

ANALISIS PROYEK DENGAN METODE *EARNED VALUE* DAN OPTIMASI BIAYA DAN WAKTU MENGGUNAKAN METODE TCTO

*¹Lubna Arifah Sulistyowati, ²Setiono, ³Fajar Sri Handayani

¹Jurusan Teknik Sipil

Universitas Sebelas Maret, Surakarta
lubnaarifah46@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil

Universitas Sebelas Maret, Surakarta
setiono@ft.uns.ac.id

³Jurusan Teknik Sipil

Universitas Sebelas Maret, Surakarta
fajarhani@ft.uns.ac.id

Article history:

Received 17th of July 2025

Revised 23th of July 2025

Accepted 29th of July 2025

Abstract

In the development of healthcare infrastructure projects, hospitals play a critical role and frequently encounter challenges in managing time and cost, including risks of delays and cost overruns. This study aims to analyze the performance of the Critical Center and Support Services Building construction project at Dr. Moewardi General Hospital Surakarta using the Earned Value Analysis (EVA) method, as well as to optimize time and cost through the Time Cost Trade Off (TCTO) method. The results of the EVA show that the project experienced schedule deviations from the initial plan. In the 16th week, the CV was Rp0,00 and CPI was 1,00, indicating that the budget aligned with the initial plan. However, the SV was (-)Rp4.474.490.995,78 and SPI was 0,84, indicating a delay in project implementation. The estimated cost to complete the project from week 16 was Rp67.574.741.112,50. A calculation in the 19th week also showed that the budget remained on track, although the project continued to experience delays. Subsequently, TCTO optimization was carried out using several alternative scenarios on critical path activities, including adding 1 hour, 2 hours, and 3 hours of overtime. Using Primavera P6 software, crash duration and crash cost were calculated for each scenario. The optimization results showed that the scenario of adding one hour of overtime was the most efficient, as it accelerated the project with an additional cost of Rp12.043.259,31 a cost efficiency of -0,013%, and a reduction in project duration by 6,05 days with a time efficiency of 3,071%. This research demonstrates that the combined application of EVA and TCTO methods can effectively support project completion on time and within a reasonable budget.

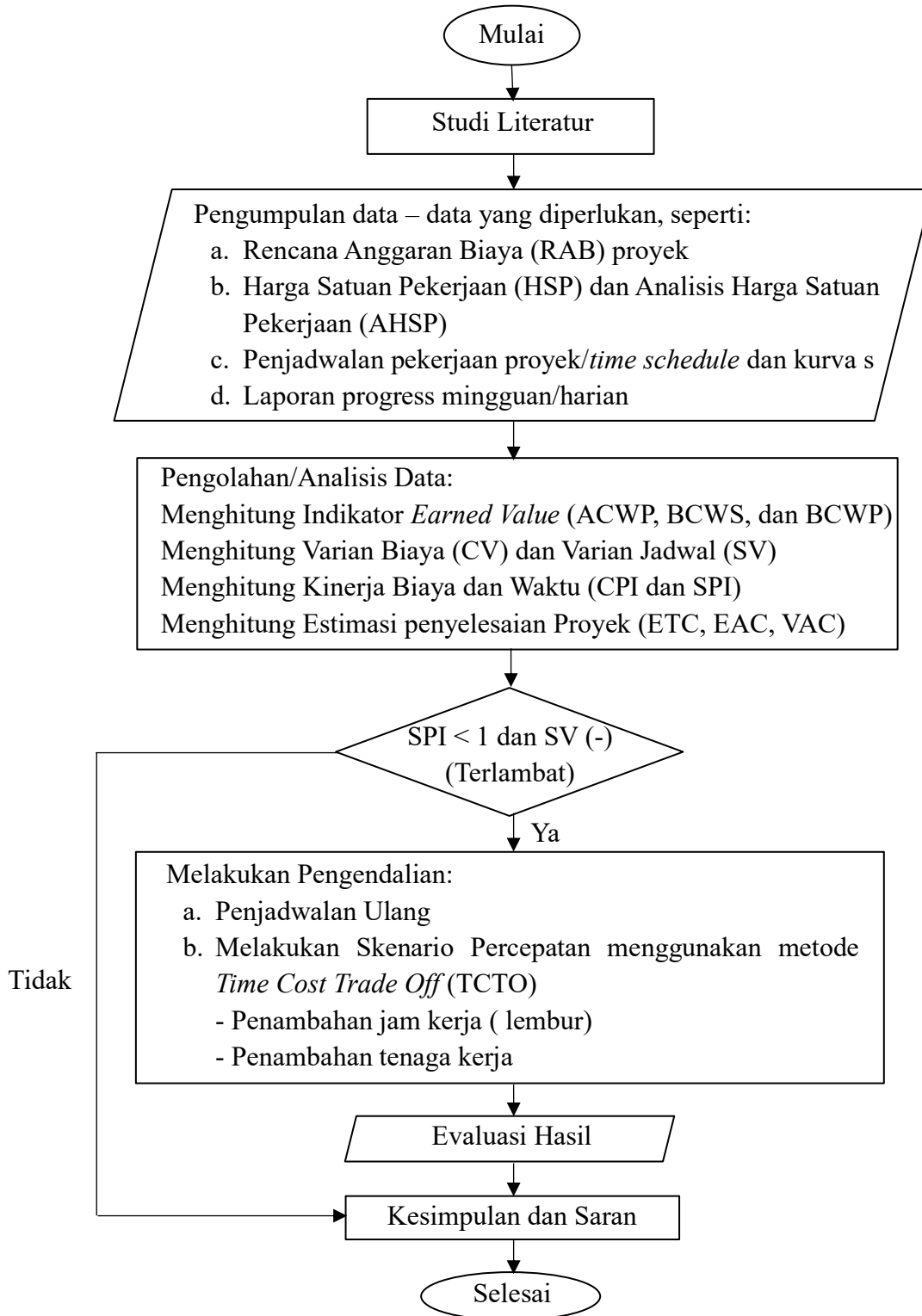
Keywords: Acceleration, Earned Value, Primavera P6, Time Cost Trade Off

Pendahuluan

Dalam konteks pembangunan infrastruktur kesehatan, peran rumah sakit sangat krusial, terutama dalam memberikan pelayanan kesehatan yang komprehensif dan terjangkau. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan layanan kesehatan di wilayah Surakarta dan sekitarnya, proyek ini menjadi sangat signifikan. Pembangunan Gedung *Critical Center* dan Pelayanan Penunjang di RSUD Dr. Moewardi didasari oleh kebutuhan mendesak akan layanan kesehatan yang lebih canggih dan terpadu. Proyek merupakan proses pengadaan suatu produk yang bersifat unik dengan menggunakan sumber daya dibatasi oleh kriteria biaya, mutu, dan waktu [1]. Perencanaan dibuat untuk mencapai efektivitas dan efisiensi yang tinggi dari sumber daya yang akan digunakan selama pelaksanaan proyek konstruksi. Sumber daya yang direncanakan adalah tenaga (*man*), peralatan (*machine*), metode (*method*), bahan (*material*), dan uang (*money*). Penjadwalan yang tepat dengan pengalokasian sumber daya yang tepat mendukung keberhasilan suatu proyek. Manajemen proyek adalah penerapan fungsi – fungsi manajemen secara sistematis pada suatu proyek, dengan menggunakan *resource* atau sumber daya (manusia, barang, dan peralatan) secara efektif dan efisien agar tujuan proyek tercapai secara optimal [2]. *Earned value* adalah metode yang digunakan untuk menganalisis kinerja dan membuat perkiraan pencapaian yang memberikan informasi mengenai kinerja proyek pada suatu periode pelaporan dan menghasilkan estimasi biaya dan waktu untuk penyelesaian seluruh pekerjaan proyek berdasarkan indikator kinerja saat pelaporan[3]. Sistem pengelolaan pada suatu proyek diperlukan agar waktu pelaksanaan proyek sesuai dengan kontrak. Metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) merupakan suatu cara yang digunakan untuk mempercepat waktu pelaksanaan pada proyek dengan cara melakukan pengujian dari semua kegiatan dalam suatu proyek yang dipusatkan pada kegiatan yang berada pada jalur kritis yang disengaja dan sistematis[4]. Jalur kritis ditentukan dengan mengolah data *tools scheduling software Primavera P6*[5].

Metode Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari 2 macam yaitu menerapkan metode *Earned Value* digunakan untuk mengetahui sejauh mana proyek yang dilaksanakan tersebut sesuai dengan rencana atau tidak dan juga metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk menentukan biaya dan waktu proyek yang paling optimum dan efisien. Berikut merupakan diagram alir penelitian dengan menggunakan metode EV dan TCTO dengan bantuan software Primavera P6.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Metode *Earned Value*

Konsep “*Earned Value*” merupakan salah satu alat yang digunakan dalam pengelolaan proyek yang mengintegrasikan biaya dan waktu [6]. Metode analisis nilai hasil digunakan untuk mengetahui sejauh mana proyek yang dilaksanakan tersebut sesuai dengan rencana atau tidak, salah satunya adalah memperkirakan waktu dan biaya [7]. Metode ini dapat menunjukkan informasi status kinerja proyek pada suatu periode pelaporan dan memberikan informasi prediksi biaya yang dibutuhkan dan waktu untuk penyelesaian seluruh pekerjaan berdasarkan indikator kinerja saat pelaporan. Terdapat indikator dasar yang menjadi acuan dalam menganalisa kinerja sebuah proyek:

1. *Actual Cost of Work Performance* (ACWP)

ACWP atau *Actual Cost* (AC) merupakan jumlah biaya aktual dari pekerjaan yang telah dilaksanakan [8].

$$ACWP = \text{Biaya Langsung} + \text{Biaya Tak Langsung} \dots\dots\dots (1)$$

2. *Budgeted Cost of Work Performance* (BCWP)

BCWP atau Nilai hasil (*Earned Value* = EV) merupakan anggaran yang telah disediakan untuk melaksanakan pekerjaan tersebut merupakan pekerjaan yang selesai [9].

$$BCWP = \% \text{ Bobot Realisasi Aktual Kumulatif} \times \text{Nilai Kontrak} \dots\dots\dots (2)$$

3. *Budgeted Cost of Work Schedule* (BCWS)

$$BCWS = \% \text{ Bobot Rencana Kumulatif} \times \text{Nilai Kontrak} \dots\dots\dots (3)$$

Dari tiga indikator *earned value* yang telah disebutkan di atas, dapat dilakukan analisa varians yang dapat mengintegrasikan aspek biaya dan jadwal berupa varians biaya (*cost variance*) dan varians jadwal (*schedule variance*) [8].

1. Varians Biaya / *Cost Variance* (CV)

Merupakan selisih antara nilai pekerjaan yang diselesaikan dan biaya aktual yang dikeluarkan

$$CV = BCWP - ACWP \dots\dots\dots (4)$$

- CV Negative (-) = *Cost Overrun* (biaya di atas rencana)
- CV Nol (0) = Sesuai Anggaran
- CV Positive (+) = *Cost Underrun* (biaya di bawah rencana)

2. Varians Jadwal / *Schedule Variance* (SV)

Merupakan selisih antara nilai pekerjaan yang diselesaikan dan nilai pekerjaan yang direncanakan

$$SV = BCWP - BCWS \dots\dots\dots (5)$$

- SV Negative (-) = Terlambat dari Jadwal
- SV Nol (0) = Tepat Waktu Sesuai Jadwal
- SV Positive (+) = Lebih Cepat dari Jadwal

Pengelola proyek juga seringkali membutuhkan data tentang penggunaan sumber daya, yang dapat dinyatakan sebagai indeks produktivitas atau indeks kinerja. Indeks kinerja terdiri dari indeks kinerja biaya (*Cost Performance Index*) dan indeks kinerja jadwal (*Schedule Performance Index*).

1. *Cost Performance Index* (CPI)

Ukuran efisiensi biaya proyek, yaitu seberapa efektif dana digunakan

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \dots\dots\dots (6)$$

- CPI (>1) = Biaya lebih efisien
- CPI (1) = Biaya tepat sesuai
- CPI (<1) = Biaya boros

2. *Schedule Performance Index* (SPI)

Ukuran efisiensi jadwal proyek, yaitu seberapa tepat waktu pekerjaan dilakukan

$$SPI = \frac{BCWP}{BCWS} \dots\dots\dots (7)$$

- SPI (<1) = Lebih Cepat dari Jadwal
- SPI (1) = Tepat Waktu Sesuai Jadwal
- SPI (>1) = Terlambat dari Jadwal

Prakiraan biaya atau jadwal bermanfaat memberikan peringatan dini mengenai hal-hal yang akan terjadi pada masa yang akan datang. Berikut merupakan perhitungan estimasi penyelesaian proyek

1. *Estimate to Completion (ETC)*

Untuk mengetahui berapa banyak biaya tambahan yang akan dikeluarkan mulai dari sekarang hingga proyek selesai

$$ETC = \frac{(BAC - BCWP)}{CPI} \dots\dots\dots (8)$$

2. *Estimate at Completion (EAC)*

Untuk memperkirakan total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh proyek berdasarkan kinerja proyek saat ini.

$$EAC = ACWP + ETC \dots\dots\dots (9)$$

3. *Variance at Completion (VAC)*

Selisih antara biaya yang direncanakan dengan perkiraan total biaya proyek saat selesai

$$VAC = ACWP - EAC \dots\dots\dots (10)$$

Metode *Time Cost Trade Off*

Mempercepat waktu penyelesaian proyek adalah suatu usaha menyelesaikan proyek lebih awal dari waktu penyelesaian dalam keadaan normal [10]. Analisis *Time Cost Trade Off* (TCTO) adalah kompresi jadwal untuk mendapatkan proyek yang lebih menguntungkan dari segi waktu (durasi), biaya, dan pendapatan. Tujuannya adalah memampatkan proyek dengan durasi yang dapat diterima dan meminimaliskan biaya total proyek [11]. Dalam metode TCTO, terdapat dua faktor utama yang diperhatikan, yaitu durasi waktu penyelesaian proyek dan biaya yang terkait dengan setiap durasi tersebut. Tujuan dari metode ini adalah untuk menemukan kombinasi durasi waktu dan biaya yang paling efisien dan menguntungkan bagi proyek.

Penambahan Jumlah Jam Kerja (lembur)

Jam kerja pekerja normalnya adalah 8 jam yang dimulai pada pukul 08.00 dan selesai pukul 17.00 dengan satu jam istirahat. Jam lembur dilaksanakan setelah jam kerja normal [12]. Lembur dapat dilakukan dengan menambahkan 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam setelah waktu tambahan yang dipersyaratkan [13]. Semakin lama jam kerja yang ditambah, maka produktivitas tenaga kerja juga akan semakin berkurang. Untuk mencari produktivitas dapat menggunakan rumus sebagai berikut :

1. Produktivitas harian normal

$$a = \frac{\text{Volume}}{\text{Durasi Normal}} \dots\dots\dots (11)$$

2. Produktivitas tiap jam

$$b = \frac{\text{Produktivitas Harian}}{\text{Jam Kerja per Hari}} \dots\dots\dots (12)$$

3. Produktivitas harian sesudah percepatan

$$c = a + (b \times n \times y) \dots\dots\dots (13)$$

4. *Crash Duration*

$$d = \frac{\text{volume}}{c} \dots\dots\dots (14)$$

Dimana :
 a = Produktivitas harian normal
 b = Produktivitas tiap jam normal
 c = Produktivitas harian sesudah percepatan
 d = *Crash duration*
 n = Lama penambahan jam kerja (lembur)
 y = Koefisien penurunan produktivitas

Berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.102/MEN/VI/2004 bahwa upah penambahan tenaga kerja bervariasi. Pada penambahan jam kerja 1 jam pertama, tenaga kerja mendapat tambahan upah 1,5 kali upah tenaga kerja pada jam normal. Lalu setelah dihitung 1 jam pertama, tiap jam berikutnya dikenakan 2 kali upah tenaga kerja pada jam normal [14]. Perhitungan tersebut dapat kita rumuskan sebagai berikut :

$$\text{Biaya Lembur} = (1,5 \times \text{upah 1 jam normal untuk penambahan jam kerja pertama}) + (2 \times \text{jumlah penambahan jam kerja} \times \text{upah 1 jam normal untuk penambahan jam kerja berikutnya}) [15] \dots (15)$$

Crash cost untuk penambahan jam kerja (lembur) dapat dihitung sebagai berikut :

- a. Upah normal/hari = produktivitas harian normal x biaya satuan upah
- b. Upah normal/jam = produktivitas tiap jam normal x biaya satuan upah
- c. *Cost* Upah/hari = upah normal (hari) + upah lembur (hari)
- d. *Cost* upah total = *cost* upah (hari) x durasi percepatan
- e. *Cost* bahan = volume x biaya satuan bahan
- f. *Crash cost* = *cost* upah total + *cost* bahan

Program atau *Software Primavera P6*

Program *Primavera P6 Project Management* yang dikembangkan oleh perusahaan Oracle dapat memudahkan pengelolaan proyek konstruksi. *Primavera P6* memberi kemudahan dengan merancang proyek, membangun jaringan, dan mengelola data secara mudah dan cepat. *Software Primavera P6* mempunyai kelebihan yaitu dapat menyimpan berbagai informasi – informasi proyek (*cost and resource*) pada suatu database dan memisahkan data dalam bentuk berbeda secara detail dan ditampilkan dalam bentuk grafik [16].

Hasil dan Pembahasan

Metode *Earned Value Analysis*

Dari hasil analisis data yang dilakukan di program *Primavera P6* diperoleh indikator-indikator konsep nilai hasil yang didapat dari Proyek Pembangunan Gedung *Critical Center* dan Pelayanan Penunjang di RSUD Dr. Moewardi pada minggu ke-16 dan minggu ke-19. Analisis di dalam program *Primavera P6*, diperoleh indikator-indikator *earned value* sebagai berikut

Tabel 1. Rekapitulasi Analisa Hasil pada Minggu ke-16

Nama Pekerjaan	ACWP (AC) (Rp)	BCWS (PV) (Rp)	BCWP (EV) (Rp)
Pekerjaan Persiapan	1.303.491.961,47	744.217.736,90	1.303.491.961,47
Pekerjaan Struktur Bawah	22.192.433.906,09	27.119.707.978,34	22.192.433.906,09
Pekerjaan Struktur Atas	0,00	106.491.148,11	0,00
Pembangunan Gedung <i>Critical Center</i> dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi	23.495.925.867,56	27.970.416.863,34	23.495.925.867,56

Tabel 2. Rekapitulasi Analisa Hasil pada Minggu ke-19

Nama Pekerjaan	ACWP (AC) (Rp)	BCWS (PV) (Rp)	BCWP (EV) (Rp)
Pekerjaan Persiapan	1.308.799.829,46	888.926.741,29	1.308.799.829,46
Pekerjaan Struktur Bawah	24.358.296.978,97	27.464.496.111,21	24.358.296.978,96
Pekerjaan Struktur Atas	3.908.000.783,10	10.424.889.425,07	3.908.000.783,10
Pembangunan Gedung <i>Critical Center</i> dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi	29.575.097.591,52	38.778.312.277,58	29.575.097.591,52

Dari hasil indikator diatas, maka varian dan kinerja proyek dapat dihasilkan oleh *software Primavera P6*. Hasil analisis yang dikeluarkan, yaitu CV, CPI, SV, dan SPI. Berdasarkan dari ketiga indikator nilai hasil, di dalam program *Primavera P6* diperoleh kinerja pelaksanaan proyek sebagai berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Varians dan Kinerja pada Minggu ke-16

Nama Pekerjaan	CV	SV	CPI	SPI
Pekerjaan Persiapan	Rp0.00	Rp 559.274.224,58	1,00	1,75
Pekerjaan Struktur Bawah	Rp0.00	(-) Rp4.927.274.072,25	1,00	0,82
Pekerjaan Struktur Atas	Rp0.00	(-) Rp106.491.148,11	1,00	0,00
Pembangunan Gedung <i>Critical</i> Center dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi	Rp0.00	(-) Rp4.474.490.995,78	1,00	0,84

Berikut contoh perhitungan guna menghitung nilai Varians dan Kinerja Proyek pada minggu ke-16

1) *Cost Variance* (CV) dan *Schedule Variance* (SV)

$$\begin{aligned}
 CV &= EV - AC \\
 &= \text{Rp}23.495.925.867,56 - \text{Rp}23.495.925.867,56 \\
 &= \text{Rp}0,00 \\
 SV &= EV - PV \\
 &= \text{Rp}23.495.925.867,56 - \text{Rp}27.970.416.863,34 \\
 &= (-) \text{Rp}4.474.490.995,78
 \end{aligned}$$

2) *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI)

$$\begin{aligned}
 CPI &= EV / AC \\
 &= \text{Rp}23.495.925.867,56 / \text{Rp}23.495.925.867,56 \\
 &= 1,00 \\
 SPI &= EV / PV \\
 &= \text{Rp}23.495.925.867,56 / \text{Rp}27.970.416.863,34 \\
 &= 0,84
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Rekapitulasi Varians dan Kinerja pada Minggu ke-19

Nama Pekerjaan	CV	SV	CPI	SPI
Pekerjaan Persiapan	Rp0.00	Rp 419.873.088,16	1,00	1,47
Pekerjaan Struktur Bawah	Rp0.00	(-) Rp3.106.199.132,25	1,00	0,89
Pekerjaan Struktur Atas	Rp0.00	(-) Rp6.516.888.641,97	1,00	0,37
Pembangunan Gedung <i>Critical</i> Center dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi	Rp0.00	(-) Rp9.203.214.686,06	1,00	0,76

Berikut contoh perhitungan guna menghitung nilai Varians dan Kinerja Proyek pada minggu ke-16

1) *Cost Variance* (CV) dan *Schedule Variance* (SV)

$$\begin{aligned}
 CV &= EV - AC \\
 &= \text{Rp}29.575.097.591,52 - \text{Rp}29.575.097.591,52 \\
 &= \text{Rp}0,00 \\
 SV &= EV - PV \\
 &= \text{Rp}29.575.097.591,52 - \text{Rp}38.778.312.277,58 \\
 &= (-) \text{Rp}9.203.214.686,06
 \end{aligned}$$

2) *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI)

$$\begin{aligned}
 CPI &= EV / AC \\
 &= \text{Rp}29.575.097.591,52 / \text{Rp}29.575.097.591,52 \\
 &= 1,00 \\
 SPI &= EV / PV \\
 &= \text{Rp}29.575.097.591,52 / \text{Rp}38.778.312.277,58 \\
 &= 0,76
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis data di dalam program menunjukkan bahwa pada setiap item pekerjaan nilai dari ACWP sama dengan BCWP atau *Earned Value*, yang dikeluarkan proyek sesuai dengan biaya yang telah dianggarkan sebelumnya. Hal ini juga terlihat di dalam besarnya *Cost Variance* (CV) yang bernilai nol dan besarnya *Cost Performance Index* (CPI) sama dengan satu. Dalam segi waktu pelaksanaan, angka BCWP atau *Earned Value* lebih kecil dari pada BCWS, yang mengindikasikan bahwa proyek berjalan lebih lambat dari jadwal yang direncanakan. Hal tersebut diperjelas dengan nilai *Schedule Performance Index* (SPI) yang kurang dari 1 dan *Schedule Variance* (SV) yang bernilai negatif.

Metode *Time Cost Trade Off*

Pada penelitian ini optimasi waktu dan biaya dilakukan dengan 3 alternatif yaitu penambahan 1 jam kerja, 2 jam kerja dan penambahan 3 jam kerja yang berada pada lintasan kritis. Untuk melakukan perhitungan penambahan jam tenaga kerja dilakukan dengan kegiatan kritis yang akandipercepat dan hitungan berdasarkan data biaya langsung pekerjaan sehingga diperoleh pertambahan biaya (*cost slope*) pekerjaan [10].

Tabel 5. Kegiatan Kritis pada Proyek Pembangunan Gedung *Critical Center* dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi

No	Item Pekerjaan	Durasi	Biaya Normal (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	197	51.164.939,00
2	Bobok kepala <i>bore pile</i> D 600 (timpang) pekerjaan Tanah Eksisting Menggunakan <i>Bentonite</i>	42	21.272.040,00
3	Bekisting <i>Tie Beam</i> pekerjaan <i>Capping Beam Secant Pile</i>	35	36.550.924,80
4	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan <i>Pit Lift</i>	21	4.772.200,67
5	<i>Water stop</i> (volume timpang) pekerjaan <i>Retaining Wall</i> tb. 50 cm Lantai <i>Basement 2</i>	6	1.071.897,75
6	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai <i>Basement 1</i>	7	5.792.199,60
7	Bekisting Balok Ramp2 (Papan Phenolic) pekerjaan Plat Lantai 1	14	18.925.701,43
8	Bekisting Plat lantai (Papan Phenolic) pada Lantai 2	14	13.445.130,07
9	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pada pekerjaan Tangga Lantai 3	5	2.368.605,38
10	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai 4	7	4.527.610,78
11	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai 5	7	4.527.610,78
12	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai 6	5	5.915.540,40
13	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai 7	5	6.111.151,20
14	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai 8	7	4.527.610,78
15	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai 9	4	4.527.610,78
16	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lantai 10	4	2.368.605,38
17	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lantai <i>Roof top</i>	5	2.368.605,38
18	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai Puncak	7	13.550.165,24

Setelah didapatkan pekerjaan yang berada pada lintasan kritis dilakukan optimasi waktu dan biaya dengan alternatif penambahan jam kerja. Rumus perhitungan dapat digunakan seperti pada bagian metode.

Alternatif Penambahan 1 Jam Kerja Lembur

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Penambahan 1 Jam Kerja (Lembur)

No	Item Pekerjaan	Crash Duration (Hari)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	180	59.930.505,96	515.621,59
2	Bobok kepala <i>bore pile</i> D 600 (timpang) pekerjaan Tanah Eksisting Menggunakan <i>Bentonite</i>	38	24.880.689,64	902.162,41
3	Bekisting <i>Tie Beam</i> pekerjaan <i>Capping Beam Secant Pile</i>	32	42.816.797,62	2.088.624,27
4	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan <i>Pit Lift</i>	19	5.581.770,42	404.784,88
5	<i>Water stop</i> (volume timpang) pekerjaan <i>Retaining Wall</i> tb. 50 cm Lantai <i>Basement 2</i>	5,49	1.255.651,65	183.753,90
6	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai <i>Basement 1</i>	6	6.785.148,10	992.948,50
7	Bekisting Balok Ramp2 (Papan Phenolic) pekerjaan Plat Lt 1	13	22.220.801,23	3.295.099,80
8	Bekisting Plat lantai (Papan Phenolic) pada Lantai 2	13	15.786.023,25	2.340.893,18
9	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pada pekerjaan Tangga Lt 3	4,57	2.774.652,02	406.046,64
10	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 4	6,40	5.303.772,63	776.161,85
11	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 5	6,40	5.303.772,63	776.161,85
12	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 6	4,57	6.929.633,04	1.014.092,64
13	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 7	4,57	7.158.777,12	1.047.625,92
14	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 8	6,40	5.303.772,63	776.161,85
15	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 9	3,66	5.303.772,63	776.161,85
16	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt 10	3,66	2.774.652,02	1.184.302,69
17	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt <i>Roof top</i>	4,57	2.774.652,02	947.442,15
18	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai Puncak	6,40	15.873.050,71	3.871.475,78

Alternatif Penambahan 2 Jam Kerja Lembur

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Penambahan 2 Jam Kerja (Lembur)

No	Item Pekerjaan	Crash Duration (Hari)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	166	70.027.140,50	608.458,11
2	Bobok kepala <i>bore pile</i> D 600 (timpang) pekerjaan Tanah Eksisting Menggunakan <i>Bentonite</i>	35	29.027.471,25	1.107.918,75
3	Bekisting <i>Tie Beam</i> pekerjaan <i>Capping Beam Secant Pile</i>	29	49.800.635,04	2.208.285,04
4	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan <i>Pit Lift</i>	18	6.561.775,92	2.208.285,04
5	<i>Water stop</i> (volume timpang) pekerjaan <i>Retaining Wall</i> tb. 50 cm Lantai <i>Basement 2</i>	5,05	1.466.807,45	394.909,70
6	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai <i>Basement 1</i>	6	7.926.167,87	1.066.984,14
7	Bekisting Balok Ramp2 (Papan Phenolic) pekerjaan Plat Lt 1	12	26.022.839,47	3.548.569,02
8	Bekisting Plat lantai (Papan Phenolic) pada Lantai 2	12	18.487.053,85	2.520.961,89
9	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pada pekerjaan Tangga Lt 3	4	3.241.249,47	872.644,09
10	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 4	5,89	6.195.677,92	834.033,57
11	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 5	5,89	6.195.677,92	834.033,57
12	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 6	4,21	8.094.950,02	2.179.409,62
13	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 7	4,21	8.362.627,96	2.251.476,76
14	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 8	5,89	6.195.677,92	834.033,57
15	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 9	3,37	6.195.677,92	1.668.067,13
16	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt 10	3,37	3.241.249,47	872.644,09
17	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt <i>Roof top</i>	4,21	3.241.249,47	872.644,09
18	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai Puncak	5,89	18.542.331,38	2.496.083,07

Alternatif Penambahan 3 Jam Kerja Lembur

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Penambahan 3 Jam Kerja (Lembur)

No	Item Pekerjaan	Crash Duration (Hari)	Crash Cost (Rp)	Cost Slope (Rp)
1	Pekerjaan Persiapan	154	78.662.847,21	639.486,24
2	Bobok kepala <i>bore pile</i> D 600 (timbang) pekerjaan Tanah Eksisting Menggunakan <i>Bentonite</i>	33	32.762.740,18	1.276.744,46
3	Bekisting <i>Tie Beam</i> pekerjaan <i>Capping Beam Secant Pile</i>	27	55.935.968,85	2.423.130,51
4	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan <i>Pit Lift</i>	16	7.271.924,83	499.944,83
5	<i>Water stop</i> (volume timbang) pekerjaan <i>Retaining Wall</i> tb. 50 cm Lantai <i>Basement 2</i>	4,68	1.647.062,40	287.582,32
6	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lantai <i>Basement 1</i>	5	8.900.209,14	1.554.004,77
7	Bekisting Balok Ramp2 (Papan Phenolic) pekerjaan Plat Lt 1	11	29.148.959,79	3.407.752,79
8	Bekisting Plat lantai (Papan Phenolic) pada Lantai 2	11	20.707.901,23	2.420.923,72
9	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pada pekerjaan Tangga Lt 3	3,9	3.639.564,37	635.479,49
10	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 4	5,46	6.957.060,47	1.214.724,84
11	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 5	5,46	6.957.060,47	1.214.724,84
12	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 6	3,90	9.089.732,81	1.587.096,20
13	Bekisting tangga (Papan Phenolic) pada Lt 7	3,90	9.390.305,50	1.639.577,15
14	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 8	5,46	6.957.060,47	1.214.724,84
15	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lt 9	3,12	6.957.060,47	2.429.449,69
16	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt 10	3,12	3.639.564,37	1.270.958,99
17	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Tangga Lt <i>Roof top</i>	3,90	3.639.564,37	635.479,49
18	Besi beton BJTS 420 A, BJTS 280 pekerjaan Plat Lantai Puncak	5,46	20.820.985,61	3.635.410,19

Setelah melakukan optimasi terhadap item pekerjaan, maka berikutnya yaitu menghitung biaya langsung dan tidak langsung. Pada dasarnya biaya langsung akan cenderung naik, sedangkan biaya tidak langsung akan mengalami penurunan karena durasi proyek mengalami percepatan.

Tabel 9. Rekapitulasi Perbandingan Waktu dan Biaya Total Sebelum dan Sesudah Optimasi

Skenario	Durasi Total (Hari)	Biaya Langsung (Rp)	Biaya Tidak Langsung (Rp)	Biaya Total (Rp)
Normal	197,00	91.070.666.980,06	2.732.120.009,40	104.121.093.558,30
1 Jam Lembur	190,95	91.082.710.239,37	2.732.481.307,18	104.134.862.616,67
2 Jam Lembur	186,20	91.096.555.988,75	2.732.896.679,66	104.150.692.461,94
3 Jam Lembur	180,72	91.108.396.896,46	2.733.251.906,89	104.164.230.171,72
Selisih (1) dan (2)	6,05	12.043.259,31	361.297,78	13.769.058,37
Selisih (1) dan (3)	10,80	25.889.008,69	776.670,26	29.598.903,64
Selisih (1) dan (4)	16,28	37.729.916,40	1.131.897,49	43.136.613,42

Pada Proyek Pembangunan Gedung *Critical Center* dan Pelayanan Penunjang RSUD Dr. Moewardi diperoleh hasil perhitungan optimasi dengan menambah jam kerja (lembur) dan tenaga kerja, ditemukan bahwa durasi dan biaya proyek mengalami perubahan dibandingkan dengan kondisi awal atau normal. Dalam kondisi normal, durasi proyek adalah 197 hari dengan total biaya Rp104.121.093.558,30. Dengan menambah 1 jam lembur, durasi proyek berkurang menjadi 190,95 hari, namun total biaya meningkat menjadi Rp104.134.862.616,67. Menambah 2 jam lembur mengurangi durasi proyek menjadi 186,20 hari, dengan biaya meningkat menjadi Rp104.150.692.461,94. Menambah 3 jam lembur mengurangi durasi proyek menjadi 180,72 hari, sementara biaya naik menjadi Rp104.164.230.171,72.

Adapun jika meninjau dari biaya langsung dan biaya tidak langsung, pada optimasi dengan menambah jam kerja (lembur) dengan beberapa variasi penambahan, besarnya biaya langsung proyek cenderung mengalami kenaikan jika dibandingkan dengan biaya langsung pada kondisi normal, hal tersebut disebabkan adanya upaya percepatan atau membuat durasi pekerjaan menjadi lebih singkat pada pekerjaan yang berada di lintasan kritis. Jika meninjau biaya tidak langsung proyek, juga mengalami kenaikan biaya, karena dalam biaya tidak langsung mencakup gabungan antara *profit* dan *overhead*. Apabila durasi pekerjaan menjadi lebih singkat, maka biaya langsung proyek mengalami kenaikan yang menyebabkan *profit* dan *overhead* juga mengalami kenaikan, sehingga kenaikan biaya *profit* dan *overhead* akan membuat biaya tidak langsung proyek juga ikut mengalami kenaikan.

Untuk hasil perhitungan efisiensi biaya dan waktu pada alternatif optimasi yang lain ditunjukkan pada Tabel 4.10 Di bawah ini.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Efisiensi Biaya dan Waktu

Kondisi	Efisiensi Biaya (%)	Efisiensi Waktu (%)
1 Jam Lembur	-0,013	3,071
2 Jam Lembur	-0,028	5,482
3 Jam Lembur	-0,041	8,264

Kesimpulan

Berdasarkan analisis dengan metode *Earned Value* proyek mengalami keterlambatan pada analisis SPI minggu ke-16 sebesar 0,84 dan ke-19 sebesar 0,76 ($SPI < 1$) dan nilai SV minggu ke-16 (-)Rp4.474.490.995,78 dan minggu ke-19 (-)Rp9.203.214.686,06 ($SV = \text{negatif}$), jika ditinjau dari kinerja biaya proyek menghasilkan biaya sesuai dengan yang telah dianggarkan, dilihat dari hasil minggu ke-16 dan ke-19 CV bernilai Rp0.00 dan CPI sebesar 1,00. Pada Penelitian ini alternatif optimasi yang memiliki total biaya dan durasi paling optimum atau efisien, yaitu dengan cara menambah 1 jam kerja (lembur) karena durasi proyek menjadi lebih cepat, walaupun terjadi penambahan biaya, penambahannya lebih optimum jika dibandingkan dengan alternatif yang lain, ditunjukkan dengan besarnya efisiensi waktu 3,071%, yang dapat mengurangi durasi sebanyak 6,05 hari. Selain itu didapatkan nilai efisiensi biaya -0,013% yang menunjukkan kenaikan biaya sebesar Rp12.043.259,31. Adapun opsi percepatan ini dapat dipertimbangkan oleh pihak proyek.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang membantu penulis menyelesaikan penelitiannya. Khususnya dosen pembimbing yang senantiasa memberi masukan dan bimbingan kepada penulis, sehingga penelitian dapat berjalan dengan maksimal, serta teman-teman yang selalu *support* dan membantu penulis dalam melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Y. A. Messah, D. C. S. Berelaku, and R. Ramang, "Perbandingan penambahan waktu kerja dan penambahan tenaga kerja terhadap biaya pelaksanaan proyek," *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 215–228, 2023, [Online]. Available: <https://sipil.ejournal.web.id/index.php/jts/article/view/869/402>
- [2] Muhammad Risman and Akbar Alfa, "Analisa Manajemen Waktu Penjadwalan Proyek Konstruksi Pembangunan Dermaga Menggunakan Metode Activity On Node (Aon) (Studi Kasus Pembangunan Dermaga Desa Pulau Burung Kecamatan Pulau Burung Kabupaten Indragiri Hilir Tahun Anggaran 2018)," *J. Ilm. Badan Perenc. Bangunan Drh. Kabupaten Indagiri Hilir*, vol. 5, pp. 71–78, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.selodangmayang.com/index.php/bappeda/article/view/129>
- [3] M. I. Maromi and R. Indryani, "Metode Earned Value untuk Analisa Kinerja Biaya dan Waktu Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Condotel De Vasa Surabaya," *J. Tek. ITS*, vol. 4, no. 1, pp. 54–59, 2015.
- [4] N. Izzah, "Analisis Pertukaran Waktu dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off (TCTO) pada Proyek

- Pembangunan Perumahan di PT. X,” *Rekayasa*, vol. 10, no. 1, p. 51, 2018, doi: 10.21107/rys.v10i1.3604.
- [5] S. Aljawarneh, M. Aldwairi, and M. B. Yassein, “Anomaly-based intrusion detection system through feature selection analysis and building hybrid efficient model,” *J. Comput. Sci.*, vol. 25, no. 1, pp. 152–160, 2018, doi: 10.1016/j.jocs.2017.03.006.
- [6] K. Bekasi *et al.*, “Penerapan Metode Earned Value Dalam Analisis Kinerja Biaya Dan Waktu Pada Proyek Konstruksi Sports Center Smk Bhakti Kartini Kecamatan adalah metode Earned Value . proyek dengan menganalisis kinerja biaya dan waktu . Metode ini memiliki tiga komponen,” vol. 5, no. 3, pp. 320–332, 2024.
- [7] X. Furuitho *et al.*, “Perencanaan Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Stie Tazkia Cendikia Bogor dengan Metode Earned Value,” *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, pp. 7591–7600, 2023.
- [8] I. K. A. Ariana and D. A. Lestari, “Analisis Kinerja Proyek Optimalisasi SPAM Gatak Kabupaten Sukoharjo dengan Metode Earned Value,” *J. Integr. Syst.*, vol. 6, no. 1, pp. 87–102, Jul. 2023, doi: 10.28932/jis.v6i1.6521.
- [9] L. Octafiani, “ANALISIS NILAI HASIL (EARNED VALUE ANALYSIS) TERHADAP PENGENDALIAN BIAYA DAN WAKTU PEMBANGUNAN GEDUNG (Studi Kasus Pembangunan Gedung Type B (Gedung Wanita Kalibokor),” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2019.
- [10] R. Pratiwi, S. Mulia Devi, A. Marini, and H. Maya Sari, “Optimasi Waktu Dan Biaya Dengan Metode Time Cost Trade Off (Tcto) Pada Proyek Penambahan Bangunan Pasar Rakyat,” *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 4, no. 2, pp. 93–105, 2022, doi: 10.36277/transukma.v4i2.134.
- [11] I. Hendriyani, R. Pratiwi, and N. Qadri, “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),” *J. Ilm. Tek. Sipil TRANSUKMA*, vol. 3, no. 1, pp. 65–76, 2020, doi: 10.36277/transukma.v3i1.72.
- [12] I. P. Y. Nakti, B. W. Dharma S., and B. R. S. Dewi, “Analisis Waktu Dan Biaya Menggunakan Metode Time Cost Trade Off Pada Proyek Rumah Tinggal 2 Lantai,” *Al-Aqlu J. Mat. Tek. dan Sains*, vol. 2, no. 2, pp. 109–115, 2024, doi: 10.59896/aqlu.v2i2.96.
- [13] N. O. M. Ondu, M. Sofitra, and I. Sujana, “Evaluasi Kinerja Proyek Pembangunan Gudang Koko Mandiri Menggunakan Earned Value Analysis (Eva) Dan Project ...,” *J. Tek. Ind. Univ. Tanjungpura*, vol. 8, no. 2, pp. 209–217, 2024.
- [14] U. 2014, “Permenakertrans No. 4 Tahun 2014,” 2014.
- [15] J. W. Soetjipto, D. A. Adinanda, and S. Arifin, “Pengendalian Penyelesaian Proyek Berbasis Kinerja Menggunakan Hybrid Earned Value - Crash Program,” *J. Apl. Tek. Sipil*, vol. 22, no. 2, p. 127, 2024, doi: 10.12962/j2579-891x.v22i2.15996.
- [16] E. Yonomastuti and I. A. Aini, “Evaluasi Pengendalian Biaya Dan Waktu Dengan Metode Earned Value Dan Crashing Project (Studi Kasus Ruko Di Jalan Ki Ageng Panjawi, Kecamatan Klaten Utara, Kabupaten Klaten),” pp. 1–112, 2024.