



Tersedia Secara Online di  
<http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmateks/index>

**JURMATEKS**

<http://dx.doi.org/10.30737/jurmateks>

## Optimalisasi Biaya dan Waktu Proyek Kontruksi Pelebaran Jalan Menggunakan Earned Value

S. T. Wibowo<sup>1\*</sup>, Suwarno<sup>2</sup>, A. Ridwan<sup>3</sup>, H. Wicaksono<sup>4</sup>, F. Rahmawaty<sup>5</sup>

<sup>1\*,2,3</sup>Fakultas Teknik, Universitas Kediri.

Email:<sup>1\*</sup> [sentotriwibowo@gmail.com](mailto:sentotriwibowo@gmail.com)

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Artikel masuk : 06 – 06 – 2021  
Artikel revisi : 27 – 08 – 2021  
Artikel diterima : 03 – 09 – 2021

#### Keywords :

Earned Value, Project Delay,  
Project Management, Road  
Construction

#### Style IEEE dalam mensitasi artikel ini:

[1]

B. Damara and R. Hepiyanto,  
"Optimalisasi Waktu dan Biaya  
Pada Proyek Gedung Pertanahan  
Nasional Kota Blitar Dengan  
Metode Critical Path Method  
(CPM)," *J. Manaj. Teknol. Tek.  
Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 119–133,  
2021, doi:  
10.1016/j.jksues.2019.09.005.

### ABSTRACT

*In a construction project, there are several aspects that cause the project not to go according to plan. Cost and time are aspects that need to be considered to avoid losses incurred in a project. Jombang-ploso-legundi-gresik road project is one of the road widening projects carried out by PT. Mix Pro Indonesia. The project was carried out with the aim that access to (Surabaya-Mojokerto) or further trans Java toll road is quicker safe and smoother. This research aims to optimize the cost and time on the project using the Earned Value method. Calculations include the calculation of ACWP (Actual Cost of Work Performance), BCWS (Budgeted Cost Work Schedule), and BCWP (Budgeted Cost for Work Performed) using the Earned Value method. From these parameters, estimate aspects of cost and time. As well as project analysis of acceleration on a critical trajectory of work. The results of calculations in the 12th week obtained a BCWS value of Rp 1,216,677,846,400 BCWP = Rp 3,040,372,140,080, ACWP = Rp 3,678,560,000. CV value = -Rp 109,203,495.92, SV = Rp 895,646,816.82, CPI = 0.827, and for SPI = 2,499. From these results it can be seen that the CPI value < 1 which means that there are project expenditures that exceed the original plan. With the results, it can be used as a reference in the implementation of project activities.*

## 1. Pendahuluan

Proyek konstruksi jalan merupakan salah satu proyek yang telah berkembang cukup pesat. Jalan menjadi salah satu sarana transportasi yang berpengaruh terhadap kegiatan masyarakat. Pembangunan jalan menunjang perkembangan suatu wilayah serta peningkatan perekonomian. Dengan adanya jalan, mobilitas dalam segala hal menjadi lebih mudah sehingga akan memberikan dorongan ekonomi yang lebih kuat. Meningkatnya jumlah kendaraan serta pengguna jalan, harus diimbangi dengan pemeliharaan jalan seperti perbaikan konstruksi hingga pelebaran jalan. Proyek pelebaran jalan Jombang-Ploso-Legundi-Gresik menjadi salah satu proyek pembangunan jalan yang dikerjakan di ruas Provinsi jatim. Proyek

tersebut dilaksanakan dengan tujuan agar akses menuju (Surabaya-Mojokerto) atau lanjut tol Trans Jawa lebih cepat aman dan lancar.

Mengingat pentingnya proyek jalan tersebut, maka perlu adanya manajemen proyek yang tepat sehingga proyek dapat berjalan tepat sesuai dengan yang direncanakan [1][2][3]. Pengendalian proyek konstruksi secara keseluruhan terbagi dalam perencanaan pengendalian biaya dan waktu[1][2]. Prestasi suatu proyek dinilai berdasarkan kualitas, biaya dan waktu. Waktu dan biaya yang dikeluarkan harus di ukur secara berkelanjutan agar tidak terjadi kesalahan terhadap rencana. Pengelolaan proyek yang buruk dapat di lihat dari adanya kesalahan biaya dan waktu yang tidak kongkret karena itu diperlukan manajemen proyek yang baik agar proyek sesuai dengan yang diharapkan [3][4].

Metode *Earned Value* merupakan suatu instrumen yang bisa digunakan pada pengelolaan suatu proyek konstruksi yang mengatur tentang biaya dan waktu[5][6]. Metode *Earned Value* memaparkan tiga dimensi antara lain, penyelesaian fisik dari proyek, mencerminkan rencana penyerapan biaya, dan biaya aktual yang di keluarkan. Dengan metode *Earned Value* dapat di gabungkan antara kinerja biaya dan waktu. Evaluasi kinerja, biaya dan waktu diperlukan untuk dapat menyelesaikan suatu kegiatan proyek dengan baik[7]. Hasil dari evaluasi kinerja proyek digunakan sebagai peringatan dini bila terdapat inefisiensi kinerja dalam penyelesaian suatu pekerjaan[8][9].

Beberapa penelitian terdahulu telah melakukan analisa mengenai penggunaan Metode *Earned Value sebagai* optimalisasi Biaya Dan Jadwal Proyek, hasil analisa menunjukkan bahwa biaya proyek yang dikeluarkan lebih kecil dari rencana awal proyek yang artinya proyek tersebut mendapatkan keuntungan dari segi biaya [10]. Namun, pada proyek pelebaran jalan Jombang-Ploso-Legundi-Gresik belum terdapat evaluasi yang tepat untuk melakukan pengoptimalan biaya serta waktu. Proyek tersebut dibangun dengan nilai kontrak sebesar Rp.16.530.949.000,00 (Enam Belas Milyar Lima Ratus Tiga Puluh Juta Sembilan Ratus Empat Puluh Sembilan Ribu Rupiah) termasuk PPN 10%, dengan durasi waktu penyelesaian 150 (seratus lima puluh) hari kalender.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk melakukan optimalisasi biaya serta waktu yang terjadi pada proyek pelebaran jalan Jombang-Ploso-Legundi-Gresik. Metode *Earned Value* diterapkan untuk mengetahui penyelesaian fisik dari proyek, pencerminan rencana penyerapan biaya, dan biaya aktual yang di keluarkan. Sehingga dengan diketahuinya komponen tersebut, pelaksana proyek dapat menggunakannya sebagai acuan dalam pelaksanaan proyek.

## 2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Earned Value* yang akan digunakan untuk mengkaji varian biaya dan varian jadwal pada periode waktu selama proses proyek berjalan[11]. Pada penelitian ini digunakan program Microsoft Excel dengan menggunakan metode Konsep Nilai Hasil (*Earned Value Concept*). Data yang digunakan dari laporan mingguan proyek pelebaran jalan jombang-ploso-legundi-gresik, Jawa Timur. Pembangunan pelebaran jalan ini dibangun dengan nilai kontrak sebesar Rp.16.530.949.000,00 (Enam Belas Milyar Lima Ratus Tiga Puluh Juta Sembilan Ratus Empat Puluh Sembilan Ribu Rupiah) termasuk PPN 10%, dengan durasi waktu penyelesaian 150 (seratus lima puluh) hari kalender. Analisa yang dilakukan meliputi *Budgeted Cost Work for Performed (BCWP)*, *Budgeted Cost Work Schedule (BCWS)*, *Actual Cost of Work Performance (ACWP)*, *Cost Varians (CV)*, *Schedule Varians (SV)*, *Cost Performance Index (CPI)*, dan *Schedule Performance Index (SPI)*[12][13].

### 2.1 Konsep *Earned Value*

Dengan perkembangan proyek yang semakin besar, seringkali terjadi keterlambatan penyelesaian proyek dan pembengkakan biaya[14][15][16]. Maka konsep ini dapat di gunakan sebagai alat ukur kinerja yang mengintegrasikan antara aspek anggaran dan aspek waktu[17]. Beberapa konsep untuk mengendalikan biaya antara lain:

#### A. *Budgeted Cost Work for Performed (BCWP)*

*Budgeted Cost Work for Performed (BCWP)* merupakan nilai yang di terima dari penyelesaian pekerjaan selama periode waktu tertentu. *Budgeted Cost Work for Performed (BCWP)* ini juga disebut *Earned Value*. Yang dihitung berdasarkan akumulasi dari pekerjaan[18].

#### B. *Budgeted Cost Work Schedule (BCWS)*

*Budgeted Cost Work Schedule (BCWS)* adalah anggaran biaya yang telah direncanakan berdasarkan jadwal pelaksanaan proyek. Sekaligus mengukur kinerja dari pelaksanaan pada proyek[19][20].

#### C. *Actual Cost of Work Performance (ACWP)*

*Actual Cost of Work Performance (ACWP)* merupakan pengeluaran yang akan di gunakan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam suatu periode tertentu[21].

Ketiga nilai konsep tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Nilai hasil} = (\% \text{ penyelesaian}) \times (\text{anggaran})$$

## 2.2 *Analysis Varians*

Konsep ini menggunakan informasi tentang status terakhir kemajuan proyek pada saat pelaporan dengan menghitung jumlah unit pekerjaan yang telah diselesaikan kemudian di bandingkan dengan perencanaan atau melihat catatan penggunaan sumber daya[22][23].

*Analysis varians* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Cv = BCWP - ACWP$$

$$Sv = BCWP - BCWS$$

Dimana:

$$Cv = \text{Cost Varians}$$

$$Sv = \text{Schedule Varians}$$

## 2.3 Indeks Produktivitas dan Kinerja

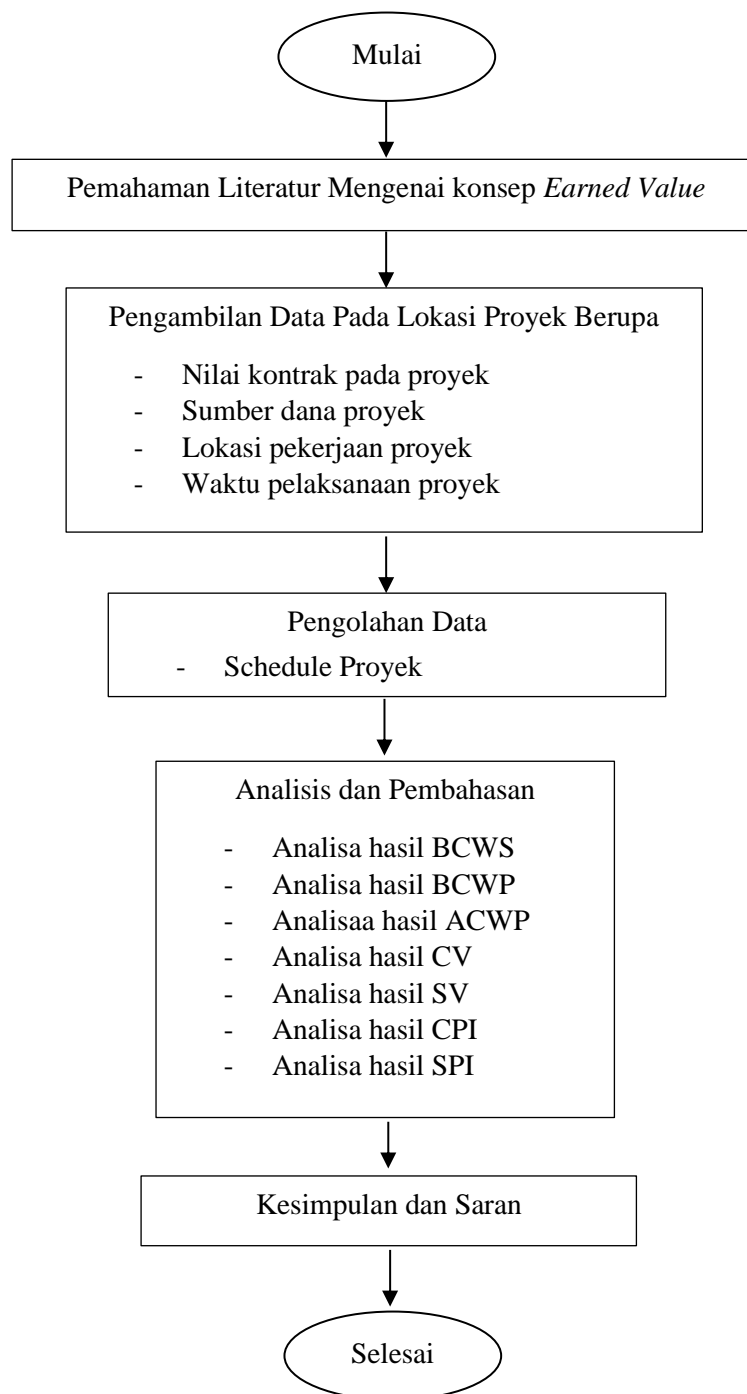
Indeks produktivitas dan kinerja terdiri dari indeks kinerja biaya atau *Cost Performance Index (CPI)*, indeks kinerja jadwal atau *Schedule Performance Index (SPI)*[24][25]. CPI dan SPI dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$CPI = BCWP/ACWP$$

$$SPI = BCWP/BCWS$$

## 2.4 Alur Penelitian

Penelitian dimulai dengan memahami literature mengenai konsep *Earned Value*, kemudian dilakukan pengambilan data pada lokasi proyek berupa nilai kontrak pada proyek, sumber dana proyek, lokasi pekerjaan proyek, dan waktu pelaksanaan proyek, dari data tersebut dilakukan pengolahan data menggunakan metode *Earned Value* untuk menentukan nilai BCWP, BCWS, ACWP, CV, SV, CPI, dan SPI, dari hasil tersebut dilakukan penarikan kesimpulan dan pemberian saran.



Sumber: Data diolah

**Gambar 1.** Alur Penelitian

### 3. Hasil dan Diskusi

Hasil penelitian meliputi hasil analisa *Budgeted Cost Work Schedule* (BCWS), *Budgeted Cost Work for Performed* (BCWP), *Actual Cost of Work Performance* (ACWP), *Cost Varians* (CV), *Schedule Varians* (SV), *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI) dengan uraian sebagai berikut:

### 3.1 Hasil Analisis BCWS, BCWP, ACWP

Perhitungan analisis data BCWS, BCWP, dan ACWP dilakukan pada minggu ke-1 hingga minggu ke-12, berikut ini adalah hasil dari perhitungan tersebut:

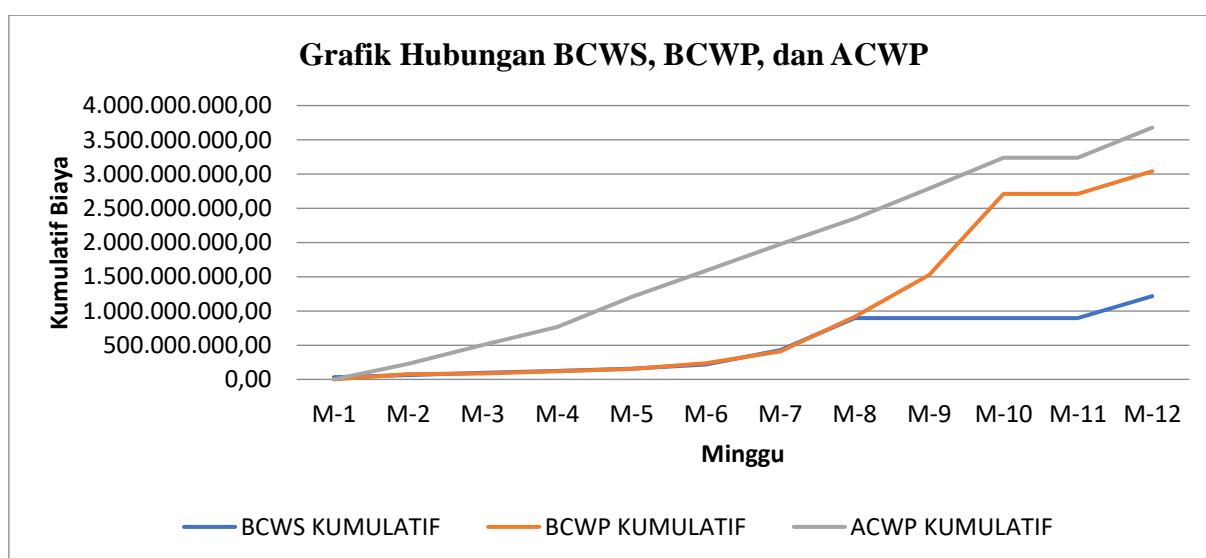
**Tabel 1.** Rekapitulasi Analisis Nilai BCWS, BCWP, dan ACWP

Minggu	Bcws Kumulatif	Bcwp Kumulatif	Acwp Kumulatif
M-1	Rp 32.400.660,040	-	-
M-2	Rp 64.801.320,080	Rp 78.687.317,240	Rp 225.500.000
M-3	Rp 97.201.980,120	Rp 84.307.839,900	Rp 501.200.000
M-4	Rp 126.296.450,360	Rp 117.369.737,900	Rp 766.200.000
M-5	Rp 158.035.872,440	Rp 150.266.326,410	Rp 1.203.700.000
M-6	Rp 217.877.907,820	Rp 235.400.713,760	Rp 1.588.700.000
M-7	Rp 428.978.126,550	Rp 408.975.678,260	Rp 1.973.700.000
M-8	Rp 895.646.816,820	Rp 914.657.408,170	Rp 2.349.500.000
M-9	Rp 895.646.816,820	Rp 1.526.798.449,640	Rp 2.790.000.000
M-10	Rp 895.646.816,820	Rp 2.711.075.636,000	Rp 3.240.060.000
M-11	Rp 895.646.816,820	Rp 2.711.075.636,000	Rp 3.240.060.000
M-12	Rp 1.216.677.846,400	Rp 3.040.372.140,080	Rp 3.678.560.000

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 1.** dapat dilihat bahwa nilai BCWS pada minggu ke-12 sebesar Rp 1.216.677.846,400, BCWP pada minggu ke-12 sebesar Rp 3.040.372.140,080, dan nilai ACWP pada minggu ke-12 sebesar Rp 3.678.560.000. Hal tersebut menunjukkan pekerjaan yang telah dicapai secara fisik terhadap jumlah anggaran yang telah digunakan.

Kemudian dari **Tabel 1.** dapat digambarkan dengan grafik hubungan antara nilai BCWS, BCWP, dan ACWP.



Sumber: Data diolah

**Gambar 2.** Grafik Hubungan BCWS, BCWP, dan ACWP

Dari **Gambar 2.** dapat dilihat bahwa nilai BCWS pada minggu ke-8 hingga minggu ke-12 lebih kecil dibanding nilai BCWP. Sementara untuk nilai ACWP dengan BCWP dari minggu ke-1 hingga minggu ke-12 masih lebih besar nilai ACWP.

### 3.2 Hasil Analisis CV dan SV

Perhitungan *Cost Varians* (CV) dan *Schedule Varians* (SV) dilakukan untuk mengetahui hasil perkiraan biaya yang telah dilakukan. Hasil perhitungan diuraikan sebagai berikut:

**Tabel 2.** Hasil Analisis CV dan SV

Minggu	Cost Varians (CV)	Schedule Varians (SV)
M-1	-	-
M-2	-Rp 146.812.682,76	Rp 32.400.660,04
M-3	- Rp 270.079.477,34	Rp 13.885.997,16
M-4	- Rp 231.938.102,00	- Rp 91.581.457,46
M-5	- Rp 404.603.411,49	- Rp 93.234.552,36
M-6	- Rp 299.865.612,65	- Rp 125.139.283,93
M-7	- Rp 211.425.035,50	- Rp 132.743.520,47
M-8	Rp 129.881.729,91	- Rp 255.403.162,05
M-9	Rp 171.641.041,47	- Rp 389.965.086,91
M-10	Rp 734.217.186,36	- Rp 283.505.775,35
M-11	-	Rp 288.630.369,54
M-12	- Rp 109.203.495,92	Rp 895.646.816,82

*Sumber: Data diolah*

Dari **Tabel 2.** dapat dilihat bahwa nilai CV pada minggu ke-12 sebesar –Rp 109.203.495,92, dan nilai SV pada minggu ke-12 sebesar Rp 895.646.816,82. Pendapatan minus menunjukkan bahwa biaya melebihi dari rencana yang telah dilakukan dan terjadi keterlambatan pekerjaan.

### 3.3 Hasil Analisis CPI dan SPI

Perhitungan *Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI) dilakukan untuk mengetahui apakah waktu dan biaya pekerjaan sudah sesuai dengan rencana atau belum. Hasil perhitungan diuraikan sebagai berikut:

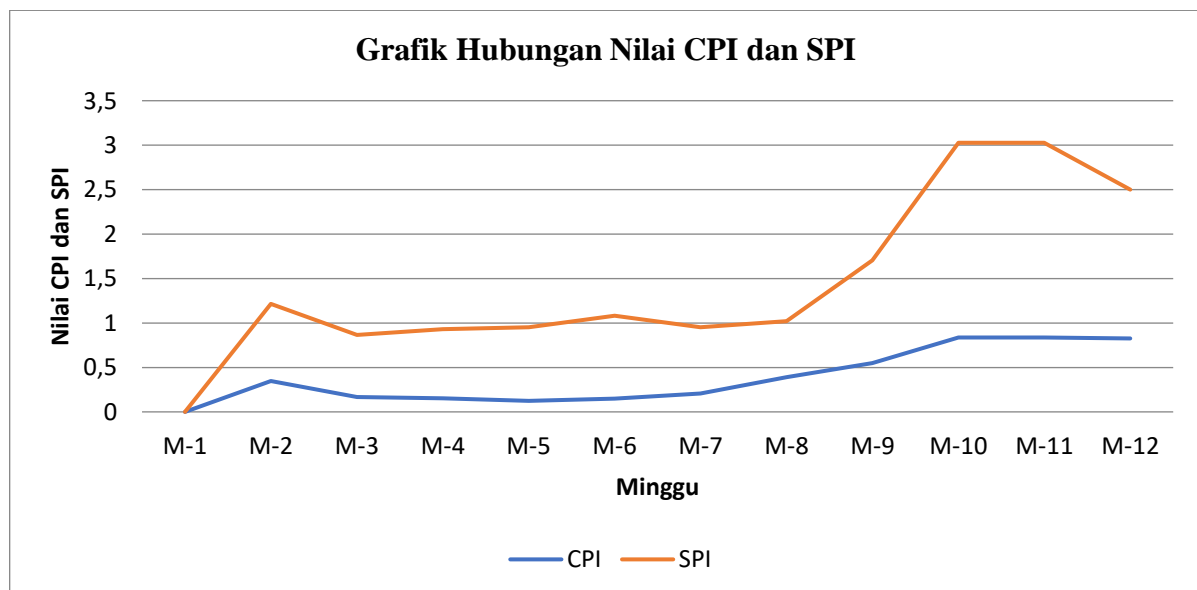
**Tabel 3.** Rekapitulasi Analisis Nilai CPI dan SPI

Minggu	Cost Performance Index (CPI)	Schedule Performance Index (SPI)
M-1	-	-
M-2	0,349	1,214
M-3	0,168	0,867
M-4	0,153	0,929
M-5	0,125	0,951
M-6	0,148	1,080
M-7	0,207	0,953
M-8	0,389	1,021
M-9	0,547	1,705
M-10	0,837	3,027
M-11	0,837	3,027
M-12	0,827	2,499

Sumber: Data diolah

Dari **Tabel 3.** dapat dilihat hasil pada minggu ke-12 CPI = 0,827, dan untuk SPI = 2,499. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa nilai CPI kurang dari 1 yang berarti pengeluaran proyek lebih besar daripada rencana yang telah dilakukan.

Kemudian dari **Tabel 3.** dapat digambarkan menjadi grafik hubungan nilai *Cost Performance Index (CPI)* dan *Schedule Performance Index (SPI)*.



Sumber: Data diolah

**Gambar 3.** Grafik hubungan CPI dan SPI



Dari **Gambar 3.** dapat dilihat bahwa nilai CPI dari minggu ke-1 hingga minggu ke-12 nilainya kurang dari 1. Sedangkan untuk SPI pada minggu ke-8 hingga minggu ke-12 nilainya lebih dari 1. Hal tersebut menunjukkan bahwa pekerjaan pengeluaran biaya lebih besar dari rencana awal.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan, pengambilan data, dan analisis data yang telah dilakukan pada Proyek pelebaran jalan Jombang – Ploso – Legundi – Gresik maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja Proyek pelebaran jalan Jombang – Ploso – Legundi – Gresik yaitu sebagai berikut.
  - a. Nilai hasil analisis BCWS pada minggu ke-12 didapatkan sebesar Rp 1.216.677.846,400.
  - b. Nilai hasil analisis BCWP pada minggu ke-12 didapatkan sebesar Rp 3.040.372.140,080.
  - c. Nilai hasil analisis ACWP pada minggu ke-12 didapatkan sebesar Rp 3.678.560.000.
2. Varian jadwal (SV) pada proyek ini memiliki nilai dengan berbagai kondisi dimana beberapa SV bernilai positif dan beberapa SV bernilai negatif. Hal ini menunjukkan bahwa proyek ini memiliki kinerja yang baik karena lebih banyak SV yang positif, yang artinya pelaksanaan proyek tidak mengalami keterlambatan dari yang direncanakan.
3. Indeks kinerja jadwal (SPI) pada proyek ini memiliki nilai yang beragam. Pada kondisi nilai SPI minggu pertama meningkat dikarenakan proyek memulai pekerjaannya lebih awal sampai dengan minggu ke-8 nilai SPI lebih besar dari satu ( $>1$ ) yang artinya kinerja waktu pada proyek ini baik.
4. Proyek pelebaran jalan dinilai kinerjanya kurang baik, hal ini ditunjukkan dengan terjadinya proyek mengalami keterlambatan dalam pelaksanaannya sehingga pihak pelaksana akan dikenakan denda atas keterlambatan proyek tersebut.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mendukung Universitas Kadiri, khususnya kepada Fakultas Teknik yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian dan penyusunan laporan.

## Daftar pustaka

- [1] B. Damara and R. Hepiyanto, "Optimalisasi Waktu dan Biaya Pada Proyek Gedung Pertanahan Nasional Kota Blitar Dengan Metode Critical Path Method (CPM)," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 4, no. 1, pp. 119–133, 2021, doi: 10.1016/j.jksues.2019.09.005.
- [2] J. Harmawanto, Y. C. S. Poernomo, and S. Winarto, "Analisa Anggaran Biaya Dan Penjadwalan Proyek Perbaikan Tanggul Kali Bakung Desa Cengklok Kecamatan Tarokan Kabupaten Kediri," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 2, pp. 224–235, 2019.
- [3] R. Oza Pubawa, A. Ridwan, and Y. Cahyo, "Perencanaan Struktur Atas Asrama Putri Di Universitas Kediri," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 9–18, 2018, doi: 10.30737/jurmateks.v1i2.376.
- [4] R. S. Putra, A. Ridwan, S. Winarto, and A. I. Candra, "Study Perencanaan Struktur Atas Gedung Guest House 6 Lantai Di Kota Kediri," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, p. 35, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.886.
- [5] E. Wahyuni and B. Hendrawan, "Analisis Kinerja Proyek 'Y' Menggunakan Metode Earned Value MANAGEMENT (Studi Kasus di PT Asian Sealand Engineering)," *J. Appl. Bus. Adm.*, vol. 2, no. 1, pp. 60–78, 2018, doi: 10.30871/jaba.v2i1.784.
- [6] E. B. Prasetya, "Aplikasi Manajemen Proyek Konstruksi dengan Metode Critical Path dan Earned Value Management," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR)*, vol. 1, no. 2, p. 53, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.2.53-68.
- [7] W. R. Putra, A. Ridwan, Y. Cahyo, and A. I. Candra, "Studi Pelaksanaan Kinerja Percepatan Waktu Pada Proyek Pembangunan Gedung Bank Darah Rumah Sakit Dr. Soedomo," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 1, pp. 76–85, 2020, doi: 10.30737/jurmateks.v3i1.892.
- [8] H. Pratikto, "Penelitian Kuat Uji Tekan Beton Dengan Memanfaatkan Limbah Beton Yang Tidak Terpakai," *UKaRsT*, vol. 1, no. 2, p. 21, 2017, doi: 10.30737/ukarst.v1i2.411.
- [9] M. Geumala, R. Supriharjo, P. G. Ariastita, and M. Ali, "Konsep Pengembangan Kota Baru Di Sukodono Sidoarjo," *U KaRsT*, vol. 2, no. 1, pp. 77–87, 2018.
- [10] B. Zakariyya, A. Ridwan, and Suwarno, "Analisis Biaya Dan Jadwal Proyek Pembangunan Gedung Dinas Kesehatan Kabupaten Trenggalek Dengan Metode Earned Value," *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 362–376, 2020, doi:

- 10.1016/j.omega.2005.10.004.Analisis.
- [11] E. Siswanto and A. Gunarto, “Penambahan Fly Ash Dan Serat Serabut Kelapa Sebagai Bahan Pembuatan Beton,” *UKaRsT*, vol. 3, no. 1, pp. 56–65, 2019.
- [12] H. R. Agustapraja and D. Kartikasari, “Studi Evaluasi Pekerjaan Struktur Box Culvert Pada Proyek Pembangunan Jembatan Kucing Ruas Sukodadi – Sumberwudi Kabupaten Lamongan,” *UKaRsT*, vol. 1, no. 1, pp. 50–59, 2017.
- [13] B. Damara, “Cost Performance Analysis And Time Development Construction Project Bridge Chain Karanggeneng Nawacita Cs Using The Earned Value Method,” *UKaRsT*, vol. 4, no. 2, pp. 177–191, 2020.
- [14] A. Badewi, “The impact of project management (PM) and benefits management (BM) practices on project success: Towards developing a project benefits governance framework,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 34, no. 4, pp. 761–778, 2016, doi: 10.1016/j.ijproman.2015.05.005.
- [15] R. Joslin and R. Müller, “Relationships between a project management methodology and project success in different project governance contexts,” *Proj. Manag. Methodol. Gov. Success. Auerbach Publ.*, vol. 33, no. 6, 2019, doi: 10.1016/j.ijproman.2015.03.005.
- [16] H. A. Hornstein, “The integration of project management and organizational change management is now a necessity ☆,” *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 33, no. 2, pp. 291–298, 2015, doi: 10.1016/j.ijproman.2014.08.005.
- [17] B. Kim and M. Asce, “Dynamic Control Thresholds for Consistent Earned Value Analysis and Reliable Early Warning,” *J. Manag. Eng.*, vol. 31, no. 5, 2015, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000309.
- [18] G. Urrea, S. Villa, and P. Gonçalves, “Exploratory analyses of relief and development operations using social networks,” *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 56, pp. 27–39, 2016, doi: 10.1016/j.seps.2016.05.001.
- [19] T. Narbaev, D. Ph, A. De Marco, and D. Ph, “Combination of Growth Model and Earned Schedule to Forecast Project Cost at Completion,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 140, no. 1, 2014, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000783.
- [20] K. C. Wang, W. C. Wang, H. H. Wang, P. Y. Hsu, W. H. Wu, and C. J. Kung, “Applying building information modeling to integrate schedule and cost for establishing construction progress curves,” *Autom. Constr.*, vol. 72, pp. 397–410, 2016, doi: 10.1016/j.autcon.2016.10.005.

- [21] J. Batselier and M. Vanhoucke, "Empirical Evaluation of Earned Value Management Forecasting Accuracy for Time and Cost," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 141, no. 11, pp. 1–13, 2015, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001008.
- [22] F. S. Demachkieh and A. M. Asce, "Administration of Construction Contract Interim Payments Based on Earned-Value Reduction Techniques," *J. Leg. Aff. Disput. Resolut. Eng. Constr.*, vol. 11, no. 4, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000309.
- [23] M. Picornell, E. Pellicer, M. Asce, C. Torres-machí, and M. Sutrisna, "Implementation of Earned Value Management in Unit-Price Payment Contracts," *J. Manag. Eng.*, vol. 33, no. 3, 2017, doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000500.
- [24] Babar, Suqrat, M. J. Thaheem, and B. Ayub, "Estimated Cost at Completion : Integrating Risk into Earned Value Management," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 143, no. 3, 2017, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001245.
- [25] O. P. Sanchez, M. A. Terlizzi, H. Roberto, and D. O. Cesar, "Cost and time project management success factors for information systems development projects," *Int. J. Proj. Manag.*, vol. 35, no. 8, pp. 1608–1626, 2017, doi: 10.1016/j.ijproman.2017.09.007.