39@gmail.com

Abstrak

Salah satu proyek yang dijalankan oleh PT. Lutvindo Wijaya Perkasa adalah proyek Pembangunan Jembatan Sei Merangin. Keterlambatan penyelesaian proyek merupakan kondisi yang sering terjadi dan tidak diinginkan. Upaya mengatasi keterlambatan dilakukan dengan optimalisasi waktu dan biaya pengerjaan proyek menggunakan metode Program Evaluation and Review Technique (PERT) dan Time Cost Trade Off (TCTO). Optimalisasi dilakukan dengan menghitung produktifitas pekerja dan biaya lembur pekerja akibat penambahan waktu jam kerja selama 1 jam dan 3 jam. Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan PERT dengan penambahan 1 jam kerja dan 3 jam kerja, proyek dapat diselesaikan selama 207 hari dengan percepatan waktu 3 hari dan 188 hari dengan percepatan waktu 22 hari. Sedangkan menggunakan TCTO dengan penambahan 1 jam kerja dan 3 jam kerja, proyek dapat diselesaikan selama 174 hari dengan percepatan waktu 36 hari. Berdasarkan penelitian, metode TCTO lebih efisien dalam perkiraan waktu penyelesaian proyek dan biaya optimal dibandingkan metode PERT.

Kata kunci: biaya, optimum, PERT, TCTO, waktu

Abstract

One of the projects by PT. Lutvindo Wijaya Perkasa is a project for the Construction of the Sei Merangin Bridge. Delay in project completion is a condition that often happen and not desirable. Efforts to overcome delays were carried out by optimizing the cost and time of project using Program Evaluation and Review Technique (PERT) and Time Cost Trade Off (TCTO) methods. Optimization is done by calculating the productivity of workers and the cost of overtime due to additional hours of work for 1 hour and 3 hours. Based on the results of calculations using PERT with the addition of 1 working hour and 3 working hours, the project can be completed in 207 days with an acceleration time of 3 days and 188 days with an acceleration of 22 days. While using TCTO with the addition of 1 working hour and 3 working hours, the project can be completed in 174 days with an acceleration of 36 days. Based of research, the TCTO method is more efficient in estimating project completion time and optimal costs compared to the PERT method.

Keywords: cost, optimum, PERT, TCTO, time

1. Pendahuluan

Biaya, waktu dan kualitas merupakan tiga aspek penting yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan suatu proyek. Aspek perencanaan biaya sumber daya dalam pelaksanaan proyek dimaksudkan untuk mengontrol biaya saat pelaksanaan proyek. Aspek waktu dalam penyusunan jadwal proyek dilakukan untuk monitoring kemajuan proyek agar proyek selesai tepat waktu. Aspek kualitas, suatu proyek dikatakan bagus jika dapat memuaskan klien. Biaya proyek yang realistis, proyek selesai tepat waktu, dan kualitas proyek bagus maka proyek tersebut dapat dikatakan berhasil [2]

Upaya percepatan durasi proyek diperlukan untuk mendapatkan hasil yang optimum secara efektif dan efisien. Analisis optimalisasi diperlukan untuk mengetahui berapa lama suatu proyek tersebut dapat diselesaikan dan mencari adanya kemungkinan percepatan waktu pelaksanaan proyek. Analisis optimalisasi dilakukan dengan menggunakan metode PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) dan metode TCTO (*Time Cost Trade Off*). [1]

Penelitian terdahulu oleh Maddepungeng, dkk [5] pada tahun 2015 mengenai Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (*Time Cost Trade Off*). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, proyek dapat dipercepat hingga maksimum 159 hari atau tanpa ada keterlambatan dengan mengeluarkan biaya yang lebih sedikit daripada percepatan optimum selama 182 hari dengan keterlambatan 23 hari dan biaya yang besar. Hariono [3] pada tahun 2016 mengenai optimasi biaya dan waktu menggunakan *time cost trade off* dengan perbandingan terhadap penambahan jam kerja, grup kerja, dan kapasitas alat didapat penyelesaian proyek lebih optimum dengan penambahan alat. Pada penelitian lainnya oleh Melda [6] tahun 2017 mengenai analisis biaya pembangunan proyek perumahan menggunakan metode PERT dan EVM dengan

penambahan jam kerja selama 1 jam dan 3 jam didapat penyelesaian proyek lebih optimum terjadi pada metode EVM.

Menurut Wardani, dkk [8] tahun 2018 mengenai Optimalisasi Biaya dan Waktu Pelaksanaan Proyek Pembangunan Perumahan Citraland Palu menggunakan Metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT)-*Critical Path Method* (CPM). Penelitian ini membahas probabilitas penyelesaian proyek dan biaya optimal proyek. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa probabilitas penyelesaian proyek selama 48 minggu (dengan pendekatan CPM) adalah 93,19% dengan biaya optimal proyek sebesar Rp 350.261.175 dengan percepatan durasi selama 21 minggu.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, penulis ingin melakukan penelitian untuk mengkaji penjadwalan proyek pada proyek pembangunan jembatan menggunakan metode PERT dan TCTO, serta dengan penambahan jam kerja jika terjadi keterlambatan. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui biaya dan waktu total pekerjaan proyek pembangunan Jembatan Sei Merangin Kabupaten Kampar dengan menggunakan metode PERT dan TCTO, mengetahui biaya tambahan yang harus dikeluarkan jika dilakukan penambahan jam kerja dan mengetahui perbandingan hasil dari metode PERT dan TCTO.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sekunder yang diambil dari proyek Jembatan Sei Merangin oleh PT. Andika Utama dan PT. Koral Tiga Mas (KSO), yang diperoleh dengan wawancara dan observasi.

Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan dalam usaha pada suatu kegiatan agar penggunaan sumber daya dan pemilihan sub kegiatan dapat tercapai secara efisien dan efektif. Penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan, yang dapat memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek dalam hal kinerja sumber daya berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu untuk penyelesaian proyek [4].

Jaringan Kerja

Jaringan (*Network*) merupakan sebuah istilah untuk menandai model-model yang secara visual bisa diidentifikasi sebagai sebuah sistem jaringan yang terdiri dari rangkaian-rangkaian node (*node*) dan kegiatan (*activity*). Kegiatan-kegiatan yang merupakan komponen proyek dan hubungan ketergantungan antara satu dengan yang lain disajikan dengan menggunakan tanda-tanda. Dikenal dua macam jaringan kerja sebagai berikut:

1. Kegiatan pada anak panah, atau *activity on arrow* (AOA). Di sini kegiatan digambarkan sebagai anak panah yang menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Ekor anak panah merupakan awal dan ujungnya sebagai akhir kegiatan. Metode yang termasuk dalam klasifikasi jaringan kerja ini adalah metode PERT dan CPM.
2. Kegiatan ditulis di dalam kotak atau lingkaran yang disebut *activity on node* (AON). Anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan di antara kegiatan-kegiatan. Metode yang termasuk dalam klasifikasi jaringan kerja ini adalah metode PDM [7].

Lintasan Kritis

Lintasan kritis (*critical path*) terdiri dari rangkaian-rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Lintasan kritis melalui aktivitas-aktivitas yang jumlah pelaksanaannya paling lama. Jadi, lintasan kritis adalah lintasan yang paling menentukan waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, digambar dengan anak panah tebal.

Program Evaluation and Review Technique (PERT)

PERT atau *Program Evaluation and Review Technique* adalah sebuah *Management Science* untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek. PERT dikembangkan oleh perusahaan konsultan Booz-Allen dan Hamilton pada tahun 1958-1959 ketika diminta oleh *Lockhed Aircraft Corporation* untuk menyusun model perencanaan dan pengendalian proyek *Polaris Weapon System* yaitu proyek khusus dari US Navy [7]. Teknik PERT digunakan untuk mengurangi sebanyak mungkin adanya penundaan, gangguan produksi, mengkoordinasikan dan mensinkronisasikan berbagai bagian sebagai suatu keseluruhan pekerjaan serta mempercepat penyelesaian proyek.

Metode PERT menggunakan pendekatan probabilistik dalam mengoptimalkan waktu penyelesaian proyek dengan tiga taksiran waktu yaitu taksiran waktu paling mungkin (m), taksiran waktu optimistik (a) dan taksiran waktu pesimistik (b).

Menghitung waktu kegiatan yang diharapkan (*expected time*) dapat menggunakan rumus:

$$t_e = \frac{a + b + 4m}{6} \quad (1)$$

Sedangkan untuk menghitung dispersi atau varians waktu penyelesaian kegiatan dapat digunakan rumus:

$$V(t_e) = \left(\frac{b-a}{6} \right)^2 \quad (2)$$

Menghitung varians kegiatan lintasan kritis untuk membantu menentukan varians proyek keseluruhan dengan menjumlahkan varians kegiatan kritis dapat digunakan rumus:

$$S = \sqrt{\left(\frac{b-a}{6} \right)^2}$$

$$S = \frac{b-a}{6} \quad (3)$$

Untuk mengetahui probabilitas/kemungkinan proyek dapat diselesaikan dalam batas waktu n hari:

$$z = \frac{T(d) - TE}{S} \quad (4)$$

keterangan:

z : Kemungkinan mencapai target penyelesaian

$T(d)$: Target waktu penyelesaian (n)

TE : Jumlah nilai t_e pada lintasan kritis

Setelah nilai z diketahui, dengan menggunakan tabel distribusi z akan dapat menentukan persentase (%) proyek selesai pada target waktu penyelesaian proyek $T(d)$.

Percepatan Proyek (*Crashing Project*)

Suatu proyek selesai dalam jangka waktu yang telah ditentukan, dapat dilakukan percepatan durasi kegiatan dengan konsekuensi akan terjadinya peningkatan biaya. Percepatan durasi pelaksanaan proyek dengan biaya serendah mungkin dinamakan *crashing project*.

Dalam mempercepat durasi proyek harus diketahui keefektifitasan sumber daya yaitu pekerja. Upah yang diberikan sangat tergantung pada kecakapan masing-masing pekerja dikarenakan setiap pekerja memiliki karakter masing-masing yang berbeda-beda satu sama lainnya.

$$\text{Produktivitas harian} = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi normal}} \quad (5)$$

$$\text{Produktivitas tiap jam} = \frac{\text{Produktivitas harian}}{\text{Jam kerja per hari}} \quad (6)$$

$$\text{Produktivitas harian setelah crash} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{produktivitas tiap jam}) + (a \times b \times \text{produktivitas tiap jam}) \quad (7)$$

dengan:

a : Lama penambahan jam kerja (lembur)

b : Koefisien penurunan produktivitas akibat penambahan jam kerja (lembur)

Berdasarkan nilai produktivitas harian sesudah *crash* tersebut dapat dicari waktu penyelesaian setelah dipersingkat (*crash duration*), sebagai berikut:

$$\text{Crash duration} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas harian setelah crash}} \quad (8)$$

Penambahan waktu kerja akan menambah besar biaya untuk tenaga kerja dari biaya normal tenaga kerja. Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP. 102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan kerja bervariasi. Pada penambahan waktu kerja satu jam pertama, pekerja mendapatkan tambahan upah 1,5 kali upah perjam waktu normal dan pada penambahan jam kerja berikutnya maka pekerja akan mendapatkan 2 kali upah perjam waktu normal.

Perhitungan untuk biaya tambahan pekerja dapat dirumuskan sebagai berikut ini:

1. *Normal cost* pekerja perhari

$$\text{Normal cost} = \text{Produktivitas harian} \times \text{Harga upah pekerja} \quad (9)$$

2. *Normal cost* pekerja perjam

$$\text{Normal cost} = \text{Produktivitas perjam} \times \text{Harga upah pekerja} \quad (10)$$

3. Biaya lembur pekerja

$$\text{Biaya lembur} = (1,5 \times \text{upah 1 jam lembur pertama}) + (2 \times n \times \text{upah 1 jam normal untuk jam lembur berikutnya}) \quad (11)$$

4. *Crash cost* pekerja perhari

$$\text{Crash cost} = (\text{Jam kerja perhari} \times \text{produktifitas harian}) + (n \times \text{biaya lembur perjam}) \quad (12)$$

dimana:

n : Jumlah penambahan jam kerja (lembur)

5. *Crash cost*

$$\text{Crash cost} = \text{Crash duration} \times \text{Crash cost perhari} \quad (13)$$

6. *Cost slope*

$$\text{Cost slope} = \frac{\text{Crash cost} - \text{Normal cost}}{\text{Normal duration} - \text{Crash duration}} \quad (14)$$

Time Cost Trade Off (TCTO)

Bila waktu penyelesaian proyek lebih besar dari waktu normal di mana $t > t_n$, maka proyek akan terlambat, yang berarti biaya bertambah dan penggunaan sumber daya menjadi tidak efektif. Bila waktu dipercepat dengan waktu penyelesaian kurang dari waktu normal, di mana $t < t_n$, maka biaya juga akan meningkat karena jumlah sumber daya ditambah sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan keadaan demikian dilakukan *crashing program* terhadap kegiatan-kegiatan yang berada dalam lintasan kritis [Husein].

Kompresi hanya dilakukan pada aktivitas-aktivitas yang berada pada lintasan kritis. Langkah-langkah kompresi pada suatu pekerjaan adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan jaringan kerja proyek dengan menuliskan *cost slope* dari masing-masing kegiatan.
2. Kompresi pada aktivitas yang berada pada lintasan kritis dan mempunyai *cost slope* terendah.
3. Penyusunan kembali jaringan kerja proyek.
4. Mengulangi langkah kedua, jika terjadi penambahan lintasan kritis dan terdapat lebih dari satu lintasan kritis maka langkah kedua dilakukan serentak pada semua lintasan kritis dan perhitungan *cost slope* dijumlahkan.
5. Menghentikan langkah kompresi bila terdapat salah satu lintasan kritis dimana aktivitas-aktivitasnya tidak mungkin ditekan lagi sehingga pengendalian biaya telah optimal [Hariono].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Gambaran Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yaitu data yang diperoleh langsung dari PT. Lutvindo Wjaya Perkasa berupa data proyek pembangunan jembatan Sei Merangin, Kabupaten Kampar. Proyek ini dijadwalkan akan selesai dalam 210 hari terhitung pada tanggal 18 Mei 2018 sampai 10 Desember 2018.

3.2 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini adalah menghitung biaya dan waktu optimal dengan melakukan penambahan jam kerja selama 1 jam dan 3 jam dari pembangunan jembatan Sei Merangin menggunakan metode PERT dan TCTO. Langkah-langkah analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan menggunakan metode PERT

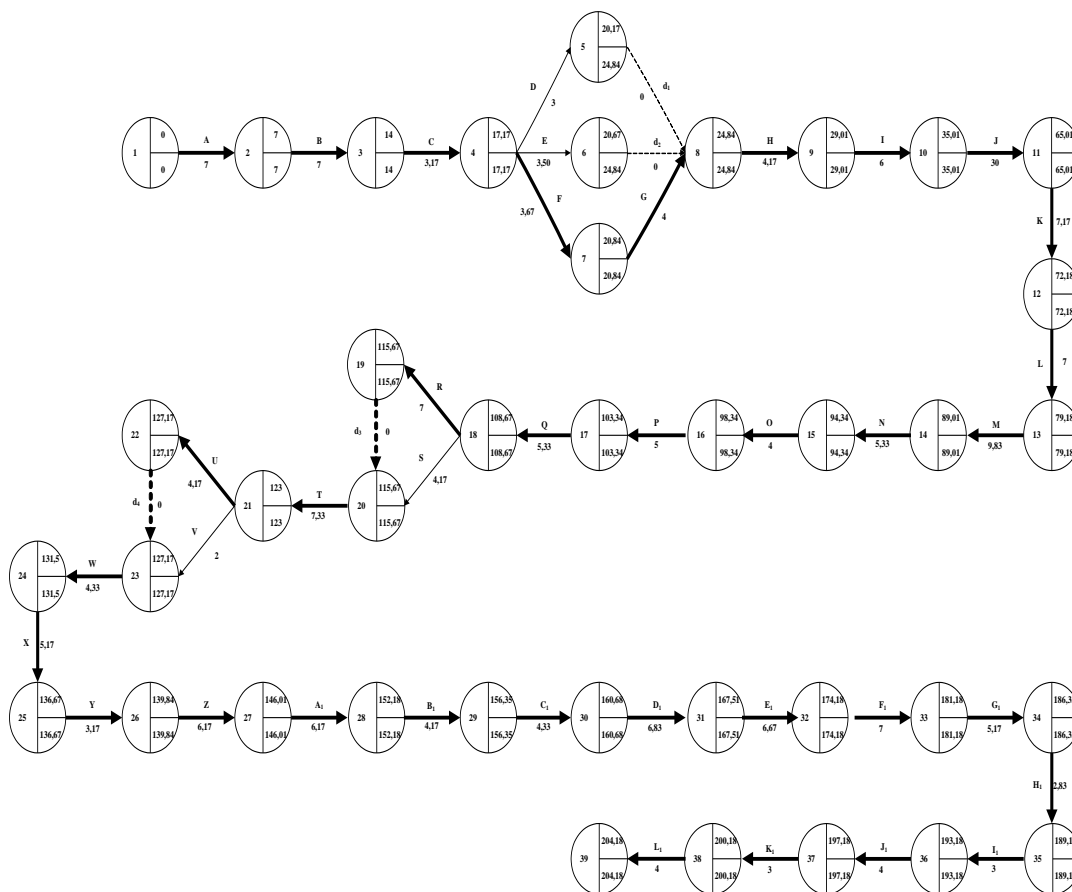
a. Pembuatan Jaringan Kerja dan Lintasan Kritis

Jaringan kerja penelitian ini berdasarkan ketergantungan masing-masing kegiatan dan lintasan kritis dari jaringan kerja dapat diperoleh dengan melakukan perhitungan durasi kegiatan yang memiliki nilai *slack* = 0, dimana *slack* dihitung dari selisih antara *Latest Time* (LS) dengan *Earliest Time* (ES). Kegiatan yang termasuk lintasan kritis dapat dilihat dari hasil perhitungan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perhitungan Lintasan Kritis dan *Slack* pada Metode PERT

Kode Keg.	Kegiatan yang mendahului	Earliest		Latest		Slack	Sifat
		Start (ES)	Finish (EF)	Start (LS)	Finish (LF)		
A	-	0	7	0	7	0	Kritis
B	A	7	14	7	14	0	Kritis
C	B	14	17,17	14	17,17	0	Kritis
D	C	17,17	20,17	21,84	24,84	4,67	Tidak Kritis
E	C	17,17	20,67	21,34	24,84	4,17	Tidak Kritis
F	C	17,17	20,84	17,17	20,84	0	Kritis
G	F	20,84	24,84	20,84	24,84	0	Kritis
H	G	24,84	29,01	24,84	29,01	0	Kritis
I	H	29,01	35,01	29,01	35,01	0	Kritis
J	I	35,01	65,01	35,01	65,01	0	Kritis
K	J	65,01	72,18	65,01	72,18	0	Kritis
L	K	72,18	79,18	72,18	79,18	0	Kritis
M	L	79,18	89,01	79,18	89,01	0	Kritis
N	M	89,01	94,34	89,01	94,34	0	Kritis
O	N	94,34	98,34	94,34	98,34	0	Kritis
P	O	98,34	103,34	98,34	103,34	0	Kritis
Q	P	103,34	108,67	103,34	108,67	0	Kritis
R	Q	108,67	115,67	108,67	115,67	0	Kritis
S	Q	108,67	112,84	111,5	115,67	2,83	Tidak Kritis
T	S	115,67	123	115,67	123	0	Kritis
U	T	123	127,17	123	127,17	0	Kritis
V	T	123	125	125,17	127,17	2,17	Tidak Kritis
W	V	127,17	131,5	127,17	131,5	0	Kritis
X	W	131,5	136,67	131,5	136,67	0	Kritis
Y	X	136,67	139,84	136,67	139,84	0	Kritis
Z	Y	139,84	146,01	139,84	146,01	0	Kritis
A ₁	Z	146,01	152,18	146,01	152,18	0	Kritis
B ₁	A ₁	152,18	156,35	152,18	156,35	0	Kritis
C ₁	B ₁	156,35	160,68	156,35	160,68	0	Kritis
D ₁	C ₁	160,68	167,51	160,68	167,51	0	Kritis
E ₁	D ₁	167,51	174,18	167,51	174,18	0	Kritis
F ₁	E ₁	174,18	181,18	174,18	181,18	0	Kritis
G ₁	F ₁	181,18	186,35	181,18	186,35	0	Kritis
H ₁	G ₁	186,35	189,18	186,35	189,18	0	Kritis
I ₁	H ₁	189,18	192,18	189,18	192,18	0	Kritis
J ₁	I ₁	192,18	196,18	192,18	196,18	0	Kritis
K ₁	J ₁	196,18	199,18	196,18	199,18	0	Kritis
L ₁	K ₁	199,18	203,18	199,18	203,18	0	Kritis

Lintasan kritis pada Tabel 1 di atas adalah yang dilalui oleh kegiatan A-B-C-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-d₃-T-U-d₄-W-X-Y-Z-A₁-B₁-C₁-D₁-E₁-F₁-G₁-H₁-J₁-K₁-L₁ dengan waktu selama 203,18 hari. Berikut adalah gambar jaringan kerja beserta lintasan kritisnya.



Gambar 1. Jaringan Kerja beserta Lintasan Kritis

b. Percepatan Waktu dan Penambahan Biaya dengan Penambahan Jam Kerja

Percepatan waktu dengan penambahan jam kerja dihitung menggunakan Persamaan (5), Persamaan (6), Persamaan (7) dan Persamaan (8) serta penambahan biaya dengan penambahan jam kerja dihitung menggunakan Persamaan (11), Persamaan (12), Persamaan (13), dan Persamaan (14). Percepatan waktu dan penambahan biaya dapat dilihat pada Tabel 2, sebagai berikut:

Tabel 2. Percepatan Waktu dan Penambahan Biaya pada Metode PERT

Penambahan Jam Kerja	Waktu Proyek (hari)	Selesai	Perolehan Waktu (hari)	Besar Biaya Proyek (Rp)	Biaya Tambahan (Rp)
Waktu Normal	210		0	5.523.505.000,00	0
Penambahan 1 jam kerja	207		3	5.925.592.301,35	402.087.301,35
Penambahan 3 jam kerja	188		22	6.621.235.653,10	1.097.730.653,10

2. Perhitungan menggunakan metode TCTO

Berdasarkan Gambar 1 diatas, didapat lintasan kritis A-B-C-F-G-H-I-J-K-L-M-N-O-P-Q-R-d₃-T-U-d₄-W-X-Y-Z-A₁-B₁-C₁-D₁-E₁-F₁-G₁-H₁-J₁-K₁-L₁ dengan waktu selama 203,18 hari, maka kompresikan lintasan ini dengan memilih *cost slope* terendah. Perhitungan dilakukan untuk setiap kegiatan yang berada di lintasan kritis dan memiliki *cost slope* terendah, jika terjadi penambahan lintasan kritis maka lakukan langkah di atas serentak pada semua lintasan kritis. Langkah akan

berhenti jika aktivitas-aktivitas pada lintasan kritis tidak dapat ditekan lagi dan bila ditekan maka biaya akan semakin bertambah.

Tabel 3. Waktu dan Biaya Optimal pada Metode TCTO

Penambahan Jam Kerja	Waktu Selesai Proyek (hari)	Perolehan Waktu (hari)	Besar Biaya Proyek (Rp)
Waktu Normal	210	0	5.523.505.000,00
Penambahan 1 jam kerja	174	36	5.412.555.381,76
Penambahan 3 jam kerja	174	36	5.449.398.077,25

3. Perbandingan Hasil Analisis menggunakan Metode PERT dan TCTO

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode PERT dan TCTO pada proyek pembangunan Jembatan Sei Merangin didapat hasil perbandingan analisis sebagai berikut:

Tabel 4. Perbandingan Hasil Analisis

Metode	Waktu Selesai Proyek (hari)	Percepatan Waktu (hari)	Besar Biaya Proyek (Rp)
PERT	188	22	6.621.235.653,10
TCTO	174	36	5.412.555.381,76

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan tujuan yang telah ditetapkan pada penelitian proyek pembangunan Jembatan Sei Merangin, diperoleh kesimpulan yaitu:

1. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode PERT diperkirakan bahwa dalam proyek pembangunan jembatan Sei Merangin jika dilakukan penambahan alternatif 1 jam kerja proyek dapat diselesaikan selama 207 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 402.087.301,35 dan biaya total proyek sebesar Rp. 5.925.592.301,35 serta *cost slope* sebesar Rp. 134.029.100,45. Sedangkan dengan penambahan 3 jam kerja proyek dapat diselesaikan selama 188 hari dengan penambahan biaya sebesar Rp. 1.097.730.653,10 dan biaya total proyek sebesar Rp. 6.621.235.653,10 serta *cost slope* sebesar Rp. 49.896.847,87.
2. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode TCTO diperkirakan bahwa dalam proyek pembangunan jembatan Sei Merangin jika dilakukan penambahan alternatif 1 jam kerja proyek dapat diselesaikan selama 174 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 110.949.618,24 dan biaya total proyek sebesar Rp. 5.412.555.381,76. Sedangkan dengan penambahan 3 jam kerja proyek dapat diselesaikan selama 174 hari dengan pengurangan biaya sebesar Rp. 74.106.922,75 dan biaya total proyek sebesar Rp. 5.449.398.077,25.
3. Hasil perbandingan dari metode PERT dan TCTO untuk memperoleh waktu dan biaya yang optimum lebih efisien menggunakan metode TCTO, karena perkiraan waktu penyelesaian proyek dan biaya tambahan lebih rendah dibandingkan metode PERT.

Daftar Pustaka

- [1] Ardika, O. P. C., dkk. "Analisis Time Cost Trade Off dengan Penambahan Jam Kerja pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A)". *E-Journal Matriks Teknik Sipil*. Halaman. 273–280. 2014.
- [2] Bakti, F. "Pengertian CPM dan PERT". [Online] Available <http://www.fajarbax89.blogspot.com>, diakses 15 Oktober 2018.
- [3] Hariono, Q. P. "Optimasi Waktu dan Biaya menggunakan Metode Time Cost Trade Off pada Proyek Access Road Construction and Soil Clean Up". *Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*. Vol 2, No. 2, halaman. 199-211. 2016.
- [4] Husen, A. "*Manajemen Proyek*". CV Andi Offset, Yogyakarta. 2009.
- [5] Maddepungeng, A., dkk. "Analisis Optimasi Biaya dan Waktu dengan Metode TCTO (Time Cost Trade Off) (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Pasar Petir Serang Banten)". *Jurnal Fondasi*. Vol 4, No. 1, halaman. 20-27. 2015.
- [6] Melda, A. "Analisis Biaya Pembangunan Proyek Perumahan menggunakan Metod PERT dan EVM (Studi Kasus: Perumahan D'Lion Cluster)". *Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi UIN*

- SUSKA Riau. 2017.
- [7] Soeharto, I. "*Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional) Jilid 1*". Edisi 2, Erlangga, Jakarta. 1999.
- [8] Wardani, N. M. E.,dkk. "Pembangunan Perumahan Citraland Palu menggunakan Metode Program Evaluation And Review Technique (PERT) – Critical Path Method (CPM)". *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Terapan*. Vol 15, No. 2, halaman. 197–208. 2018.