Analisis *Earned Value* dan *Time Cost Trade Off* pada Proyek Pembangunan Gedung PDAM Klaten dengan Tinjauan *Lean Construction*

Serena Khansa*[1], Setiono[2], Agus Hari Wahyudi[3]
Universitas Sebelas Maret[1,2,3]
*[1]e-mail: serenakhansa@student.uns.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja waktu dan biaya Proyek Pembangunan Gedung PDAM Kabupaten Klaten, menentukan alternatif percepatan paling efisien, serta meninjaunya berdasarkan prinsip *lean construction*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus evaluatif. Data meliputi Rencana Anggaran Biaya, jadwal pelaksanaan, laporan progres mingguan, Analisis Harga Satuan Pekerjaan, Harga Satuan Pekerjaan, kurva S, dan biaya aktual. Pengolahan data dilakukan menggunakan Primavera P6. Kinerja proyek dianalisis dengan *Earned Value Analysis* pada minggu ke-7 dan minggu ke-13, sedangkan alternatif percepatan dievaluasi melalui *Time Cost Trade Off* pada aktivitas jalur kritis. Hasil analisis menunjukkan nilai *Schedule Performance Index* sebesar 0.86 pada minggu ke-7 dan 0.96 pada minggu ke-13, sehingga proyek mengalami keterlambatan. Nilai *Cost Performance Index* sebesar 1.00 menunjukkan bahwa biaya tetap sesuai rencana. Dari lima alternatif percepatan, penambahan satu pekerja menjadi pilihan paling optimal karena mengurangi durasi dari 173 menjadi 166 hari, menghasilkan efisiensi waktu sebesar 4.046%, efisiensi biaya sebesar 0.092%, dan penghematan senilai Rp4.692.252,01. Alternatif ini juga mendukung kelancaran aliran kerja, optimalisasi sumber daya, dan pengurangan *waste*. Temuan membuktikan bahwa integrasi ketiga pendekatan tersebut mendukung pengambilan keputusan proyek yang lebih tepat dan efisien.

Kata kunci : *Earned Value Analysis*; Kinerja Proyek; PDAM Klaten; Percepatan Proyek; *Time Cost Trade Off*.

ABSTRACT

This study aims to analyze the time and cost performance of the PDAM Klaten Building Construction Project, determine the most efficient acceleration alternative, and assess it using lean construction principles. A quantitative approach with an evaluative case study design was applied. The data comprised the cost estimate, project schedule, weekly progress reports, work unit price analysis, unit prices, S-curve, and actual costs. Data processing was conducted using Primavera P6. Project performance was evaluated through Earned Value Analysis at weeks 7 and 13, while acceleration alternatives were assessed using Time Cost Trade Off on critical path activities. The results showed Schedule Performance Index values of 0.86 at week 7 and 0.96 at week 13, indicating schedule delays. A Cost Performance Index of 1.00 showed that costs remained aligned with the plan. Among the five alternatives, adding one worker was identified as the optimal option because it reduced the project duration from 173 to 166 days, achieved a time efficiency of 4.046% and a cost efficiency of 0.092%, and generated savings of IDR 4,692,252.01. This alternative also improved workflow, resource utilization, waste reduction, and overall project decision quality.

Keywords **:** *Earned Value Analysis; PDAM Klaten; Project Acceleration; Project Performance; Time Cost Trade Off.*

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur merupakan salah satu sektor strategis yang berperan dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, meningkatkan kualitas pelayanan publik, dan menunjang kesejahteraan masyarakat. Infrastruktur yang memadai memungkinkan kegiatan sosial dan ekonomi berjalan secara lebih efektif serta mampu memperkuat daya saing suatu wilayah. Salah satu bentuk infrastruktur yang memiliki fungsi penting

dalam kehidupan masyarakat adalah sarana dan prasarana penyediaan air bersih. Ketersediaan fasilitas pendukung yang baik sangat diperlukan agar proses pengelolaan dan distribusi air bersih dapat dilaksanakan secara efektif, berkelanjutan, dan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Dalam rangka meningkatkan kualitas pelayanan tersebut, dilaksanakan Proyek Pembangunan Gedung Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Klaten yang diharapkan mampu mendukung kegiatan administrasi dan operasional perusahaan serta meningkatkan mutu pelayanan air bersih kepada masyarakat.

Pelaksanaan proyek konstruksi pada dasarnya dihadapkan pada tiga batasan utama yang meliputi biaya, waktu, dan mutu atau dikenal dengan istilah *triple constraint* (Permatasari et al., 2024). Ketiga aspek tersebut memiliki hubungan yang erat sehingga perubahan atau penyimpangan pada salah satu aspek dapat memengaruhi pencapaian aspek lainnya. Proyek yang diselesaikan lebih cepat, misalnya, dapat memerlukan tambahan tenaga kerja, jam kerja, atau peralatan yang berpotensi meningkatkan biaya pelaksanaan. Sebaliknya, pengurangan biaya secara berlebihan dapat menurunkan produktivitas pekerjaan dan menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek. Oleh karena itu, pengelolaan proyek harus dilakukan secara terpadu agar sasaran biaya, waktu, dan mutu dapat tercapai sesuai dengan perencanaan.

Permasalahan yang sering ditemukan dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah keterlambatan penyelesaian pekerjaan dan pembengkakan biaya. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perubahan kondisi lapangan, cuaca, keterbatasan material, rendahnya produktivitas tenaga kerja, kurangnya ketersediaan peralatan, serta lemahnya koordinasi dan pengendalian pelaksanaan proyek (Werdana & Priyanto, 2023). Keterlambatan pada suatu pekerjaan juga dapat memengaruhi pekerjaan berikutnya, terutama apabila pekerjaan tersebut berada pada lintasan kritis. Apabila penyimpangan tidak segera diketahui dan dikendalikan, durasi penyelesaian proyek dapat semakin panjang dan kebutuhan biaya pelaksanaan dapat meningkat. Dengan demikian, diperlukan metode pengendalian yang mampu memberikan informasi objektif mengenai pencapaian pekerjaan berdasarkan kondisi aktual di lapangan (Ariana & Lestari, 2023).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengevaluasi kinerja waktu dan biaya proyek adalah *Earned Value Analysis* (EVA). Metode ini mengintegrasikan lingkup pekerjaan, jadwal, dan biaya sehingga perkembangan proyek tidak hanya dinilai berdasarkan besarnya biaya yang telah dikeluarkan, tetapi juga berdasarkan nilai pekerjaan yang telah diselesaikan. Evaluasi dilakukan melalui sejumlah indikator, seperti *Cost Variance* (CV), *Schedule Variance* (SV), *Cost Performance Index* (CPI), dan *Schedule Performance Index* (SPI). Nilai CV dan CPI digunakan untuk menggambarkan kinerja biaya, sedangkan nilai SV dan SPI menunjukkan kinerja waktu proyek. Melalui indikator tersebut, pelaksana proyek dapat mengetahui apakah pekerjaan berlangsung sesuai dengan rencana, lebih cepat atau lebih lambat dari jadwal, serta lebih hemat atau lebih boros dibandingkan dengan anggaran yang telah ditetapkan (Ariana & Lestari, 2023).

Selain menggambarkan kondisi kinerja proyek pada waktu evaluasi, EVA dapat digunakan untuk memperkirakan biaya dan durasi penyelesaian proyek berdasarkan kecenderungan kinerja aktual. Informasi tersebut penting karena dapat menjadi sistem peringatan dini bagi pengelola proyek dalam mengidentifikasi potensi keterlambatan dan pembengkakan biaya. Hasil analisis juga dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan tindakan korektif sebelum penyimpangan berkembang menjadi permasalahan yang lebih besar. Dengan demikian, penerapan EVA tidak hanya berfungsi sebagai alat evaluasi, tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan dalam proses pengendalian proyek (Prasetya, 2018).

Penerapan EVA dalam evaluasi proyek konstruksi telah dilakukan dalam berbagai penelitian. Khairunnisa et al. (2020) mengevaluasi proyek perumahan di Penajam Paser Utara menggunakan EVA dan *Time Cost Trade Off* (TCTO). Hasil analisis pada minggu ke-13 menunjukkan nilai SPI sebesar 0,73 yang menandakan terjadinya keterlambatan, sedangkan nilai CPI sebesar 0,96 menunjukkan adanya pembengkakan biaya sekitar Rp211 juta. Analisis TCTO kemudian dilakukan melalui alternatif penambahan jam lembur selama satu hingga tiga jam per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan tiga jam lembur per hari menjadi alternatif yang paling optimal karena mampu mempercepat penyelesaian pekerjaan dengan tambahan biaya yang masih dapat dikendalikan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa EVA dan TCTO dapat digunakan secara berurutan untuk mengidentifikasi penyimpangan sekaligus menentukan tindakan percepatan yang efisien.

Febrianti dan Alfandi (2023) menerapkan EVA pada Proyek Pembangunan Kantor UPT Crew KA Depok Lama selama minggu ke-14 sampai dengan minggu ke-24. Hasil analisis menunjukkan bahwa proyek

mengalami deviasi waktu yang cukup besar karena nilai SPI berada di bawah satu, dengan nilai terendah sebesar 0,78 pada minggu ke-20. Pada tahap awal pelaksanaan, nilai CPI yang berada di bawah satu juga menunjukkan penggunaan anggaran yang belum efisien. Keterlambatan dan pembengkakan biaya tersebut dipengaruhi oleh produktivitas tenaga kerja, ketersediaan peralatan, dan kondisi lingkungan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa indikator EVA dapat membantu mengidentifikasi periode pelaksanaan yang memiliki tingkat penyimpangan paling besar sehingga pengendalian dapat dilakukan secara lebih terarah.

Hasil yang berbeda ditemukan oleh Asa dan Izzathamma (2024) pada pembangunan *Sports Center* SMK Bhakti Kartini Bekasi. Analisis EVA menghasilkan nilai SPI di bawah satu dan SV bernilai negatif yang menunjukkan keterlambatan proyek sekitar satu minggu. Meskipun demikian, nilai CPI yang mendekati satu menunjukkan bahwa penggunaan biaya proyek masih relatif terkendali. Permana et al. (2022) juga menemukan bahwa pembangunan Gedung Dinas Perhubungan Surakarta mengalami sedikit keterlambatan dengan nilai SPI sebesar 0,98 pada minggu ke-13. Akan tetapi, nilai CPI sebesar 1,07 menunjukkan adanya efisiensi biaya sekitar Rp312 juta. Evaluasi dalam penelitian tersebut dilakukan dengan bantuan perangkat lunak *Primavera P6*, sedangkan perubahan durasi kontrak dari 150 hari menjadi 180 hari terjadi sebagai dampak pandemi. Kedua penelitian tersebut menegaskan bahwa penyimpangan waktu tidak selalu diikuti oleh pembengkakan biaya sehingga kedua aspek harus dianalisis secara bersamaan.

Nugraha et al. (2024) mengevaluasi kinerja pembangunan Gedung Direktorat Politeknik Pekerjaan Umum Semarang pada minggu ke-20, ke-32, dan ke-44. Hasil analisis menunjukkan nilai CPI sebesar 1,09 dan SPI lebih dari satu, yang berarti proyek berjalan lebih cepat dan lebih hemat dibandingkan dengan rencana. Perhitungan *Estimate at Completion* menunjukkan potensi keuntungan sekitar Rp3,04 miliar atau sekitar 8 persen dari nilai kontrak sebesar Rp38,25 miliar. Temuan ini menunjukkan bahwa EVA tidak hanya digunakan untuk mengidentifikasi keterlambatan atau pembengkakan biaya, tetapi juga mampu mengukur tingkat efisiensi proyek yang memiliki kinerja lebih baik daripada perencanaan awal.

Apabila hasil evaluasi menunjukkan adanya keterlambatan yang berpotensi menghambat penyelesaian proyek, diperlukan tindakan pengendalian melalui optimasi waktu dan biaya. Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan adalah metode TCTO. Metode ini digunakan untuk menganalisis hubungan antara pengurangan durasi pekerjaan dan perubahan biaya yang diakibatkannya. Percepatan dapat dilakukan melalui penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, penambahan peralatan, atau kombinasi beberapa alternatif tersebut. Setiap alternatif menghasilkan konsekuensi biaya dan tingkat percepatan yang berbeda sehingga perlu dianalisis untuk memperoleh pilihan yang paling efisien (Ardika et al., 2014).

Maharani et al. (2024) menerapkan TCTO pada pekerjaan reservoir Sistem Penyediaan Air Minum Wosusokas dengan membandingkan alternatif penambahan tenaga kerja dan penambahan jam lembur selama satu hingga tiga jam per hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alternatif lembur tiga jam per hari mampu menghasilkan durasi penyelesaian yang lebih singkat dengan tambahan biaya yang masih efisien. Sementara itu, Kisworo et al. (2017) menganalisis percepatan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Semarang Solo melalui alternatif penambahan jam lembur dan penambahan peralatan. Penambahan jam lembur mampu mempercepat proyek selama 54 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp112,6 juta, sedangkan penambahan alat menghasilkan percepatan selama 33 hari dengan tambahan biaya sebesar Rp6,1 juta. Hasil tersebut menunjukkan bahwa alternatif dengan biaya paling rendah belum tentu memberikan percepatan yang paling besar. Pemilihan alternatif perlu mempertimbangkan tingkat urgensi penyelesaian, durasi yang dapat dikurangi, serta kemampuan proyek dalam menanggung biaya tambahan.

Perkembangan manajemen konstruksi tidak hanya menekankan pencapaian waktu dan biaya, tetapi juga memperhatikan efisiensi proses pelaksanaan dan pengurangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Pemikiran tersebut sejalan dengan konsep *lean construction* yang berorientasi pada peningkatan nilai, perbaikan aliran kerja, optimalisasi sumber daya, dan pengurangan pemborosan atau *waste*. Dalam pelaksanaan proyek, pemborosan dapat berupa waktu menunggu, pekerjaan ulang, pergerakan tenaga kerja yang tidak diperlukan, persediaan material yang berlebihan, rendahnya produktivitas, keterlambatan informasi, dan penggunaan sumber daya yang tidak sesuai dengan kebutuhan. Pemborosan tersebut dapat memengaruhi pencapaian jadwal dan biaya sehingga perlu diidentifikasi sebagai bagian dari proses evaluasi proyek.

Dalam konteks penelitian ini, deviasi nilai SPI dan CPI dipandang sebagai indikasi adanya ketidakefisienan dalam pelaksanaan proyek. Nilai SPI di bawah satu menunjukkan bahwa nilai pekerjaan yang diselesaikan lebih rendah daripada pekerjaan yang direncanakan pada periode evaluasi, sedangkan nilai CPI di bawah satu menunjukkan bahwa biaya aktual yang dikeluarkan lebih besar daripada nilai pekerjaan yang diperoleh. Kondisi tersebut dapat dikaitkan dengan keberadaan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah, rendahnya produktivitas, atau penggunaan sumber daya yang belum optimal. Sementara itu, alternatif percepatan yang dianalisis menggunakan TCTO dapat digunakan untuk memperbaiki aliran pekerjaan dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya sesuai dengan prinsip *lean construction*.

Penelitian terdahulu pada umumnya menggunakan EVA untuk mengevaluasi kinerja proyek berdasarkan indikator CV, SV, CPI, dan SPI. Penelitian lain menggunakan TCTO untuk memperoleh alternatif percepatan melalui penambahan tenaga kerja, jam lembur, atau peralatan. Meskipun kedua metode telah banyak diterapkan, sebagian besar penelitian masih menempatkan EVA dan TCTO sebagai metode evaluasi dan percepatan yang berdiri sendiri. Penelitian terdahulu juga belum banyak menghubungkan deviasi kinerja dan alternatif percepatan dengan prinsip efisiensi pelaksanaan konstruksi, khususnya dalam mengidentifikasi serta mengurangi potensi *waste* berdasarkan perspektif *lean construction*.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini mengintegrasikan EVA, TCTO, dan perspektif *lean construction* dalam mengevaluasi Proyek Pembangunan Gedung PDAM Kabupaten Klaten. EVA digunakan untuk menganalisis kinerja waktu dan biaya proyek pada minggu ke-7 dan minggu ke-13. Apabila hasil evaluasi menunjukkan adanya penyimpangan, analisis dilanjutkan menggunakan TCTO dengan alternatif penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, serta kombinasi keduanya. Setiap alternatif dinilai berdasarkan pengurangan durasi, perubahan biaya, dan tingkat efisiensinya, kemudian ditinjau berdasarkan prinsip *lean construction* untuk menentukan alternatif percepatan yang paling optimal.

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja waktu dan biaya Proyek Pembangunan Gedung PDAM Kabupaten Klaten menggunakan EVA, menentukan alternatif percepatan yang paling efisien melalui TCTO, serta meninjau hasil evaluasi dan percepatan tersebut berdasarkan perspektif *lean construction*. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kondisi aktual kinerja proyek, menjadi referensi bagi penerapan EVA dan TCTO pada proyek konstruksi lainnya, serta memberikan dasar pertimbangan bagi pihak pelaksana dalam mengambil keputusan pengendalian dan percepatan proyek. Integrasi ketiga pendekatan tersebut diharapkan dapat menghasilkan keputusan percepatan yang tidak hanya mempertimbangkan pengurangan durasi dan tambahan biaya, tetapi juga memperhatikan efisiensi aliran pekerjaan, optimalisasi sumber daya, dan pengurangan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain studi kasus evaluatif pada Proyek Pembangunan Gedung Utama Kantor Perumda Air Minum Tirta Merapi Kabupaten Klaten. Analisis dilakukan menggunakan metode *Earned Value Analysis* (EVA) untuk mengevaluasi kinerja waktu dan biaya, metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) untuk menentukan alternatif percepatan, serta pendekatan *lean construction* untuk menilai efisiensi pelaksanaan berdasarkan potensi pemborosan dan kelancaran aliran pekerjaan.

Data penelitian terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi kondisi pelaksanaan proyek, sedangkan data sekunder meliputi Rencana Anggaran Biaya, laporan progres mingguan, Analisis Harga Satuan Pekerjaan, Harga Satuan Pekerjaan, jadwal pelaksanaan, kurva S, durasi aktivitas, hubungan antarpekerjaan, serta data biaya aktual. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, dokumentasi, dan studi literatur yang berkaitan dengan EVA, TCTO, manajemen proyek, dan *lean construction*.

Pengolahan data dilakukan menggunakan Primavera P6. Data jenis pekerjaan, durasi, hubungan ketergantungan, volume, biaya, jadwal rencana, dan progres aktual dimasukkan untuk menyusun *baseline schedule*, menentukan lintasan kritis, serta mengevaluasi perkembangan proyek pada minggu ke-7 dan minggu ke-13. Penentuan lintasan kritis diperlukan karena percepatan hanya efektif apabila diterapkan pada aktivitas yang memengaruhi durasi total proyek.

Analisis EVA dilakukan dengan menghitung *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC). Kinerja waktu dianalisis melalui *Schedule Variance* (SV) dan *Schedule Performance Index* (SPI), sedangkan kinerja biaya dianalisis melalui *Cost Variance* (CV) dan *Cost Performance Index* (CPI). Rumus utama yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$PV = bobot\ rencana\ kumulatif\ x\ BAC$$
$$EV = bobot\ aktual\ kumulatif\ x\ BAC$$
$$AC = biaya\ aktual\ kumulatif$$
$$SV = EV - PV$$
$$CV = EV - AC$$
$$SPI = \frac{EV}{PV}$$
$$CPI = \frac{EV}{AC}$$

BAC (*Budget at Completion*) merupakan total anggaran biaya langsung pada *baseline*. Nilai SPI kurang dari satu menunjukkan keterlambatan, sedangkan nilai CPI kurang dari satu menunjukkan penggunaan biaya yang tidak efisien. Analisis juga menghitung ETCt sebagai perkiraan durasi pekerjaan yang masih tersisa.

Apabila hasil EVA menunjukkan keterlambatan, analisis dilanjutkan menggunakan TCTO pada aktivitas yang berada di lintasan kritis. Alternatif percepatan meliputi penambahan jam kerja, penambahan tenaga kerja, dan kombinasi keduanya. Setiap alternatif dianalisis berdasarkan perubahan produktivitas, pengurangan durasi, tambahan biaya langsung, biaya tidak langsung, dan total biaya proyek. Prioritas percepatan ditentukan menggunakan nilai *cost slope*, yaitu tambahan biaya yang dibutuhkan untuk mengurangi satu satuan waktu pada setiap aktivitas.

Setelah percepatan dilakukan, jadwal dihitung kembali menggunakan Primavera P6 untuk mengetahui perubahan durasi dan lintasan kritis. Proses percepatan dihentikan apabila target waktu telah tercapai, aktivitas kritis tidak dapat dipercepat kembali, atau tambahan biaya tidak lagi menghasilkan pengurangan durasi yang efisien. Alternatif terbaik dipilih berdasarkan pengurangan waktu dan total biaya yang paling rasional.

Hasil EVA dan TCTO selanjutnya ditinjau berdasarkan prinsip *lean construction*. Nilai SPI dan CPI yang tidak memenuhi kriteria digunakan untuk mengidentifikasi potensi *waste*, seperti waktu menunggu, rendahnya produktivitas, keterlambatan material, pekerjaan ulang, dan penggunaan sumber daya yang tidak optimal. Alternatif percepatan dinilai berdasarkan kemampuannya mengurangi durasi, menjaga efisiensi biaya, memperbaiki aliran pekerjaan, dan mencegah munculnya pemborosan baru. Alternatif dengan keseimbangan terbaik antara waktu, biaya, produktivitas, dan efisiensi ditetapkan sebagai pilihan percepatan yang paling optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum dan *Baseline* Proyek

Proyek Pembangunan Gedung Utama Kantor Perumda Air Minum Tirta Merapi berlokasi di Kabupaten Klaten dan bertujuan menunjang kegiatan administratif serta operasional pelayanan air bersih. Proyek dibiayai oleh Pemerintah Kabupaten Klaten dengan CV Triniti Widi Anoma sebagai konsultan perencana, PT Dwi Amerta Jaya Konsultan sebagai konsultan supervisi, dan CV Akbar sebagai penyedia jasa konstruksi. Data umum dan komponen biaya proyek dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data umum dan biaya awal proyek

Komponen	Keterangan
Nama proyek	Pembangunan Gedung Utama Kantor Perumda Air Minum Tirta Merapi
Lokasi	Kabupaten Klaten
Konsultan perencana	CV Triniti Widi Anoma
Konsultan supervisi	PT Dwi Amerta Jaya Konsultan
Penyedia jasa konstruksi	CV Akbar
Waktu pelaksanaan	173 hari kalender
Nilai kontrak	Rp5.652.323.498,54

Sumber: Data proyek diolah, 2026.

Baseline proyek disusun menggunakan Primavera P6 berdasarkan Rencana Anggaran Biaya, durasi pekerjaan, hubungan ketergantungan antaraktivitas, kebutuhan sumber daya, dan jadwal pelaksanaan. Hasil penjadwalan menetapkan durasi normal proyek selama 173 hari sebagai acuan untuk mengevaluasi kinerja dan membandingkan setiap alternatif percepatan.

Kinerja Waktu dan Biaya Berdasarkan *Earned Value Analysis*

Evaluasi dengan metode *Earned Value Analysis* dilakukan pada minggu ke-7 dan minggu ke-13 melalui perbandingan *Planned Value* (PV), *Earned Value* (EV), dan *Actual Cost* (AC). Hasil perhitungan ketiga indikator tersebut selanjutnya digunakan untuk memperoleh *Schedule Variance* (SV), *Cost Variance* (CV), *Schedule Performance Index* (SPI), *Cost Performance Index* (CPI), serta perkiraan durasi pekerjaan yang tersisa. Rekapitulasi hasil analisis disajikan dalam Tabel 2.

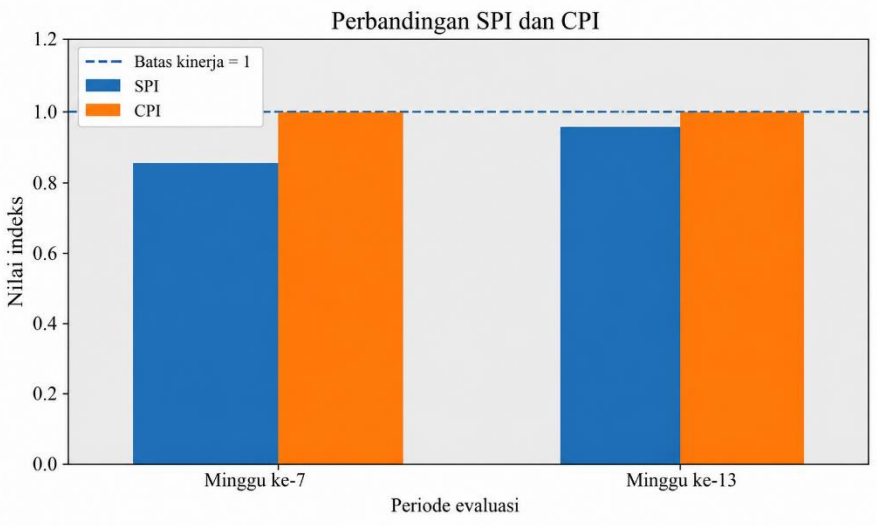
Tabel 2. Rekapitulasi kinerja dan estimasi penyelesaian proyek

Periode	PV (Rp)	EV (Rp)	AC (Rp)	SV (Rp)	CV (Rp)	SPI	CPI	ETCt (hari)
Minggu ke-7	659.223.648,39	566.458.866,32	566.458.866,29	-92.764.782,07	0,03	0,86	1,00	152
Minggu ke-13	1.773.446.780,67	1.701.301.810,51	1.701.301.810,57	-72.144.970,16	-0,06	0,96	1,00	117

Keterangan: ETCt adalah perkiraan durasi pekerjaan yang tersisa.
Sumber: Hasil pengolahan Primavera P6, 2026.

Pada minggu ke-7, nilai EV sebesar Rp566.458.866,32 lebih rendah daripada PV sebesar Rp659.223.648,39. Kondisi tersebut menghasilkan SV negatif sebesar Rp92.764.782,07 dan SPI sebesar 0,86. Nilai SPI yang lebih kecil daripada satu menunjukkan bahwa volume pekerjaan yang diselesaikan baru mencapai sekitar 86 persen dari nilai pekerjaan yang seharusnya dicapai pada periode tersebut. Dengan demikian, proyek mengalami keterlambatan terhadap jadwal yang direncanakan.

Pada minggu ke-13, nilai SPI meningkat menjadi 0,96. Peningkatan tersebut memperlihatkan adanya perbaikan kinerja waktu karena kesenjangan antara progres aktual dan progres rencana semakin kecil. Meskipun demikian, nilai SPI masih berada di bawah satu sehingga proyek tetap dikategorikan terlambat. Nilai SV juga masih negatif sebesar Rp72.144.970,16. Penurunan deviasi dari Rp92.764.782,07 menjadi Rp72.144.970,16 menunjukkan bahwa pelaksana telah meningkatkan pencapaian pekerjaan, tetapi perbaikan tersebut belum sepenuhnya mengembalikan proyek pada jadwal rencana.



Gambar 1. Perbandingan SPI dan CPI pada periode evaluasi

Gambar 1 memperlihatkan bahwa nilai SPI mengalami peningkatan dari 0,86 menjadi 0,96, sedangkan nilai CPI tetap berada pada angka 1,00. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa persoalan utama proyek terletak pada aspek waktu, bukan pada aspek biaya. Nilai EV dan AC pada kedua periode hampir sama, sehingga CV hanya menunjukkan selisih pembulatan yang sangat kecil. Perkiraan biaya akhir atau EAC juga tetap berada

di sekitar Rp4.800.685.976,10. Dengan demikian, apabila pola penggunaan biaya dapat dipertahankan, proyek diperkirakan tidak mengalami pembengkakan biaya langsung yang berarti.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Asa dan Izzathamma (2024) yang mendapatkan nilai SPI kurang dari satu dan SV negatif, tetapi biaya proyek masih berada dalam kondisi terkendali. Hasil tersebut juga memiliki pola serupa dengan penelitian Permana (2022), yaitu proyek mengalami keterlambatan waktu meskipun kinerja biayanya tetap efisien. Sebaliknya, hasil penelitian ini berbeda dari Khairunnisa et al. (2020) yang menemukan keterlambatan sekaligus pembengkakan biaya dengan nilai SPI sebesar 0,73 dan CPI sebesar 0,96. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa keterlambatan jadwal tidak selalu diikuti oleh ketidakefisienan biaya karena dipengaruhi oleh karakteristik pekerjaan, produktivitas sumber daya, serta sistem pengendalian pada setiap proyek.

Aktivitas Kritis dan Alternatif Percepatan

Hasil pengolahan *baseline* pada Primavera P6 mengidentifikasi 34 aktivitas yang berada pada jalur kritis. Aktivitas tersebut meliputi pekerjaan pembongkaran atap, pengukuran dan pemasangan *bouwplank*, pekerjaan pondasi *foot plate*, pekerjaan kolom, balok, pelat lantai, tangga, plafon, dinding lantai dua, pengecatan, rangka dan penutup atap, instalasi lampu, pemasangan pipa air bersih, serta pekerjaan halaman. Aktivitas tersebut tidak memiliki waktu tenggang yang memadai sehingga keterlambatan pada salah satu aktivitas dapat memengaruhi durasi penyelesaian proyek secara keseluruhan.

Analisis *Time Cost Trade Off* dilakukan pada aktivitas kritis menggunakan lima alternatif, yaitu penambahan satu jam lembur, penambahan dua jam lembur, penambahan satu pekerja, penambahan dua pekerja, serta kombinasi penambahan satu pekerja dan satu jam lembur. Perhitungan lembur mengacu pada batas waktu kerja lembur dalam Pasal 78 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 dan ketentuan pembayaran upah lembur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2021. Produktivitas selama lembur diasumsikan sebesar 80 persen dari produktivitas pada jam kerja normal.

Hasil analisis menunjukkan bahwa setiap alternatif mampu mengurangi durasi proyek, tetapi menghasilkan konsekuensi biaya yang berbeda. Perbandingan durasi, total biaya, efisiensi, dan *Cost Effectiveness Ratio* (CER) disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan alternatif percepatan proyek

Alternatif	Durasi (hari)	Percepatan (hari)	Total biaya (Rp)	Perubahan biaya terhadap normal (Rp)	Efisiensi biaya (%)	Efisiensi waktu (%)	CER per hari
Kondisi normal	173	0	5.092.183.332,02	0,00	0,000	0,000	Tidak dihitung
Penambahan 1 jam lembur	167	6	5.096.633.952,89	4.450.620,87	-0,087	3,468	Rp741.770,15
Penambahan 2 jam lembur	164	9	5.125.824.774,94	33.641.442,92	-0,661	5,202	Rp3.737.938,10
Penambahan 1 pekerja	166	7	5.087.491.080,01	-4.692.252,01	0,092	4,046	-Rp670.321,72
Penambahan 2 pekerja	166	7	5.090.944.397,65	-1.238.934,37	0,024	4,046	-Rp176.990,62
Penambahan 1 pekerja dan 1 jam lembur	165	8	5.098.120.240,35	5.936.908,33	-0,117	4,624	Rp742.113,54

Sumber: Hasil pengolahan data, 2026.

Penambahan satu jam lembur mengurangi durasi proyek dari 173 hari menjadi 167 hari. Biaya langsung meningkat karena terdapat tambahan upah lembur, sedangkan biaya tidak langsung menurun karena durasi proyek menjadi lebih singkat. Namun, penurunan biaya tidak langsung belum mampu menutup kenaikan biaya langsung sehingga total biaya bertambah sebesar Rp4.450.620,87. Nilai CER sebesar Rp741.770,15 per hari menunjukkan bahwa setiap satu hari percepatan membutuhkan tambahan biaya dengan nilai tersebut.

Penambahan dua jam lembur menghasilkan percepatan terbesar, yaitu sembilan hari, sehingga proyek dapat diselesaikan dalam 164 hari. Meskipun memberikan efisiensi waktu tertinggi sebesar 5,202 persen, alternatif ini menghasilkan total biaya paling besar, yaitu Rp5.125.824.774,94. Dibandingkan kondisi normal, biaya meningkat sebesar Rp33.641.442,92 dengan CER sebesar Rp3.737.938,10 per hari. Hasil ini

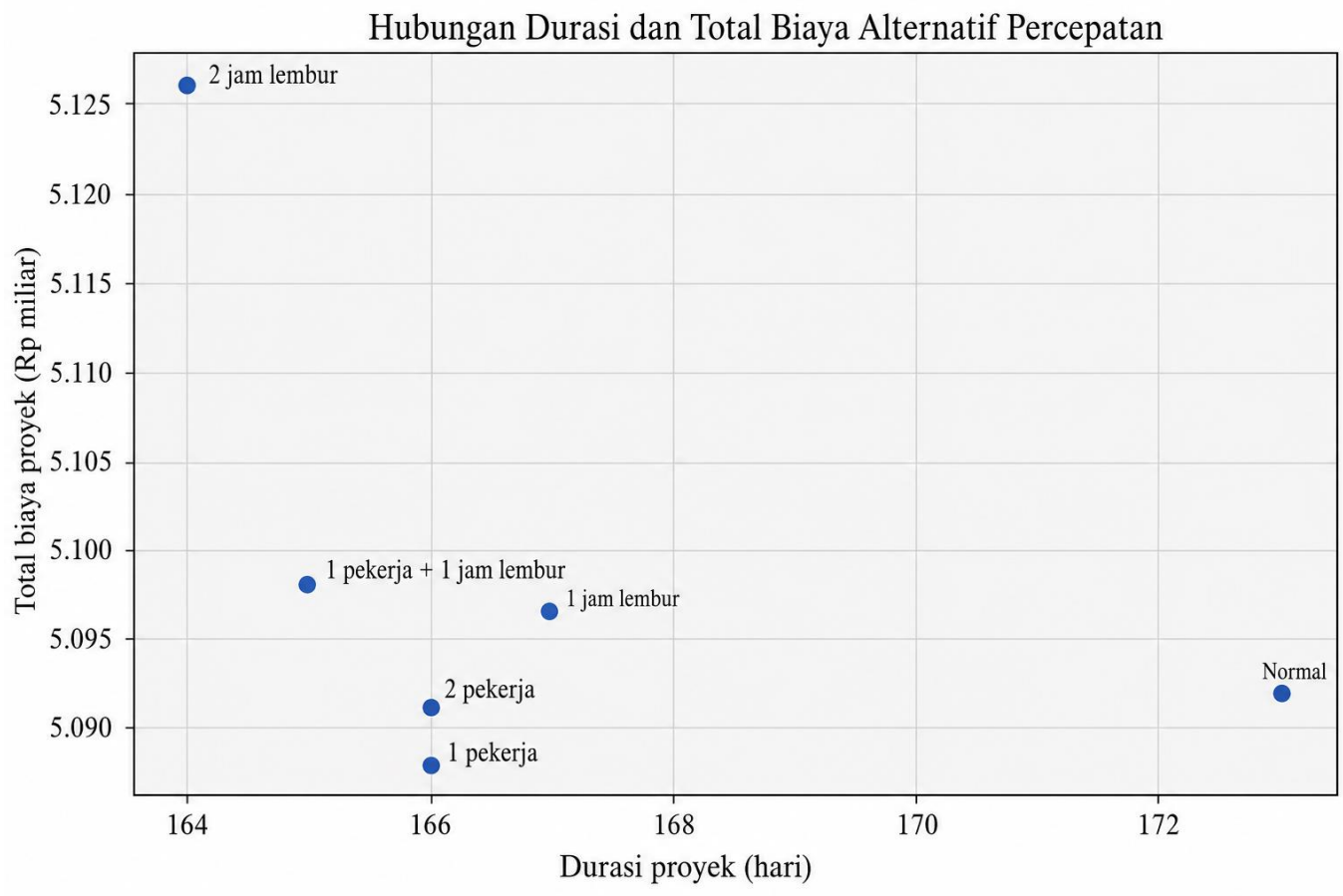
menunjukkan bahwa penambahan durasi lembur tidak menghasilkan peningkatan produktivitas yang sebanding dengan biaya tambahan yang dikeluarkan.

Pola tersebut mendukung hasil penelitian Kisworo et al. (2017), yang menunjukkan bahwa lembur mampu memberikan pengurangan durasi lebih besar, tetapi membutuhkan tambahan biaya lebih tinggi. Namun, hasil penelitian ini berbeda dari Khairunnisa et al. (2020) dan Maharani et al. (2024) yang menetapkan penambahan tiga jam lembur sebagai alternatif paling optimal. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa alternatif terbaik tidak dapat digeneralisasi untuk seluruh proyek karena dipengaruhi oleh struktur upah, produktivitas tenaga kerja, komposisi aktivitas kritis, biaya tidak langsung, dan ruang kerja yang tersedia.

Penambahan satu pekerja mengurangi durasi proyek menjadi 166 hari atau lebih cepat tujuh hari. Biaya langsung bertambah sebesar Rp1.205.093,34, tetapi pengurangan durasi menurunkan biaya tidak langsung sebesar Rp5.897.345,35. Kondisi tersebut menghasilkan penghematan total sebesar Rp4.692.252,01. Efisiensi biaya mencapai 0,092 persen dan efisiensi waktu mencapai 4,046 persen. Nilai CER negatif sebesar Rp670.321,72 per hari menunjukkan bahwa setiap hari percepatan disertai penghematan biaya, bukan penambahan biaya.

Penambahan dua pekerja menghasilkan durasi yang sama dengan penambahan satu pekerja, yaitu 166 hari. Namun, total penghematan hanya sebesar Rp1.238.934,37. Penambahan pekerja kedua tidak memberikan tambahan pengurangan durasi karena percepatan aktivitas tertentu menyebabkan munculnya lintasan kritis baru atau karena kapasitas area kerja tidak memungkinkan peningkatan produktivitas secara proporsional. Oleh sebab itu, penambahan sumber daya melebihi kebutuhan tidak selalu menghasilkan percepatan yang lebih besar.

Kombinasi penambahan satu pekerja dan satu jam lembur menghasilkan durasi 165 hari atau lebih cepat delapan hari. Akan tetapi, total biaya meningkat sebesar Rp5.936.908,33. Meskipun percepatannya lebih besar daripada penambahan satu pekerja, efisiensi biaya menjadi negatif karena penurunan biaya tidak langsung belum mampu mengimbangi biaya tenaga kerja tambahan dan lembur.



Gambar 2. Hubungan durasi dan total biaya pada alternatif percepatan

Gambar 2 menunjukkan bahwa alternatif dengan durasi paling singkat tidak selalu memiliki total biaya terendah. Penambahan dua jam lembur menempati posisi dengan durasi tercepat, tetapi biaya tertinggi. Sebaliknya, penambahan satu pekerja menghasilkan titik biaya paling rendah dengan durasi yang masih lebih singkat tujuh hari dibandingkan kondisi normal. Hubungan tersebut memperlihatkan adanya pertukaran antara waktu dan biaya yang menjadi dasar metode *Time Cost Trade Off*.

Tinjauan Lean Construction

Hasil EVA menunjukkan bahwa nilai SPI pada minggu ke-7 dan minggu ke-13 berada di bawah satu. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya pemborosan waktu yang dapat dikategorikan sebagai *waiting*, yaitu waktu tunggu akibat ketidakseimbangan urutan pekerjaan, keterlambatan penyediaan sumber daya, atau aliran aktivitas yang belum optimal. Dalam konsep *lean construction*, pemborosan tidak hanya berkaitan dengan material yang terbuang, tetapi juga mencakup waktu menganggur, gerakan tidak produktif, pekerjaan ulang, penggunaan tenaga kerja yang tidak seimbang, dan proses yang tidak memberikan nilai tambah (Koskela et al., 2002; Gayakwad & Attarde, 2022).

Penilaian terhadap alternatif percepatan dari aspek *waste*, *flow*, dan efisiensi sumber daya dirangkum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Tinjauan alternatif berdasarkan prinsip *lean construction*

Alternatif	Tinjauan *waste*	Tinjauan *flow*	Efisiensi sumber daya	Penilaian
Penambahan 1 jam lembur	Menambah biaya proyek	Aliran pekerjaan lebih cepat	Percepatan moderat dengan biaya tambahan	Belum optimal
Penambahan 2 jam lembur	Menghasilkan pemborosan biaya terbesar	Memberikan percepatan terbesar	Produktivitas tambahan tidak sebanding dengan biaya	Kurang efisien
Penambahan 1 pekerja	Mengurangi total biaya	Aliran pekerjaan lebih lancar	Tambahan sumber daya sesuai kebutuhan	Paling optimal
Penambahan 2 pekerja	Tetap menghasilkan penghematan	Durasi sama dengan penambahan 1 pekerja	Terdapat sumber daya tambahan tanpa percepatan lanjutan	Cukup efisien
Penambahan 1 pekerja dan 1 jam lembur	Menambah total biaya	Aliran pekerjaan semakin cepat	Percepatan lebih besar, tetapi membutuhkan biaya tambahan	Belum optimal

Sumber: Hasil analisis, 2026.

Penambahan dua jam lembur mampu memperbaiki *flow* karena menghasilkan durasi terpendek, tetapi berpotensi menciptakan pemborosan baru berupa kenaikan biaya, penurunan produktivitas akibat kelelahan, serta risiko kesalahan pekerjaan. Penambahan sumber daya yang berlebihan juga tidak sejalan dengan prinsip *pull system* karena sumber daya seharusnya disediakan sesuai kebutuhan aktual pekerjaan, bukan semata-mata untuk meningkatkan jumlah tenaga kerja.

Alternatif penambahan satu pekerja menunjukkan keseimbangan terbaik antara pengurangan durasi, penurunan biaya, dan peningkatan kelancaran pekerjaan. Tambahan satu pekerja mampu mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan produktivitas aktivitas kritis tanpa menimbulkan kepadatan tenaga kerja yang berlebihan. Kondisi tersebut sejalan dengan prinsip *flow*, *minimization of waste*, dan pemanfaatan sumber daya berdasarkan kebutuhan aktual sebagaimana dikemukakan Setiono et al. (2023).

Berdasarkan seluruh hasil analisis, penambahan satu pekerja ditetapkan sebagai alternatif percepatan paling optimal. Alternatif tersebut mengurangi durasi proyek selama tujuh hari, menurunkan total biaya sebesar Rp4.692.252,01, menghasilkan efisiensi biaya sebesar 0,092 persen, efisiensi waktu sebesar 4,046 persen, dan CER sebesar -Rp670.321,72 per hari. Hasil ini membuktikan bahwa alternatif percepatan yang paling cepat belum tentu menjadi pilihan terbaik. Keputusan percepatan perlu mempertimbangkan keseimbangan antara durasi, biaya, produktivitas, dan potensi pemborosan yang ditimbulkan.

Temuan penelitian mendukung dugaan bahwa proyek mengalami keterlambatan berdasarkan analisis EVA, bahwa penerapan TCTO mampu memperpendek durasi dibandingkan kondisi normal, serta bahwa terdapat alternatif percepatan paling optimal. Integrasi EVA, TCTO, dan *lean construction* memberikan dasar

pengambilan keputusan yang lebih menyeluruh karena tidak hanya menilai pencapaian waktu dan biaya, tetapi juga mempertimbangkan kelancaran proses serta efisiensi penggunaan sumber daya.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan *Earned Value Analysis* (EVA) menunjukkan bahwa Proyek Pembangunan Gedung PDAM Kabupaten Klaten mengalami keterlambatan, yang ditunjukkan oleh nilai *Schedule Performance Index* (SPI) sebesar 0,86 pada minggu ke-7 dan 0,96 pada minggu ke-13, sedangkan nilai *Cost Performance Index* (CPI) sebesar 1,00 menunjukkan bahwa biaya pelaksanaan masih sesuai dengan rencana. Analisis percepatan menggunakan metode *Time Cost Trade Off* (TCTO) melalui alternatif penambahan jam kerja, tenaga kerja, serta kombinasi keduanya menunjukkan bahwa penambahan satu pekerja merupakan alternatif paling optimal. Alternatif tersebut mampu mengurangi durasi proyek dari 173 hari menjadi 166 hari atau mempercepat penyelesaian selama tujuh hari, dengan efisiensi biaya sebesar 0,092 persen dan efisiensi waktu sebesar 4,046 persen. Berdasarkan perspektif *lean construction*, penambahan satu pekerja juga dinilai paling efektif karena dapat memperlancar aliran pekerjaan, mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, serta meminimalkan potensi *waste* tanpa menimbulkan peningkatan biaya yang lebih besar dibandingkan alternatif percepatan lainnya. Dengan demikian, pengintegrasian EVA, TCTO, dan *lean construction* dapat memberikan dasar pengambilan keputusan yang lebih komprehensif dalam menentukan strategi pengendalian dan percepatan proyek berdasarkan keseimbangan antara waktu, biaya, dan efisiensi pelaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

Ardika, O. P. C., Sugiyarto, S., & Handayani, F. S. (2014). Analisis *time cost trade off* dengan penambahan jam kerja pada proyek konstruksi: Studi kasus Proyek Pembangunan Jalan Tol Bogor Ring Road Seksi II A. *Matriks Teknik Sipil, 2*(3), 273–280.

Ariana, I. K. A., & Lestari, D. A. (2023). Analisis kinerja proyek optimalisasi SPAM Gatak Kabupaten Sukoharjo dengan metode *earned value*. *Journal of Integrated System, 6*(1), 87–102. https://doi.org/10.28932/jis.v6i1.6521

Asa, M. F., & Izzathamma, A. R. (2024). Penerapan metode *earned value* dalam analisis kinerja biaya dan waktu pada proyek konstruksi Sports Center SMK Bhakti Kartini Kecamatan Rawalumbu, Kota Bekasi. *TheJournalish: Social and Government, 5*(3), 320–332. https://doi.org/10.55314/tsg.v5i3.810

Febrianti, P. P., & Alfandi, B. (2023). Analisis biaya dan waktu menggunakan metode EVM (*Earned Value Management*): Studi kasus pada pekerjaan *bore pile*, *pile cap*, dan *tie beam* di Proyek Pembangunan Kantor UPT Crew KA Stasiun Depok Lama. *Structure Teknik Sipil, 5*(2), 79–83.

Gayakwad, P. R., & Attarde, P. M. (2022). Lean construction. *International Journal of Research in Engineering, Science and Management, 5*(5), 270–274.

Khairunnisa, N., Widayati, R., & Jamal, M. (2020). Analisis pengendalian biaya dan waktu terhadap proyek konstruksi dengan metode *earned value*: Studi kasus Proyek Perumahan Penajam Paser Utara. *Teknologi Sipil: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, 4*(1), 9–19. https://doi.org/10.30872/jipts.v4i1.4925

Kisworo, R. W., Handayani, F. S., & Sunarmasto, S. (2017). Analisis percepatan proyek menggunakan metode *time cost trade off* dengan penambahan jam kerja lembur dan jumlah alat. *Matriks Teknik Sipil, 5*(3), 766–776.

Koskela, L., Howell, G., Ballard, G., & Tommelein, I. (2002). The foundations of lean construction. In R. Best & G. de Valence (Eds.), *Design and construction: Building in value* (pp. 211–226). Butterworth-Heinemann. https://doi.org/10.4324/9780080491080-16

Maharani, D. P., Setyawan, A., & Setiono, S. (2024). Time and cost optimization analysis of reservoir building work in Wosusokas Regional SPAM Project using time cost trade off method. *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal, 1*(4), 1–12. https://doi.org/10.47134/scbmej.v1i4.3134

Nugraha, N. E., Handayani, F. S., & Setiono, S. (2024). Analisis *earned value* terhadap biaya dan waktu Gedung Direktorat Politeknik PU Semarang dengan Primavera P6. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil, 8*(1), 9–17. https://doi.org/10.20961/jrrs.v8i1.85304

Permana, A. P., Setiono, S., & Rifai, M. (2022). Penerapan analisis konsep nilai hasil pada proyek

pembangunan Gedung Dinas Perhubungan Surakarta dengan menggunakan aplikasi Primavera P6. *Matriks Teknik Sipil, 10*(2), 182–187. https://doi.org/10.20961/mateksi.v10i2.63024

Permatasari, C. K., Arfianto, N., Iskandar, M. R., & Kristiyanto, H. (2024). *Triple constraint* sebagai kriteria pemilihan material penutup atap pada jasa pengembang perumahan. *CivETech: Civil Engineering and Technology Journal, 6*(2), 1–9. https://doi.org/10.47200/civetech.v6i2.2495

Prasetya, E. B. (2018). Aplikasi manajemen proyek konstruksi dengan metode *critical path* dan *earned value management*. *RESISTOR (Elektronika Kendali Telekomunikasi Tenaga Listrik Komputer), 1*(2), 53–68. https://doi.org/10.24853/resistor.1.2.53-68

Republik Indonesia. (2003). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 39.

Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2021 tentang Perjanjian Kerja Waktu Tertentu, Alih Daya, Waktu Kerja dan Waktu Istirahat, dan Pemutusan Hubungan Kerja*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2021 Nomor 45.

Setiono, S., Rifai, M., & Wibawa, L. A. (2023). Identifikasi *waste* dalam penerapan *lean construction*: Studi kasus Proyek Pembangunan Tower X, Jakarta Pusat. *Matriks Teknik Sipil, 11*(3), 262–269. https://doi.org/10.20961/mateksi.v11i3.76526

Werdana, S. D., & Priyanto, B. (2023). Analisis percepatan waktu dan biaya proyek konstruksi dengan penambahan jam kerja lembur menggunakan metode *time cost trade off*. *Journal of Comprehensive Science, 2*(7), 1976–1980. https://doi.org/10.59188/jcs.v2i7.423