JURNAL LOCUS: Penelitian & Pengabdian
Volume 4 No. 9, September 2025
E-ISSN 2829-7334| P-ISSN 2829-5439
Hompage: https://locus.rivierapublishing.id/index.php/jl

Optimasi Peran *System Application and Product* dalam Manajemen Pengendalian Biaya pada Proyek Konstruksi *Design and Build*

Andi Janshar, Sutikno, Aditya Sutantio
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia
Email: andyjanshar@gmail.com, 6032232074@student.its.ac.id, sutikno@statistika.its.ac.id, aditya.wbm@gmail.com

Abstrak

Industri konstruksi merupakan sektor dinamis yang menghadapi tantangan tinggi dalam pengendalian biaya, khususnya pada proyek dengan skema kontrak Design and Build yang kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan peran sistem System Application and Product (SAP/ERP) dalam manajemen pengendalian biaya pada proyek konstruksi dengan pendekatan kontrak tersebut. Studi kasus dilakukan pada proyek pembangunan Research and Technology Center (RTC) Pertamina di Jakarta Barat, dengan fokus pada integrasi modul SAP/ERP seperti Project System (PS), Material Management (MM), dan Financial Accounting (FI). Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan kerangka Lean Six Sigma (LSS) dan metode Earned Value Management (EVM) untuk mengevaluasi kinerja proyek secara objektif. Data dikumpulkan dari sistem SAP/ERP dan dianalisis melalui indikator seperti Cost Performance Index (CPI), Schedule Performance Index (SPI), Waste Index, dan Value-Added Ratio (VAR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan SAP/ERP secara terintegrasi mampu meningkatkan efisiensi pengendalian biaya, meminimalisasi pemborosan sumber daya, dan memberikan visibilitas real-time terhadap performa proyek. Namun, implementasi SAP/ERP juga menghadapi tantangan berupa keterbatasan pemahaman pengguna, resistensi terhadap perubahan, serta kompleksitas integrasi antar-modul. Kontribusi penelitian ini mencakup pengembangan model integrasi SAP/ERP, LSS, dan EVM untuk pengendalian biaya proyek Design and Build, serta memberikan rekomendasi manajerial praktis untuk pelaku industri konstruksi dalam memanfaatkan sistem ERP secara optimal. Penelitian ini diharapkan menjadi acuan strategis dalam peningkatan efisiensi proyek konstruksi berskala besar di Indonesia.
Kata kunci: Design and Build, Earned Value Management, Lean Six Sigma, Pengendalian Biaya, Proyek Konstruksi, SAP/ERP.

Abstract

The construction industry is a dynamic sector facing significant challenges in cost control, particularly in projects with complex Design and Build contract schemes. This research aims to optimize the role of the System Application and Product (SAP/ERP) system in cost control management for construction projects with this contract approach. A case study was conducted on the construction of the Pertamina Research and Technology Center (RTC) in West Jakarta, focusing on the integration of SAP/ERP modules such as Project System (PS), Material Management (MM), and Financial Accounting (FI). This research employs a quantitative approach with the Lean Six Sigma (LSS) framework and the Earned Value Management (EVM) method to objectively evaluate project performance. Data were collected from the SAP/ERP system and analyzed through indicators such as Cost Performance Index (CPI), Schedule Performance Index (SPI), Waste Index, and Value-Added Ratio (VAR). The results show that the integrated use of SAP/ERP can improve the efficiency of cost control, minimize resource waste, and provide real-time visibility into project performance. However, the implementation of SAP/ERP also faces challenges in the form of limited user understanding, resistance to change, and the complexity of integration between modules. The contribution of this research includes the development of an integrated SAP/ERP, LSS, and EVM model for cost control of Design and Build projects, as well as providing practical managerial recommendations for construction industry players in utilizing the ERP system optimally. This research is expected to be a strategic reference in improving the efficiency of large-scale construction projects in Indonesia.
Keywords: *Construction Project, Cost Control, Design and Build, Earned Value Management, Lean Six Sigma, SAP/ERP.*

Corresponding: Andi Janshar
E-mail: andyjanshar@gmail.com

PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan sektor yang sangat dinamis dan berperan penting dalam pembangunan infrastruktur di seluruh dunia. Seiring dengan meningkatnya kompleksitas proyek-proyek konstruksi modern, terdapat kebutuhan yang semakin besar akan pengelolaan proyek yang lebih efisien dan efektif. Salah satu elemen krusial dalam manajemen proyek konstruksi adalah pengendalian biaya. Ketidakmampuan dalam mengelola biaya proyek dengan baik dapat menyebabkan anggaran yang membengkak, keterlambatan penyelesaian proyek, serta menurunkan kualitas hasil akhir (Olawale & Sun, 2010). Hal ini pada gilirannya akan berdampak buruk terhadap kepercayaan para pemangku kepentingan, termasuk klien, kontraktor, dan masyarakat umum. Di tengah meningkatnya ekspektasi terhadap penyelesaian proyek yang tepat waktu dan sesuai anggaran, pemanfaatan teknologi manajemen proyek menjadi solusi yang tak terhindarkan untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012; Kerzner, 2017; PMI, 2021)

Dalam beberapa dekade terakhir, penerapan teknologi informasi dalam manajemen proyek konstruksi telah mengalami perkembangan yang pesat. Salah satu perangkat lunak yang telah terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam pengelolaan proyek adalah SAP/ERP (*Systems, Applications, and Products / Enterprise Resource Planning*). SAP/ERP merupakan sistem manajemen bisnis yang mampu mengintegrasikan berbagai fungsi dalam suatu perusahaan, termasuk manajemen sumber daya, pengendalian biaya, perencanaan material, serta pemantauan kemajuan proyek secara real-time (Roth, 2020; Snabe et al., 2009). Dalam konteks proyek konstruksi, SAP/ERP dapat digunakan untuk membantu memastikan bahwa semua aspek proyek, termasuk pengeluaran sumber daya dan jadwal, dikelola secara efisien dan terintegrasi (Ali & Al-Saqer, 2010).

Namun, penerapan sistem SAP/ERP dalam proyek konstruksi yang kompleks—khususnya yang menggunakan kontrak *Design and Build*—masih menghadapi berbagai tantangan. Kontrak *Design and Build* mengharuskan kontraktor bertanggung jawab atas desain sekaligus pelaksanaan konstruksi, memberikan fleksibilitas lebih dalam pelaksanaan proyek namun juga meningkatkan risiko penyimpangan biaya dan jadwal (Wikipedia, 2025). Dalam konteks ini, ERP sering menjadi rentan terhadap kegagalan implementasi ketika diserang oleh kompleksitas proyek, fragmentasi sistem, dan kebutuhan kustomisasi yang ekstensif sesuai alur kerja konstruksi (Hewavitharana et al., 2025). Risiko teknis seperti integrasi dengan alat konstruksi yang sudah ada juga menjadi hambatan serius (Çınar & Ozorhon, 2018). Proyek *Design and Build* memerlukan perencanaan biaya yang sangat akurat kebutuhan yang semakin menekan ketika ERP gagal menyediakan visibilitas real-time terhadap data anggaran dan jadwal (Cost/Schedule ERP study, 2025). Implementasi ERP dalam sektor konstruksi umum juga dibatasi oleh resistensi perubahan, kurangnya pelatihan, dan migrasi data yang menantang (CMIC Global, 2025). Selain itu, proyek konstruksi sering terpapar risiko kelebihan biaya dan keterlambatan yang dilebihkan oleh kompleksitas dan desain yang berubah-ubah, menuntut kontrol biaya serta pengawasan jadwal yang lebih kuat (Zaneldin, 2024). Oleh karena itu, dalam proyek *Design and Build*, perencanaan yang akurat dan pengendalian biaya ketat melalui ERP yang sesuai khususnya sangat penting untuk menghindari pembengkakan anggaran dan keterlambatan proyek.

Salah satu proyek besar di Indonesia yang menggunakan pendekatan ini adalah pembangunan *Research and Technology Center (RTC) Pertamina* dimana berfokus pada bangunan *Business Center* yang terletak di Jakarta Barat.



Gambar 1. Lokasi proyek RTC Pertamina yang terletak di Jakarta Barat
(Sumber: Google Maps)

Meski demikian, implementasi SAP/ERP pada proyek RTC Pertamina, terutama dalam mengendalikan biaya, masih menghadapi sejumlah tantangan signifikan. Salah satu kendala utama yang sering ditemui adalah kerumitan dalam mengintegrasikan berbagai modul dalam SAP/ERP. SAP/ERP memiliki berbagai modul seperti modul *Project System (PS), Material Management (MM), dan Financial Accounting (FI)*, yang berperan dalam mendukung pengelolaan proyek. Namun, keterbatasan dalam integrasi antar-modul serta kurangnya pemahaman pengguna terhadap kompleksitas sistem sering kali menghambat efektivitas pengendalian biaya (Azim Eirgash et al., 2023; Beste & Klakegg, 2022; Cerezo-Narváez et al., 2020; Li & Li, 2022). Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk menganalisis peran SAP/ERP secara mendalam sehingga dapat digunakan sebagai instrumen pengendalian biaya yang optimal. Penelitian ini difokuskan pada penerapan SAP/ERP dalam proyek konstruksi yang menggunakan jenis kontrak *Design and Build* seperti proyek RTC Pertamina.

Penelitian terkait penggunaan SAP/ERP pada proyek konstruksi dengan jenis kontrak *Design and Build* telah dilakukan oleh beberapa peneliti, namun masih memiliki keterbatasan dalam memberikan jawaban yang komprehensif terhadap tantangan pengendalian biaya. Sebagai contoh, penelitian oleh Azim Erisgas et al. (2023) menyoroti kemampuan SAP/ERP dalam integrasi modul untuk mendukung manajemen proyek, namun fokus utamanya lebih kepada aspek pengelolaan sumber daya manusia dan material tanpa mendalami aspek pengendalian biaya secara khusus dalam kontrak *Design and Build*. Sementara itu, studi oleh Beste dan Klakegg (2022) menunjukkan bahwa implementasi SAP/ERP pada proyek konstruksi mampu meningkatkan efisiensi jadwal dan pelaporan proyek, tetapi tidak membahas secara mendalam tantangan pengendalian biaya dalam proyek dengan kompleksitas tinggi. Selain itu, Cerezo-Narváez et al. (2020) dan Li dan Li (2022) lebih banyak mengkaji penerapan SAP/ERP dalam konteks manajemen risiko proyek, tanpa memberikan perhatian yang cukup terhadap integrasi sistem dalam skema kontrak *Design and Build*. Penelitian-penelitian tersebut belum mampu memberikan solusi optimal terhadap kendala utama dalam pengendalian biaya, khususnya terkait integrasi modul SAP/ERP seperti *Project System (PS)*, *Material Management (MM)*, dan *Financial Accounting (FI)* dalam proyek DB yang kompleks.

Keterbatasan penelitian sebelumnya juga terletak pada kurangnya pembahasan terkait dampak penerapan SAP/ERP terhadap efisiensi biaya dan fleksibilitas dalam proses konstruksi pada proyek berskala besar yang menggunakan pendekatan *Design and Build*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengeksplorasi peran SAP/ERP dalam pengendalian biaya pada proyek konstruksi dengan skema kontrak *Design and Build*, khususnya yang melibatkan integrasi modul *Project System* (PS), *Material Management* (MM), dan *Financial Accounting* (FI), untuk mengatasi tantangan efisiensi biaya dfleksibilitas dalam proses manajemen proyek berskala besar.

Adapun kebaruan penelitian ini terletak pada fokusnya untuk mengevaluasi peran SAP/ERP dalam pengendalian biaya pada proyek konstruksi dengan jenis kontrak *Design and Build*. Penelitian ini tidak hanya mengkaji implementasi SAP/ERP secara umum, tetapi juga mengeksplorasi integrasi antar-modul SAP/ERP secara khusus untuk memastikan efisiensi pengelolaan anggaran pada proyek konstruksi yang kompleks, seperti *Research and Technology Center (RTC) Pertamina*. Selain itu, penelitian ini menawarkan pendekatan analisis *Lean Six Sigma* yang dikombinasikan dengan metode *Earned Value Management* untuk mengidentifikasi solusi optimal dalam mengatasi tantangan pengendalian biaya. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap literatur ilmiah dan praktik industri konstruksi dalam penerapan teknologi manajemen proyek.

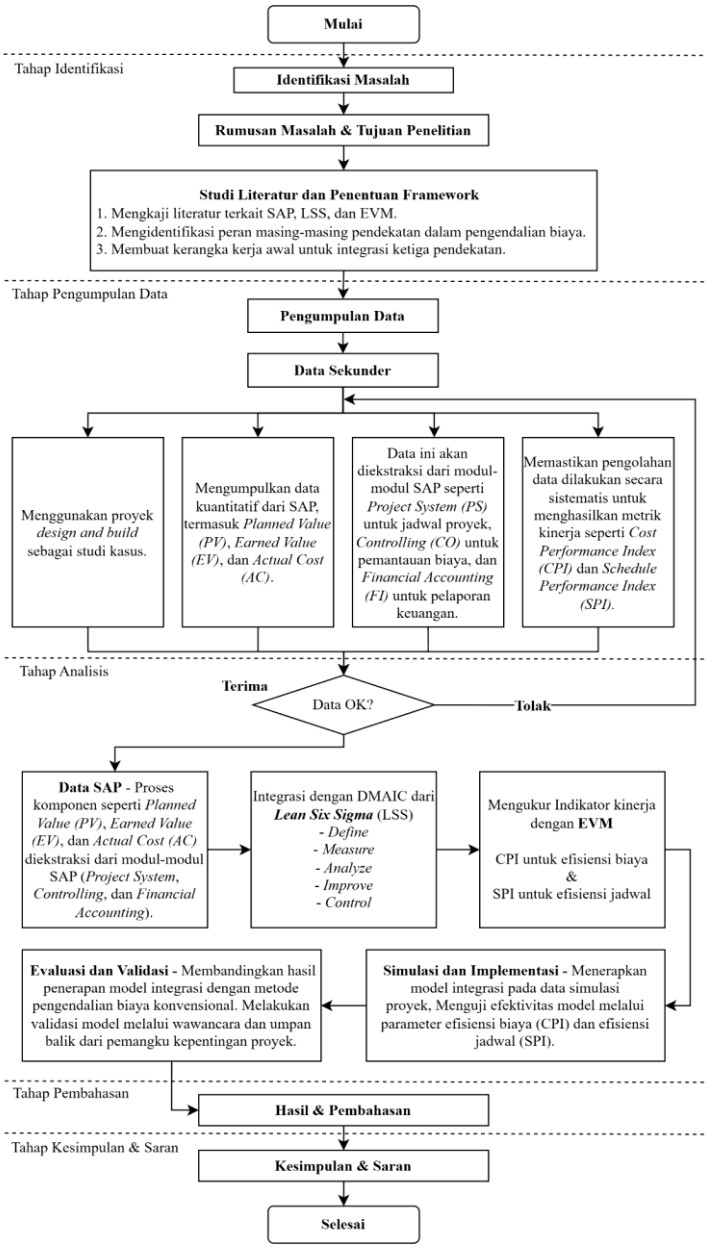
METODE PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada penggunaan SAP/ERP sebagai alat utama pengendalian biaya proyek Design and Build, dengan memanfaatkan modul PS, MM, dan FI untuk integrasi data real-time. Data dari SAP/ERP dibandingkan dengan perencanaan manual guna menilai efektivitasnya. Analisis didukung oleh Lean Six Sigma (LSS) untuk mengidentifikasi inefisiensi serta Earned Value Management (EVM) melalui indikator CPI dan SPI dalam mengukur kinerja biaya dan jadwal. Tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi apakah SAP/ERP mampu memberikan efisiensi lebih baik dibandingkan metode manual, sehingga hasil akhirnya berupa rekomendasi strategis untuk optimalisasi pengelolaan biaya proyek konstruksi.

Penelitian ini bersifat deskriptif dan konfirmatif dengan pendekatan kuantitatif untuk menguji hubungan SAP/ERP, Lean Six Sigma (LSS), dan Earned Value Management (EVM) dalam pengendalian biaya proyek Design and Build. Secara deskriptif, dijelaskan peran SAP/ERP (PS, CO, FI) sebagai pengelola data, LSS melalui siklus DMAIC untuk mengurangi pemborosan, serta EVM dengan indikator CPI dan SPI untuk menilai efisiensi biaya dan jadwal. Aspek konfirmatif menguji hipotesis bahwa integrasi ketiganya meningkatkan kinerja proyek melalui data PV, EV, AC, analisis statistik LSS, dan indikator EVM, sehingga membentuk sistem holistik yang mendukung efisiensi dan pencapaian target proyek.

Tahapan Penelitian

Proyek Design and Build memiliki fleksibilitas tinggi namun rawan pembengkakan biaya dan keterlambatan, sehingga diperlukan model pengendalian yang efektif. Penelitian ini mengintegrasikan SAP/ERP untuk data real-time, LSS untuk mengurangi inefisiensi, dan EVM (CPI, SPI) untuk mengukur kinerja. Pendekatan kuantitatif ini menciptakan sistem pengendalian proaktif yang mencegah pemborosan, menjaga efisiensi, dan meningkatkan stabilitas proyek.



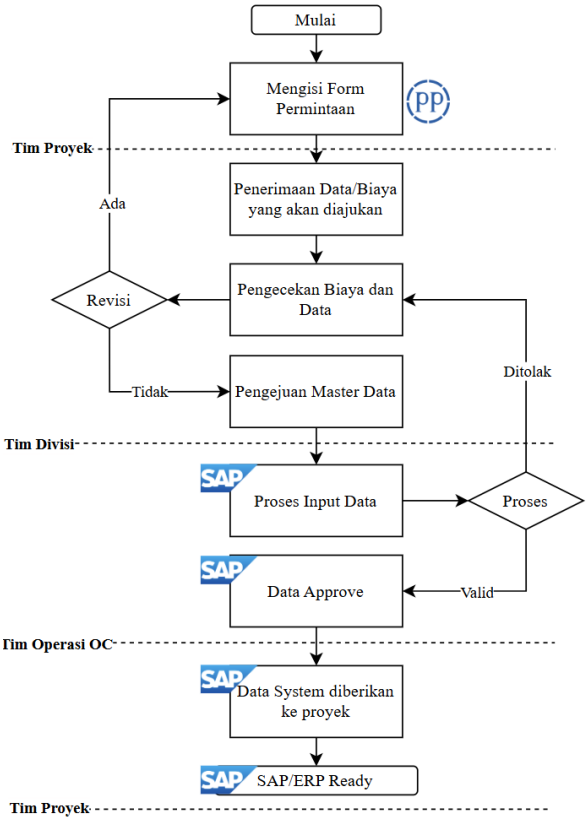
Gambar 2. Alur Penelitian
(Sumber: Peneliti, 2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Data SAP/ERP

Input Biaya ke System

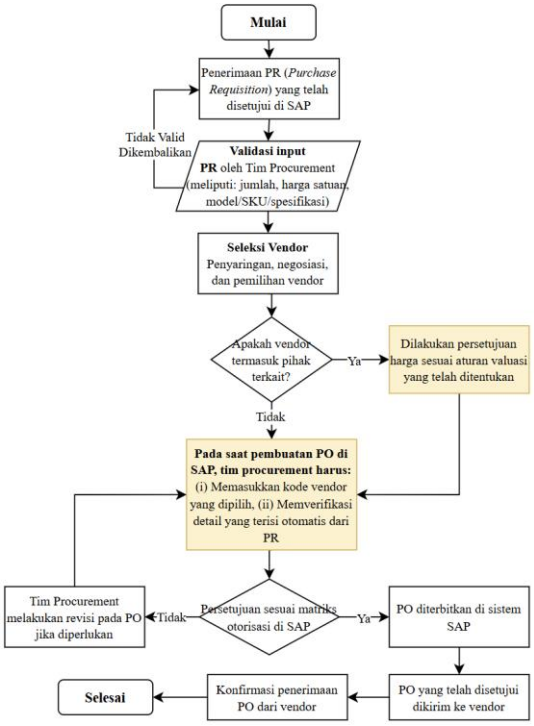
Pada proyek konstruksi besar seperti RTC Pertamina Jakarta, pengelolaan biaya yang akurat memerlukan kontrol sistematis melalui SAP/ERP. Proses input biaya hingga terbentuknya master data melibatkan pengisian oleh tim proyek, validasi, approval, dan integrasi antar divisi. Alur ini memastikan data yang tercatat valid secara fungsional dan administratif, sehingga dapat menjadi dasar budgeting, monitoring, dan pelaporan proyek yang lebih efisien dan transparan.



Gambar 3. Proses Input Biaya ke *System*
(Sumber: Peneliti, 2025)

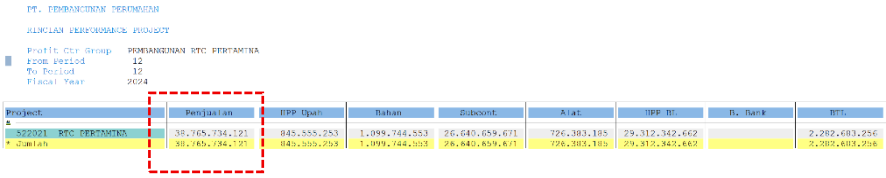
Proses Project System

Dalam tahap ini, transaksi proyek dimulai dengan pembuatan Purchase Order (PO) sebagai bukti formal komitmen kerja antara proyek dan vendor. PO dicatat melalui SAP/ERP berdasarkan kebutuhan yang telah disetujui dalam RAPK, lalu diproses dengan alur kerja terstandarisasi untuk menjamin transparansi, akuntabilitas, dan keterlacakan setiap transaksi.



Gambar 4. Proses *Project System*
(Sumber: Peneliti, 2025)

Seluruh transaksi proyek otomatis tercatat dalam sistem untuk memastikan akurasi pengeluaran. Pencatatan ini memudahkan pemantauan biaya bulanan, memungkinkan evaluasi kinerja keuangan secara periodik, membandingkan anggaran dengan realisasi, serta mendukung pengambilan keputusan yang cepat dan tepat berbasis data aktual.


PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN

RINCIAN PERFORMANCE PROJECT

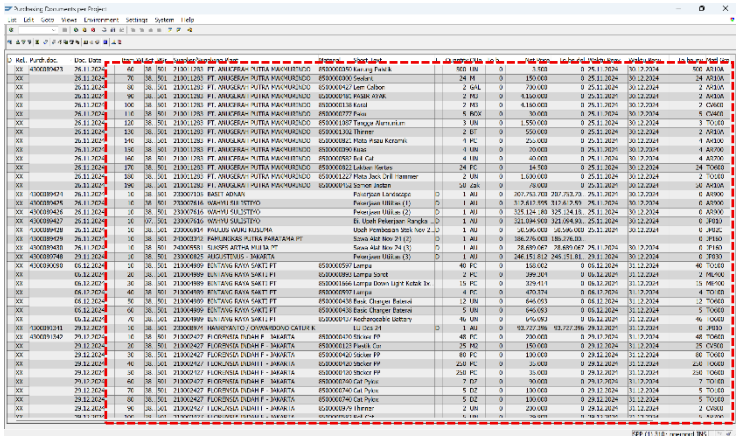
Profit Ctr Group PEMBANGUNAN RTC PERTAMINA
From Period 12
To Period 12
Fiscal Year 2024

Project	Penjualan	UPP Upah	Bahan	Subcont	Alat	UPP BT	B. Bank	BTL
522021 RTC PERTAMINA	38.765.734.121	845.555.253	1.099.744.553	26.640.659.671	726.383.185	29.312.342.662		2.282.683.256
* Jumlah	38.765.734.121	845.555.253	1.099.744.553	26.640.659.671	726.383.185	29.312.342.662		2.282.683.256

Gambar 5. Rincian *Performance Project (1)*
(Sumber: Peneliti, 2025)

Proses Management Material

Dalam pendataan material proyek RTC Pertamina, kontraktor menerapkan metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) untuk memastikan kelancaran alur material dari perencanaan hingga pelaksanaan. Pada tahap Define, dilakukan permohonan persetujuan material sesuai spesifikasi kontrak; Measure melalui pengecekan fisik material yang datang; Analyze dengan identifikasi dan tindak lanjut atas material tidak sesuai; Improve memastikan material bebas cacat serta menyiapkan waste allowance; dan Control menjaga ketepatan waktu dan volume pengiriman. Pendekatan ini memastikan kualitas, ketepatan, serta efisiensi waktu, biaya, dan sumber daya proyek konstruksi.

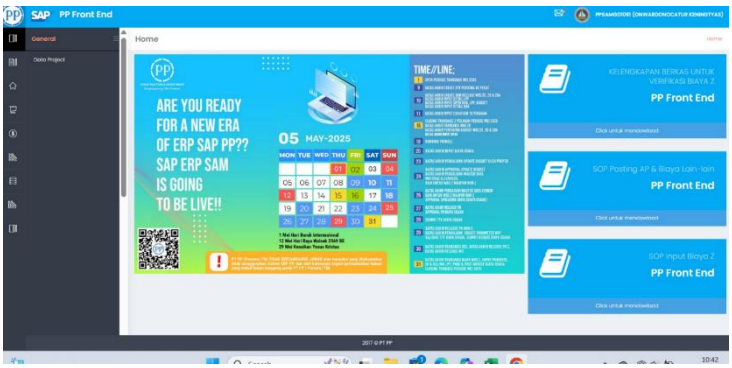


Gambar 6. Data Pemesanan Material & Alat
(Sumber: Peneliti, 2025)

Dalam sistem SAP, pengadaan material proyek dipantau melalui tcode ME2J yang menampilkan real-time status Purchase Order (PO), mulai dari jumlah material terkirim, status pengiriman, hingga material onsite. Informasi penting seperti tanggal pembuatan, jatuh tempo, dan masa berlaku PO juga tersedia, sehingga tim proyek dapat menentukan kebutuhan perpanjangan atau revisi. Setiap transaksi pada ME2J otomatis terdokumentasi dan terintegrasi dengan modul MM, PM, dan PS, sehingga mendukung rekonsiliasi, pelaporan, serta pengambilan keputusan logistik secara transparan dan akurat.

Proses *Financial Accounting*

Dalam proyek, transaksi keuangan dikelola melalui SAP Front End yang berfungsi mengontrol, memverifikasi, dan memvalidasi dokumen tagihan vendor sebelum pembayaran. Dokumen seperti invoice, BAST, dan pendukung lainnya dicek kesesuaiannya dengan data SAP (PO, progres pekerjaan, status material), sehingga pembayaran hanya dilakukan untuk pekerjaan yang benar-benar terealisasi dan disetujui sesuai kontrak.



Gambar 7. Tampilan SAP *Front End*
(Sumber: Peneliti, 2025)

Selain itu, sistem ini juga memfasilitasi proses *workflow* approval secara elektronik, sehingga semua dokumen dapat disetujui secara berjenjang oleh pihak yang berwenang, mulai dari tim administrasi proyek, *finance*, hingga manajemen. Dengan adanya SAP *Front*

End, proses administrasi keuangan menjadi lebih tertib, transparan, dan terhindar dari kesalahan pembayaran, keterlambatan, atau duplikasi transaksi. Aplikasi ini juga terintegrasi langsung dengan modul keuangan di SAP, seperti FI (*Financial Accounting*) dan CO (*Controlling*), sehingga seluruh transaksi yang telah divalidasi akan otomatis masuk ke dalam laporan keuangan proyek secara *real-time.*

Tidak hanya berfungsi untuk memproses transaksi dan validasi tagihan, SAP *Front End* juga memainkan peran penting dalam mendukung pembacaan neraca proyek secara menyeluruh selama masa pelaksanaan. Melalui aplikasi ini, tim manajemen proyek dan keuangan dapat memantau kondisi keuangan proyek secara *real-time*, termasuk posisi aktiva, kewajiban, dan sisa anggaran yang tersedia untuk setiap pos pekerjaan.

Lebih dari itu, SAP *Front End* juga digunakan sebagai alat untuk mengendalikan arus kas proyek, mulai dari perencanaan *cash flow* mingguan atau bulanan, hingga memantau realisasi pengeluaran dan penerimaan. Dengan fitur yang terintegrasi, pengguna dapat membandingkan antara rencana dan realisasi keuangan, serta mengidentifikasi potensi kekurangan dana atau pemborosan sejak dini.



Gambar 8. Neraca SAP *Front End*
(Sumber: Peneliti, 2025)

Analisa Data

Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Analisis Akurasi Data Biaya (MAPE) Analisis akurasi data estimasi biaya dilakukan dengan menggunakan pendekatan kuantitatif berupa perhitungan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana deviasi antara nilai estimasi terhadap nilai aktual. MAPE dipilih karena mampu memberikan gambaran objektif dalam bentuk persentase terhadap kesalahan prediksi, sehingga memudahkan interpretasi kinerja metode estimasi biaya yang digunakan.

Perhitungan MAPE

$$MAPE = \frac{l}{n}\sum_{i=l}^{n}\left|\frac{A_i + F_i}{A_i}\right| x\ 100\%$$

Di mana:

n = jumlah periode atau data observasi,
A_i = nilai aktual biaya,
F_i = nilai biaya yang diprediksi oleh SAP/ERP-Manual.

Perhitungan MAPE SAP/ERP

$$MAPE_{SAP,Juni} = \left|\frac{945.034.500 - 975.099.500}{945.034.500}\right| x100\% = 3{,}18\%$$

Perhitungan MAPE Manual

$$MAPE_{Manual,Juni} = \left|\frac{945.034.500 - 1.205.600.500}{945.034.500}\right| x100\% = 27{,}54\%$$

Tabel 1. Tabel Perhitungan MAPE

No	Priode	Actual Cost	Estimasi ERP	Estimasi Manual	MAPE ERP (%)	MAPE Manual (%)
1	Juni 2024	945.034.500	975.099.500	1.205.600.500	3,18%	27,57%
2	Juli 2024	3.335.900.045	3.425.000.750	5.605.000.750	2,67%	68,02%
3	Agustus 2024	11.450.036.700	11.589.075.450	8.954.641.010	1,21%	21,79%
4	September 2024	18.899.045.667	19.900.750.500	15.847.005.040	5,30%	16,15%
5	Oktober 2024	21.050.030.494	21.075.000.500	25.711.305.035	0,12%	22,14%
6	Nov-24	22.045.322.500	22.176.890.000	25.955.450.150	0,60%	17,74%
7	Desember 2024	24.045.300.500	23.045.350.075	25.815.034.250	4,16%	7,36%
8	Januari 2025	9.820.300.500	9.900.343.500	3.005.000.706	0,82%	69,40%
9	Februari 2025	909.829.650	413.290.281	401.763.110	54,57%	55,84%
	Total	**112.500.800.556**	**112.500.800.556**	**112.500.800.556**	**8,07%**	**34,00%**

Sumber: Peneliti, 2025

Dalam penelitian ini, data biaya aktual proyek dibandingkan dengan estimasi biaya yang diperoleh dari dua sumber, yaitu sistem SAP/ERP dan metode perencanaan manual. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa SAP/ERP menghasilkan nilai MAPE sebesar 8,07%, sedangkan perencanaan manual mencapai 34,00%. Perbedaan yang cukup signifikan ini mengindikasikan bahwa estimasi yang dihasilkan oleh sistem SAP/ERP jauh lebih mendekati kondisi aktual di lapangan dibandingkan metode konvensional. Hal ini menegaskan keunggulan sistem SAP/ERP dalam memberikan akurasi yang lebih baik melalui pemrosesan data *real-time*, integrasi antar modul, serta sinkronisasi informasi lintas fungsi dalam proyek konstruksi yang kompleks.

***Earned Value Management* (EVM)**

EVM Evaluasi performa waktu dan biaya dalam proyek konstruksi merupakan aspek krusial untuk mengukur kinerja manajemen proyek secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, digunakan metode *Earned Value Management* (EVM) sebagai pendekatan kuantitatif untuk menilai integrasi antara perencanaan, pelaksanaan, dan kontrol biaya serta jadwal proyek. Dua indikator utama yang digunakan adalah *Cost Performance Index* (CPI) dan *Schedule*

Performance Index (SPI), yang masing-masing mencerminkan efisiensi biaya dan ketepatan jadwal pelaksanaan proyek berdasarkan data progres dari sistem SAP/ERP

Perhitungan EVM

***Cost Performance Index* (CPI):**

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

***Schedule Performance Index* (SPI):**

$$SPI = \frac{EV}{VP}$$

Di mana:
EV (*Earned Value*): Nilai pekerjaan yang sudah diselesaikan.
AC (*Actual Cost*): Biaya aktual yang dikeluarkan.
PV (*Planned Value*): Nilai rencana untuk pekerjaan yang seharusnya diselesaikan.

Perhitungan Berdasarkan Data (Juni 2024)

***Cost Performance Index* (CPI):**

$$\frac{950.000.000}{945.034.500} \approx 1{,}01$$

***Schedule Performance Index* (SPI):**

$$\frac{950.000.000}{1.000.000.000} = 0{,}95$$

Tabel 2. Tabel Perhitungan EVM

No	Priode	PV (Planned Value)	EV (Earned Value)	Actual Cost (AC)	CPI (EV/AC)	SPI (EV/PV)
1	Juni 2024	1.000.000.000	950.000.000	945.034.500	1,01	0,95
2	Juli 2024	3.500.000.000	3.300.000.000	3.335.900.045	0,99	0,94
3	Agustus 2024	11.600.000.000	11.200.000.000	11.450.036.700	0,98	0,97
4	September 2024	19.500.000.000	18.700.000.000	18.899.045.667	0,99	0,96
5	Oktober 2024	21.500.000.000	21.000.000.000	21.050.030.494	1,00	0,98
6	Nov-24	22.000.000.000	21.900.000.000	22.045.322.500	0,99	1,00
7	Desember 2024	24.200.000.000	24.100.000.000	24.045.300.500	1,00	1,00
8	Januari 2025	10.000.000.000	9.700.000.000	9.820.300.500	0,99	0,97
9	Februari 2025	900.000.000	910.000.000	909.829.650	1,00	1,01
	Total	**114.200.000.000**	**111.760.000.000**	**112.500.800.556**		

Sumber: Peneliti, 2025

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai CPI berada dalam rentang 0,98 hingga 1,00, yang menunjukkan bahwa biaya aktual yang dikeluarkan sebanding bahkan sedikit lebih rendah dibandingkan dengan nilai pekerjaan yang telah diselesaikan (*Earned Value*). Nilai CPI mendekati atau sama dengan 1 mengindikasikan bahwa pengelolaan biaya pada proyek sudah dilakukan dengan efisien dan terkendali. Sementara itu, nilai SPI bervariasi antara 0,94 hingga 1,01. Nilai ini menunjukkan bahwa proyek secara umum berjalan mendekati jadwal

yang direncanakan. Meskipun terdapat sedikit keterlambatan pada beberapa bulan awal (SPI < 1), proyek mampu mengejar ketertinggalan dan menunjukkan perbaikan jadwal pada bulan-bulan selanjutnya (SPI ≥ 1). Dengan demikian, implementasi sistem SAP/ERP memberikan kontribusi positif dalam pencapaian efisiensi biaya dan waktu proyek. Sistem ini memungkinkan pemantauan progres secara *real-time* dan akurat, sehingga memudahkan pengambilan keputusan yang cepat dan tepat oleh manajemen proyek.

Waste Index

Analisis Efisiensi Sumber Daya (*Waste Index*) Evaluasi efisiensi penggunaan sumber daya dilakukan melalui analisis *Waste Index*, yang menggambarkan proporsi sumber daya yang terbuang atau tidak memberikan nilai tambah dalam proses konstruksi. *Waste Index* dihitung dengan membandingkan antara total input sumber daya terhadap *output* bernilai tambah (*value-added activities*).

Perhitungan *Waste Index*

$$Waste\ Index = \frac{Total\ Waste}{Total\ Resources\ Used}\ \text{x}\ 100\%$$

Total Waste = Jumlah sumber daya yang terbuang atau tidak termanfaatkan secara optimal.
Total Resources Used = Jumlah total sumber daya yang digunakan dalam proyek.

Contoh 1: SAP/ERP – Juni 2024

$$Waste\ Index_{SAP} = \frac{(1.000.000.000 - 930.000.000)}{1.000.000.000}\ \text{x}\ 100\% = 7{,}00\%$$

Perhitungan ini menunjukkan bahwa hanya 7% dari biaya input yang tidak berkontribusi secara langsung pada output yang bernilai tambah, menandakan efisiensi tinggi dari sistem SAP/ERP.

Contoh 2: Manual – Juli 2024

Total Input: Rp 3.500.000.000
Diketahui *Waste Index* Manual: 22%

Perhitungan:

$$Waste = 3.500.000.000 \times 22\% = 770.000.000$$

$$Value - Added\ Output = 3.500.000.000 - 770.000.000 = 2.730.000.000$$

Tingkat *Waste Index* yang mencapai 22% menunjukkan bahwa hampir seperempat dana proyek tidak memberikan nilai tambah secara langsung, yang berarti terdapat inefisiensi signifikan dalam pengelolaan biaya berbasis estimasi manual.

Tabel 3. Tabel Perhitungan *Waste Index*

No	Priode	Total Input (Rp)	Value-Added Output SAP/ERP (Rp)	Value-Added Output Manual (Rp)	Waste Index SAP/ERP (%)	Waste Index Manual (%)
1	Juni 2024	1.000.000.000	930.000.000	820.000.000	7,00%	18,00%
2	Juli 2024	3.500.000.000	3.150.000.000	2.730.000.000	10,00%	22,00%
3	Agustus 2024	11.600.000.000	10.440.000.000	8.816.000.000	10,00%	24,00%
4	September 2024	19.500.000.000	17.940.000.000	15.210.000.000	8,00%	22,00%

No	Priode	Total Input (Rp)	Value-Added Output SAP/ERP (Rp)	Value-Added Output Manual (Rp)	Waste Index SAP/ERP (%)	Waste Index Manual (%)
5	Oktober 2024	21.500.000.000	18.920.000.000	15.695.000.000	12,00%	27,00%
6	Nov-24	22.000.000.000	20.240.000.000	16.940.000.000	8,00%	23,00%
7	Desember 2024	24.200.000.000	22.000.000.000	19.118.000.000	9,09%	21,00%
8	Januari 2025	10.000.000.000	9.250.000.000	8.000.000.000	7,50%	20,00%
9	Februari 2025	900.000.000	850.000.000	738.000.000	5,56%	18,00%
	Total	**114.200.000.000**	**103.720.000.000**	**88.067.000.000**		

Sumber: Peneliti, 2025

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem SAP/ERP secara konsisten mampu mengurangi pemborosan sumber daya dibandingkan dengan metode manual. Integrasi sistem yang baik memungkinkan deteksi dini atas potensi *waste* seperti kelebihan material, keterlambatan pengiriman, dan waktu menganggur (*idle time*) pada tenaga kerja. Sebaliknya, metode manual yang mengandalkan pelaporan periodik tanpa integrasi sistem membuat identifikasi pemborosan seringkali terlambat, sehingga akumulasi waste menjadi lebih tinggi. Dengan demikian, penerapan SAP/ERP terbukti mendukung pencapaian efisiensi sumber daya dalam proyek konstruksi melalui pengurangan akhtivitas *non-value added* secara terukur dan sistematis. mendukung pencapaian efisiensi sumber daya dalam proyek konstruksi melalui pengurangan aktivitas *non-value added* secara terukur dan sistematis.

Value-Added Ratio (VAR)

Analisis Peningkatan Nilai Tambah *(Value-Added Ratio*) Analisis *Value-Added Ratio* (VAR) dilakukan untuk mengukur sejauh mana aktivitas proyek berkontribusi langsung terhadap hasil konstruksi yang memberikan nilai tambah nyata. Metode ini digunakan untuk membedakan antara aktivitas yang bernilai tambah (*value-added*), tidak bernilai tambah (*non-value added*), dan aktivitas yang diperlukan tetapi tidak menambah nilai (*necessary but non-value added*).

Perhitungan VAR

$$Value - Added\ Ratio = \frac{Value - Added\ Activities}{Total\ Activities}\ x\ 100\%$$

Di mana:

Value-Added Activities = Kegiatan yang langsung berkontribusi pada hasil proyek, seperti pekerjaan konstruksi yang terencana.

Total Activities = Jumlah seluruh kegiatan dalam proyek, termasuk kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah.

Perhitungan SAP/ERP – Januari 2025

Total Aktivitas SAP/ERP: 52

Value-Added (%): 52,00%

$$Aktivitas\ Bernilai\ Tambah = 52 \times \frac{52}{100} = 27{,}04 \approx 27\ aktivitas$$

Perhitungan Manual – Januari 2025

Total Aktivitas Manual: 71
Value-Added (%): 71,00%

$$Aktivitas\ Bernilai\ Tambah = 71 \times \frac{71}{100} = 50{,}41 \approx 50\ aktivitas$$

Tabel 4. Tabel Perhitungan *Value-Added Ratio*

No	Priode	Total Aktivitas SAP/ERP	Total Aktivitas Manual	Value-Added (%) SAP/ERP	Value-Added (%) Manual
1	Juni 2024	34	34	34,00%	34,00%
2	Juli 2024	67	68	67,00%	68,00%
3	Agustus 2024	88	88	88,00%	88,00%
4	September 2024	91	92	91,00%	92,00%
5	Oktober 2024	98	98	98,00%	98,00%
6	Nov-24	98	98	98,00%	98,00%
7	Desember 2024	81	85	81,00%	85,00%
8	Januari 2025	52	71	52,00%	71,00%
9	Februari 2025	39	45	39,00%	45,00%

Sumber: Peneliti, 2025

Berdasarkan data di atas, sistem SAP/ERP secara konsisten mampu meningkatkan proporsi aktivitas yang memberikan nilai tambah dalam setiap tahap proyek. Dengan kemampuannya dalam menyajikan informasi progres secara *real-time*, meminimalkan redundansi proses, dan memfasilitasi pengambilan keputusan yang cepat, SAP/ERP mendorong peningkatan efisiensi operasional sekaligus mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah. Sebaliknya, pendekatan manual cenderung menghasilkan porsi aktivitas *non-value added* yang lebih tinggi, disebabkan oleh keterlambatan informasi, tumpang tindih pekerjaan, dan inefisiensi komunikasi antar tim. Oleh karena itu, penggunaan SAP/ERP terbukti mendukung pencapaian produktivitas yang lebih tinggi dan optimalisasi proses dalam pelaksanaan proyek konstruksi RTC.

Efektivitas SAP/ERP dalam Pengendalian Biaya

Dari seluruh data yang telah dianalisis, kita bisa melihat bahwa SAP/ERP memberi pengaruh yang cukup besar dalam hal pengendalian biaya. Misalnya, nilai MAPE sistem SAP/ERP sebesar 8,07% jauh lebih baik dibandingkan sistem manual yang mencapai 34,00%. Artinya, estimasi biaya dengan SAP jauh lebih dekat dengan kenyataan. Selain itu, indikator lain seperti *Waste Index* pada SAP/ERP hanya 8,02% dibandingkan 21,67% pada sistem manual, membuktikan bahwa pemborosan bisa ditekan dengan baik. CPI dan SPI juga relatif stabil dan mendekati angka 1, yang artinya pengeluaran dan jadwal proyek cukup seimbang dan terkendali. Bahkan dari sisi aktivitas bernilai tambah, SAP/ERP mencatat rasio *Value-Added Activity* mencapai 89,89%, jauh di atas sistem manual yang hanya sekitar 69,78%. Jadi, secara keseluruhan, SAP/ERP bukan cuma membantu administrasi proyek, tapi juga memperkuat strategi pengendalian biaya dan efisiensi secara menyeluruh.

Tantangan Implementasi SAP/ERP

Walaupun manfaatnya besar, tetap saja ada tantangan yang dihadapi dalam penerapannya. Salah satu kendala yang paling terasa adalah sulitnya integrasi antar modul

seperti PS, MM, dan FI. Modul-modul ini perlu dikonfigurasi secara spesifik dan tidak semua tim proyek punya kemampuan teknis untuk itu. Ditambah lagi, masih banyak user yang belum terbiasa atau bahkan belum paham cara menggunakan fitur-fitur SAP secara maksimal. Belum lagi soal adaptasi organisasi yang masih terbiasa dengan sistem manual. Jadi, meskipun teknologinya canggih, tetap butuh waktu dan proses untuk benar-benar bisa dioptimalkan.

Optimalisasi Integrasi SAP/ERP dengan *LLS* dan *EVM*

Supaya sistem ini bisa lebih efektif, SAP/ERP sebaiknya diintegrasikan juga dengan metode lain seperti *Lean Six Sigma* (LSS) dan *Earned Value Management* (EVM). LSS sangat membantu dalam menemukan titik-titik pemborosan di proyek, seperti aktivitas yang nggak perlu atau tumpang tindih. Sementara EVM bisa bantu kita tahu kondisi proyek secara *real-time*, apakah masih sesuai dengan rencana atau sudah mulai menyimpang. Nah, kalau ketiga pendekatan ini digabung, maka kita punya sistem kontrol yang jauh lebih kuat dan responsif.

Perbandingan dengan Studi Sebelumnya

Apa yang ditemukan dalam penelitian ini ternyata sejalan dengan beberapa studi sebelumnya. Misalnya, penelitian dari Zhang & Wang (2021) dan Li & Huang (2023) juga menunjukkan bahwa ERP mampu meningkatkan kontrol biaya secara signifikan. Tapi yang membedakan, penelitian ini mencoba menambahkan pendekatan *Lean Six Sigma* dan EVM ke dalam sistem ERP yang digunakan. Jadi bukan cuma ERP saja yang diandalkan, tapi sistem manajemen yang lebih menyeluruh dan relevan dengan kondisi proyek *Design and Build*.

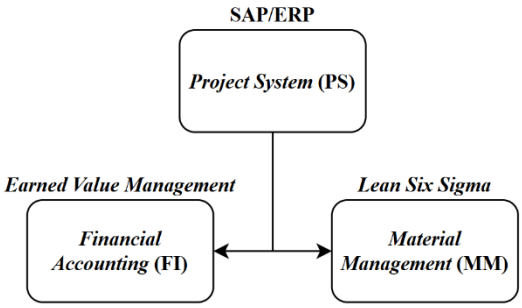
Integrasi modul SAP/ERP seperti *Project System* (PS), *Material Management* (MM), dan *Financial Accounting* (FI) secara sinergis mampu meningkatkan efisiensi pengendalian biaya proyek konstruksi, terutama pada proyek dengan pendekatan *Design and Build* yang kompleks. Modul PS memungkinkan pemantauan struktur biaya proyek dan jadwal pelaksanaan secara real-time, MM mengoptimalkan manajemen material dan pengadaan untuk meminimalkan pemborosan, sementara FI mendukung pencatatan dan pelaporan keuangan yang akurat. Ketika ketiga modul ini terintegrasi, sistem mampu menyajikan data konsisten lintas fungsi yang mempercepat pengambilan keputusan dan mencegah deviasi anggaran sejak dini. Dalam studi kasus proyek RTC Pertamina, integrasi ini terbukti meningkatkan efisiensi yang ditunjukkan dengan penurunan *Waste Index* dan peningkatan *Value-Added Ratio*, serta akurasi tinggi dalam prediksi biaya melalui indikator MAPE rendah. Namun demikian, efektivitas integrasi ini sangat dipengaruhi oleh kesiapan organisasi, pelatihan pengguna, serta adaptasi sistem terhadap dinamika proyek.

Penggunaan sistem SAP/ERP terbukti memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan akurasi pengendalian biaya pada proyek konstruksi *Design and Build*, sebagaimana dibuktikan melalui perbandingan antara estimasi biaya aktual dengan prediksi sistem SAP dan estimasi manual. Berdasarkan data aktual dari proyek pembangunan RTC Pertamina, dilakukan analisis menggunakan pendekatan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terhadap dua metode estimasi: prediksi sistem SAP dan estimasi manual. Hasilnya menunjukkan bahwa prediksi biaya berbasis SAP memiliki MAPE rata-rata sebesar 2,83%, jauh lebih rendah dibandingkan MAPE dari estimasi manual yang mencapai 10,67%. Ini menunjukkan bahwa SAP lebih mampu menyajikan estimasi biaya yang mendekati realisasi di lapangan secara konsisten. Keunggulan ini tidak terlepas dari kemampuan SAP dalam mengintegrasikan modul *Project System* (PS), *Material Management* (MM), dan *Financial Accounting* (FI) yang memungkinkan pencatatan, alokasi, dan pengawasan anggaran

dilakukan secara real-time dan berbasis data aktual. Sebaliknya, metode manual sangat bergantung pada asumsi historis, input subjektif, dan sering kali tidak mampu menangkap dinamika perubahan proyek secara langsung. Oleh karena itu, argumen kuat dapat diajukan bahwa penggunaan SAP/ERP tidak hanya mempercepat proses administrasi proyek, tetapi juga secara kuantitatif meningkatkan akurasi prediksi kebutuhan biaya, yang pada akhirnya memperkuat efektivitas pengendalian anggaran dalam proyek kompleks seperti *Design and Build*.

Implementasi Manajerial

Hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi SAP/ERP pada proyek Design and Build hanya akan optimal jika didukung oleh pelatihan praktis berkelanjutan sesuai modul (PS, MM, FI), sistem yang fleksibel terhadap dinamika proyek, serta evaluasi rutin berbasis data VAR dan Waste Index. Indikator CPI dan SPI perlu dimanfaatkan sebagai early warning system agar deviasi dapat segera direspons dengan tindakan korektif. Selain itu, peran Lean Six Sigma penting sebagai mitra SAP untuk menganalisis akar masalah dan mendukung perbaikan berkelanjutan. Dengan kombinasi pelatihan SDM yang memadai, fleksibilitas sistem, monitoring ketat, dan respons cepat, pengendalian biaya serta efisiensi proyek dapat lebih terjamin. Berikut adalah ilustrasi integrasi antara SAP/ERP, *Lean Six Sigma* (LSS), dan *Earned Value Management* (EVM) dalam proyek RTC:



Gambar 9. Alur Integrasi SAP-EVM-LSS
(Sumber: Peneliti, 2025)

Diagram ini menunjukkan alur integrasi yang memperkuat sistem manajemen proyek. Di pusatnya, terdapat *Project System (PS)* dari SAP/ERP yang menjadi inti dari pengelolaan proyek secara menyeluruh. PS terhubung langsung dengan dua modul penting, yaitu *Financial Accounting (FI)* yang mendukung pelaporan keuangan dan *Material Management (MM)* yang menangani proses logistik dan pengadaan. Modul FI dikaitkan erat dengan pendekatan *Earned Value Management* karena dari sinilah data AC, EV, dan PV diproses secara *real-time*. Sementara MM berperan besar dalam mendukung pendekatan *Lean Six Sigma* karena bisa mengidentifikasi pemborosan material dan aktivitas yang tidak bernilai tambah. Kolaborasi ketiganya membuat pengelolaan proyek menjadi lebih terstruktur, efisien, dan bisa direspons cepat jika ada deviasi dari perencanaan. bahwa modul *Project System* (PS) menjadi pusat penghubung utama antara pengelolaan biaya proyek (FI - *Financial Accounting*) dan pengelolaan material (MM - *Material Management*). Integrasi dua arah antara FI dan MM memperkuat sinkronisasi data anggaran dan logistik. *Lean Six Sigma* berfungsi mengidentifikasi pemborosan proses dari *output* SAP, sementara EVM memanfaatkan data dari modul PS untuk menghitung CPI, SPI, dan indikator performa lainnya secara *real-time.*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai optimasi peran SAP/ERP dalam pengendalian biaya pada proyek konstruksi Design and Build di proyek RTC Pertamina, dapat disimpulkan bahwa SAP/ERP terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi pengendalian biaya proyek, dengan nilai MAPE sistem lebih rendah dibandingkan metode manual (8,07% vs 34%) dan didukung oleh Waste Index yang lebih rendah serta rasio aktivitas bernilai tambah yang lebih tinggi. Integrasi antar-modul PS, MM, dan FI menjadi kunci efektivitas sistem, di mana modul Project System (PS) berperan sebagai penghubung utama dalam pencatatan dan pemantauan proyek, sedangkan modul FI dan MM memperkuat proses logistik dan keuangan. Namun, tantangan implementasi masih cukup besar, terutama terkait kompleksitas sistem, adaptasi pengguna, dan budaya organisasi yang masih terbiasa dengan sistem manual. Pendekatan Lean Six Sigma (LSS) dan Earned Value Management (EVM) terbukti mampu mengoptimalkan fungsi SAP/ERP, dengan SAP memberikan pelaporan real-time, EVM memantau performa proyek secara kuantitatif, dan LSS mendeteksi serta mengeliminasi pemborosan proses. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi praktis dan teoritis dalam pengelolaan proyek Design and Build di Indonesia. Saran yang dapat diberikan adalah meningkatkan program pelatihan intensif bagi pengguna, melakukan konfigurasi sistem secara adaptif sesuai kebutuhan proyek, serta membangun budaya organisasi yang mendukung transformasi digital agar implementasi SAP/ERP dapat berjalan optimal dan memberikan dampak signifikan terhadap waktu, biaya, dan mutu proyek.

DAFTAR PUSTAKA

Azhar, S., & Brown, J. (2020). BIM for cost management in construction. *Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12*(4), 15–28.

Azim Eirgash, M., Toğan, V., Dede, T., & Basri Başağa, H. (2023). Modified dynamic opposite learning assisted TLBO for solving time-cost optimization in generalized construction projects. *Structures, 53,* 806–821.

Beste, T., & Klakegg, O. J. (2022). Strategic change towards cost-efficient public construction projects. *International Journal of Project Management, 40*(4), 372–384.

Cerezo-Narváez, A., Pastor-Fernández, A., Otero-Mateo, M., & Ballesteros-Pérez, P. (2020). Integration of cost and work breakdown structures in the management of construction projects. *Applied Sciences (Switzerland), 10*(4).

Çınar, E., & Ozorhon, B. (2018). Functional issues in ERP implementation in construction industry. [Jurnal]. (Tercantum dalam rangkuman berdasarkan studi Hewavitharana et al., 2025).

CMIC Global. (2025). *How to implement ERP in construction successfully.* https://cmicglobal.com/resources/article/ERP-Implementation-in-the-Construction-Industry-A-Comprehensive-Look

Cost/schedule data needs and processes for construction ERP. (2025). *ResearchGate Publication.* https://www.researchgate.net/publication/232816435_Costschedule_data_needs_and_processes_for_construction_ERP

Hewavitharana, F. S., Perera, A., Perera, S., & Nanayakkara, S. (2025). Framework for systematic adoption of ERP systems in the Sri Lankan construction industry. *ResearchGate.*

Kerzner, H. (2017). *Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling.* John Wiley & Sons.

PMI (Project Management Institute). (2021). *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® guide)* (7th ed.). PMI.

Roth, J. (2020). *SAP/ERP project management pitfalls: How to avoid the most common pitfalls of an SAP/ERP project.* SAP/ERP Press.

Snabe, J. H., Rosenberg, A., Møller, C., & Scavillo, M. (2009). *Business process management: The SAP/ERP roadmap.* SAP/ERP Press.

Wikipedia. (2025, July). *Design–build.* https://en.wikipedia.org/wiki/Design%E2%80%93build

Wikipedia. (2025). *SAP ERP.* https://en.wikipedia.org/wiki/SAP_ERP

Zaneldin, E. (2024). A generic framework for managing schedule and cost risk events in construction projects. *Buildings, 14*(7), 1918. https://doi.org/10.3390/buildings14071918

Zhang, Y., & Wang, X. (2021). SAP/ERP-based cost control systems in construction project management. *Construction Economics and Building, 21*(2), 120–135.