

**ANALISIS PROBABILITAS
KETEPATAN BIAYA DAN WAKTU
MENGUNAKAN KONSEP NILAI
HASIL DAN MONTE CARLO
(Studi Kasus: Proyek Pembangunan
Gedung Asrama Putri SIBS)**

Putri Ayu Mentari^{1,*}, Mirnayani²

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Mercu Buana,
41122110081@student.mercubuana.ac.id

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas
Teknik Universitas Mercu Buana,
mirnayani@mercubuana.ac.id

ABSTRAK

Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS mengalami keterlambatan yang signifikan dan perubahan desain, mengakibatkan perubahan biaya serta waktu pelaksanaan proyek. Studi ini bertujuan menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan proyek, mengevaluasi kinerja biaya dan waktu menggunakan metode Earned Value Method (EVM), serta menghitung probabilitas ketepatan biaya dan waktu menggunakan simulasi Monte Carlo. Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung, wawancara dengan pihak terkait, dan analisis dokumen proyek seperti laporan harian, mingguan, bulanan, serta anggaran biaya proyek. Faktor utama penyebab keterlambatan diidentifikasi meliputi cuaca buruk, lokasi proyek yang sulit dijangkau, keterlambatan dalam pengiriman material, dan perubahan desain dari tiga lantai menjadi empat lantai. Hasil analisis menunjukkan bahwa estimasi waktu penyelesaian awal selama 623 hari memiliki probabilitas keakuratan sebesar 2.03%, sementara setelah penerapan metode EVM dengan estimasi 652 hari, probabilitas meningkat secara signifikan menjadi

73.91%. Probabilitas keakuratan biaya tersisa proyek sebesar Rp 1.948.950.796 menggunakan metode EVM adalah 19.61%. Studi ini menegaskan bahwa penggunaan EVM yang dikombinasikan dengan simulasi Monte Carlo dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai prediksi waktu dan biaya, sehingga membantu dalam pengambilan keputusan dan pengendalian proyek secara efektif.

Kata Kunci : Keterlambatan proyek, Earned Value Method, Simulasi Monte Carlo, Proyek Konstruksi.

ABSTRACT

The SIBS Women's Dormitory Building Construction Project faced significant delays and design alterations, causing changes in project costs and timelines. This study aims to identify delay factors, evaluate cost and time performance using the Earned Value Method (EVM), and estimate the probability accuracy of cost and duration using Monte Carlo simulation. Data were collected through direct observations, stakeholder interviews, and document analysis. Main factors causing delays include adverse weather, challenging site accessibility, delayed material deliveries, and a design change from three to four floors. Initial completion estimates of 623 days showed an accuracy probability of 2.03%, while the revised EVM estimate of 652 days significantly improved accuracy to 73.91%. The probability accuracy for remaining costs of Rp1.948.950.796 using EVM was 19.61%. The findings suggest combining EVM with Monte Carlo simulation effectively enhances predictions and management of construction project costs and durations.

Keyword : Project delays, Earned Value Method, Monte Carlo Simulation, Construction Project.

1. PENDAHULUAN

Keterlambatan dalam proyek konstruksi sering kali mengakibatkan dampak negatif berupa pembengkakan biaya dan perpanjangan durasi proyek. Salah satu kasus yang mengalami hal tersebut adalah proyek pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS, yang mengalami keterlambatan signifikan disertai perubahan desain dari tiga menjadi empat lantai, sehingga menyebabkan perubahan anggaran dan jadwal proyek. Identifikasi dini terhadap faktor penyebab keterlambatan dan evaluasi kinerja biaya dan waktu menjadi penting untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan proyek (Ahadian, 2022).

Metode Nilai Hasil (EVM) merupakan pendekatan manajemen proyek yang memberikan informasi kinerja biaya dan jadwal melalui indikator kinerja seperti *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule Performance Index* (SPI). Dengan membandingkan pekerjaan yang direncanakan (*Planned Value*), biaya aktual (*Actual Cost*), serta nilai pekerjaan yang telah diselesaikan (*Earned Value*). EVM membantu manajer proyek dalam menentukan apakah proyek berjalan sesuai dengan perencanaan (Setyabudi & Mirnayani, 2023) (Sofia et al., 2022).

Namun, penggunaan EVM yang bersifat deterministik memiliki keterbatasan dalam menggambarkan ketidakpastian yang melekat dalam proyek konstruksi. Untuk meningkatkan akurasi prediksi, EVM dapat dikombinasikan dengan simulasi *Monte Carlo*, sebuah metode yang menggunakan iterasi statistik untuk memperkirakan kemungkinan hasil berdasarkan distribusi probabilitas (Erviani & Nurcahyo, 2023) (Wijaya & Sulistio, 2019). Simulasi *Monte Carlo* menawarkan pendekatan probabilistik yang mampu memodelkan berbagai skenario risiko dengan melakukan analisis berbasis statistik dan simulasi berulang (Afiq, 2021), (Kendek & Rachmawati, 2024). Integrasi kedua metode ini memungkinkan manajer proyek untuk tidak hanya mengevaluasi

kinerja aktual secara objektif tetapi juga mengantisipasi berbagai kemungkinan risiko yang dapat memengaruhi pencapaian sasaran proyek.

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah kombinasi dari *Earned Value Method* (EVM) untuk evaluasi kinerja biaya dan waktu serta simulasi *Monte Carlo* untuk analisis probabilitas ketepatan biaya dan waktu proyek. Data primer diperoleh melalui observasi lapangan dan wawancara dengan stakeholder, sedangkan data sekunder didapatkan dari laporan proyek.

Pengintegrasian metode EVM dengan simulasi *Monte Carlo* memberikan beberapa manfaat penting. Pertama, kombinasi ini dapat meningkatkan akurasi prediksi penyelesaian proyek konstruksi (Deng & Jian, 2022), meningkatkan identifikasi dan mitigasi risiko proyek melalui pengukuran performa aktual sekaligus simulasi probabilistik terhadap potensi ketidakpastian (Dewaji et al., 2023), (Perdana & Sari, 2022). Kedua, pendekatan ini memungkinkan proyeksi biaya dan waktu proyek yang lebih akurat dan realistis (Mirnayani et al., 2025), mempertimbangkan ketidakpastian serta variasi yang mungkin terjadi selama pelaksanaan proyek (Ahadian, 2022). Ketiga, sinergi kedua metode ini membantu manajer proyek dalam optimalisasi alokasi sumber daya, sehingga proyek dapat berjalan lebih efisien dan terukur (Boy et al., 2021), (Henong, 2022). Dengan demikian, integrasi metode Nilai Hasil (EVM) dan simulasi *Monte Carlo* menjadi sangat penting untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan risiko, mengoptimalkan sumber daya, serta mencapai tujuan proyek secara lebih baik di tengah ketidakpastian yang kompleks.

1.1 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah “(1) Bagaimana kinerja biaya dan waktu Proyek Pembangunan

Gedung Asrama Putri SIBS menggunakan Konsep Nilai Hasil (*Earned Value*), (2) Berapa nilai probabilitas keakuratan kinerja biaya dan waktu proyek menggunakan simulasi *monte carlo*”.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini adalah “(1) Mengetahui kinerja biaya dan waktu Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS menggunakan Konsep Nilai Hasil (*Earned Value*), (2) Mengetahui nilai probabilitas keakuratan kinerja biaya dan waktu proyek menggunakan simulasi *monte carlo*”

1.3 Urgensi Penelitian

Secara teoritis, urgensi penelitian ini secara spesifik dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam bidang manajemen proyek konstruksi, khususnya dalam pengendalian biaya dan waktu menggunakan kombinasi metode EVM dan simulasi *Monte Carlo*. Secara umum, hasil penelitian ini dapat digunakan oleh praktisi konstruksi sebagai acuan dalam perencanaan dan pengendalian proyek, terutama dalam menghadapi tantangan geografis dan perubahan desain yang tidak terduga.

Secara praktis, urgensi penelitian ini adalah memberikan alternatif pendekatan evaluasi kinerja proyek yang lebih komprehensif dan prediktif. Dengan pendekatan ini, pelaku industri konstruksi dapat menekan risiko keterlambatan dan pembengkakan biaya, serta meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan proyek. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat mendorong penerapan manajemen proyek yang berbasis data dan analisis risiko yang terukur.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterlambatan, biaya, dan waktu pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Metode utama yang digunakan

adalah *Earned Value Management* (EVM) untuk mengevaluasi kinerja biaya dan waktu proyek, serta simulasi *Monte Carlo* untuk menghitung probabilitas ketepatan biaya dan waktu pelaksanaan.

Tahapan penelitian yang dilaksanakan yaitu dimulai dengan langkah awal melakukan perumusan latar belakang masalah dan perumusan masalah yang akan dipilih. Tahap kedua melakukan tinjauan pustaka dan tahap ketiga mengambil data primer (*survey, observasi* lapangan, dan wawancara) dan data sekunder (RAB, *Time Schedule*, laporan harian, laporan mingguan, dan laporan bulanan) dari proyek yang diteliti.

Tahap keempat adalah melakukan pengolahan data dari hasil data primer dan sekunder. Pada tahap ini,

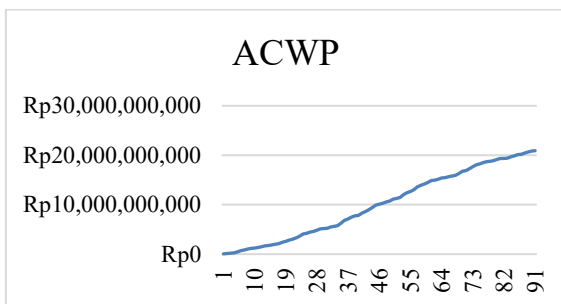
1. Melakukan perhitungan analisis kinerja proyek dengan menggunakan metode Konsep Nilai Hasil, yaitu menghitung Nilai ACWP, BCWP, BCWS, SPI, CPI, SV, CV, CR, ETC, EAC, TCPI, VAC, TE, ETS, dan EAS.
2. Mencari nilai maksimum dari nilai EAC dan EAS, dan
3. Melakukan perhitungan nilai probabilitas menggunakan Simulasi *Monte Carlo* dibantu *software crystal ball*).

Pada tahap kelima dilakukan analisis hasil penelitian dan pembahasan sehingga mengetahui kinerja biaya dan waktu proyek berdasarkan Konsep Nilai Hasil serta nilai probabilitas keakuratan kinerja biaya dan waktu proyek menggunakan simulasi *Monte Carlo*. Tahap keenam melakukan validasi terhadap pakar yang ditunjuk pada saat penelitian, dan tahap ketujuh membuat kesimpulan serta memberikan saran untuk penelitian serupa selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Actual Cost of Work Performed* (ACWP)

Actual Cost of Work Performed (ACWP) merupakan total biaya aktual yang telah dikeluarkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan proyek pada periode waktu tertentu. Biaya ini mencakup biaya langsung (seperti bahan dan upah) maupun biaya tidak langsung (seperti biaya administrasi proyek) yang dilaporkan secara rutin selama pelaksanaan proyek. Nilai RAB proyek sebesar Rp 21,647,914,988. Berikut adalah grafik ACWP untuk Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS berdasarkan 91 minggu pelaksanaan



Gambar 1.
Grafik Nilai ACWP

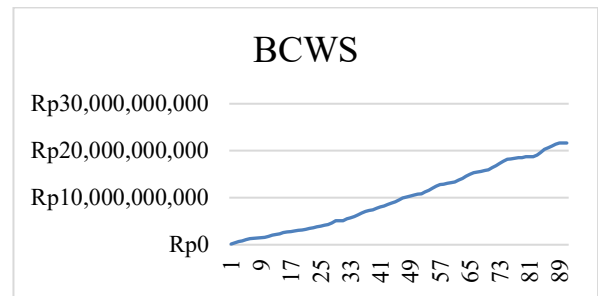
Grafik nilai ACWP pada Gambar 1 menunjukkan tren kenaikan biaya aktual proyek dari minggu ke minggu secara konsisten.

3.2 Budget Cost of Work Schedule (BCWS)

Budget Cost of Work Schedule (BCWS) atau anggaran biaya terjadwal adalah estimasi biaya yang direncanakan untuk menyelesaikan pekerjaan proyek dalam jangka waktu tertentu sesuai jadwal. BCWS mencerminkan rencana awal proyek terkait berapa besar biaya yang seharusnya telah dikeluarkan pada titik waktu tertentu apabila pekerjaan berjalan sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Dalam proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS, nilai BCWS dihitung berdasarkan persentase bobot rencana setiap minggu dikalikan dengan total anggaran (RAB) setelah perubahan desain, yaitu sebesar Rp 21,647,914,988. Perhitungan ini

memberikan dasar evaluasi untuk membandingkan antara progres rencana dengan kenyataan di lapangan. Pada Gambar 2 diberikan grafik perhitungan nilai BCWS dengan persamaan perhitungan BCWS adalah sebagai berikut.

$$BCWS = \%Bobot\ Rencana \times Anggaran \quad (1)$$

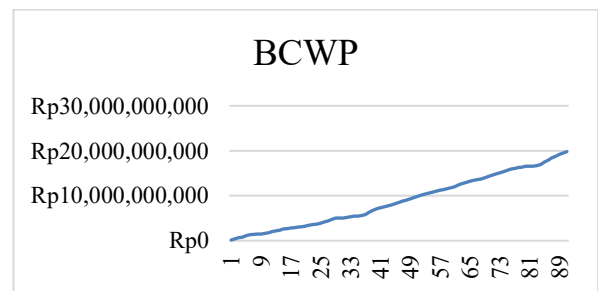


Gambar 2.
Grafik Nilai BCWS

3.3 Budget Cost of Work Performed (BCWP)

Budget Cost of Work Performed (BCWP), atau nilai hasil pekerjaan berdasarkan anggaran, adalah nilai moneter dari pekerjaan yang benar-benar telah diselesaikan sampai titik waktu tertentu, dihitung berdasarkan persentase bobot aktual yang telah dicapai dikalikan dengan total anggaran proyek (RAB).

$$BCWP = \%Bobot\ Aktual \times Anggaran \quad (2)$$



Gambar 3.
Grafik Nilai BCWP

BCWP merupakan salah satu indikator penting dalam metode *Earned Value Management* (EVM) karena menunjukkan sejauh mana proyek telah menghasilkan nilai

sesuai dengan pekerjaan yang direncanakan. Dengan membandingkan BCWP terhadap BCWS (rencana) dan ACWP (biaya aktual), dapat diperoleh pemahaman menyeluruh tentang efisiensi dan performa proyek.

3.4 Grafik Earned Value Method

Grafik *Earned Value Method* (EVM) merupakan alat visual yang digunakan untuk menggambarkan dan membandingkan kinerja biaya dan waktu suatu proyek secara menyeluruh. Grafik 4 merupakan grafik EVM dari Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS berdasarkan 91 minggu pelaksanaan.

Minggu 1–25:

Ketiga garis cukup berdekatan, menunjukkan bahwa pelaksanaan proyek masih sesuai rencana baik dari segi waktu maupun biaya.

Minggu 26–55:

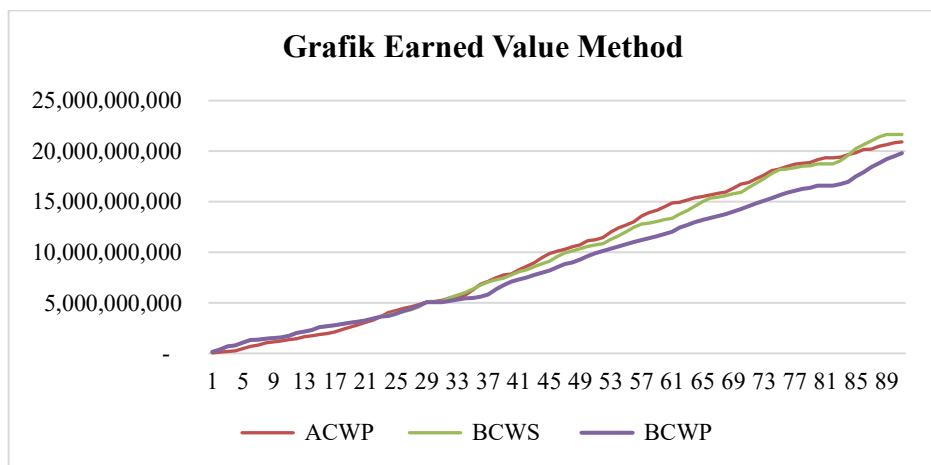
Terjadi deviasi yang mulai signifikan. BCWP mulai berada di bawah BCWS, menandakan bahwa proyek mulai mengalami keterlambatan. ACWP mulai melampaui BCWP, menunjukkan adanya pemborosan biaya.

Minggu 56–80:

Gap antara ACWP dan BCWP semakin melebar. Artinya, nilai pekerjaan yang diselesaikan lebih kecil dibandingkan biaya yang telah dikeluarkan. Ini menunjukkan inefisiensi dalam pengelolaan sumber daya atau ketidaktepatan dalam pengeluaran.

Minggu 81–91:

Terdapat tren perbaikan di mana BCWP mulai mendekati kembali BCWS dan ACWP, meskipun perbedaan tetap signifikan. Hal ini menunjukkan upaya pemulihan (*recovery*) proyek di akhir masa pelaksanaan, tetapi tidak cukup untuk mengejar ketertinggalan sepenuhnya.



Gambar 4. Grafik EVM

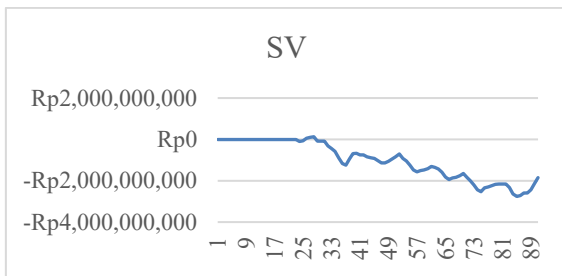
3.5 Analisis Schedule Variance (SV)

Schedule Variance (SV) merupakan indikator yang digunakan dalam metode EVM untuk mengukur penyimpangan waktu pelaksanaan proyek terhadap rencana. SV merupakan nilai selisih yang diperoleh dari hasil pengurangan antara BCWP dan BCWS.

$$SV = BCWP - BCWS \tag{3}$$

Berdasarkan grafik *Schedule Variance* (SV) pada Gambar 5, pada fase awal proyek (minggu ke-1 hingga minggu ke-20) nilai SV relatif stabil dan berada mendekati nol, yang menunjukkan bahwa kemajuan pekerjaan masih sejalan dengan jadwal

rencana. Namun, memasuki periode berikutnya mulai minggu ke-24 dan ke-25, serta berlanjut pada minggu ke-29 hingga minggu ke-91, nilai SV didominasi oleh angka negatif dan menunjukkan kecenderungan penurunan secara kumulatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa nilai hasil pekerjaan (BCWP) tertinggal dari yang direncanakan (BCWS), sehingga terjadi keterlambatan akumulatif dalam pelaksanaan proyek.



Gambar 5. Grafik Nilai SV

Berdasarkan grafik *Schedule Variance* (SV) pada Gambar 5, pada fase awal proyek (minggu ke-1 hingga minggu ke-20) nilai SV relatif stabil dan berada mendekati nol, yang menunjukkan bahwa kemajuan pekerjaan masih sejalan dengan jadwal rencana. Namun, memasuki periode berikutnya mulai minggu ke-24 dan ke-25, serta berlanjut pada minggu ke-29 hingga minggu ke-91, nilai SV didominasi oleh angka negatif dan menunjukkan kecenderungan penurunan secara kumulatif. Kondisi ini mengindikasikan bahwa nilai hasil pekerjaan (BCWP) tertinggal dari yang direncanakan (BCWS), sehingga terjadi keterlambatan akumulatif dalam pelaksanaan proyek.

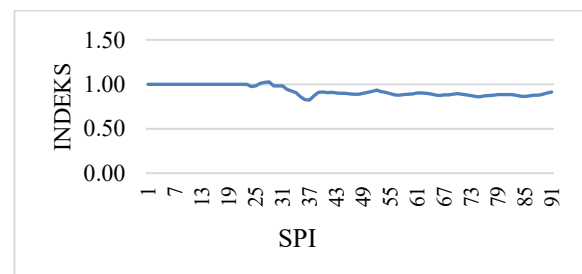
Nilai SV negatif terbesar terjadi pada minggu ke-85 yaitu -Rp2,759,523,901.06 yang menandakan periode dengan deviasi jadwal paling kritis dan perlunya tindakan pengendalian jadwal agar keterlambatan tidak semakin membesar pada minggu-minggu berikutnya. Secara operasional, memburuknya SV pada rentang minggu tersebut selaras dengan hambatan lapangan

yang teridentifikasi, antara lain akses lokasi proyek yang sulit (topografi perbukitan dan jalan berkelok sehingga kendaraan besar sulit masuk), pengelolaan tenaga kerja/mandor yang kurang efektif yang menurunkan produktivitas harian, keterbatasan peralatan yang memicu idle time (proses saling menunggu), serta kurangnya komunikasi, dokumentasi, dan pengendalian lapangan yang meningkatkan risiko miskomunikasi, rework, dan keterlambatan keputusan. Dengan demikian, grafik SV tidak hanya menunjukkan adanya keterlambatan, tetapi juga mengindikasikan bahwa keterlambatan tersebut bersifat kumulatif dan dipengaruhi kombinasi faktor akses-logistik dan manajerial/pengendalian mutu-jadwal, terutama menjelang fase akhir proyek.

3.6 Analisis *Schedule Performance Index* (SPI)

Schedule Performance Index (SPI) adalah indikator kuantitatif dalam metode *Earned Value Management* (EVM) yang digunakan untuk menilai efisiensi pelaksanaan waktu proyek dibandingkan dengan jadwal yang telah direncanakan. SPI dihitung dengan membandingkan nilai pekerjaan yang telah diselesaikan (BCWP) terhadap nilai pekerjaan yang direncanakan (BCWS) pada waktu tertentu.

$$SPI = BCWP/BCWS \quad (4)$$



Gambar 6. Grafik Nilai SPI

Berdasarkan Grafik perhitungan *Schedule Performance Index* (SPI) pada Gambar 6, pada minggu ke-1 hingga minggu

ke-23 nilai SPI tercatat 1,00 yang menunjukkan progres kumulatif masih sesuai baseline jadwal, namun pada minggu ke-24 hingga minggu ke-25 SPI turun menjadi sekitar 0.97–0.98 sehingga mulai terbentuk keterlambatan karena progres aktual tertinggal dari rencana, pada minggu ke-26 hingga minggu ke-28 terjadi pemulihan sementara dengan SPI > 1 (sekitar 1.01–1.03) yang mengindikasikan adanya upaya percepatan / pengejaran progres, tetapi pada minggu ke-29 hingga minggu ke-91 SPI kembali berada di bawah 1 dan relatif stabil pada kisaran ±0.86–0.93 (dengan nilai terendah sekitar minggu ke-36 sampai ke-38 mendekati 0.82), sehingga keterlambatan bersifat akumulatif dan “terbawa” dari minggu ke minggu meskipun tidak ekstrem. Pola ini sejalan dengan hambatan lapangan yang memengaruhi produktivitas dan kelancaran aliran kerja seperti akses lokasi yang sulit (perbukitan dan jalan berkelok yang menyulitkan kendaraan besar), keterbatasan peralatan yang memicu *idle time* (saling menunggu), serta faktor manajerial / koordinasi (pengawasan mandor, komunikasi instruksi / perubahan, dokumentasi, kontrol mutu), ditambah adanya amandemen perubahan desain / penambahan lantai yang menyebabkan penyesuaian bobot / volume sehingga sebagian minggu dapat tampak membaik, namun tren SPI < 1 yang berlanjut menunjukkan upaya pengendalian belum cukup untuk mengembalikan proyek konsisten pada kondisi tepat waktu (SPI = 1).

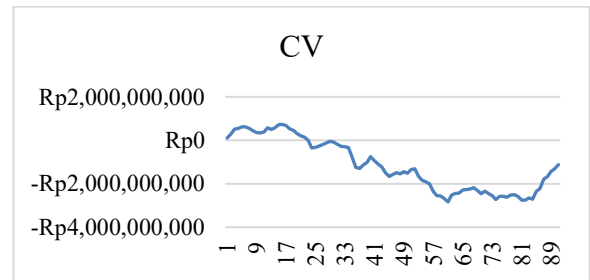
3.7 Analisis Cost Variance (CV)

CV merupakan nilai selisih yang diperoleh dari hasil pengurangan nilai BCWP dengan ACWP

$$CV = BCWP - ACWP \tag{5}$$

Berdasarkan grafik *Cost Variance* (CV), pada fase awal proyek minggu ke-1 sampai minggu ke-23 nilai CV cenderung positif, yang menunjukkan bahwa biaya

aktual (ACWP) lebih kecil daripada nilai hasil pekerjaan (BCWP) sehingga proyek relatif efisien, namun memasuki minggu ke-24 hingga minggu ke-35 CV berubah menjadi negatif, yang mengindikasikan pemborosan biaya karena pengeluaran aktual melebihi nilai pekerjaan yang dihasilkan, yang dipicu oleh penurunan produktivitas tenaga kerja, keterbatasan peralatan yang menimbulkan *idle time*, serta gangguan logistik/akses yang menambah biaya tanpa diikuti progres sepadan, setelah itu CV sempat pulih positif pada minggu ke-36 hingga ke-39 yang menandakan perbaikan efisiensi, tetapi kembali negatif pada minggu ke-40 hingga ke-41 karena adanya pekerjaan tambahan. Pada minggu ke-42 hingga minggu ke-54 CV kembali positif dan stabil menunjukkan biaya kembali terkendali, sebelum mencapai kondisi paling kritis pada minggu ke-55 saat CV mencatat nilai negatif terbesar sekitar -Rp1,912,392,397.- dan setelahnya pada minggu ke-56 sampai minggu ke-91 CV kembali positif sehingga secara kumulatif fase akhir pelaksanaan menunjukkan efisiensi biaya yang lebih baik dibanding nilai pekerjaan yang diperoleh.



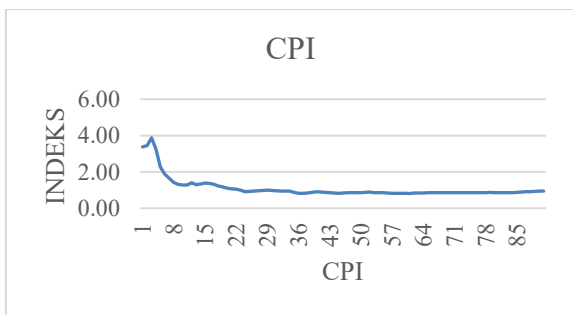
Gambar 7. Grafik Nilai CV

3.8 Analisis Cost Performance Index (CPI)

CPI merupakan faktor efisiensi biaya yang telah dikeluarkan dan diperoleh dari perbandingan antara nilai BCWP dengan ACWP.

$$CPI = \frac{BCWP}{ACWP} \tag{6}$$

Berdasarkan grafik *Cost Performance Index* (CPI) pada gambar 8, pada minggu awal proyek nilai CPI terlihat sangat tinggi yang menunjukkan bahwa pada fase awal nilai hasil pekerjaan (BCWP) jauh lebih besar dibanding biaya aktual (ACWP) sehingga proyek tampak sangat efisien, kondisi ini lazim terjadi karena pengeluaran aktual pada awal proyek belum sepenuhnya tercatat/terrealisasi, sementara progres fisik sudah mulai terbentuk. Namun seiring berjalannya proyek, CPI turun secara cepat dan kemudian berada pada kisaran mendekati 1 hingga < 1 pada sebagian besar periode berikutnya, yang mengindikasikan bahwa efisiensi biaya menurun dan pada banyak minggu proyek mengalami biaya aktual yang lebih besar dibanding nilai pekerjaan yang diperoleh. Nilai CPI yang stabil di bawah 1 pada periode menengah-akhir juga konsisten dengan fase-fase CV negatif yang muncul pada minggu tertentu, sehingga dapat disimpulkan bahwa setelah fase awal yang tampak sangat efisien, proyek menghadapi tantangan pengendalian biaya yang dipengaruhi oleh faktor lapangan seperti produktivitas tenaga kerja, ketersediaan peralatan, logistik/akses, serta koordinasi dan pengawasan, sehingga diperlukan penguatan kontrol biaya agar CPI dapat kembali mendekati 1.



Gambar 8.
Grafik Nilai CPI

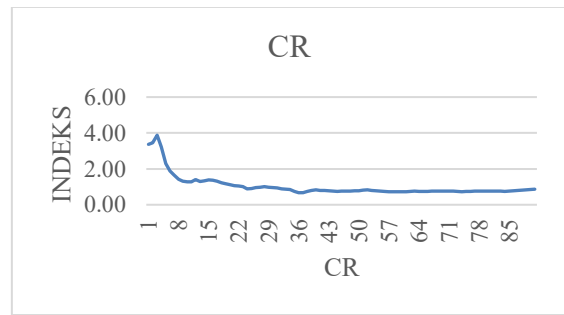
3.9 Analisis Critical Ratio (CR)

CR bertujuan untuk menentukan waktu dimana kegiatan harus mendapatkan

perhatian khusus. Nilai CR diperoleh dengan rumus :

$$CR = SPI \times CPI \tag{7}$$

Berdasarkan grafik, nilai CR pada minggu awal proyek terlihat sangat tinggi—bahkan mendekati indeks 5—menunjukkan bahwa pada fase awal, proyek menghasilkan nilai pekerjaan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan. Namun, kondisi ini hanya bersifat sementara dan biasa terjadi pada fase awal proyek, ketika pekerjaan lapangan dimulai lebih cepat dibandingkan realisasi administrasi pembiayaan.



Gambar 9.
Grafik Nilai CR

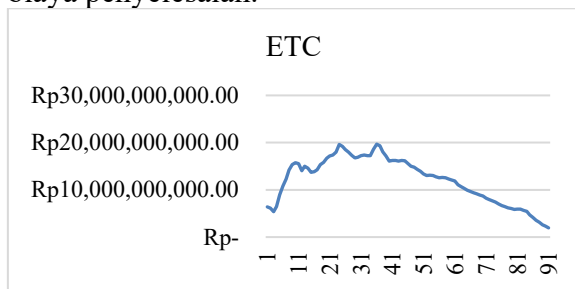
Setelah beberapa minggu berjalan, nilai CR menurun drastis dan stabil mendekati atau di bawah nilai 1 untuk sebagian besar masa pelaksanaan proyek. Ini menunjukkan bahwa setelah fase awal, proyek tidak lagi efisien secara biaya. Rasio di bawah 1 mengindikasikan bahwa biaya yang dikeluarkan lebih besar daripada nilai pekerjaan yang dihasilkan, menandakan adanya pemborosan atau ketidakefisienan dalam pengelolaan anggaran proyek.

3.10 Perhitungan Biaya Tersisa (*Estimate to Complete/ETC*)

Grafik *Estimate to Complete* (ETC) menggambarkan proyeksi biaya yang masih dibutuhkan untuk menyelesaikan seluruh pekerjaan proyek mulai dari titik waktu tertentu hingga penyelesaian. Nilai ETC dapat diperoleh dengan rumus :

$$ETC=(RAB-BCWP)/CPI \quad (8)$$

Berdasarkan grafik, nilai ETC menunjukkan tren yang meningkat tajam pada awal proyek (hingga sekitar minggu ke-20), yang dapat diinterpretasikan sebagai penyesuaian estimasi karena pelaksanaan awal proyek belum menunjukkan pola biaya yang stabil. Nilai puncak ETC mencapai lebih dari Rp 20 miliar, menandakan bahwa pada titik tersebut efisiensi biaya proyek berada pada titik rendah dan sistem memprediksi pembengkakan besar terhadap biaya penyelesaian.



Gambar 10.
Grafik Nilai ETC

Berdasarkan grafik, nilai ETC menunjukkan tren yang meningkat tajam pada awal proyek (hingga sekitar minggu ke-20), yang dapat diinterpretasikan sebagai penyesuaian estimasi karena pelaksanaan awal proyek belum menunjukkan pola biaya yang stabil. Nilai puncak ETC mencapai lebih dari Rp 20 miliar, menandakan bahwa pada titik tersebut efisiensi biaya proyek berada pada titik rendah dan sistem memprediksi pembengkakan besar terhadap biaya penyelesaian.

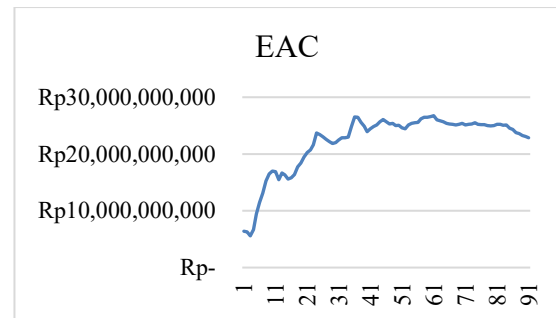
Namun, setelah minggu ke-40, nilai ETC mulai menurun secara progresif dan stabil, menunjukkan bahwa sebagian besar pekerjaan telah diselesaikan dan estimasi sisa biaya semakin rendah seiring dengan mendekatnya akhir proyek. Penurunan nilai ETC ini juga menunjukkan bahwa proyek mulai menunjukkan pola pengendalian biaya yang lebih baik pada tahap akhir, meskipun

tidak serta-merta menunjukkan efisiensi penuh.

3.11 Perhitungan Total Biaya Akhir Proyek (*Estimate at Complete/EAC*)

EAC bertujuan untuk memprediksi biaya penyelesaian proyek pada waktu yang ditinjau berdasarkan kinerja dilapangan. Nilai EAC didapat dari rumus :

$$EAC = ACWP + ETC \quad (9)$$



Gambar 11.
Grafik Nilai EAC

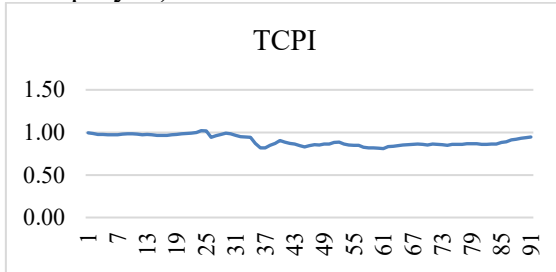
Berdasarkan grafik, nilai EAC pada minggu-minggu awal mengalami peningkatan tajam dari nilai estimasi awal di bawah Rp 10 miliar hingga menembus lebih dari Rp 20 miliar setelah minggu ke-15. Kenaikan ini menandakan bahwa performa biaya aktual (ACWP) pada fase awal proyek menunjukkan efisiensi yang rendah sehingga sistem memperkirakan terjadinya pembengkakan anggaran yang besar jika pola tersebut berlanjut. Secara keseluruhan, grafik EAC ini memberikan gambaran bahwa proyek sempat mengalami potensi pembengkakan biaya yang signifikan, namun berhasil dikendalikan di fase akhir.

3.12 Perhitungan *To Complete Performance Index (TCPI)*

To-Complete Performance Index (TCPI) merupakan indikator untuk mengukur tingkat efisiensi biaya yang diperlukan pada sisa pekerjaan agar proyek dapat diselesaikan sesuai anggaran. TCPI memberikan gambaran mengenai target kinerja biaya ke depan /EAC.

$$TCPI = \frac{BAC - BCWP}{BAC - ACWP} \quad (10)$$

BAC = *Budget at Completion* (anggaran total proyek).



Gambar 12.
Grafik Nilai TCPI

Berdasarkan grafik, nilai TCPI selama 91 minggu pelaksanaan proyek relatif stabil dan berada di sekitar angka 1. Hal ini menunjukkan bahwa secara umum, proyek dapat dilanjutkan dengan efisiensi yang sama seperti yang telah dicapai sebelumnya tanpa perlu peningkatan kinerja biaya yang signifikan.

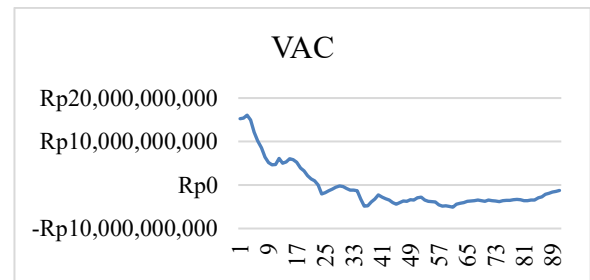
Pada minggu 1–23 TCPI berada di kisaran 0.96–1.00 (kebutuhan efisiensi sisa pekerjaan masih sebanding dengan kinerja biaya yang sudah dicapai), lalu pada minggu 24–25 TCPI mencapai nilai maksimum sekitar 1.02 yang berarti untuk tetap memenuhi batas anggaran (BAC/EAC) proyek harus meningkatkan efisiensi biaya pada sisa pekerjaan. Setelah fase tersebut, TCPI pada periode menengah hingga akhir lebih banyak berada di bawah 1 dan relatif stabil (umumnya sekitar 0.82–0.90), dengan nilai terendah sekitar 0.81 yang terlihat pada pertengahan proyek (sekitar minggu 60–62), menandakan bahwa kebutuhan efisiensi biaya untuk menyelesaikan pekerjaan sisa tidak lebih berat dibanding capaian sebelumnya, pada minggu-minggu ketika $CPI < 1$ dan CV negatif, meskipun TCPI mendekati/di bawah 1, proyek masih berisiko terjadi pemborosan berulang sehingga pengendalian biaya. Sedangkan ketika CPI membaik dan CV positif, $TCPI < 1$ menguatkan bahwa proyek cukup

mempertahankan kinerja biaya yang ada untuk menyelesaikan pekerjaan tanpa tuntutan efisiensi tambahan yang ekstrem.

3.13 Perhitungan *Variance At Completion* (VAC)

VAC merupakan proyeksi selisih antara biaya yang dianggarkan dengan proyeksi biaya aktual

$$VAC = BAC - EAC \quad (11)$$



Gambar 13.
Grafik Nilai VAC

Berdasarkan perhitungan *Variance at Completion* ($VAC = BAC - EAC$), VAC menunjukkan selisih antara anggaran rencana (BAC) dan perkiraan biaya akhir proyek (EAC), sehingga VAC positif menandakan proyeksi selesai di bawah anggaran sedangkan VAC negatif menandakan proyeksi *overbudget*.

Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai VAC mengalami penurunan tajam pada awal proyek—dari angka positif tinggi menjadi nilai mendekati atau bahkan negatif setelah minggu ke-20. Hal ini mencerminkan bahwa pada awalnya proyek diperkirakan dapat diselesaikan dengan surplus anggaran, namun seiring berjalannya waktu, estimasi biaya akhir (EAC) meningkat tajam akibat kinerja biaya yang tidak efisien, sehingga menurunkan nilai VAC secara signifikan.

Selanjutnya, grafik VAC terus bergerak di kisaran nilai negatif antara minggu ke-30 hingga mendekati minggu ke-80, yang menandakan bahwa selama periode tersebut proyek secara konsisten diperkirakan mengalami pembengkakan

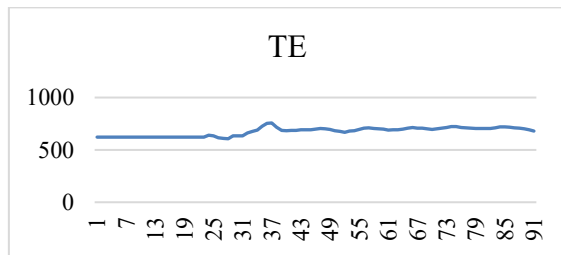
biaya dibandingkan dengan rencana awal. Hal ini sejalan dengan temuan dari indikator lain seperti CPI yang berada di bawah 1 dan CV yang juga bernilai negatif.

Menjelang akhir proyek (sekitar minggu ke-90), grafik menunjukkan sedikit peningkatan nilai VAC meskipun masih berada di bawah nol. Ini menunjukkan adanya perbaikan efisiensi atau pengurangan volume pekerjaan tersisa, namun belum cukup untuk menghilangkan potensi defisit anggaran secara keseluruhan.

3.14 Perhitungan Time Estimate (TE)

Time Estimate merupakan prediksi waktu dalam penyelesaian proyek. TE dapat diperoleh dengan rumus :

$$TE = ATE + (OD - (ATE \times SPI)) / SPI \quad (12)$$



Gambar 14. Grafik Nilai TE

Berdasarkan Gambar 14, nilai TE selama 91 minggu proyek berlangsung tampak bergerak stabil di kisaran angka 600 hingga 700 hari, sedikit di atas durasi rencana awal proyek yaitu 623 hari. Ini menunjukkan bahwa performa jadwal proyek cenderung berada di bawah target, namun tidak menunjukkan penyimpangan ekstrem. Fluktuasi kecil yang tampak di grafik mencerminkan naik-turunnya nilai SPI mingguan, yang menggambarkan efisiensi jadwal dari waktu ke waktu.

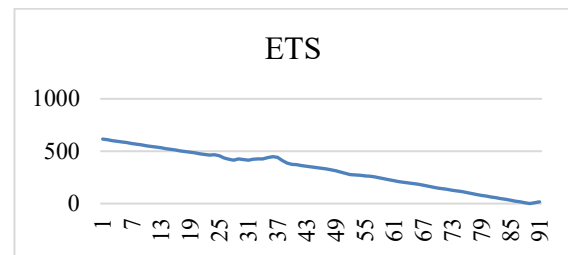
Puncak nilai TE terjadi sekitar minggu ke-35, mendekati 700 hari, menandakan pada titik tersebut efisiensi waktu proyek terendah sehingga estimasi penyelesaian waktu menjadi paling lama. Setelahnya, tren TE mulai menurun perlahan,

mengindikasikan adanya perbaikan efisiensi waktu proyek atau penyusutan volume pekerjaan tersisa.

3.15 Perhitungan Estimate Temporary Schedule (ETS)

ETS merupakan prediksi waktu penyelesaian seluruh pekerjaan proyek sesuai dengan laporan harian dan laporan mingguan. Rumus perhitungan ETS adalah:

$$ETS = (\text{Waktu Sisa}) / SPI \quad (13)$$



Gambar 15. Grafik Nilai ETS

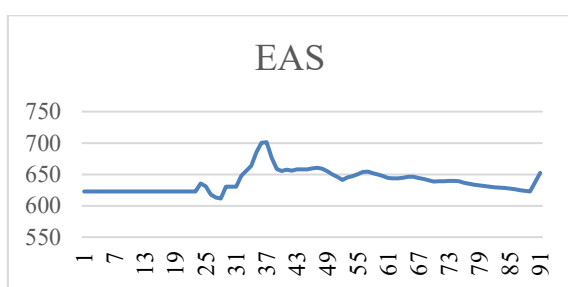
Gambar 15 menunjukkan bahwa ETS berada pada angka sekitar 550 hari di awal pelaksanaan proyek, kemudian secara bertahap mengalami penurunan signifikan hingga mendekati nol menjelang minggu ke-91. Penurunan ini mencerminkan bahwa seiring meningkatnya bobot realisasi pekerjaan, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek secara teoritis semakin pendek. Tren penurunan ETS yang konsisten ini menunjukkan bahwa produktivitas proyek meningkat dan volume pekerjaan yang tersisa semakin sedikit. Secara keseluruhan, nilai ETS yang menurun menuju nol pada akhir proyek menandakan bahwa pekerjaan telah mendekati penyelesaian, dan bahwa sistem pelaporan kemajuan berjalan baik.

3.16 Perhitungan Estimate All Schedule (EAS)

EAS merupakan perkiraan waktu penyelesaian proyek secara total

$$EAS = \text{Waktu selesai} + ETS \quad (14)$$

Pada grafik terlihat bahwa nilai EAS relatif stabil di kisaran 620–670 hari, dengan sedikit fluktuasi pada pertengahan proyek (sekitar minggu ke-30 hingga ke-40), yang menunjukkan adanya penurunan efisiensi pelaksanaan waktu pada periode tersebut. Nilai awal EAS dimulai di sekitar angka 623 hari, yang merupakan durasi rencana proyek, dan sempat naik mendekati 700 hari ketika performa waktu (SPI) menurun. Namun setelah itu, grafik menunjukkan tren stabil dan sedikit menurun, menandakan bahwa pelaksanaan proyek cenderung mulai terkendali secara waktu pada fase akhir.



Gambar 16.
Grafik Nilai EAS

3.17 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan salah satu metode probabilistik yang digunakan untuk memprediksi ketidakpastian terhadap variabel-variabel penting dalam proyek, khususnya waktu dan biaya penyelesaian. Metode ini bekerja dengan menghasilkan ribuan iterasi perhitungan berdasarkan distribusi probabilitas input yang diacak, sehingga menghasilkan berbagai kemungkinan keluaran (*output*) yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang lebih realistis.

Dalam penelitian ini, Simulasi Monte Carlo diterapkan untuk memperkirakan probabilitas keberhasilan proyek dalam mencapai target waktu dan biaya yang telah direncanakan. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Crystal Ball*, di mana data input berupa:

- Nilai estimasi waktu proyek (TE, ETS, EAS),
- Nilai estimasi biaya proyek (EAC, ETC),
- Distribusi probabilitas seperti triangular atau normal distribution.

Dalam simulasi Monte Carlo penelitian ini digunakan distribusi triangular. Pemilihan triangular didasarkan pada karakter data penelitian yang umumnya tersedia dalam bentuk tiga titik estimasi—nilai optimis (a), paling mungkin/most likely (m), dan pesimis (b) yang dapat diturunkan dari dokumen proyek, hasil perhitungan EVM (kinerja aktual mingguan), serta validasi melalui diskusi/wawancara dengan pihak proyek. Pada kondisi ketersediaan data historis yang terbatas, triangular dinilai paling sesuai karena mampu merepresentasikan ketidakpastian berbasis rentang nilai dan nilai paling mungkin dengan parameter yang transparan serta mudah dikomunikasikan kepada praktisi.

Simulasi Monte Carlo Waktu

Simulasi Monte Carlo untuk aspek waktu dalam proyek konstruksi dilakukan untuk memperkirakan kemungkinan durasi penyelesaian proyek berdasarkan ketidakpastian yang ada selama pelaksanaan. Dalam penelitian ini, simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak *Oracle Crystal Ball*, dengan pendekatan distribusi triangular berdasarkan tiga parameter utama durasi, yaitu durasi optimis, durasi paling mungkin, dan durasi pesimis. Distribusi triangular dipilih karena kesederhanaannya dalam merepresentasikan ketidakpastian dengan informasi terbatas namun tetap realistis (Dewaji et al., 2023). Setiap aktivitas yang berdampak signifikan terhadap jadwal dimasukkan ke dalam model simulasi sebagai variabel input acak berdasarkan distribusi ini.

Durasi optimis (*Optimistic Time*) adalah estimasi waktu tercepat yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas apabila semua kondisi berjalan

ideal dan tanpa hambatan. Nilai ini mencerminkan potensi minimum teoretis dari durasi pelaksanaan aktivitas (Sigit, 2019).

Durasi paling mungkin (*Most Likely Time*), merupakan estimasi yang dianggap paling realistis, berdasarkan pengalaman dan pengamatan lapangan. Nilai ini menggambarkan durasi yang paling sering terjadi jika aktivitas dilakukan dalam kondisi normal dan berulang (Moerdiwanto & Zuhdy, 2023). Dalam distribusi triangular, nilai ini menjadi puncak (modus) dari kurva distribusi.

Durasi Pesimis (*Pessimistic Time*) adalah estimasi waktu terpanjang yang mungkin dibutuhkan apabila aktivitas dihadapkan pada berbagai hambatan serius seperti cuaca ekstrem, keterlambatan pasokan material, masalah tenaga kerja, atau gangguan alat berat (Afiq, 2021). Nilai ini berperan sebagai batas atas dari distribusi probabilitas.

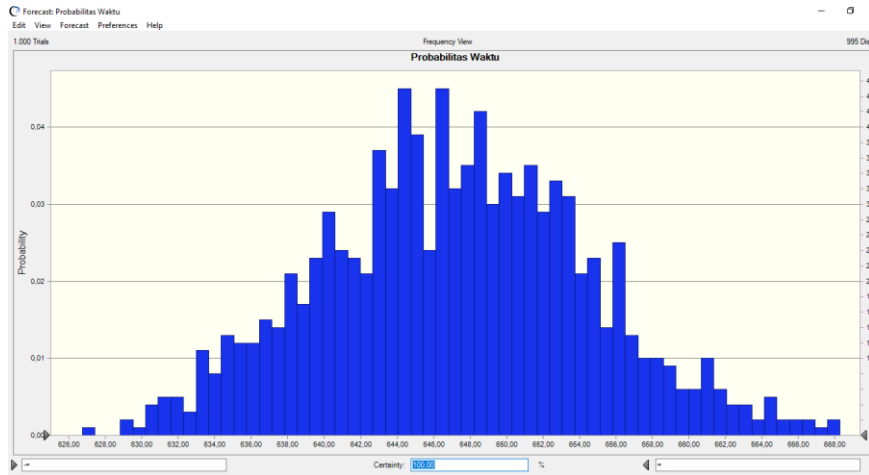
Tabel 1 merupakan durasi pekerjaan dari aktivitas yang diperoleh dari data proyek dan wawancara pakar. Gambar 17 dan Tabel 2 merupakan output hasil simulasi

monte carlo berupa probabilitas distribusi durasi proyek

Berdasarkan hasil perhitungan nilai probabilitas yang didapatkan dari estimasi rencana penyelesaian proyek didapatkan durasi awal proyek selama 623 hari nilai probabilitasnya adalah 2.03% yang berarti kemungkinan proyek selesai tepat waktu sesuai rencana hanya 2.03%, hal tersebut dibuktikan dengan adanya keterlambatan pekerjaan konstruksi di lapangan yaitu sebesar 2.20%. Nilai probabilitas berdasarkan nilai EVM didapatkan durasi penyelesaian proyek adalah 652 hari dan nilai probabilitasnya adalah 73.91% yang berarti berdasarkan *monte carlo* waktu hasil analisa menggunakan EVM mempunyai probabilitas sebesar 73.91%. Sedangkan hasil perhitungan analisa *monte carlo* secara keseluruhan nilai probabilitas selesainya proyek 100% berdasarkan data adalah 673.95 hari atau 674 hari. Selisih antara probabilitas rencana awal dengan total probabilitas yang dihitung yaitu 50.95 hari sebesar 97.97%, sedangkan selisih antara nilai probabilitas antara nilai EAS dengan probabilitas total yaitu 21.95 hari sebesar 26.09%.

Tabel 1.
Durasi Pekerjaan

No	Nama Pekerjaan	Optimis	Paling Mungkin	Pesimis
		Hari	Hari	Hari
1	Persiapan	20	23	30
2	Struktur Bawah (Pondasi)	21	26	34
3	Struktur Lantai Dasar	20	25	30
4	Struktur Lantai 2	37	42	46
5	Struktur Lantai 3	37	42	46
6	Struktur Lantai 4	42	49	57
7	Rumah <i>Power House</i>	18	22	26
8	Arsitektur Lantai 1	40	43	47
9	Arsitektur Lantai 2	40	43	47
10	Arsitektur Lantai 3	40	43	47
11	Arsitektur Lantai 4	40	43	47
12	Arsitektur Lantai Atap	12	16	20
13	Mekanikal Elektrikal	74	78	82
14	Mekanikal Elektronik	74	78	82
15	Mekanikal Plumbing	49	53	57
16	Mekanikal Pemadam	2	3	4
17	Mekanikal Tata Udara	10	16	18



Gambar 17
Grafik Probabilitas Waktu

Tabel 2
Probabilitas Distribusi Durasi Proyek

Persentase	Durasi (Hari)
0%	619.31
2.03%	623
10%	637.46
20%	640.66
30%	643.32
40%	645.07
50%	647.20
60%	648.92
70%	651.21
73.91%	652
80%	653.23
90%	656.38
100%	673.95

Simulasi Monte Carlo Biaya

Perhitungan simulasi Monte Carlo untuk aspek biaya dalam proyek konstruksi dilakukan dengan pendekatan distribusi probabilitas berdasarkan data estimasi biaya dari berbagai sumber yang merepresentasikan rentang ketidakpastian pengeluaran. Dalam penelitian ini, simulasi dijalankan menggunakan perangkat lunak *Oracle Crystal Ball*, dengan input utama berupa tiga titik parameter distribusi

triangular, yaitu RAB minimal, RAB awal, dan RAB maksimal.

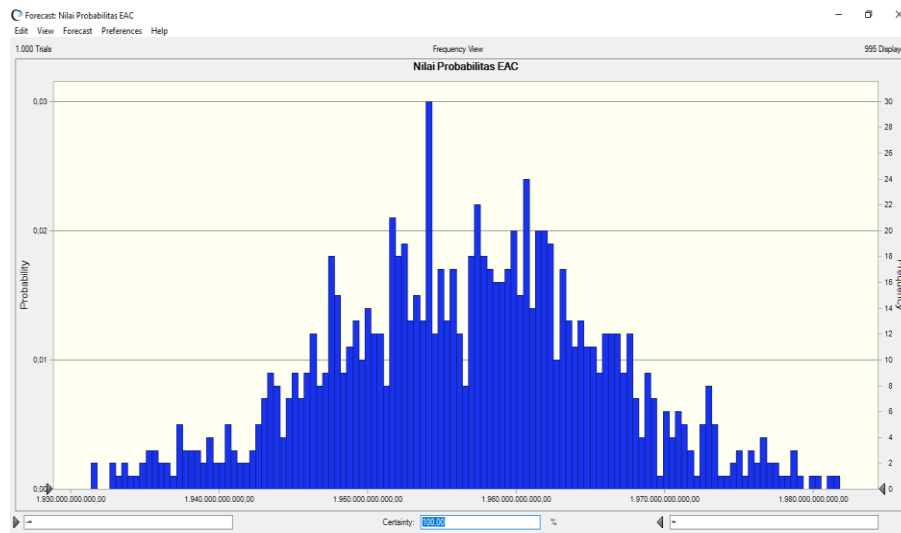
RAB minimal adalah rancangan anggaran biaya terendah yang disusun oleh estimator, yang mencerminkan biaya ideal tanpa memperhitungkan margin keuntungan. Nilai ini menggambarkan kebutuhan dasar pekerjaan tanpa markup dan digunakan untuk menentukan batas efisiensi teknis dari biaya yang dikeluarkan (Sigit, 2019), (Alkas et al., 2023).

RAB awal, sebagai anggaran dasar, adalah estimasi resmi yang dibuat oleh estimator berdasarkan volume pekerjaan dan harga satuan yang berlaku. RAB ini berfungsi sebagai acuan utama dalam perencanaan biaya proyek sebelum proses penawaran atau kontrak dilaksanakan (Sigit, 2019).

RAB maksimal adalah nilai anggaran tertinggi, yang mencakup margin keuntungan dan overhead yang ditambahkan oleh pihak kontraktor dalam penawaran proyek. Nilai ini menunjukkan batas atas biaya aktual yang dapat terjadi, terutama dalam kondisi pemborosan atau ketidakefisienan dalam pelaksanaan proyek (Sigit, 2019).

Tabel 3.
Data Nilai Minimum, Nilai Paling Mungkin, dan Nilai Maksimum Biaya Proyek

EAC= ACWP+ETC					
No	ACWP Kumulatif (Rp)	ETC (Rp)	EAC (Rp)	Min 15% (Rp)	Max 5% (Rp)
1	44,986,568	6,378,450,857	6,423,437,425	5,459,921,811	6,744,609,296
2	113,438,358	6,151,098,506	6,264,536,864	5,324,856,334	6,577,763,707
3	180,691,691	5,404,831,071	5,585,522,762	4,747,694,348	5,864,798,900
4	245,959,758	6,459,832,364	6,705,792,122	5,699,923,304	7,041,081,728
5	474,599,682	8,989,484,577	9,464,084,258	8,044,471,619	9,937,288,471
6	700,020,394	10,772,980,687	11,473,001,080	9,752,050,918	12,046,651,134
7	829,678,144	12,269,581,292	13,099,259,436	11,134,370,521	13,754,222,408
8	1,031,855,032	14,209,734,719	15,241,589,751	12,955,351,288	16,003,669,239
9	1,148,270,332	15,366,753,568	16,515,023,900	14,037,770,315	17,340,775,095
10	1,245,911,553	15,774,233,653	17,020,145,206	14,467,123,425	17,871,152,466
11	1,359,194,553	15,542,883,625	16,902,078,178	14,366,766,451	17,747,182,087
12	1,450,448,053	14,052,097,015	15,502,545,068	13,177,163,308	16,277,672,321
13	1,655,303,886	14,995,664,766	16,650,968,653	14,153,323,355	17,483,517,086
14	1,750,290,086	14,574,308,519	16,324,598,605	13,875,908,814	17,140,828,535
15	1,862,923,683	13,730,156,986	15,593,080,669	13,254,118,569	16,372,734,702



Gambar 18.
Grafik Probabilitas Biaya

Berdasarkan hasil perhitungan nilai probabilitas yang didapatkan dari metode EVM didapatkan nilai sisa proyek sebesar Rp. 1,948,950,756 nilai probabilitasnya adalah 19.61% yang berarti nilai sisa yang dibutuhkan sampai dengan selesainya proyek berdasarkan simulasi monte carlo pada metode EVM sebesar Rp. 1,948,950,796 sedangkan hasil perhitungan analisa monte carlo secara keseluruhan nilai probabilitas selesainya proyek 100%

berdasarkan data adalah Rp 1,985,933,204 sehingga selisih antara nilai sisa biaya EVM dengan data adalah sebesar Rp 36,982,408

Tabel 4 .
Persentase Probabilitas Biaya

Persentase (%)	Durasi (Rp)
0%	1,925,875,779
10%	1,945,569,950
19.61%	1,948,950,796
20%	1,949,088,230
30%	1,951,554,442

Persentase (%)	Durasi (Rp)
40%	1,953,994,535
50%	1,956,218,082
60%	1,958,577,166
70%	1,961,067,770
80%	1,963,972,634
90%	1,968,589,519
100%	1,985,933,204

4. KESIMPULAN

Kinerja pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Asrama Putri SIBS mengalami kemunduran hal tersebut ditunjukkan berdasarkan nilai SV yang didapat pada minggu ke 24, 25, 29 sampai dengan 91 bernilai negatif, dimana nilai SV negatif terbesar terdapat pada minggu ke – 85 sebesar – Rp. 2,759,523,901 dan SV bernilai positif pada minggu ke 1 sampai dengan 23 dan pada minggu ke 26 sampai dengan 28, dimana nilai SV positif terbesar terdapat pada minggu ke – 28 sebesar Rp. 127,454,245. Nilai cost variance yang dihasilkan sama dengan nilai SV yaitu mengalami selisih antara nilai aktual dengan progress aktual yang besar sehingga menyebabkan CV bernilai negatif. CV bernilai negatif dimulai pada minggu ke 24 sampai dengan 91 dimana nilai CV negatif terbesar terdapat pada minggu ke 61 sebesar – Rp. 2,836,514,835 dan CV bernilai positif terjadi pada minggu ke 1 sampai dengan 23, dimana nilai SV positif terbesar terdapat pada minggu ke 16 sebesar Rp. 729,111,802. Hal ini terjadi dikarenakan total aktual biaya yang dikeluarkan dengan setiap minggunya mempunyai selisih yang sangat jauh dari nilai hasil yang didapatkan dari analisis. Hal ini terjadi karena ada beberapa pembelian material diawal sebelum dilakukannya pekerjaan sebagai stok sehingga pengeluaran pada minggu tersebut membengkak. Kinerja waktu yang terjadi pada proyek pembangunan ini adalah proyek mengalami kemunduran dari durasi awal perencanaan proyek dimana rencana proyek selama 623 akan tetapi sampai di hari yang ke 637 proyek masih belum selesai karena progress pekerjaan

secara aktual di lapangan masih didapatkan sebesar 91.48% dan berdasarkan perhitungan nilai sisa (EAS) menggunakan metode EVM didapatkan waktu penyelesaian proyek secara total membutuhkan 15 hari dari hari ke ke 637, sehingga waktu total penyelesaian proyek tersebut selama 652 hari.

Nilai probabilitas keakuratan waktu pelaksanaan proyek berdasarkan estimasi perencanaan proyek selama 623 hari sebesar 2.03%, sedangkan nilai probabilitas keakuratan waktu pelaksanaan proyek berdasarkan nilai EVM selama 652 hari sebesar 73.91% sehingga nilai probabilitas keakuratannya lebih baik dibandingkan dengan waktu perencanaan, karena memiliki selisih nilai antara probabilitas total dengan nilai probabilitas waktu EVM sebesar 26.09%. Nilai probabilitas keakuratan nilai sisa biaya proyek berdasarkan metode EVM sebesar Rp. 1,948,950,796 adalah 19.61%, dan memiliki selisih nilai antara nilai probabilitas total dengan nilai EVM sebesar 80.39%.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Afiq, M. (2021). *Manajemen Risiko Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Mahasiswa Uin Walisongo Tahun 2021*. 3(1).
- Ahadian, E. R. (2022). Penyebab Keterlambatan Pekerjaan Pada Proyek Konstruksi Di Kota Ternate. *Jurnal Sipil Sains*, 12(2).
- Alkas, M. J., Sari, D. P., Haryanto, B., & Ramadanri, N. A. (2023). *Pengendalian Biaya Dan Waktu Proyek Dengan Metode Analisis Nilai Hasil Menggunakan Microsoft Project*. 1(1), 8–15.
- Boy, W., Erlindo, R., & Fitrah, R. A. (2021). Faktor-Faktor Penyebab Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Kuliah Pada Masa Pandemi Covid 19. *Jurnal Rivet*, 1(01), 57–64.

- Deng, J., & Jian, W. (2022). Estimating Construction Project Duration and Costs upon Completion Using Monte Carlo Simulations and Improved Earned Value Management. *Buildings*, 12(12), 2173.
- Dewaji, M. R., Utomo, C., & Supani, S. (2023). Analisis Kinerja Waktu Dan Biaya Proyek Revitalisasi RCC RU VI Balongan Dengan Metode Probabilistic Earned Value. *Jurnal Teknik Its*, 12(1).
- Erviani, R. N. D., & Nurcahyo, C. B. (2023). Analisis Penjadwalan Proyek Pembangunan Gudang Marunda Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Teknik Its*, 12(2).
- Henong, S. B. (2022). Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Penyelesaian Proyek Konstruksi: Tinjauan Literatur Sistematis. *Journal of Sustainable Construction*, 2(1), 23–29.
- Kendek, A. T. M., & Rachmawati, F. (2024). Analisis Penjadwalan Probabilistik (Studi Kasus: Proyek Apartemen Grand Shamaya Tower Aubrey). *Jurnal Teknik Its*, 13(1).
- Mirnayani, M., Vidayanti, D., & Susanti, I. I. (2025). Simulasi Model Risiko Pekerja Perbaikan Tanah Metode Konsolidasi Berbasis Value Engineering. *Jurnal Ilmiah MITSU (Media Informasi Teknik Sipil Universitas Wiraraja)*, 13(1), 105–118.
- Moerdiwanto, M. F., & Zuhdy, A. Y. (2023). Analisa Perhitungan Waktu Dan Biaya Pada Proyek Pembangunan Gedung DPRD Balai Pemuda Surabaya Dengan Metode Earned Value Management. *Jurnal Teknik Its*, 12(1).
- Perdana, M. S. A., & Sari, R. P. (2022). Optimalisasi Waktu Pelaksanaan Proyek Konstruksi Rumah Tinggal Menggunakan Metode CPM (Critical Path Method) Dan PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Jurnal Media Teknik Dan Sistem Industri*, 6(2), 116.
- Setyabudi, P. W., & Mirnayani. (2023). Analisis Kinerja Biaya Dan Waktu Dengan Konsep Earned Value Analysis Pada Masa Pandemi Covid-19 (Studi Kasus Proyek Pabrik Manufacture Automotive di Kawasan Industri Mitra Karawang Timur). *Jurnal Teknik Sipil*, 4(2), 543–550.
- Sigit, A. (2019). Evaluasi Biaya Dan Waktu Pada Proyek Penggantian Jembatan Dengan Menggunakan Metode Konsep Nilai Hasil. *Teknisia*, XXIV(2), 117–125.
- Sofia, D. A., Wildan, M., & Yusdinar, H. (2022). Analisis Kinerja Proyek Pembangunan Gedung Menggunakan Konsep Earned Value. 4(1).
- Wijaya, F. S., & Sulistio, H. (2019). Penerapan Metode Monte Carlo Pada Penjadwalan Proyek Serpong Garden Apartment. *JMTS Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 2(3), 189.



Copyright© by the authors. Licensee Jurnal Ilmiah MITSU, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)

Halaman ini sengaja dikosongkan