

**SISTEM PERINGATAN DINI KINERJA WAKTU DAN BIAYA PROYEK
KONSTRUKSI BERBASIS *EARNED VALUE MANAGEMENT*
STUDI KASUS PEMBANGUNAN PASAR RAKYAT KOTA PARIAMAN**

Evince Oktarina¹Indra Khaidir²Hendro Putra³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas
Bung Hatta

Email korespondensi :

indrakhaidi@bunghatta.ac.idevincoektarina@bunghatta.ac.idhendroputra60@gmail.com

ABSTRAK

Pengendalian kinerja waktu dan biaya merupakan bagian penting dalam manajemen proyek konstruksi karena penyimpangan yang tidak terdeteksi sejak awal dapat berkembang menjadi keterlambatan penyelesaian dan permasalahan biaya. Penggunaan kurva-S sebagai alat pemantauan progres memberikan informasi mengenai perbandingan antara rencana dan realisasi, tetapi belum sepenuhnya menjelaskan efisiensi biaya serta kecenderungan perubahan kinerja proyek. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kinerja waktu dan biaya Proyek Pembangunan Pasar Rakyat Kota Pariaman menggunakan pendekatan *Earned Value Management* (EVM) serta mengembangkan interpretasinya sebagai sistem peringatan dini. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan data sekunder berupa rencana anggaran biaya, time schedule, kurva-S, dan laporan progres mingguan. Periode pengamatan mencakup minggu ke-1 sampai minggu ke-20. Parameter yang dianalisis meliputi *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), *Actual Cost* (AC), *Cost Variance* (CV), *Schedule Variance* (SV), *Cost Performance Index* (CPI), *Schedule Performance Index* (SPI), *Estimate to Complete* (ETC), dan *Estimate at Completion* (EAC). Hasil analisis menunjukkan bahwa sampai minggu ke-20 progres aktual kumulatif mencapai 49,219%, sedangkan progres rencana mencapai 54,70%, sehingga terjadi deviasi sebesar 5,481 poin persentase. Pada periode yang sama diperoleh EV sebesar Rp17.983.065.496,33 dan PV sebesar Rp19.985.649.498,15, menghasilkan SV sebesar -Rp2.002.584.001,82 dan SPI sebesar 0,90. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja pelaksanaan pekerjaan berada di bawah target jadwal. Berdasarkan data biaya yang tersedia, AC memiliki nilai yang sama dengan EV sehingga CV sebesar Rp0 dan CPI sebesar 1,00. Kondisi ini menunjukkan tidak adanya deviasi biaya dalam dataset penelitian, tetapi sekaligus menunjukkan keterbatasan data aktual biaya untuk mengevaluasi fluktuasi efisiensi biaya secara lebih mendalam. ETC diperoleh sebesar Rp18.580.770.880,54 dan EAC sebesar Rp36.563.836.376,87. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemantauan perubahan SPI dan SV secara periodik dapat dimanfaatkan sebagai indikator peringatan dini terhadap penurunan kinerja jadwal. Dengan demikian, EVM tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi dapat

dikembangkan menjadi mekanisme pendukung keputusan manajemen konstruksi untuk menentukan kebutuhan tindakan korektif secara lebih dini.

Kata kunci: *earned value management*, manajemen konstruksi, pengendalian proyek,

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Proyek konstruksi mempunyai karakteristik yang berbeda dibandingkan kegiatan operasional rutin. Setiap proyek memiliki sasaran tertentu, durasi terbatas, anggaran yang telah ditetapkan, serta rangkaian aktivitas yang saling berkaitan. Kondisi tersebut menyebabkan keberhasilan proyek sangat bergantung pada kemampuan manajemen dalam mengendalikan pelaksanaan pekerjaan terhadap baseline yang telah ditetapkan.

Keterlambatan merupakan salah satu bentuk penyimpangan yang sering menjadi perhatian dalam proyek konstruksi. Ketika progres aktual berada di bawah rencana, proyek dapat membutuhkan tambahan sumber daya, perubahan strategi pelaksanaan, percepatan pekerjaan, maupun penyesuaian urutan aktivitas. Apabila penyimpangan tidak diketahui sejak dini, dampaknya dapat semakin besar pada tahap akhir proyek.

Dalam praktiknya, pengendalian progres sering dilakukan menggunakan kurva-S dengan membandingkan persentase pekerjaan rencana dan aktual. Pendekatan tersebut bermanfaat untuk melihat perkembangan fisik proyek, tetapi informasi yang dihasilkan belum cukup untuk menjawab beberapa pertanyaan penting: apakah biaya yang telah dikeluarkan sebanding dengan pekerjaan yang telah diselesaikan, seberapa efisien penggunaan anggaran, dan apakah kecenderungan kinerja saat ini berpotensi menyebabkan keterlambatan pada akhir proyek?

Earned Value Management (EVM) dikembangkan untuk menjawab kebutuhan tersebut. EVM menghubungkan tiga komponen utama, yaitu pekerjaan yang direncanakan, pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan, dan biaya aktual yang dikeluarkan. Melalui integrasi tersebut, manajemen dapat memperoleh ukuran kuantitatif berupa cost variance, schedule variance, cost performance index, dan schedule performance index. EVM juga dapat digunakan untuk melakukan forecasting biaya dan durasi penyelesaian proyek.

Meskipun demikian, penggunaan EVM secara konvensional tidak seharusnya berhenti pada pembacaan nilai indeks pada satu periode. Perubahan indikator dari minggu ke minggu dapat memberikan informasi yang lebih penting mengenai arah perkembangan kinerja. Penelitian mengenai monitoring kinerja proyek menunjukkan bahwa pendekatan pemantauan variasi dapat membantu mendeteksi perubahan yang merugikan secara lebih tepat waktu sehingga tindakan korektif dapat dilakukan sebelum kondisi menjadi semakin buruk.

Proyek Pembangunan Pasar Rakyat Kota Pariaman merupakan proyek pembangunan gedung dengan berbagai kelompok pekerjaan yang membutuhkan koordinasi sumber daya, waktu, dan biaya. Data penelitian menunjukkan bahwa pada minggu ke-20 progres aktual kumulatif sebesar 49,219%, sedangkan progres rencana mencapai 54,70%. Dengan demikian, terdapat perbedaan antara target dan realisasi sebesar 5,481 poin persentase. Kondisi tersebut menjadi menarik untuk dianalisis bukan hanya sebagai keterlambatan pada satu titik waktu, tetapi sebagai perubahan kinerja yang terjadi selama periode pengamatan. Data EVM menunjukkan bahwa proyek sempat mempunyai nilai SPI di atas satu pada beberapa periode, kemudian

mengalami penurunan hingga mencapai 0,90 pada minggu ke-20. Perubahan tersebut memberikan indikasi bahwa kondisi kinerja proyek bersifat dinamis.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan penerapan EVM sebagai **sistem peringatan dini kinerja proyek**, dengan fokus pada identifikasi perubahan kinerja waktu dan biaya secara periodik.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja waktu proyek berdasarkan parameter EVM?
2. Bagaimana kinerja biaya proyek berdasarkan parameter EVM?
3. Bagaimana perubahan SPI dan CPI selama periode pengamatan?
4. Bagaimana hasil EVM dapat digunakan sebagai indikator peringatan dini?
5. Tindakan manajerial apa yang perlu diprioritaskan ketika terjadi penurunan kinerja?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian bertujuan:

1. Untuk mengukur kinerja waktu proyek berdasarkan parameter EVM
2. Untuk mengukur kinerja biaya proyek berdasarkan parameter EVM
3. Untuk menganalisis perubahan kinerja SPI dan CPI selama periode selama minggu ke-1 sampai minggu ke-20
4. Untuk mengidentifikasi indikasi awal penurunan kinerja
5. Untuk menyusun mekanisme pemanfaatan EVM sebagai sistem peringatan dini manajemen proyek.

1.4 Kontribusi Penelitian

Kontribusi utama penelitian adalah mengembangkan penggunaan EVM dari sekadar alat evaluasi menjadi pendekatan **early warning**., Kontribusi tersebut dilakukan dengan menempatkan perubahan nilai SPI, SV, CPI, dan CV sebagai sinyal yang dipantau secara periodik. Konsep ini sejalan dengan perkembangan penelitian EVM yang menekankan pentingnya monitoring perubahan kinerja dan *forecasting*, bukan hanya pengukuran kondisi proyek pada satu waktu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengendalian Kinerja Proyek

Pengendalian proyek merupakan proses membandingkan kondisi aktual dengan baseline, mengidentifikasi penyimpangan, mencari penyebab, serta menentukan tindakan korektif.

Tiga sasaran utama yang berkaitan dengan EVM adalah:

lingkup pekerjaan;

1. waktu;
2. Mutu
3. biaya.

Integrasi ketiga aspek tersebut merupakan salah satu keunggulan EVM dibandingkan pengendalian yang hanya menggunakan biaya atau progres fisik.

2.2 Planned Value

Planned Value (PV) merupakan nilai anggaran pekerjaan yang seharusnya telah diselesaikan sampai periode tertentu berdasarkan *baseline*.

PV = {nilai pekerjaan yang direncanakan}

2.3 Earned Value

Earned Value (EV) merupakan nilai anggaran dari pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan sampai periode tertentu.

EV = {nilai anggaran pekerjaan yang telah dicapai}

2.4 Actual Cost

Actual Cost (AC) merupakan biaya aktual yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pekerjaan yang telah dilaksanakan.

AC = {biaya aktual pekerjaan}

2.5 Schedule Variance

$$SV=EV-PV$$

Interpretasi:

$SV > 0 \rightarrow$ pekerjaan berada di atas target;

$SV = 0 \rightarrow$ sesuai rencana;

$SV < 0 \rightarrow$ pekerjaan berada di bawah target.

2.6 Cost Variance

$$CV=EV-AC$$

Interpretasi:

$CV > 0 \rightarrow$ biaya lebih efisien;

$CV = 0 \rightarrow$ sesuai baseline;

$CV < 0 \rightarrow$ terjadi ketidakefisienan biaya.

2.7 Schedule Performance Index

$$SPI= \{EV\} \{PV\}$$

Interpretasi:

$SPI > 1 \rightarrow$ kinerja terhadap rencana lebih tinggi;

$SPI = 1 \rightarrow$ sesuai rencana;

$SPI < 1 \rightarrow$ kinerja di bawah rencana.

Nilai 1,00 digunakan sebagai titik referensi kinerja.

2.8 Cost Performance Index

$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

Interpretasi:

$CPI > 1 \rightarrow$ efisiensi biaya;

$CPI = 1 \rightarrow$ sesuai biaya yang direncanakan;

$CPI < 1 \rightarrow$ biaya tidak efisien.

2.9 Estimate to Complete

$$ETC = BAC - EV$$

2.10 Estimate at Completion

$$EAC = AC + ETC$$

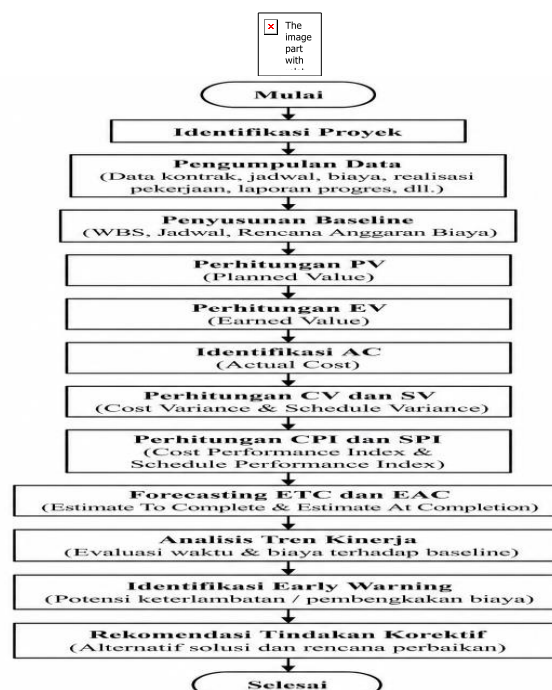
Forecasting merupakan salah satu manfaat utama EVM karena hasil kinerja saat ini dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi proyek pada saat selesai.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian menggunakan metode **deskriptif kuantitatif** dengan pendekatan studi kasus.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar1 Tahapan Penelitian

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian adalah Proyek Pembangunan Pasar Rakyat Kota Pariaman. Data proyek mencakup rencana anggaran biaya, time schedule, kurva-S, dan laporan progres mingguan.

3.3 Periode Pengamatan

Analisis dilakukan terhadap data minggu ke-1 sampai minggu ke-20.

3.4 Teknik Analisis

Data dianalisis menggunakan parameter:

Planned Value (PV), Earned Value (EV), Actual Cost (AC), Cost Variance (CV), Schedule Variance (SV), Cost Performance Index (CPI), Schedule Performance Index (SPI), Estimate to Complete (ETC), dan Estimate at Completion (EAC). Selanjutnya dilakukan analisis tren untuk melihat perubahan kinerja antarminggu.

4. HASIL PENELITIAN

Pada minggu ke-20:

Progres rencana = 54,70%

Progres aktual = 49,219%

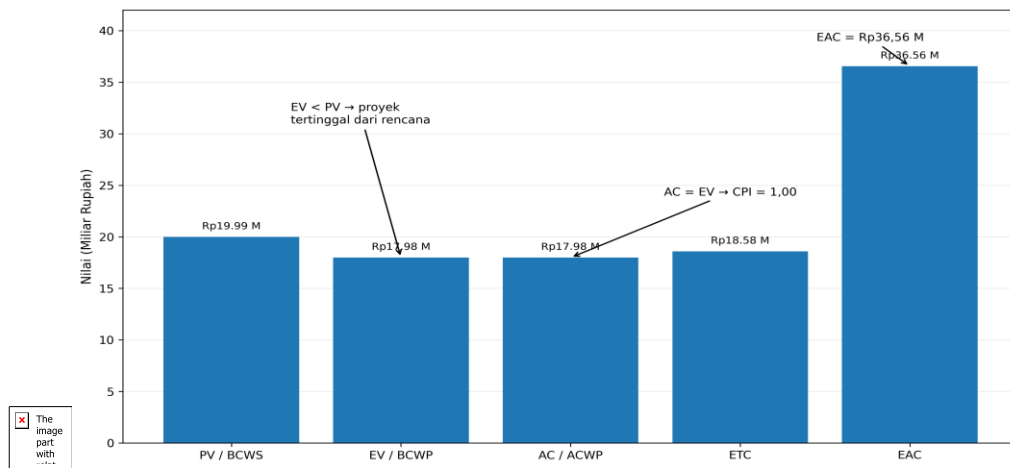
Sehingga:

Deviasi=5,481%

Dengan demikian, terdapat kekurangan pencapaian progres sebesar 5,481 poin persentase terhadap baseline. Hasil EVM Minggu ke-20 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Parameter EVM Minggu ke-20	
Parameter	Nilai
PV/BCWS	Rp19.985.649.498,15
EV/BCWP	Rp17.983.065.496,33
AC/ACWP	Rp17.983.065.496,33
SV	-Rp2.002.584.001,82
CV	Rp0,00
SPI	0,9
CPI	1
ETC	Rp18.580.770.880,54
EAC	Rp36.563.836.376,87

Tabel menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara kinerja waktu dan biaya. Kinerja waktu: $SPI=0,90 < 1$ sehingga proyek berada dalam kondisi tertinggal terhadap rencana. Kinerja biaya: $CPI=1,00$ sehingga berdasarkan data AC yang tersedia tidak ditemukan penyimpangan biaya terhadap EV. Hasil diatas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2 Kinerja dan *Forecasting* Biaya Proyek Berdasarkan *Earned Value Management*

Dari gambar menunjukkan hasil evaluasi kinerja dan forecasting biaya proyek menggunakan pendekatan *Earned Value Management*. Nilai *Planned Value* (PV) sebesar Rp19,99 miliar lebih tinggi dibandingkan *Earned Value* (EV) sebesar Rp17,98 miliar. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa nilai pekerjaan yang telah dicapai masih berada di bawah nilai pekerjaan yang direncanakan. Selisih tersebut menghasilkan *Schedule Variance* (SV) negatif sebesar Rp2,00 miliar dan *Schedule Performance Index* (SPI) sebesar 0,90, yang mengindikasikan kinerja pelaksanaan proyek berada di bawah target jadwal. Sementara itu, nilai *Actual Cost* (AC) sebesar Rp17,98 miliar sama dengan EV sehingga diperoleh *Cost Variance* (CV) sebesar Rp0 dan *Cost Performance Index* (CPI) sebesar 1,00. Berdasarkan perhitungan *forecasting*, *Estimate to Complete* (ETC) sebesar Rp18,58 miliar dan *Estimate at Completion* (EAC) sebesar Rp36,56 miliar. Dengan demikian, permasalahan utama pada periode pengamatan lebih terlihat pada kinerja waktu, sedangkan berdasarkan data AC yang tersedia belum terlihat adanya deviasi biaya.

4.1 Perubahan SPI

Analisis tren menunjukkan bahwa kinerja jadwal mengalami fluktuasi. Pada beberapa minggu awal, nilai SPI berada jauh di atas 1. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan yang diperoleh lebih besar dibandingkan pekerjaan yang direncanakan pada periode tersebut. Namun, nilai SPI kemudian mengalami perubahan dan pada akhir periode pengamatan menurun. Seperti ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Perubahan SPI pada periode penting

Minggu	SPI	Interpretasi
2	2,92	Di atas rencana
3	2,57	Di atas rencana
7	>1	Lebih cepat
14	>1	Lebih cepat
18	sekitar 1,00	Mendekati rencana
19	0,97	Mulai terlambat
20	0,9	Terlambat

4.2 Kinerja Waktu

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja jadwal proyek mengalami perubahan selama 20 minggu pengamatan. Pada periode tertentu, SPI berada di atas 1. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pencapaian pekerjaan pada periode tersebut relatif lebih tinggi dibandingkan target baseline.

Kondisi tersebut tidak bertahan sampai akhir periode pengamatan. Penurunan SPI menjadi 0,97 pada minggu ke-19 dan 0,90 pada minggu ke-20 menunjukkan bahwa proyek mulai mengalami tekanan terhadap jadwal. Hal ini penting karena nilai SPI pada satu minggu saja belum cukup untuk menjelaskan arah kinerja proyek. Tren penurunan memberikan informasi yang lebih bernilai bagi manajemen.

Hasil penelitian mendukung penggunaan EVM bukan hanya sebagai alat evaluasi, tetapi sebagai mekanisme monitoring perubahan kinerja. Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa EVM dapat digunakan untuk memantau penyimpangan dan forecasting, sementara penggabungan dengan pendekatan lain dapat meningkatkan kemampuan evaluasi kinerja jadwal.

4.3 Kinerja Biaya

Nilai $CV = 0$ dan $CPI = 1,00$ menunjukkan bahwa dalam data set yang digunakan tidak terdapat perbedaan antara EV dan AC. EVM idealnya menggunakan AC yang merepresentasikan biaya aktual yang benar-benar dikeluarkan untuk pekerjaan yang telah dicapai. Apabila AC dibentuk dari nilai yang identik dengan EV, maka kemampuan CPI dalam mendeteksi pemborosan atau efisiensi biaya menjadi terbatas. Hasil penelitian lebih kuat untuk menjelaskan **kinerja waktu** daripada variasi biaya.

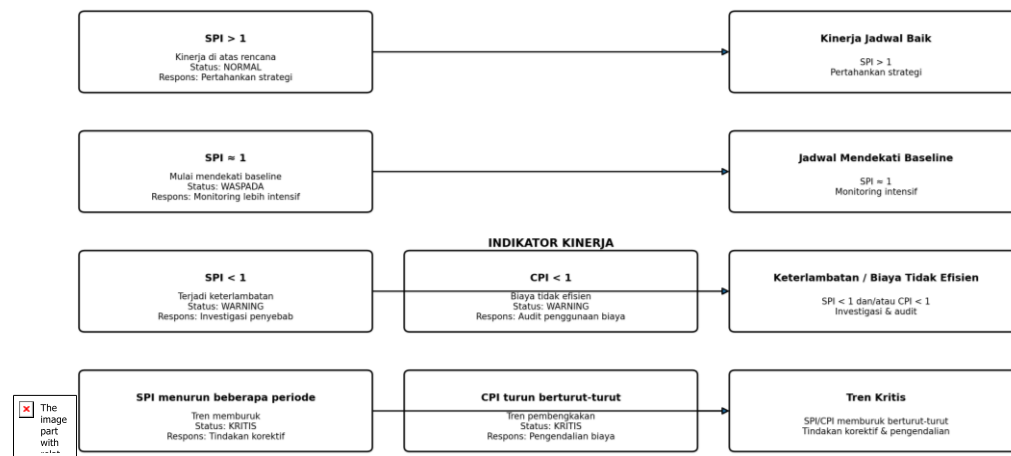
4.4 Early Warning terhadap Keterlambatan

Temuan utama penelitian adalah adanya perubahan kinerja dari kondisi relatif baik menjadi kondisi yang perlu mendapatkan perhatian. Dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Matriks *Early Warning*

Kondisi	Indikator	Status	Respons Manajemen
$SPI > 1$	Kinerja di atas rencana	Normal	Pertahankan strategi
$SPI \approx 1$	Mulai mendekati baseline	Waspada	Monitoring lebih intensif
$SPI < 1$	Terjadi keterlambatan	Warning	Investigasi penyebab
SPI menurun beberapa periode	Tren memburuk	Kritis	Tindakan korektif
$CPI < 1$	Biaya tidak efisien	Warning	Audit penggunaan biaya
CPI turun berturut-turut	Tren pembengkakan	Kritis	Pengendalian biaya

Konsep ini sejalan dengan penelitian yang mengembangkan monitoring EVM menggunakan control chart untuk mendeteksi perubahan kinerja secara lebih dini. Dapat dilihat pada gambar 2



Gambar 2 Grafik Sistem Early Warning Kinerja Proyek

Ketika SPI mencapai 0,90, manajemen tidak cukup hanya mencatat bahwa proyek terlambat. Karena $CPI = 1,00$ secara konstan, forecasting biaya tidak memperoleh variasi yang cukup untuk menggambarkan risiko cost overrun secara realistis.

5. KESIMPULAN

Penelitian menghasilkan beberapa kesimpulan.

1. *Earned Value Management* dapat digunakan untuk mengintegrasikan informasi progres, jadwal, dan biaya dalam proses pengendalian proyek konstruksi. Pada minggu ke-20, progres aktual kumulatif sebesar 49,219% lebih rendah dibandingkan progres rencana sebesar 54,70%, dengan deviasi sebesar 5,481 poin persentase.
2. Nilai EV sebesar Rp17.983.065.496,33 dan PV sebesar Rp19.985.649.498,15 menghasilkan SV sebesar -Rp2.002.584.001,82 dan SPI sebesar 0,90. Kondisi tersebut menunjukkan adanya keterlambatan terhadap baseline jadwal.
3. Nilai CV sebesar Rp0 dan CPI sebesar 1,00 menunjukkan bahwa berdasarkan dataset penelitian tidak terdapat perbedaan antara EV dan AC. Namun, kondisi ini harus dibaca sebagai keterbatasan struktur data biaya, bukan sebagai bukti mutlak bahwa proyek bebas dari risiko pembengkakan biaya. Nilai ETC sebesar Rp18.580.770.880,54 dan EAC sebesar Rp36.563.836.376,87 menunjukkan estimasi biaya penyelesaian berdasarkan parameter dan asumsi yang digunakan dalam penelitian. Perubahan SPI selama periode pengamatan menunjukkan bahwa pemantauan tren lebih informatif dibandingkan hanya melihat nilai indeks pada satu periode. Penurunan SPI hingga 0,90 pada minggu ke-20 dapat diperlakukan sebagai sinyal peringatan dini yang mengharuskan manajemen melakukan investigasi terhadap sumber keterlambatan.
4. EVM dapat dikembangkan sebagai instrumen pendukung keputusan manajemen proyek dengan mengintegrasikan pengukuran kinerja, analisis tren, identifikasi penyebab, dan tindakan korektif.

5. Respons manajemen harus ditingkatkan dari **monitoring** → **audit** → **pengendalian biaya** → **tindakan korektif**.

SARAN

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan data AC aktual yang terperinci serta mengintegrasikan EVM dengan Critical Path Method, Earned Schedule, risk management, dan statistical process control untuk menghasilkan sistem peringatan dini yang lebih robust. Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan menjadi **Pengembangan Sistem *Early Warning* Kinerja Proyek Konstruksi Berbasis *Earned Value*, *Earned Schedule*, dan *Critical Path Method***.

DAFTAR REFERENSI

- Ahye, C. A. (2011). EVMS: Keeping it simple and succeeding. *PMI Global Congress Proceedings*. Project Management Institute.
- Aliverdi, R., Moslemi Naeni, L., & Salehipour, A. (2013). Monitoring project duration and cost in a construction project by applying statistical quality control charts. *International Journal of Project Management*, 31(3), 411–423. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.08.005>
- Anbari, F. T. (2011). Advances in earned schedule and earned value management. *PMI Global Congress Proceedings*. Project Management Institute.
- Chang, C.-J., & Yu, S.-W. (2018). Three-variance approach for updating earned value management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 144(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001491](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001491)
- Leu, S.-S., & Lin, Y.-C. (2008). Project performance evaluation based on statistical process control techniques. *Journal of Construction Engineering and Management*, 134(10), 813–819. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2008\)134:10\(813\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2008)134:10(813))
- Liang, Y., Ashuri, B., & Sun, W. (2020). Analysis of the variability of project cost and schedule performance in the design-build environment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001851](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001851)
- Project Management Institute. (2011). *Practice Standard for Earned Value Management* (2nd ed.). Project Management Institute.
- Project Management Institute. (2011). The earned schedule. *PMI Learning Library*.
- Project Management Institute. (2010). Earned Value Management: PMI research report. Project Management Institute.
- Rudeli, N., Santilli, A., Puente, I., & Viles, E. (2017). Statistical model for schedule prediction: Validation in a housing-cooperative construction database. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(11). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001396](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001396)
- Sruthi, M. D. S., & Aravindan, A. (2020). Performance measurement of schedule and cost analysis by using earned value management for a residential building. *Materials Today: Proceedings*, 33, 524–532. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.210>
- Zhang, et al. (2020). Performance monitoring of project earned value considering scope and quality. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 24, 10–18. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-1054-6>
- Salih, F., & El-adaway, I. H. (2024). Quantifying the impact of technology utilization on schedule and cost performance in construction projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(8). <https://doi.org/10.1061/JCEMD4.COENG-14679>
- Kim, E., Wells, W. G., & Duffey, M. R. (2003). A model for effective implementation of earned value management methodology. *International Journal of Project Management*.
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2016). *Earned Value Project Management* (4th ed.). Project Management Institute.
- Kerzner, H. (2022). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling*. Wiley.
- Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Erlangga.