

Analisis Kinerja Proyek Conveyor PT UES Menggunakan *Earned Value Management* (EVM) Berbasis Python

Muhamad Haikal ^{*1}

¹ Teknik Informatika, Universitas Indraprasta PGRI, Indonesia
Email: ^{*1}muhamadhaikal220220@gmail.com

Abstrak—Keberhasilan proyek tidak hanya ditentukan oleh pemenuhan ruang lingkup pekerjaan, tetapi juga oleh pencapaian target waktu dan biaya. Pengendalian kinerja proyek diperlukan untuk mendeteksi penyimpangan sejak dini dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja waktu dan biaya pada Proyek Instalasi Conveyor System Plant 6 PT UES di Kawasan Industri CCIE Citeureup, Bogor, menggunakan metode Earned Value Management (EVM). Data yang digunakan meliputi rencana dan realisasi proyek selama 30 minggu dengan nilai kontrak Rp1.200.000.000. Parameter yang dianalisis mencakup PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC, ETC, dan TCPI dengan pengolahan data menggunakan Python untuk otomatisasi perhitungan dan visualisasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada awal proyek kinerja berada di atas rencana, namun menurun pada pertengahan akibat keterlambatan material dan peningkatan biaya. Nilai SPI akhir sebesar 1,00 menunjukkan proyek selesai sesuai jadwal, sedangkan CPI sebesar 0,93 menunjukkan cost overrun. Biaya aktual mencapai Rp1.284.000.000 atau 7% di atas anggaran awal. Temuan ini menunjukkan bahwa EVM memberikan gambaran komprehensif mengenai kinerja waktu dan biaya serta membantu prediksi penyelesaian proyek secara terukur. Hasil penelitian diharapkan menjadi referensi pengendalian proyek instalasi conveyor dan proyek industri sejenis.

Kata Kunci—*Earned Value Management*, Kinerja Proyek, Pengendalian Biaya, Pengendalian Waktu, Conveyor System, Python

I. PENDAHULUAN

PERSAINGAN industri manufaktur menuntut peningkatan efisiensi dan produktivitas melalui optimalisasi sistem material *handling*, salah satunya sistem conveyor yang terintegrasi dengan proses produksi. Sistem ini banyak digunakan karena mampu meningkatkan kontinuitas aliran material dan menurunkan ketergantungan pada proses manual. Proyek instalasi conveyor memiliki tingkat kompleksitas tinggi karena mencakup tahapan *engineering*, *procurement*, fabrikasi, instalasi mekanikal dan elektrik, hingga *commissioning*. Pelaksanaan yang sering dilakukan pada area produksi aktif juga meningkatkan risiko gangguan terhadap jadwal, biaya, dan mutu, sehingga diperlukan sistem pengendalian proyek yang efektif.

Penyimpangan biaya dan waktu masih menjadi permasalahan umum dalam proyek. Kerzner menegaskan bahwa pengendalian proyek yang efektif membutuhkan sistem pengukuran kinerja yang mampu mendeteksi deviasi sejak dini agar tindakan korektif dapat segera dilakukan [1]. Oleh karena itu, dibutuhkan metode yang tidak hanya mengevaluasi kondisi proyek, tetapi juga mampu memprediksi kinerja proyek ke depan. *Earned Value Management* (EVM) merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk tujuan tersebut karena mengintegrasikan ruang lingkup, jadwal, dan biaya dalam satu sistem pengukuran [2]. Melalui indikator *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC), EVM menghasilkan parameter seperti *Schedule Variance* (SV), *Cost Variance* (CV), *Schedule Performance Index* (SPI), dan *Cost Performance Index* (CPI) yang digunakan untuk mengukur efisiensi proyek [3], [4]. Selain itu, indikator tersebut juga dapat digunakan untuk peramalan waktu dan biaya penyelesaian proyek [5].

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa EVM efektif dalam mengidentifikasi deviasi proyek serta mendukung pengambilan keputusan pada proyek gedung dan infrastruktur [3] [4] [5] [6] [7]. Namun, sebagian besar penelitian masih berfokus pada proyek konstruksi konvensional, sedangkan penerapan EVM pada proyek instalasi conveyor di industri manufaktur masih terbatas. Proyek conveyor memiliki karakteristik berbeda, yaitu integrasi sistem mekanikal-elektrikal, ketergantungan antar disiplin, serta keterbatasan ruang kerja yang dapat meningkatkan risiko deviasi biaya dan jadwal. Selain itu, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan EVM dengan otomatisasi perhitungan berbasis pemrograman untuk meningkatkan efisiensi analisis data proyek. Hal ini menunjukkan adanya celah penelitian pada aspek penerapan EVM di lingkungan industri serta pemanfaatan alat komputasi untuk validasi dan visualisasi kinerja proyek.

Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan menerapkan EVM pada Proyek Instalasi Conveyor System Plant 6 PT UES di Kawasan Industri CCIE Citeureup, Bogor, dengan nilai kontrak Rp1.200.000.000 dan durasi 30 minggu. Analisis dilakukan menggunakan indikator PV, EV, AC, SV, CV, SPI, CPI, EAC, ETC, dan TCPI. Kontribusi penelitian ini terletak pada penerapan *Earned*

Value Management pada proyek instalasi *conveyor* industri manufaktur yang memiliki karakteristik berbeda dengan proyek gedung dan infrastruktur yang umum diteliti, serta pemanfaatan Python sebagai alat bantu validasi dan otomatisasi perhitungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja waktu dan biaya pada Proyek Instalasi *Conveyor System Plant 6* menggunakan metode *Earned Value Management* serta mengevaluasi efisiensi pelaksanaan proyek berdasarkan indikator EVM.

II. DESKRIPSI SISTEM

A. Gambaran Proyek

Objek penelitian ini adalah Proyek Instalasi *Conveyor System Plant 6* yang dilaksanakan oleh PT UES di kawasan industri CCIE Citeureup, Bogor. Proyek bertujuan membangun sistem conveyor sebagai sarana transportasi material pendukung proses produksi pelanggan. Lingkup pekerjaan meliputi *engineering*, *procurement*, fabrikasi, instalasi mekanikal dan elektrik, *testing*, serta *commissioning*. Proyek memiliki nilai kontrak sebesar Rp1.200.000.000 dengan durasi pelaksanaan selama 30 minggu. Pengendalian proyek dilakukan melalui pemantauan progres mingguan terhadap pencapaian pekerjaan, biaya aktual, dan target jadwal sebagai dasar analisis menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM) [2].

B. Earned Value Management

Earned Value Management (EVM) merupakan metode pengendalian proyek yang mengintegrasikan aspek biaya, waktu, dan progres pekerjaan untuk mengevaluasi kinerja proyek secara kuantitatif [5]. Selain digunakan untuk mengukur kinerja proyek, EVM juga dapat digunakan untuk memprediksi kondisi proyek pada saat penyelesaian melalui indikator biaya dan jadwal yang dihasilkan [2].

Metode EVM menggunakan tiga parameter utama yaitu *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC). Ketiga parameter tersebut menjadi dasar dalam perhitungan indikator kinerja proyek seperti *Cost Variance* (CV), *Schedule Variance* (SV), *Cost Performance Index* (CPI), dan *Schedule Performance Index* (SPI) [5].

C. Sistem Analisis Penelitian

Penelitian ini menggunakan data progres mingguan proyek yang diperoleh dari laporan pelaksanaan proyek PT UES. Data meliputi progres rencana, progres aktual, dan biaya aktual proyek selama periode pelaksanaan. Data tersebut kemudian diolah menggunakan metode *Earned Value Management* untuk mengevaluasi kinerja biaya dan jadwal proyek. Proses pengolahan data dilakukan menggunakan Python untuk perhitungan indikator EVM dan visualisasi Kurva S proyek. Penggunaan Python membantu meningkatkan konsistensi perhitungan serta meminimalkan kesalahan perhitungan manual pada data proyek yang bersifat periodik [10].

III. METODE

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan menerapkan metode *Earned Value Management* (EVM) untuk mengevaluasi kinerja biaya dan waktu proyek. Metode EVM dipilih karena mampu mengintegrasikan ruang lingkup pekerjaan, jadwal, dan biaya dalam satu sistem pengukuran yang terstruktur sehingga kondisi proyek dapat dievaluasi secara komprehensif [2] [5]. Objek penelitian adalah Proyek Instalasi *Conveyor System Plant 6* PT UES di Kawasan Industri CCIE Citeureup, Bogor, dengan nilai kontrak sebesar Rp1.200.000.000 dan durasi pelaksanaan 30 minggu. Lingkup pekerjaan mencakup *engineering*, *procurement*, fabrikasi, instalasi, pengujian, dan *commissioning*. Analisis dilakukan terhadap data progres mingguan proyek menggunakan indikator *Earned Value Management* untuk menilai efisiensi biaya dan jadwal serta memprediksi kinerja proyek hingga penyelesaian.

B. Pengumpulan Data

Penelitian menggunakan data primer yang diperoleh dari dokumen pelaksanaan proyek PT UES, meliputi jadwal proyek, *Work Breakdown Structure* (WBS), bobot pekerjaan, laporan progres mingguan, dan biaya aktual proyek. Nilai kontrak proyek atau *Budget at Completion* (BAC) sebesar Rp1.200.000.000 digunakan sebagai dasar perhitungan indikator EVM. Data progres dan biaya aktual dikumpulkan secara mingguan untuk menghitung *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC), kemudian direkapitulasi dalam bentuk tabel sebagai dasar analisis kinerja proyek.

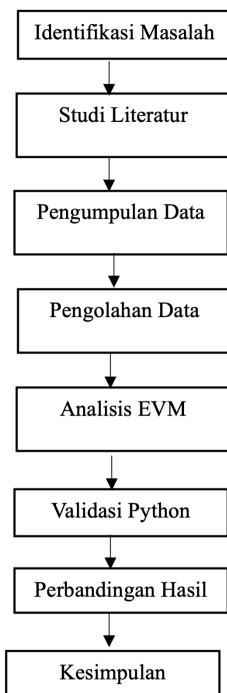
C. Alur Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar tersebut menggambarkan tahapan penelitian yang dimulai dari identifikasi masalah dan studi literatur sebagai dasar penelitian. Selanjutnya dilakukan pengumpulan dan pengolahan data, kemudian data dianalisis menggunakan metode *Earned Value Management* (EVM). Hasil analisis divalidasi menggunakan Python, dilanjutkan dengan perbandingan hasil, dan diakhiri dengan penarikan kesimpulan berdasarkan temuan penelitian. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Penelitian dan Karakteristik Proyek

Penelitian ini dilakukan pada Proyek Instalasi *Conveyor System Plant 6* PT UES dengan nilai kontrak atau *Budget at Completion* (BAC) sebesar Rp1.200.000.000 dan durasi pelaksanaan 30 minggu. Lingkup pekerjaan meliputi *engineering*, *procurement*, fabrikasi, instalasi mekanikal dan elektrik, serta *testing* dan *commissioning*. Data penelitian diperoleh dari dokumen proyek berupa *Work Breakdown Structure* (WBS), jadwal pelaksanaan proyek, laporan progres mingguan, dan laporan biaya aktual yang



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

digunakan selama pelaksanaan Proyek Instalasi *Conveyor System Plant 6* PT UES. Karakteristik proyek conveyor yang melibatkan integrasi sistem mekanikal dan elektrikal menjadikan pengendalian biaya dan jadwal sebagai aspek yang penting selama pelaksanaan proyek.

Tabel I: Data PV, EV, dan AC Proyek

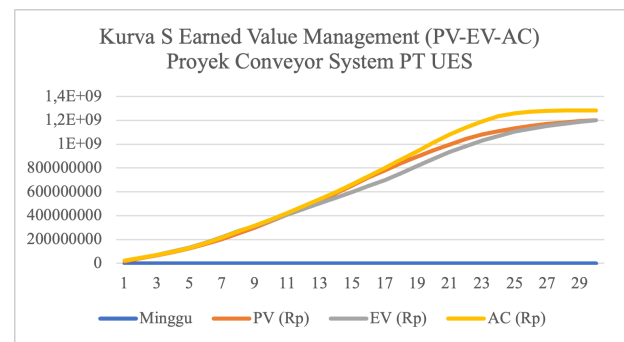
Minggu	PV (Rp)	EV (Rp)	AC (Rp)
5	126.000.000	132.000.000	128.000.000
10	354.000.000	360.000.000	368.000.000
15	654.000.000	600.000.000	662.000.000
20	948.000.000	876.000.000	1.015.000.000
25	1.134.000.000	1.104.000.000	1.260.000.000
30	1.200.000.000	1.200.000.000	1.284.000.000

Sumber tabel I berasal dari hasil pengolahan data proyek(2026). Berdasarkan tabel I, pada awal proyek nilai EV berada di atas PV yang menunjukkan progres pekerjaan lebih cepat dari rencana. Namun, pada pertengahan hingga akhir proyek nilai EV berada di bawah PV sehingga mengindikasikan penurunan kinerja jadwal. Selain itu, nilai AC terus meningkat hingga mencapai Rp1.284.000.000 pada akhir proyek, yang menunjukkan adanya peningkatan biaya selama pelaksanaan proyek.

B. Analisis Kurva S Proyek

Kurva S digunakan untuk menggambarkan perkembangan kumulatif *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC) selama pelaksanaan proyek.

Gambar 2. menunjukkan bahwa EV berada di atas PV pada awal proyek, namun berada di bawah PV pada fase fabrikasi dan instalasi sebelum akhirnya mencapai



Gambar 2: Kurva S EVM (PV-EV-AC)

PV pada akhir proyek. Hal ini menunjukkan proyek selesai sesuai jadwal. Pada minggu ke-15 hingga ke-25, AC meningkat lebih cepat dibandingkan EV sehingga efisiensi biaya menurun. Pada akhir proyek, AC mencapai Rp1.284.000.000 atau melebihi anggaran sebesar Rp84.000.000, yang menunjukkan terjadinya *cost overrun*.

C. Analisis Schedule Variance (SV) dan Cost Variance (CV)

Schedule Variance (SV) digunakan untuk mengukur penyimpangan jadwal proyek, sedangkan *Cost Variance* (CV) digunakan untuk mengukur penyimpangan biaya proyek.

Tabel II: Hasil Perhitungan SV dan CV

Minggu	SV (Rp)	CV (Rp)
5	6.000.000	4.000.000
10	6.000.000	-8.000.000
15	-54.000.000	-62.000.000
20	-72.000.000	-139.000.000
25	-30.000.000	-156.000.000
30	0	-84.000.000

Sumber: Hasil perhitungan EVM (2026)

Hasil perhitungan menunjukkan proyek berada di depan jadwal pada minggu ke-5 dan ke-10 (SV positif). Mulai minggu ke-15, SV menjadi negatif dan mencapai nilai terendah sebesar -Rp72.000.000 pada minggu ke-20, sebelum kembali nol pada minggu ke-30 yang menunjukkan proyek selesai tepat waktu. Dari sisi biaya, nilai CV cenderung negatif sejak minggu ke-10 hingga akhir proyek, yang menunjukkan biaya aktual lebih besar daripada nilai pekerjaan yang dicapai.

D. Analisis Schedule Performance Index (SPI) dan Cost Performance Index (CPI)

Schedule Performance Index (SPI) digunakan untuk mengukur efisiensi pelaksanaan jadwal proyek, sedangkan *Cost Performance Index* (CPI) digunakan untuk mengukur efisiensi penggunaan biaya proyek.

Tabel III: Hasil Perhitungan SPI dan CPI

Minggu	SPI	CPI
5	1,125	1,083
10	1,019	0,975
15	0,920	0,908
20	0,929	0,861
25	0,969	0,866
30	1,000	0,935

Sumber: Hasil perhitungan EVM (2026)

Berdasarkan Tabel III nilai SPI pada minggu ke-5 dan ke-10 lebih besar dari 1 yang menunjukkan pekerjaan lebih cepat dari jadwal. Namun, pada minggu ke-15 hingga ke-25 SPI berada di bawah 1 yang mengindikasikan keterlambatan, sebelum kembali menjadi 1,00 pada minggu ke-30 yang menunjukkan proyek selesai sesuai jadwal. Nilai CPI menunjukkan tren penurunan sejak minggu ke-10 hingga akhir proyek, dengan nilai di bawah 1 yang menandakan biaya aktual lebih besar daripada nilai pekerjaan yang dicapai. Pada akhir proyek, CPI sebesar 0,935 mengindikasikan terjadinya *cost overrun* dan penurunan efisiensi biaya.

E. Analisis Prediksi Durasi Penyelesaian Proyek (TEAC)

Selain digunakan untuk memprediksi biaya akhir proyek, metode *Earned Value Management* (EVM) juga dapat digunakan untuk memperkirakan durasi penyelesaian proyek berdasarkan nilai *Schedule Performance Index* (SPI). Prediksi durasi penyelesaian proyek dihitung menggunakan persamaan:

$$TEAC = \frac{\text{Durasi Rencana}}{SPI} \quad (1)$$

Keterangan: TEAC = Time Estimate at Completion; SPI = Schedule Performance Index; Durasi Rencana = durasi proyek sesuai jadwal awal. Sebagai contoh, pada minggu ke-20 diketahui nilai SPI sebesar 0,924 dengan durasi rencana proyek selama 30 minggu. Berdasarkan persamaan tersebut diperoleh:

$$TEAC = \frac{30}{0,924} = 32,47 \text{ minggu} \quad (2)$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada minggu ke-20 proyek diprediksi selesai pada 32,47 minggu atau mengalami keterlambatan sekitar 2,47 minggu jika kinerja tidak diperbaiki. Hal ini sejalan dengan nilai SPI < 1 yang menunjukkan progres di bawah rencana. Namun, secara aktual proyek selesai pada minggu ke-30 sesuai jadwal kontrak. Kondisi ini menunjukkan adanya percepatan pada fase akhir, terutama pada pekerjaan instalasi dan penyelesaian sistem, hingga SPI kembali menjadi 1,00. Meskipun demikian, percepatan tersebut berdampak pada meningkatnya biaya aktual yang menyebabkan *cost overrun*. Temuan ini menunjukkan bahwa percepatan efektif untuk menghindari keterlambatan, tetapi perlu diimbangi dengan pengendalian biaya yang baik.

F. Analisis Penyebab Cost Overrun

Pembengkakan biaya mulai terlihat pada minggu ke-15 hingga ke-25 yang ditandai dengan meningkatnya selisih antara EV dan AC. Pada periode ini, AC naik lebih cepat daripada EV yang menunjukkan penurunan efisiensi biaya selama pelaksanaan proyek. Kondisi tersebut diduga dipengaruhi oleh kebutuhan tenaga kerja tambahan, lembur untuk mengejar target, biaya mobilisasi dan peralatan, serta kenaikan biaya material dan fabrikasi. Faktor-faktor ini menyebabkan biaya meningkat lebih cepat dibandingkan progres pekerjaan. Meskipun proyek selesai tepat waktu dengan SPI sebesar 1,00, percepatan pekerjaan berdampak pada peningkatan biaya. Hal ini terlihat dari AC sebesar Rp1.284.000.000 atau melebihi anggaran Rp84.000.000 dari Rp1.200.000.000, yang menunjukkan terjadinya *cost overrun* dan perlunya pengendalian biaya yang lebih ketat.

G. Contoh Perhitungan Earned Value Management (EVM)

Perhitungan indikator *Earned Value Management* (EVM) dilakukan menggunakan parameter *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC). Indikator kinerja proyek dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$SV = EV - PV \quad (3)$$

dimana *SV* adalah *Schedule Variance*, *EV* adalah *Earned Value*, dan *PV* adalah *Planned Value*.

Persamaan *Schedule Variance* digunakan untuk mengetahui penyimpangan jadwal proyek. Nilai *SV* positif menunjukkan proyek lebih cepat dari jadwal, sedangkan nilai negatif menunjukkan keterlambatan proyek (Fleming dan Koppelman, 2016).

$$CV = EV - AC \quad (4)$$

dimana *CV* adalah *Cost Variance*, *AC* adalah *Actual Cost*.

Persamaan *Cost Variance* digunakan untuk mengevaluasi penyimpangan biaya proyek. Nilai *CV* positif menunjukkan biaya proyek lebih efisien dibandingkan rencana, sedangkan nilai negatif menunjukkan terjadinya pembengkakan biaya [?].

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (5)$$

dimana *SPI* adalah *Schedule Performance Index*, *EV* adalah *Earned Value*, dan *PV* adalah *Planned Value*.

Nilai SPI digunakan untuk mengukur efisiensi kinerja jadwal proyek. Nilai SPI lebih besar dari 1 menunjukkan proyek berjalan lebih cepat dari jadwal rencana, sedangkan nilai SPI kurang dari 1 menunjukkan keterlambatan proyek [2].

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (6)$$

dimana *CPI* adalah *Cost Performance Index*, *EV* adalah *Earned Value*, dan *AC* adalah *Actual Cost*. Sebagai contoh, dilakukan perhitungan Earned Value Management

pada minggu ke-20, diketahui nilai $PV = \text{Rp}948.000.000$, $EV = \text{Rp}876.000.000$, dan nilai $AC = \text{Rp}1.015.000.000$. Perhitungan *Schedule Variance* sebagai berikut:

$$SV = 876.000.000 - 948.000.000 \quad (7)$$

$$SV = -72.000.000 \quad (8)$$

Perhitungan *Cost Variance* sebagai berikut:

$$CV = EV - AC \quad (9)$$

$$CV = 876.000.000 - 1.015.000.000 \quad (10)$$

$$CV = -139.000.000 \quad (11)$$

Perhitungan *Schedule Performance Index* sebagai berikut:

$$SPI = \frac{EV}{PV} \quad (12)$$

$$SPI = \frac{876.000.000}{948.000.000} \quad (13)$$

$$SPI = 0,924 \quad (14)$$

Perhitungan *Cost Performance Index* sebagai berikut:

$$CPI = \frac{EV}{AC} \quad (15)$$

$$CPI = \frac{876.000.000}{1.015.000.000} \quad (16)$$

$$CPI = 0,863 \quad (17)$$

Nilai SPI dan CPI yang lebih kecil dari satu menunjukkan bahwa pada minggu ke-20 proyek mengalami keterlambatan dan ketidakefisienan biaya.

H. Prediksi Penyelesaian Proyek Menggunakan EVM

Selain digunakan untuk mengevaluasi kinerja biaya dan jadwal, metode *Earned Value Management* (EVM) juga dapat digunakan untuk memprediksi kondisi proyek pada saat penyelesaian. Prediksi dilakukan menggunakan indikator *Budget at Completion* (BAC), *Estimate at Completion* (EAC), *Estimate to Complete* (ETC), *Variance at Completion* (VAC), *To Complete Performance Index* (TCPI), dan *Time Estimate at Completion* (TEAC). Perhitungan parameter prediksi dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \quad (18)$$

Persamaan *Estimate at Completion* (EAC) digunakan untuk memprediksi biaya akhir proyek berdasarkan kinerja biaya aktual proyek [2].

$$ETC = EAC - AC \quad (19)$$

Estimate to Complete (ETC) digunakan untuk memperkirakan biaya yang masih diperlukan hingga proyek selesai [5]

$$VAC = BAC - EAC \quad (20)$$

Variance at Completion (VAC) digunakan untuk mengetahui selisih antara anggaran awal proyek dan prediksi biaya akhir proyek [2].

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (21)$$

To Complete Performance Index (TCPI) digunakan untuk menunjukkan tingkat efisiensi biaya yang diperlukan agar proyek dapat mencapai target anggaran yang telah ditetapkan [5]

$$TCPI = \frac{\text{Durasi Rencana}}{SPI} \quad (22)$$

Time Estimate at Completion (TEAC) digunakan untuk memprediksi durasi penyelesaian proyek berdasarkan kinerja jadwal proyek saat evaluasi dilakukan [2]. Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Pada akhir proyek (minggu ke-30) diketahui:

$$BAC = \text{Rp}1.200.000.000$$

$$EV = \text{Rp}1.200.000.000$$

$$AC = \text{Rp}1.284.000.000$$

$$CPI = 0,935$$

$$SPI = 1,000$$

$$\text{Durasi rencana} = 30 \text{ minggu}$$

Sehingga:

$$EAC = \frac{1.200.000.000}{0,935} \quad (23)$$

$$EAC = \text{Rp}1.283.422.460 \quad (24)$$

dibulatkan menjadi: $EAC \text{ Rp}1.284.000.000$.

Selanjutnya:

$$ETC = 1.284.000.000 - 1.284.000.000 = 0$$

$$VAC = 1.200.000.000 - 1.284.000.000 = -\text{Rp}84.000.000$$

$$TCPI = \frac{1.200.000.000 - 1.200.000.000}{1.200.000.000 - 1.284.000.000} = 0 \quad (25)$$

$$TEAC = \frac{30}{1,000} = 30 \text{ minggu} \quad (26)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai EAC sebesar $\text{Rp}1.284.000.000$ menunjukkan bahwa biaya akhir proyek melebihi anggaran awal proyek. Nilai VAC sebesar $-\text{Rp}84.000.000$ menunjukkan bahwa proyek mengalami pembengkakan biaya sebesar sekitar 7% dari nilai kontrak. Sementara itu, nilai TEAC sebesar 30 minggu menunjukkan bahwa proyek berhasil diselesaikan sesuai durasi rencana proyek.

Tabel IV: Hasil Prediksi Penyelesaian Proyek

Parameter	Nilai (Rp.)
BAC	1.200.000.000
EAC	1.284.000.000
ETC	0
VAC	-84.000.000
TCPI	0

Sumber: hasil perhitungan EVM (2026).

Berdasarkan Tabel IV, nilai BAC proyek sebesar Rp1.200.000.000, sedangkan nilai EAC sebesar Rp1.284.000.000. Nilai VAC sebesar -Rp84.000.000 menunjukkan bahwa proyek mengalami pembengkakan biaya (cost overrun) sekitar 7% dari nilai kontrak. Nilai ETC sebesar Rp0 menunjukkan bahwa seluruh pekerjaan telah selesai sehingga tidak diperlukan biaya tambahan. Sementara itu, nilai TCPI sebesar 0,000 menunjukkan bahwa tidak diperlukan lagi tingkat efisiensi biaya untuk mencapai target anggaran. Hasil ini menegaskan bahwa proyek berhasil diselesaikan sesuai jadwal, namun biaya aktual melebihi anggaran yang telah direncanakan.

I. Analisis Schedule Performance Index (SPI) dan Cost Performance Index(CPI)

Tabel V: Hasil Perhitungan SPI dan CPI

Minggu	SPI	CPI
5	1,048	1,031
10	1,017	0,978
15	0,917	0,906
20	0,924	0,863
25	0,974	0,876
30	1,000	0,935

Sumber: hasil perhitungan EVM (2026).

Berdasarkan tabel V, nilai SPI menunjukkan bahwa pada awal proyek pekerjaan lebih cepat dari jadwal, namun menurun pada pertengahan hingga mencapai 0,917 pada minggu ke-15. Setelah dilakukan percepatan, SPI meningkat kembali hingga 1,00 pada akhir proyek yang menunjukkan pekerjaan selesai sesuai jadwal. Sebaliknya, CPI mengalami penurunan selama pelaksanaan proyek dan mencapai 0,935 pada akhir proyek. Hal ini menunjukkan bahwa biaya aktual lebih besar daripada nilai pekerjaan yang dicapai sehingga terjadi pembengkakan biaya.

J. Prediksi Penyelesaian Proyek Menggunakan EVM

Management (EVM) juga dapat digunakan untuk memprediksi kondisi proyek pada saat penyelesaian. Prediksi dilakukan menggunakan indikator *Budget at Completion*(BAC), *Estimate at Completion*(EAC), *Estimate to Complete*(ETC), *Variance at Completion*(VAC), *To Complete Performance Index*(TCPI), dan *Time Estimate at Completion*(TEAC). Perhitungan parameter prediksi dilakukan menggunakan persamaan berikut:

$$EAC = \frac{BAC}{CPI} \quad (27)$$

Persamaan Estimate at Completion (EAC) digunakan untuk memprediksi biaya akhir proyek berdasarkan kinerja biaya aktual proyek(PMBOK, 2021).

$$ETC = EAC - AC \quad (28)$$

Estimate to Complete (ETC) digunakan untuk memperkirakan biaya yang masih diperlukan hingga proyek selesai(Fleming dan Koppelman, 2016).

$$VAC = BAC - EAC \quad (29)$$

Variance at Completion(VAC) digunakan untuk mengetahui selisih antara anggaran awal proyek dan prediksi biaya akhir proyek (PMBOK, 2021).

$$TCPI = \frac{BAC - EV}{BAC - AC} \quad (30)$$

To Complete Performance Index (TCPI) digunakan untuk menunjukkan tingkat efisiensi biaya yang diperlukan agar proyek dapat mencapai target anggaran yang telah ditetapkan (Fleming dan Koppelman, 2016).

$$TEAC = \frac{DurasiRencana}{SPI} \quad (31)$$

Time Estimate at Completion(TEAC) digunakan untuk memprediksi durasi penyelesaian proyek berdasarkan kinerja jadwal proyek saat evaluasi dilakukan (PMBOK, 2021).

Berikut contoh perhitungan, pada akhir proyek(minggu ke-30) diketahui: label=

- $BAC = \text{Rp}1.200.000.000$
- $EV = \text{Rp}1.200.000.000$
- $AC = \text{Rp}1.284.000.000$
- $CPI = 0,935$
- $SPI = 1,000$
- Durasi rencana = 30 minggu

Sehingga:

$$EAC = \frac{1.200.000.000}{0,935} \quad (32)$$

$$EAC = \text{Rp}1.283.422.460 \quad (33)$$

Dibulatkan menjadi:

$$EAC = \text{Rp}1.284.000.000 \quad (34)$$

Selanjutnya:

$$ETC = 1.284.000.000 - 1.284.000.000 = \text{Rp}0 \quad (35)$$

$$VAC = 1.200.000.000 - 1.284.000.000 = -\text{Rp}84.000.000 \quad (36)$$

$$TCPI = \frac{1.200.000.000 - 1.200.000.000}{1.200.000.000 - 1.284.000.000} = 0 \quad (37)$$

$$TEAC = \frac{30}{1,000} = 30 \text{ minggu} \quad (38)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai EAC sebesar Rp1.284.000.000 menunjukkan bahwa biaya akhir proyek melebihi anggaran awal proyek. Nilai VAC sebesar -Rp84.000.000 menunjukkan bahwa proyek mengalami pembengkakan biaya sebesar sekitar 7% dari nilai kontrak.

Sementara itu, nilai TEAC sebesar 30 minggu menunjukkan bahwa proyek berhasil diselesaikan sesuai durasi rencana proyek

$$VAC = -Rp84.000.000 \quad (39)$$

$$TCPI = \frac{1.200.000.000 - 1.200.000.000}{1.200.000.000 - 1.284.000.000} \quad (40)$$

$$TCPI = 0 \quad (41)$$

Tabel VI: Hasil Prediksi Penyelesaian Proyek

Parameter	Nilai(Rp.)
BAC	1.200.000.000
EAC	1.284.000.000
ETC	0
VAC	-84.000.000
TCPI	0

Sumber: hasil perhitungan EVM(2026).

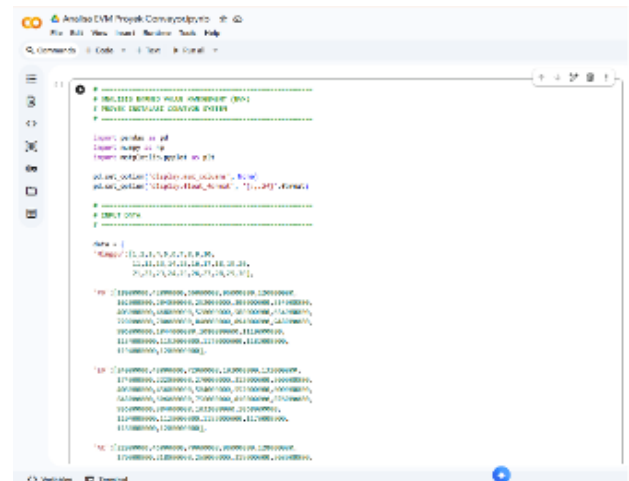
Berdasarkan Tabel 6, nilai BAC proyek sebesar Rp1.200.000.000, sedangkan nilai EAC sebesar Rp1.284.000.000. Nilai VAC sebesar -Rp84.000.000 menunjukkan bahwa proyek mengalami pembengkakan biaya (cost overrun) sekitar 7% dari nilai kontrak. Nilai ETC sebesar Rp0 menunjukkan bahwa seluruh pekerjaan telah selesai sehingga tidak diperlukan biaya tambahan. Sementara itu, nilai TCPI sebesar 0,000 menunjukkan bahwa tidak diperlukan lagi tingkat efisiensi biaya untuk mencapai target anggaran. Hasil ini menegaskan bahwa proyek berhasil diselesaikan sesuai jadwal, namun biaya aktual melebihi anggaran yang telah direncanakan.

K. Validasi Perhitungan Earned Value Management Menggunakan Python pada Google Colaboratory

Untuk memastikan keakuratan hasil perhitungan Earned Value Management (EVM), dilakukan validasi menggunakan bahasa pemrograman Python yang dijalankan pada platform Google Colaboratory (Google Colab). Python digunakan untuk menghitung seluruh parameter EVM secara otomatis berdasarkan data *Planned Value(PV)*, *Earned Value(EV)*, dan *Actual Cost(AC)*. Penggunaan Python dipilih karena memiliki sintaks yang sederhana, mudah dikembangkan, serta didukung oleh berbagai pustaka komputasi ilmiah yang mampu melakukan pemrosesan data, analisis, dan visualisasi secara efisien [11] [12]. Selain itu, Python telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian dan aplikasi komputasi ilmiah karena kemampuannya dalam mengotomatisasi proses perhitungan, meningkatkan reproduktibilitas analisis, serta meminimalkan kesalahan yang sering terjadi pada perhitungan manual [13].

L. Perbandingan Hasil Perhitungan Excel dan Python

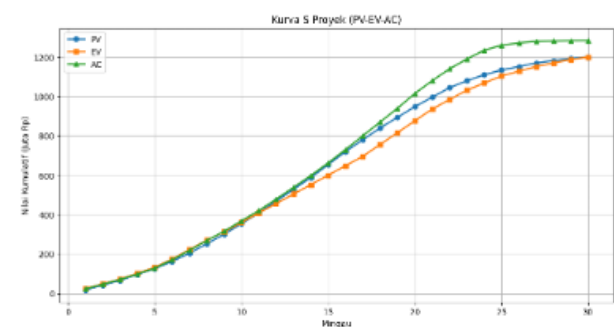
Adapun hasil perhitungan Excel dan Python sebagai berikut berdasarkan sumber dari hasil pengolahan Excel dan Python(2026).



Gambar 3: Kode Program Perhitungan EVM Menggunakan Python

HASIL PERHITUNGAN EARNED VALUE MANAGEMENT									
Minggu	PV	EV	AC	SV	CV	SPI	CPI	\	
1	18000000	24000000	22000000	6000000	20000000	1.33	0.99		
2	42000000	48000000	46000000	6000000	20000000	1.14	1.04		
3	66000000	72000000	70000000	6000000	20000000	1.00	1.03		
4	90000000	96000000	98000000	6000000	40000000	1.06	1.04		
5	120000000	132000000	128000000	6000000	40000000	1.05	1.03		
6	162000000	174000000	170000000	12000000	40000000	1.07	1.02		
7	204000000	222000000	218000000	18000000	40000000	1.09	1.02		
8	252000000	270000000	268000000	18000000	20000000	1.07	1.01		
9	300000000	312000000	315000000	12000000	-30000000	1.04	0.99		
10	354000000	360000000	368000000	6000000	-80000000	1.02	0.98		
11	400000000	400000000	420000000	0	-120000000	1.00	0.97		
12	460000000	456000000	478000000	-12000000	-220000000	0.97	0.95		
13	520000000	504000000	530000000	-24000000	-340000000	0.95	0.94		
14	580000000	552000000	590000000	-36000000	-460000000	0.94	0.92		
15	654000000	600000000	662000000	-54000000	-620000000	0.92	0.91		
16	720000000	648000000	730000000	-72000000	-820000000	0.90	0.89		
17	780000000	696000000	800000000	-84000000	-1040000000	0.89	0.87		
18	840000000	750000000	870000000	-84000000	-1140000000	0.90	0.87		
19	894000000	810000000	940000000	-70000000	-1240000000	0.91	0.87		
20	948000000	870000000	1015000000	-77000000	-1390000000	0.92	0.86		
21	990000000	930000000	1080000000	-80000000	-1480000000	0.94	0.87		
22	1044000000	984000000	1148000000	-60000000	-1580000000	0.94	0.86		
23	1080000000	1032000000	1190000000	-48000000	-1580000000	0.96	0.87		
24	1118000000	1080000000	1235000000	-42000000	-1670000000	0.96	0.86		
25	1154000000	1184000000	1260000000	-30000000	-1580000000	0.97	0.88		
26	1152000000	1128000000	1272000000	-24000000	-1480000000	0.98	0.89		
27	1170000000	1152000000	1280000000	-18000000	-1280000000	0.98	0.90		
28	1182000000	1170000000	1282000000	-12000000	-1120000000	0.99	0.91		
29	1194000000	1188000000	1283500000	-6000000	-915000000	0.99	0.93		
30	1200000000	1200000000	1284000000	0	-840000000	1.00	0.93		

Gambar 4: Tampilan Output Program pada Python



Gambar 5: Tampilan Output Program Kurva S

Berdasarkan Tabel VII, hasil perhitungan EVM menggunakan Microsoft Excel dan Python menunjukkan nilai yang sama tanpa selisih. Nilai SV sebesar Rp0 dan SPI sebesar 1,000 menunjukkan proyek selesai sesuai jadwal, sedangkan CV sebesar -Rp84.000.000 dan CPI sebesar 0,935 menunjukkan terjadinya cost overrun. Nilai EAC sebesar Rp1.284.000.000 dan VAC sebesar -Rp84.000.000

Tabel VII: Perbandingan Hasil Perhitungan Excel dan Python

Parameter	Excel	Python	Selisih
PV	1.200.000.000	1.200.000.000	0
EV	1.200.000.000	1.200.000.000	0
AC	1.284.000.000	1.284.000.000	0
SV	0	0	0
CV	-84.000.000	-84.000.000	0
SPI	1,000	1,000	0
CPI	0,935	0,935	0
EAC	1.284.000.000	1.284.000.000	0
VAC	-84.000.000	-84.000.000	0

juga identik pada kedua metode, dengan tingkat kesesuaian mencapai 100%. Hal ini membuktikan bahwa Python mampu mereplikasi perhitungan EVM secara akurat dan dapat digunakan untuk validasi serta otomatisasi analisis dan monitoring proyek berbasis digital dan terstruktur.

M. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu dan Kebaruan Penelitian

Adapun perbandingan penelitian terdahulu disajikan pada tabel VIII sebagai berikut.

Tabel VIII: Perbandingan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Objek Penelitian	Metode	Hasil Utama
Sunatha et al. (2023)	Gedung Dekanat FK Udayana	EVM	Evaluasi biaya dan waktu proyek
Wahab(2018)	Peningkatan Jalan	EVM	Analisis kinerja proyek
Johari dan Islami (2022)	MBE Well Hook Up	EVM	Evaluasi biaya dan jadwal
Putri et al. (2023)	Gedung Olahraga Poltekkes	EVM	Monitoring biaya dan waktu
Adriansyah dan Prafitasiwi (2024)	Gedung SMAK	EVM	Analisis biaya dan waktu
Junna et al. (2025)	Perumahan Permata Hijau	EVM	Evaluasi penyimpangan proyek
Penelitian ini	Conveyor System Industri	EVM + Python	Analisis biaya dan waktu serta validasi menggunakan Python

Berdasarkan Tabel VIII, penelitian terdahulu umumnya menerapkan Earned Value Management (EVM) pada proyek gedung, jalan, dan infrastruktur untuk mengevaluasi kinerja biaya dan waktu. Hasilnya menunjukkan adanya penyimpangan proyek yang dianalisis melalui indikator CPI, SPI, CV, dan SV. Penelitian ini berbeda karena diterapkan pada proyek instalasi Conveyor System di industri manufaktur. Selain analisis EVM, penelitian ini juga melakukan validasi perhitungan menggunakan Python untuk mendukung otomatisasi dan visualisasi kinerja proyek, yang belum banyak digunakan pada penelitian sebelumnya. Hasil penelitian menunjukkan proyek selesai tepat waktu dengan SPI sebesar 1,00, namun mengalami cost overrun dengan CPI sebesar 0,935.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, studi kasus hanya dilakukan pada satu proyek

instalasi Conveyor System sehingga hasil penelitian belum dapat digeneralisasi untuk seluruh jenis proyek industri. Kedua, data yang digunakan merupakan data historis proyek sehingga belum terintegrasi dengan sistem monitoring berbasis database secara langsung. Ketiga, validasi perhitungan dilakukan menggunakan Microsoft Excel dan Python sehingga belum dibandingkan dengan perangkat lunak manajemen proyek lain seperti Primavera P6 atau Microsoft Project. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat memperluas jumlah studi kasus, menggunakan data proyek yang lebih beragam, serta mengintegrasikan EVM dengan sistem monitoring digital yang lebih komprehensif.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, metode Earned Value Management (EVM) mampu mengevaluasi kinerja biaya dan waktu pada proyek instalasi Conveyor System Plant 6 PT United Equipment Services secara efektif. Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek berhasil diselesaikan sesuai jadwal dengan nilai Schedule Performance Index (SPI) sebesar 1,00 dan Schedule Variance (SV) sebesar Rp0. Namun, proyek mengalami pembengkakan biaya (cost overrun) sebesar Rp84.000.000 yang ditunjukkan oleh nilai Cost Performance Index (CPI) sebesar 0,935 dan Cost Variance (CV) sebesar -Rp84.000.000. Validasi menggunakan Python pada Google Colaboratory menghasilkan nilai yang identik dengan perhitungan Microsoft Excel dengan tingkat kesesuaian 100%, sehingga membuktikan bahwa Python dapat digunakan sebagai alat validasi dan otomatisasi perhitungan EVM sekaligus menghasilkan visualisasi Kurva S secara akurat.

Berdasarkan temuan tersebut, perusahaan disarankan untuk menerapkan EVM secara berkala selama pelaksanaan proyek guna mendeteksi penyimpangan biaya dan waktu sejak dini. Selain itu, integrasi EVM dengan Python dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi sistem monitoring proyek berbasis digital yang mampu mendukung pengambilan keputusan secara lebih cepat dan akurat. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk menerapkan metode ini pada jenis proyek industri lainnya atau mengombinasikannya dengan metode pengendalian proyek lain guna meningkatkan efektivitas pengelolaan biaya dan waktu proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Kerzner, *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*, 13th ed., Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022.
- [2] Project Management Institute, *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*, 7th ed., Pennsylvania, USA: PMI, 2021.
- [3] I. G. N. Sunatha et al., "Kinerja Biaya dan Waktu Proyek dengan Metode Earned Value Management (Studi Kasus: Pembangunan Gedung Dekanat Fakultas Kedokteran Universitas Udayana)," *Jurnal Teknik Gradien*, vol. 15, no. 2, 2023.
- [4] B. Wahab, "Penilaian Pengendalian Biaya dan Waktu pada Proyek Peningkatan Jalan Menggunakan Metode Earned Value," *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 8, no. 2, 2018.
- [5] Q. W. Fleming and J. M. Koppelman, *Earned Value Project Management*, 4th ed., Newtown Square, PA: Project Management Institute, 2016.

- [6] G. J. Johari and N. N. Islami, "Analisis Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Earned Value Concept pada Proyek MBE Well Hook Up," *Jurnal Konstruksi*, vol. 19, no. 1, 2022.
- [7] I. Junna *et al.*, "Pengendalian Waktu dan Biaya pada Proyek Perumahan Permata Hijau Menggunakan Metode Earned Value," *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, vol. 16, no. 1, 2025.
- [8] B. P. Adriansyah and A. G. Prafitasiwi, "Analisa Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Earned Value pada Proyek SMAK Untung Suropati Sidoarjo," *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 1, no. 1, 2024.
- [9] S. A. Putri *et al.*, "Analisis Biaya dan Waktu Menggunakan Metode Earned Value: Studi Kasus Pembangunan Gedung Sarana Olahraga Poltekkes Kemenkes Makassar," *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [10] W. McKinney, *Python for Data Analysis: Data Wrangling with Pandas, NumPy, and Jupyter*, 3rd ed., Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2022.
- [11] P. Virtanen *et al.*, "SciPy 1.0: Algoritma Fundamental untuk Komputasi Ilmiah di Python," *Nature Methods*, vol. 17, no. 3, pp. 261–272, 2020.
- [12] E. Tejedor *et al.*, "PyCOMPSs: Alur Kerja Komputasi Paralel dalam Python," *Jurnal Internasional Aplikasi Komputasi Kinerja Tinggi*, vol. 31, no. 1, pp. 66–82, 2017.
- [13] Y. B. Mokuwu *et al.*, "Implementasi Metode Earned Value Management (EVM) dalam Menganalisis Keterlambatan Proyek Konstruksi Menggunakan Pemrograman Python," *Jurnal Pendidikan Lanjutan dan Sains*, vol. 6, no. 1, pp. 36–42, 2025.

BIOGRAFI PENULIS

Muhamad Haikal merupakan Dosen di Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia. Lulusan Magister Teknik Sipil, Universitas Gunadarma, Jakarta, Indonesia pada bidang Sistem Informasi Infrastruktur. Fokus penelitian meliputi Decision Support System, Data Mining, Manajemen Proyek Teknologi Informasi.