

Penerapan *earned value management* dalam estimasi biaya proyek Jalan Koridor Utama Pelabuhan – Bandara Batam

Rachmadhani Satrio Wirahadi^{1,*}, Hadi Triolaksana²

¹Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²PT Wijaya Karya (Persero) Tbk, Jakarta, Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Earned Value Management
Estimate at Completion
Cost Performance Index
Schedule Performance Index

Corresponding Author:

Rachmadhani Satrio Wirahadi
23914021@students.uii.ac.id

Abstract

Cost overruns are a prevalent issue in the construction sector, particularly in infrastructure projects such as road development, where actual project costs often exceed budgeted amounts. This study aims to evaluate and analyze the cost and schedule performance of the Batam Main Corridor Road Project and calculate the estimated cost needed to complete the project in each monthly reporting period using earned value management (EVM). The methodology provided a profound understanding of project dynamics and assisted in making more accurate cost estimates. The study involved calculating planned value, earned value, and actual cost, followed by variance analysis and performance index to identify deviations from the project plan as well as calculating estimate at completion (EAC). The findings revealed significant initial challenges with schedule performance, as indicated by an SPI below one, implying slower project progress than planned, leading to higher initial cost estimates reflected in the EAC₃ model. However, improvements from the second month onward allowed the project to catch up, with consistent SPI values above one. Ultimately, the project cost management efficiency was reflected in positive CV and the CPI consistently above one, indicating that the actual project execution costs were lower than budgeted. The inclusion of EAC in the EVM analysis further enhanced the accuracy of the financial projections, demonstrating effective cost management. The results underscore the effectiveness of EVM in managing and predicting the financial and scheduling aspects of major infrastructure projects, providing valuable insights for future project planning and management.

Copyright © 2025 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Pembengkakan biaya adalah masalah yang sering dihadapi pada sektor konstruksi (Jie & Wei, 2022; Proaño-Narváez dkk., 2022), terutama dalam proyek infrastruktur seperti pembangunan jalan. Pembengkakan biaya ini terjadi ketika biaya aktual proyek melebihi jumlah yang dianggarkan (Asiedu & Adaku, 2020). Beberapa faktor yang umumnya menjadi penyebab utama terjadinya pembengkakan biaya antara lain lemahnya perencanaan dan pengawasan kontrak, perubahan-perubahan dalam lingkup pekerjaan (*change order*) yang

seringkali terjadi, kondisi institusi dan ekonomi proyek yang tidak kondusif, serta kurang efektifnya koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek (Asiedu & Adaku, 2020). Selain itu, penyebab lain seperti peningkatan biaya sumber daya, kesalahan dalam perancangan proyek, keterlambatan dalam relokasi utilitas yang sudah ada, serta penundaan pembayaran juga menjadi penyebab dari pembengkakan biaya (Raslan dkk., 2023). Masalah pembengkakan biaya ini tidak hanya berdampak pada anggaran proyek, tetapi juga dapat menghambat penyelesaian proyek tepat waktu, sehingga dapat

berdampak negatif pada klien (Barrientos-Orellana dkk., 2023).

Untuk mengurangi risiko yang terkait dengan pembengkakan biaya, diperlukan mekanisme pengendalian proyek yang efektif (Narbaev dkk., 2024; Ottaviani dkk., 2024). *Earned value management* (EVM) merupakan teknik yang efektif dalam kinerja dan pengendalian proyek (Mhady dkk., 2024), yang memberikan manajer proyek kemampuan untuk melakukan perbandingan mendalam antara progres yang direncanakan dan progres yang sesungguhnya terjadi (Mayo-Alvarez dkk., 2022; Zahoor dkk., 2022), sehingga dapat menunjukkan perbedaan yang dapat menyebabkan pembengkakan biaya. Dengan melakukan integrasi antara pengukuran ruang lingkup, jadwal, dan biaya dalam satu sistem yang terpadu, EVM menawarkan pandangan komprehensif yang memungkinkan evaluasi progres dan kinerja proyek dengan lebih akurat terhadap rencana awal (Ngo dkk., 2022). Keunggulan EVM terletak pada kemampuannya untuk mengukur nilai pekerjaan yang telah diselesaikan dan membandingkannya dengan nilai yang direncanakan serta biaya yang aktual (Nejatyan dkk., 2023), sehingga manajer proyek dapat mengidentifikasi penyimpangan kinerja pada tahap awal dan mengimplementasikan tindakan korektif secara tepat waktu (Sackey dkk., 2020; Song dkk., 2022).

Penggunaan metrik seperti *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI) pada EVM tidak hanya digunakan dalam pengukuran efisiensi biaya, tetapi juga pengukuran ketepatan waktu dalam penyelesaian proyek (Emblemsvåg, 2024; Zahoor dkk., 2022). Metrik ini berperan penting dalam menilai apakah proyek berjalan sesuai dengan anggaran dan jadwal yang telah ditetapkan. Kemampuan untuk mengidentifikasi masalah secara dini adalah salah satu aspek yang membuat EVM menjadi alat yang sangat berharga dalam pengelolaan proyek

(Santos dkk., 2023). Data yang dihasilkan oleh EVM bersifat *real-time*, obyektif, dan terukur, sehingga informasi yang diperoleh menjadi sangat penting dalam pengambilan keputusan yang strategis untuk mengarahkan proyek kembali pada jalurnya ketika terjadi penyimpangan.

Selain itu, pengalaman dan wawasan yang diperoleh dari penggunaan EVM dapat berkontribusi pada peningkatan proses perencanaan dan eksekusi proyek di masa depan (Proaño-Narváez dkk., 2022; Zahoor dkk., 2022). Pemanfaatan teknik ini dapat mengurangi risiko pembengkakan biaya dan meningkatkan keseluruhan kinerja proyek (Jie & Wei, 2022). Oleh karena itu, EVM tidak hanya penting untuk kesuksesan proyek saat ini tetapi juga dalam mengoptimalkan manajemen proyek dalam jangka panjang dengan menawarkan alat yang sangat efektif untuk menangani tantangan yang sering muncul dalam pengelolaan proyek yang kompleks (Babar dkk., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menganalisis kinerja proyek ini dari aspek biaya dan waktu pelaksanaan dibandingkan dengan rencana awal pada Proyek Jalan Koridor Utama Pelabuhan – Bandara Batam. Fokus analisis termasuk penilaian terhadap efisiensi biaya dan efektivitas penggunaan waktu, serta mengestimasi biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek dalam setiap periode pelaporan bulanan.

Parameter kunci EVM

Tiga parameter utama yang digunakan dalam analisis EVM (Project Management Institute, 2021), yaitu sebagai berikut.

1. *Planned value* (PV) yaitu anggaran yang telah disetujui untuk suatu kegiatan proyek dalam periode waktu tertentu.
2. *Earned value* (EV) yaitu nilai aktual pekerjaan yang telah diselesaikan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.
3. *Actual cost* (AC) yaitu total biaya yang telah dikeluarkan untuk mencapai tingkat penyelesaian proyek tertentu.

Parameter varian dan indeks kinerja EVM

Parameter varian merupakan parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyimpangan antara kinerja proyek yang sebenarnya dengan perencanaan awal (Project Management Institute, 2021). Parameter varians pada EVM yaitu sebagai berikut.

1. *Cost variance* (CV) yaitu parameter keuangan proyek yang mengindikasikan apakah proyek mengalami pembengkakan atau penghematan biaya. CV dihitung menggunakan Pers. (1) berikut.

$$CV = EV - AC \quad (1)$$

2. *Schedule variance* (SV) yaitu parameter jadwal proyek yang mengindikasikan sejauh mana proyek menyimpang dari jadwal yang direncanakan, baik lebih cepat maupun lebih lambat. SV dihitung menggunakan Pers. (2) berikut.

$$SV = EV - PV \quad (2)$$

Indeks kinerja merupakan parameter yang digunakan untuk menilai seberapa efektif sumber daya, seperti uang dan waktu, digunakan dalam suatu proyek (Project Management Institute, 2021). Indeks kinerja pada EVM yaitu sebagai berikut.

1. *Cost performance index* (CPI) yaitu parameter yang digunakan untuk mengukur efisiensi dalam pelaksanaan proyek berdasarkan biaya yang telah ditentukan. CPI dihitung menggunakan Pers. (3) berikut.

$$CPI = EV / AC \quad (3)$$

2. *Schedule performance index* (SPI) yaitu parameter yang digunakan untuk mengukur efisiensi dalam pelaksanaan proyek berdasarkan jadwal yang telah ditentukan. SPI dihitung menggunakan Pers. (4) berikut.

$$SPI = EV / PV \quad (4)$$

Parameter estimasi biaya akhir

Dalam pelaksanaan proyek, seringkali terjadi perubahan yang tidak dapat diprediksi sehingga anggaran awal proyek menjadi tidak akurat. Untuk mengatasi hal ini, tim proyek perlu melakukan perkiraan ulang biaya yang disebut dengan perkiraan biaya penyelesaian proyek atau *estimate at completion* (EAC). EAC merupakan estimasi total biaya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh proyek dengan memperhitungkan kondisi terkini dan proyeksi masa depan (Narbaev dkk., 2023). Berdasarkan PMBOK *Guide*, berikut merupakan 3 pendekatan umum yang biasanya digunakan untuk menghitung nilai EAC (Project Management Institute, 2019).

1. Jika diasumsikan bahwa kinerja biaya proyek di masa mendatang akan konsisten dengan kinerja yang telah dicapai sejauh ini, maka EAC dapat ditentukan menggunakan Pers. (5) (Zahoor dkk., 2022). BAC (*budget at completion*) adalah anggaran awal proyek yang telah ditetapkan, sementara CPI merepresentasikan indeks kinerja biaya yang dihitung menggunakan Pers. (3). Formula ini mengasumsikan bahwa tren kinerja biaya yang ada akan berlanjut hingga akhir proyek.

$$EAC = BAC / CPI \quad (5)$$

2. Jika diasumsikan bahwa pekerjaan yang tersisa akan diselesaikan sesuai dengan yang telah direncanakan sebelumnya, maka EAC dapat dihitung dengan menggunakan Pers. (6) (Zahoor dkk., 2022).

$$EAC = AC + (BAC - EV) \quad (6)$$

3. Jika diasumsikan bahwa kinerja proyek di masa depan akan dipengaruhi oleh kinerja yang telah dicapai sejauh ini, maka EAC dapat dihitung dengan mempertimbangkan baik indeks kinerja biaya (CPI) maupun indeks kinerja jadwal (SPI), seperti yang dapat dilihat pada Pers. (7) (Zahoor dkk., 2022). Persamaan EAC ini menunjukkan bahwa biaya tambahan yang diperlukan

untuk menyelesaikan proyek akan dipengaruhi oleh kombinasi antara tingkat penyelesaian pekerjaan yang telah dicapai dan efisiensi dalam penggunaan biaya dan waktu.

$$EAC = AC + \frac{(BAC - EV)}{(CPI \times SPI)} \quad (7)$$

Metode Penelitian

Penelitian ini mengambil kasus Proyek Jalan Koridor Utama yang menghubungkan Pelabuhan dengan Bandara, sebuah infrastruktur vital dengan panjang 9 km yang meliputi ruas dari Simpang Lualan Madani hingga Simpang Bundaran Punggur. Proyek ini dikerjakan oleh konsorsium yang dipimpin oleh PT. Wijaya Karya (Persero) Tbk. dan PT. Maju Bersama Jaya (KSO), dengan PT. Portal Engineering Perkasa sebagai konsultan pengawas. Biaya pelaksanaan proyek ini mencapai Rp. 251.414.000.000,00.

Data yang digunakan pada penelitian ini antara lain laporan kinerja proyek bulanan yang mencakup kurva S, progres proyek bulanan, progres proyek mingguan, dan laporan keuangan bulanan. Microsoft Excel digunakan sebagai alat bantu dalam melakukan analisis pengendalian proyek dengan metode *earned value management* (EVM) untuk mencapai tujuan penelitian.

Penelitian ini dimulai dengan identifikasi masalah terkait evaluasi pengendalian biaya menggunakan metode EVM yang bertujuan untuk menilai efektivitas pengelolaan proyek. Tahapan berikutnya melibatkan studi pustaka yang mendalam untuk memperoleh pemahaman teoritis yang solid mengenai metodologi EVM dan aplikasinya dalam konteks yang serupa. Setelah itu, data laporan kinerja proyek bulanan dikumpulkan sebagai dasar untuk analisis data. Proses analisis melibatkan perhitungan *planned value* (PV), *earned value* (EV), dan *actual cost* (AC) untuk mendapatkan gambaran awal kinerja proyek. Analisis ini dilanjutkan untuk mendapatkan varian dan indeks kinerja bulanan, yang membantu dalam

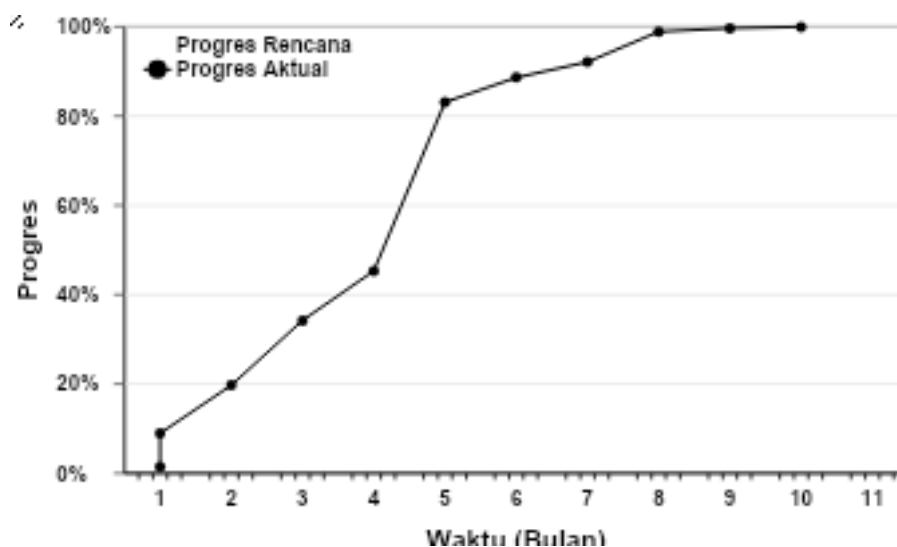
mengidentifikasi penyimpangan dari rencana proyek. Selanjutnya, dilakukan analisis estimasi biaya dan jadwal untuk memprediksi potensi keberhasilan dan tantangan keuangan di masa depan. Penelitian diakhiri dengan pembahasan mendalam tentang hasil yang diperoleh dan kesimpulan yang menawarkan wawasan praktis serta rekomendasi untuk pengelolaan proyek yang lebih efektif di masa mendatang.

Hasil dan Pembahasan

Analisis *earned value management* (EVM) dalam penelitian ini dilakukan untuk mengukur dan memantau kinerja proyek. Parameter utama seperti *planned value* (PV), *earned value* (EV), dan *actual cost* (AC) direkapitulasi setiap bulan berdasarkan data progres rencana dan aktual. Perhitungan ini memungkinkan evaluasi yang tepat mengenai tingkat progres proyek dibandingkan dengan rencana awal dan biaya yang telah dikeluarkan. Tabel 1 yang tersaji menampilkan data persentase progres rencana dan progres aktual proyek, yang menjadi dasar untuk menghitung parameter-parameter kunci dalam metode EVM. Dari data yang terkumpul, sebuah grafik disusun untuk memvisualisasikan perbandingan antara progres rencana dan aktual. Grafik yang ditampilkan pada Gambar 1, memudahkan pemahaman tentang dinamika progres proyek seiring berjalannya waktu.

Tabel 1. Persentase progres proyek

No.	Periode	Progres Rencana	Progres Aktual
1	Februari	1,99%	1,39%
2	Maret	4,57%	8,93%
3	April	7,75%	19,70%
4	Mei	13,20%	34,24%
5	Juni	26,66%	45,31%
6	Juli	42,48%	83,11%
7	Agustus	60,34%	88,62%
8	September	75,90%	92,11%
9	Oktober	85,84%	98,91%
10	November	95,99%	99,68%
11	Desember	100,00%	100,00%



Gambar 1. Persentase progres proyek

Persentase progres rencana yang diperoleh dari perencanaan penjadwalan bulanan, digunakan sebagai dasar dalam menentukan nilai PV. Parameter PV yang mewakili nilai biaya kerja yang direncanakan untuk diselesaikan pada periode waktu tertentu, menjadi acuan utama dalam mengukur progres finansial sesuai dengan rencana proyek. Persentase ini memfasilitasi pemahaman yang lebih baik tentang seberapa jauh pekerjaan seharusnya telah maju pada titik waktu pengukuran, dan digunakan untuk mengantisipasi sumber daya yang dibutuhkan di masa mendatang.

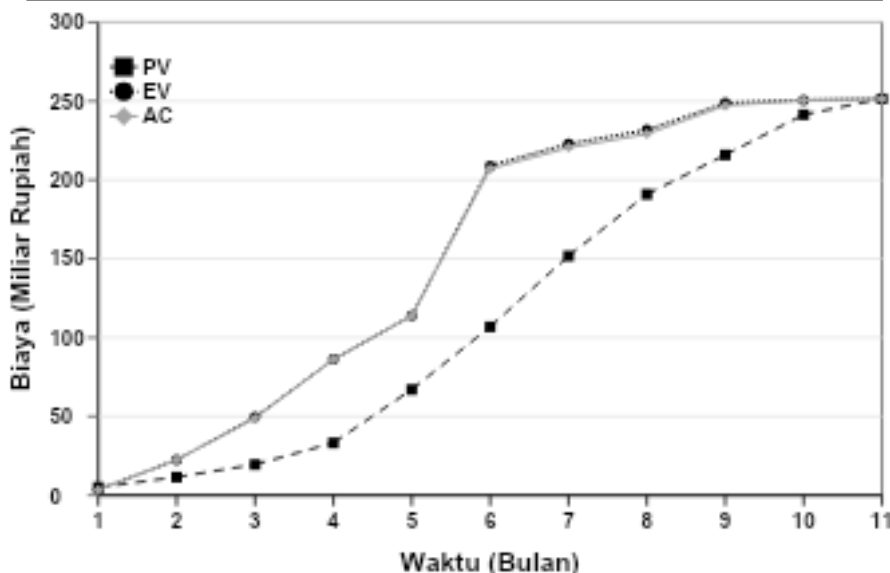
Di sisi lain, parameter EV merupakan refleksi dari progres aktual proyek yang dihitung berdasarkan pekerjaan yang benar-benar telah selesai. Nilai EV yang didapatkan secara bulanan, memungkinkan

perbandingan langsung dengan PV untuk mengidentifikasi apakah proyek berjalan sesuai, di depan, atau di belakang jadwal yang telah direncanakan. Selanjutnya, nilai AC, yang merepresentasikan total biaya yang telah dikeluarkan untuk mencapai progres tersebut, juga dibandingkan dengan PV dan EV. Analisis perbandingan antara PV, EV, dan AC ini memberikan gambaran yang jelas mengenai kinerja proyek, baik dari segi waktu maupun biaya. Rekapitulasi parameter-parameter ini disajikan dalam Tabel 2, sementara visualisasi grafik yang memperlihatkan tren dan hubungan antar parameter disajikan dalam Gambar 2, memberikan wawasan visual yang efektif untuk menggambarkan status kinerja proyek.

Tabel 2. Parameter kunci *earned value management* (EVM)

No	Periode	PV	EV	AC
1	Februari	5.004.670.900,00	3.492.000.000,00	3.429.000.000,00
2	Maret	11.493.138.700,00	22.461.000.000,00	22.348.000.000,00
3	April	19.490.552.500,00	49.538.000.000,00	48.778.000.000,00
4	Mei	33.196.812.000,00	86.098.000.000,00	86.085.000.000,00
5	Juni	67.047.500.600,00	113.955.000.000,0	113.850.000.000,0
6	Juli	106.833.376.800,0	209.015.000.000,0	207.136.000.000,0
7	Agustus	151.749.669.400,0	222.871.000.000,0	220.550.000.000,0
8	Septembe r	190.881.669.000,0	231.652.000.000,0	229.230.000.000,0

9	Oktober	215.879.874.400,0	248.743.000.000,0	247.317.000.000,0
		0	0	0
10	Novembe r	241.406.210.900,0	250.698.000.000,0	250.564.000.000,0
		0	0	0
11	Desember	251.491.000.000,0	251.491.000.000,0	251.414.000.000,0
		0	0	0



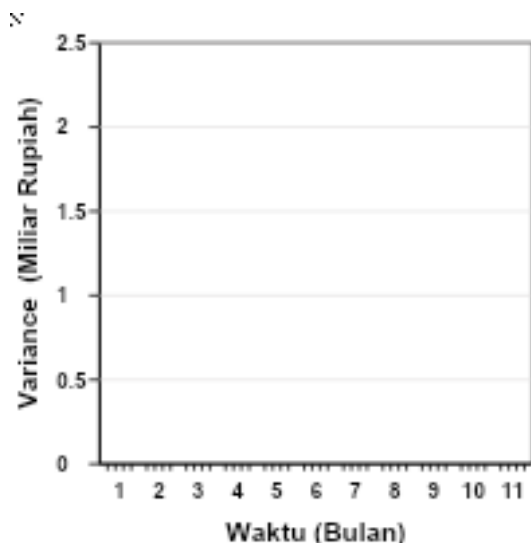
Gambar 2. Parameter kunci *earned value management* (EVM)

Secara ideal, diharapkan bahwa nilai EV akan mendekati nilai AC dan secara bertahap mencapai nilai PV yang telah direncanakan pada akhir periode proyek. Namun, dalam praktiknya, berbagai faktor dapat menyebabkan deviasi antara EV dan AC, yang mengindikasikan adanya penyimpangan dari rencana proyek. Deviasi ini dapat diidentifikasi melalui perhitungan CV dan SV yang mengindikasikan efisiensi biaya dan kesesuaian jadwal proyek.

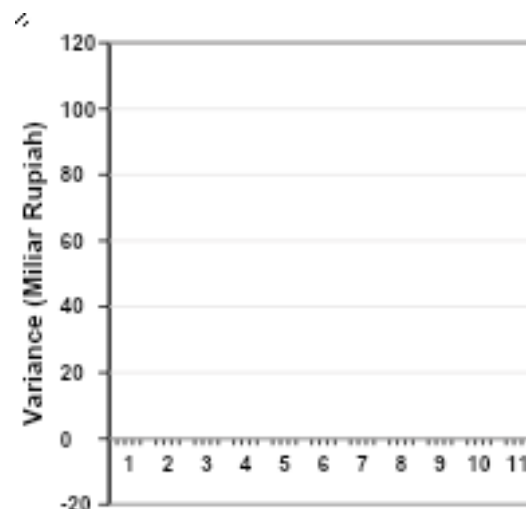
Penyajian nilai varians biaya dan jadwal ini secara terperinci disajikan dalam Tabel 3. Selanjutnya, visualisasi dari varians biaya dan jadwal setiap bulannya, disajikan dalam Gambar 3 dan Gambar 4.

Tabel 3. Rekapitulasi nilai varians

No.	Periode	CV (Rp)	SV (Rp)
1	Februari	63.000.000,00	-1.512.670.900,00
2	Maret	113.000.000,00	10.967.861.300,00
3	April	760.000.000,00	30.047.447.500,00
4	Mei	13.000.000,00	52.901.188.000,00
5	Juni	105.000.000,00	46.907.499.400,00
6	Juli	1.879.000.000,00	102.181.623.200,00
7	Agustus	2.321.000.000,00	71.121.330.600,00
8	September	2.422.000.000,00	40.770.331.000,00
9	Oktober	1.426.000.000,00	32.863.125.600,00
10	November	134.000.000,00	9.291.789.100,00
11	Desember	77.000.000,00	0,00



Gambar 3. Cost variance (CV)



Gambar 4. Schedule variance (SV)

Setelah mengamati dan menganalisis varians biaya serta jadwal, langkah evaluasi selanjutnya dalam EVM melibatkan penggunaan indeks kinerja, yaitu CPI dan SPI. Evaluasi ini diarahkan untuk mengukur secara mendetail efisiensi pengeluaran biaya dan pemenuhan jadwal proyek.

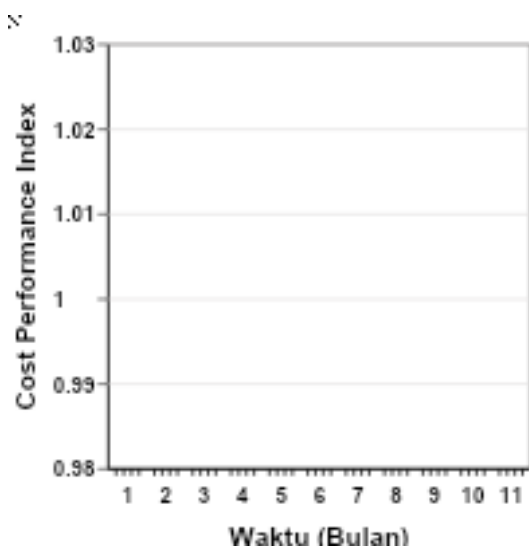
CPI yang dihitung sebagai rasio antara EV dan AC, dijadikan sebagai indikator efisiensi biaya proyek. CPI lebih rendah dari satu memperlihatkan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih besar dari biaya yang direncanakan, yang mengindikasikan pembengkakan biaya. Sebaliknya, CPI yang lebih besar dari satu menggambarkan kondisi ketika proyek berjalan lebih hemat dari yang dianggarkan.

Di sisi lain, SPI yang dihitung sebagai rasio antara EV dan PV, dijadikan sebagai indikator untuk mengukur efektivitas waktu atau jadwal pelaksanaan proyek. SPI menjadi alat penting untuk menggambarkan apakah proyek berjalan sesuai jadwal yang direncanakan. SPI yang lebih kecil dari satu menandakan bahwa proyek tersebut mengalami keterlambatan dibandingkan dengan jadwal yang telah ditetapkan, sementara SPI yang lebih besar dari satu menunjukkan bahwa pekerjaan proyek berjalan lebih cepat dari yang dijadwalkan.

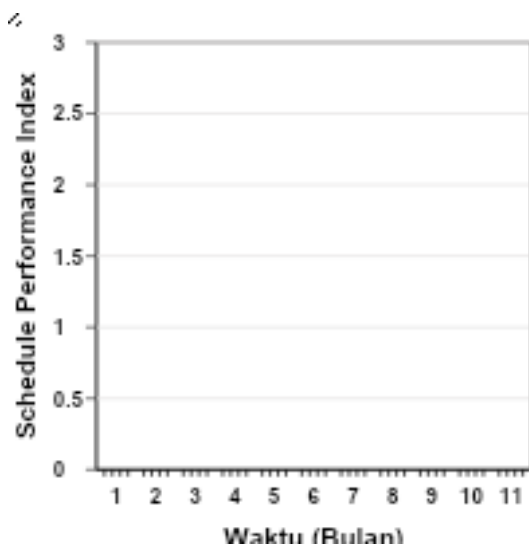
Rekapitulasi nilai indeks kinerja biaya dan jadwal yang mendetail disajikan dalam Tabel 4. Tabel ini memfasilitasi pemahaman menyeluruh mengenai efisiensi biaya dan pemenuhan terhadap jadwal proyek. Selain itu, untuk mempermudah visualisasi perubahan dan tren yang terjadi dari bulan ke bulan, representasi grafis dari indeks kinerja biaya dan indeks kinerja jadwal disajikan dalam Gambar 5 dan Gambar 6. Visualisasi ini bertujuan untuk menyajikan gambaran yang lebih intuitif dan mudah diinterpretasikan tentang kinerja proyek.

Tabel 4. Rekapitulasi nilai indeks kinerja

No	Periode	CPI	SPI
1	Februari	1,018	0,698
2	Maret	1,005	1,954
3	April	1,016	2,542
4	Mei	1,000	2,594
5	Juni	1,001	1,700
6	Juli	1,009	1,956
7	Agustus	1,011	1,469
8	September	1,011	1,214
9	Oktober	1,006	1,152
10	November	1,001	1,038
11	Desember	1,000	1,000



Gambar 5. Cost performance index (CPI)



Gambar 6. Schedule performance index (SPI)

Dalam analisis kinerja proyek menggunakan metode EVM yang dilakukan, terlihat bahwa di bulan ke-1, kinerja jadwal proyek tidak berjalan sebagaimana mestinya, yang ditunjukkan oleh nilai SV negatif dan SPI kurang dari satu. Hal ini mengindikasikan bahwa progres pekerjaan yang sebenarnya (EV) lebih kecil dari pada progres pekerjaan yang direncanakan (PV). Kondisi ini menunjukkan adanya keterlambatan dalam

pelaksanaan pekerjaan dibandingkan dengan jadwal yang telah ditetapkan, menggambarkan tantangan yang dihadapi proyek di awal pelaksanaannya.

Namun, analisis lebih lanjut menunjukkan perubahan signifikan dalam kinerja jadwal mulai dari bulan ke-2 hingga bulan ke-11. Dalam periode ini, SV menunjukkan nilai positif dan SPI lebih dari satu pada setiap bulan, mengindikasikan bahwa progres pekerjaan yang sebenarnya (EV) berhasil melebihi progres pekerjaan yang direncanakan (PV). Situasi ini menandakan bahwa proyek telah berhasil mengejar ketinggalan dan bahkan berjalan lebih cepat dari jadwal yang direncanakan, yang mencerminkan peningkatan dalam pengelolaan waktu dan efisiensi kerja selama periode tersebut.

Di sisi lain, dalam analisis kinerja proyek dari segi biaya, terlihat bahwa nilai CV positif dan CPI lebih dari satu sepanjang proyek menunjukkan bahwa kinerja biaya proyek sangat efisien. Rasio antara EV dan AC yang menghasilkan CPI lebih dari satu sepanjang proyek menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk pelaksanaan pekerjaan lebih kecil dari pada biaya yang dianggarkan sesuai dengan bobot pekerjaan yang telah diselesaikan. Kondisi ini mencerminkan pengelolaan biaya proyek yang baik, karena proyek dapat menghemat sumber daya finansial dan beroperasi di bawah anggaran yang telah ditentukan.

Setelah evaluasi terperinci mengenai kinerja biaya dan jadwal proyek dengan menggunakan EVM, kemudian dilanjutkan dengan analisis EAC. EAC merupakan estimasi total biaya yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek sesuai dengan kondisi saat ini dan rencana yang ada. EAC berperan penting sebagai alat pengendalian biaya, memberikan estimasi yang lebih tepat tentang jumlah total biaya yang diperlukan hingga penyelesaian proyek.

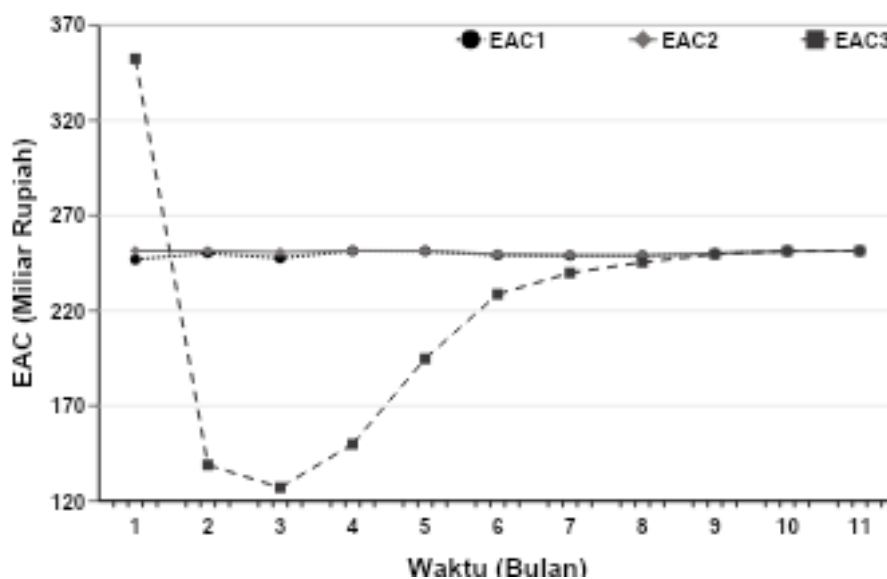
Dalam upaya untuk memperoleh prediksi yang lebih akurat, tiga metode perhitungan berbeda digunakan, yang dikenal sebagai

EAC₁, EAC₂, dan EAC₃, masing-masing diuraikan dalam Pers. (5), Pers. (6), dan Pers. (7). Rekapitulasi dari estimasi biaya menggunakan ketiga formula tersebut disajikan dalam Tabel 5. Selanjutnya, hasil dari rekapitulasi EAC diilustrasikan dalam bentuk grafik pada Gambar 7, yang

memvisualisasikan perbedaan dan hasil dari ketiga metode estimasi tersebut. Penggunaan visualisasi grafik ini memudahkan pemahaman tentang variabilitas dan potensi hasil biaya akhir proyek berdasarkan formula yang dipilih.

Tabel 5. Rekapitulasi nilai EAC

No	Periode	EAC ₁	EAC ₂	EAC ₃
1	Februari	246.953.791.237,1	251.428.000.000,0	352.444.302.443,5
2	Maret	250.225.763.234,0	251.378.000.000,0	138.951.478.896,5
3	April	247.632.685.978,4	250.731.000.000,0	127.016.679.335,7
4	Mei	251.453.027.189,9	251.478.000.000,0	149.845.962.036,7
5	Juni	251.259.272.081,0	251.386.000.000,0	194.697.248.934,2
6	Juli	249.230.149.874,4	249.612.000.000,0	228.651.490.154,3
7	Agustus	248.871.948.571,1	249.170.000.000,0	239.834.008.832,1
8	September	248.861.576.545,8	249.069.000.000,0	245.406.454.751,8
9	Oktober	250.049.246.197,8	250.065.000.000,0	249.688.270.612,7
10	November	251.356.576.135,4	251.357.000.000,0	251.327.200.351,4
11	Desember	251.414.000.000,0	251.414.000.000,0	251.414.000.000,0



Gambar 7. Estimate at completion (EAC)

Berdasarkan ilustrasi yang disajikan dalam Gambar 7, teramati bahwa hasil estimasi biaya pada akhir proyek melalui metode EAC_1 dan EAC_2 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. EAC_2 yang dihitung dengan asumsi bahwa pekerjaan yang tersisa akan diselesaikan sesuai dengan rencana awal, terlihat memberikan hasil yang lebih konsisten dari awal hingga akhir pelaksanaan proyek. yang mengindikasikan efektivitasnya di bawah kondisi ketika asumsi-asumsi awal proyek tetap relevan dan stabil. Konsistensi nilai CPI yang mendekati nilai satu sepanjang periode pelaksanaan proyek turut berkontribusi dalam menjaga kestabilan estimasi biaya akhir yang dihasilkan oleh EAC_2 . Selain itu, meskipun terjadi fluktuasi dalam nilai SPI, sebagaimana terlihat pada Gambar 6, durasi penyelesaian proyek tetap berada dalam batas waktu yang telah direncanakan, yaitu 11 bulan. Hal ini menegaskan bahwa meskipun terjadi variasi dalam kinerja jadwal, penggunaan EAC_2 tetap andal dalam kondisi ketika perubahan signifikan pada biaya dan jadwal penyelesaian pelaksanaan proyek tidak terjadi.

Dalam penelitian yang dilakukan, terungkap bahwa nilai EAC_3 , yang menggabungkan analisis kinerja biaya dan jadwal melalui CPI dan SPI, memperlihatkan perbedaan signifikan dibandingkan dengan nilai EAC_1 dan EAC_2 , terutama pada fase awal pelaksanaan proyek. Pada bulan pertama pelaksanaan proyek, kinerja jadwal yang tidak memuaskan tercatat secara signifikan. Kondisi tersebut ditandai oleh nilai SPI yang lebih rendah dari satu, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6. Penyimpangan dari jadwal yang direncanakan ini secara langsung menyebabkan peningkatan dalam estimasi biaya keseluruhan yang diwakili oleh nilai EAC_3 yang tinggi.

Peningkatan estimasi biaya keseluruhan tersebut disebabkan oleh sejumlah faktor yang terjadi pada tahap awal proyek, termasuk keterlambatan dalam pengiriman

material dan peralatan yang diperlukan untuk memulai pekerjaan konstruksi. Selain itu, hambatan administratif seperti penundaan dalam penerimaan izin yang diperlukan dari otoritas lokal, juga berperan dalam memperlambat progres kerja. Kedua faktor ini secara signifikan mempengaruhi kemampuan tim proyek untuk memulai dan melaksanakan pekerjaan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan. Selanjutnya, kompleksitas dalam koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek juga berkontribusi terhadap penyimpangan jadwal ini. Kesulitan dalam sinkronisasi jadwal antara sub kontraktor yang bertanggung jawab atas berbagai aspek konstruksi, menyebabkan efisiensi yang rendah dan penundaan dalam beberapa segmen proyek.

Selama periode dari bulan ke-2 hingga bulan ke-7, tercatat peningkatan signifikan dalam nilai SPI yang secara langsung berkontribusi pada penurunan nilai EAC_3 untuk periode tersebut. Peningkatan ini dicapai melalui implementasi strategi manajemen proyek yang ditingkatkan dan pengoptimalan proses kerja. Tindakan korektif yang dilakukan oleh tim manajemen proyek meliputi penjadwalan ulang aktivitas konstruksi dan peningkatan koordinasi antar tim, yang memungkinkan pekerjaan dilakukan lebih efisien dan efektif. Tindakan korektif ini menjadikan tugas-tugas selesai lebih cepat daripada yang direncanakan sehingga berdampak langsung pada pemenuhan jadwal yang lebih baik dan mengurangi waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek secara keseluruhan.

Selanjutnya, peningkatan alat dan peralatan bersamaan dengan pelatihan yang diberikan kepada tenaga kerja, memastikan bahwa operasi di lokasi proyek berjalan lebih lancar dan dengan kecepatan yang lebih tinggi. Inisiatif ini tidak hanya mempercepat pencapaian tonggak proyek tetapi juga meminimalkan pemborosan sumber daya, yang menghasilkan pengurangan signifikan dalam estimasi

biaya keseluruhan. Hasilnya, efisiensi dalam pengelolaan jadwal dan sumber daya tercapai, yang berpengaruh langsung terhadap penurunan biaya total yang diestimasi untuk penyelesaian proyek. Peningkatan dalam mematuhi jadwal yang direncanakan secara signifikan mengurangi risiko penundaan dan biaya yang tidak diantisipasi, yang menegaskan pentingnya kinerja jadwal yang efektif dalam mengendalikan anggaran proyek.

Selama periode akhir proyek, dari bulan ke-8 hingga bulan ke-11, tercatat bahwa nilai SPI menjadi semakin stabil dan mendekati angka satu, yang menandakan adanya penyesuaian pelaksanaan proyek yang lebih sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Penyebab dari kestabilan nilai SPI ini adalah penerapan manajemen proyek yang ketat dan peningkatan komunikasi antara semua pihak yang terlibat. Tindakan korektif dan penyesuaian yang dilakukan dalam manajemen proyek memungkinkan kegiatan-kegiatan di lokasi konstruksi untuk dilakukan tanpa penundaan yang signifikan, sehingga meminimalkan penyimpangan dari jadwal yang telah ditetapkan. Tindakan korektif ini termasuk perbaikan dalam manajemen rantai pasok dan logistik yang memastikan bahwa semua material dan peralatan yang diperlukan tersedia tepat waktu, serta peningkatan koordinasi kerja antar tim yang meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

Peningkatan dalam pemantauan dan evaluasi kemajuan proyek ini berkontribusi pada penyesuaian pelaksanaan yang lebih sesuai dengan jadwal. Metode EVM yang diterapkan dengan lebih intensif memberikan wawasan *real-time* mengenai kinerja proyek, yang memungkinkan manajer proyek untuk membuat keputusan yang tepat waktu berdasarkan data yang akurat. Hasil dari pemantauan ini adalah penurunan dalam nilai EAC_3 , yang semakin mendekati estimasi yang dihasilkan oleh EAC_1 dan EAC_2 . Proses evaluasi yang terus-menerus ini memastikan bahwa setiap penyimpangan dari rencana dapat segera

diperbaiki, sehingga menjaga kinerja jadwal tetap pada jalurnya. Dengan demikian, proyek ini menunjukkan bahwa penerapan kontrol yang efektif dan evaluasi berkelanjutan adalah kunci untuk mencapai konsistensi dalam pemenuhan jadwal yang direncanakan, yang menyebabkan estimasi biaya yang lebih akurat dan pengurangan biaya keseluruhan yang diperlukan untuk penyelesaian proyek.

Kesimpulan

Penelitian ini telah mengevaluasi dan menganalisis kinerja Proyek Jalan Koridor Utama Pelabuhan – Bandara Batam dari aspek biaya dan waktu pelaksanaan. Berdasarkan metodologi earned value management (EVM) pada studi kasus ini, ditemukan bahwa tantangan signifikan dihadapi pada awal proyek, ditandai oleh kinerja jadwal yang kurang memadai dengan nilai SPI di bawah satu. Hal ini mengindikasikan bahwa pelaksanaan proyek lebih lambat dari rencana yang telah ditetapkan, mengakibatkan estimasi awal biaya menggunakan EAC_3 menjadi lebih tinggi. Namun, perbaikan yang terjadi mulai bulan kedua dan berlanjut hingga bulan ke-11 menunjukkan bahwa proyek mampu mengejar ketinggalan, dengan kinerja jadwal yang membaik secara signifikan dan SPI yang konsisten di atas satu. Pada periode akhir pelaksanaan proyek, penurunan kembali SPI mendekati satu menghasilkan estimasi biaya akhir EAC_3 yang semakin akurat dan mendekati hasil dari EAC_1 dan EAC_2 , yang membuktikan bahwa proyek tersebut dapat diselesaikan sesuai dengan jadwal yang direncanakan.

Dalam penelitian ini, efisiensi pengelolaan biaya pada Proyek Jalan Koridor Utama Pelabuhan – Bandara Batam dapat dikatakan baik, sebagaimana dicerminkan oleh nilai CV yang positif dan CPI yang terus menerus lebih dari satu dan konsisten selama periode pelaksanaan proyek. Keadaan ini menunjukkan bahwa biaya yang dikeluarkan untuk pelaksanaan proyek adalah lebih rendah daripada anggaran yang

telah direncanakan, yang menandakan pengelolaan biaya yang efektif. Konsistensi dalam estimasi biaya yang dihasilkan melalui metode EAC₁ dan EAC₂ memperkuat bahwa asumsi-asumsi yang diletakkan pada awal proyek tetap relevan dan tidak banyak berubah sepanjang pelaksanaan proyek. Keberhasilan ini mengindikasikan bahwa pendekatan awal dalam estimasi dan pengelolaan biaya telah cukup akurat dan efektif, memberikan bukti bahwa proyek tersebut dikelola dengan sumber daya secara bijaksana, sekaligus mempertahankan integritas keuangan sepanjang durasi proyek.

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa Proyek Jalan Koridor Utama Pelabuhan – Bandara Batam telah berhasil dalam mengelola biaya dan jadwal dengan sangat baik. Penggunaan metode EVM terbukti efektif

dalam memahami secara mendalam dinamika yang terjadi dalam proyek dan mendukung dalam menghasilkan estimasi biaya yang lebih akurat untuk penyelesaian proyek. Hasil-hasil yang didapat dari penelitian ini sangat berharga sebagai sumber referensi yang dapat digunakan untuk perencanaan dan pengelolaan proyek-proyek infrastruktur serupa di masa depan. Keberhasilan penggunaan metode EVM dalam proyek ini menunjukkan pentingnya integrasi metode penilaian kinerja yang komprehensif dalam manajemen proyek untuk memastikan bahwa kegiatan pembangunan dapat dilaksanakan secara efisien dan sesuai dengan perencanaan yang ditetapkan.

Daftar Pustaka

- Asiedu, R. O., & Adaku, E. (2020). Cost overruns of public sector construction projects: A developing country perspective. *International Journal of Managing Projects in Business*, 13(1), 66–84. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-09-2018-0177>
- Babar, S., Thaheem, M. J., & Ayub, B. (2017). Estimated cost at completion: Integrating risk into earned value management. *Journal of Construction Engineering and Management*, 143(3), 04016104. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0001245](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0001245)
- Barrientos-Orellana, A., Ballesteros-Pérez, P., Mora-Melià, D., Cerezo-Narváez, A., & Gutiérrez-Bahamondes, J. H. (2023). Comparison of the stability and accuracy of deterministic project cost prediction methods in earned value management. *Buildings*, 13(5), 1206. <https://doi.org/10.3390/buildings13051206>
- Emblemsvåg, J. (2024). Lean project planning – Bridging last planner system and earned value management. *Heliyon*, 10(18), e37810. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37810>
- Jie, D., & Wei, J. (2022). Estimating construction project duration and costs upon completion using Monte Carlo simulations and improved earned value management. *Buildings*, 12(12), 2173. <https://doi.org/10.3390/buildings12122173>
- Mayo-Alvarez, L., Alvarez-Risco, A., Del-Aguila-Arcentales, S., Sekar, M. C., & Yáñez, J. A. (2022). A systematic review of earned value management methods for monitoring and control of project schedule performance: an AHP approach. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22), 15259. <https://doi.org/10.3390/su142215259>
- Mhady, A. A., Budayan, C., & Gurgun, A. P. (2024). Estimate-at-completion (EAC) prediction using Archimedes optimization with adaptive fuzzy and neural networks. *Automation in Construction*, 166, 105653. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105653>
- Narbaev, T., Hazir, Ö., Khamitova, B., & Talgat, S. (2023). A Machine Learning Study to Improve the Reliability of Project Cost Estimates. *International Journal of Production Research*, 62(12), 4372–4388. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2262051>
- Narbaev, T., Hazir, Ö., Khamitova, B., & Talgat, S. (2024). A machine learning study to improve the reliability of project cost estimates. *International Journal of Production Research*, 62(12), 4372–4388. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2262051>
- Nejatyan, E., Sarvari, H., Hosseini, S. A., & Javanshir, H. (2023). Determining the factors influencing construction project management performance improvement through earned value-based value engineering strategy: A Delphi-based survey. *Buildings*, 13(8), 1964. <https://doi.org/10.3390/buildings13081964>
- Ngo, K. A., Lucko, G., & Ballesteros-Pérez, P. (2022). Continuous earned value management with singularity functions for comprehensive project performance tracking and forecasting. *Automation in Construction*, 143, 104583. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104583>

- Ottaviani, F. M., De Marco, A., Narbaev, T., & Rebuglio, M. (2024). Improving project estimates at completion through progress-based performance factors. *Buildings*, *14*(3), 643. <https://doi.org/10.3390/buildings14030643>
- Proaño-Narváez, M., Flores-Vázquez, C., Vásquez Quiroz, P., & Avila-Calle, M. (2022). Earned value method (EVM) for construction projects: Current application and future projections. *Buildings*, *12*(3), 301. <https://doi.org/10.3390/buildings12030301>
- Project Management Institute. (2019). *The standard for earned value management*. Project Management Institute, Inc.
- Project Management Institute. (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)* (7th ed.). Project Management Institute, Inc.
- Raslan, N. D., Abdelaziz, A. H., & Nassar, A. H. (2023). Process for control cost overrun using Artificial Intelligence (AI), Earned Value Management (EVM) Analysis and Logistic Sustainability. *2023 2nd International Conference on Smart Cities 4.0, Smart Cities 4.0 2023*, 501–505. <https://doi.org/10.1109/SmartCities4.056956.2023.10526130>
- Sackey, S., Lee, D. E., & Kim, B. S. (2020). Duration estimate at completion: Improving earned value management forecasting accuracy. *KSCE Journal of Civil Engineering*, *24*(3), 693–702. <https://doi.org/10.1007/s12205-020-0407-5>
- Santos, J. I., Pereda, M., Ahedo, V., & Galán, J. M. (2023). Explainable machine learning for project management control. *Computers and Industrial Engineering*, *180*, 109261. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2023.109261>
- Song, J., Martens, A., & Vanhoucke, M. (2022). Using earned value management and schedule risk analysis with resource constraints for project control. *European Journal of Operational Research*, *297*(2), 451–466. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.05.036>
- Zahoor, H., Khan, R. M., Nawaz, A., Ayaz, M., & Maqsoom, A. (2022). Project control and forecast assessment of building projects in Pakistan using earned value management. *Engineering, Construction and Architectural Management*, *29*(2), 842–869. <https://doi.org/10.1108/ECAM-11-2020-0989>