

Identifikasi Faktor Implementasi Sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) terhadap *Supply Chain Management* (SCM): Validasi Berbasis *Expert* pada Badan Usaha Milik Negara (BUMN) Industri Konstruksi di Indonesia

Patrisius Irwanto Pratama¹, T.N. Handayani^{1*}, Arief Setiawan Budi Nugroho²

¹Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, INDONESIA

*Corresponding author: tantri.n.h@ugm.ac.id

INTISARI

Industri konstruksi memiliki kompleksitas tinggi dalam pengelolaan *supply chain* akibat keterlibatan multi pihak, dinamika proyek, serta ketergantungan pada waktu, biaya, dan sumber daya. Implementasi *Enterprise Resource Planning* (ERP) menjadi solusi strategis untuk meningkatkan integrasi dan efisiensi *Supply Chain Management* (SCM), khususnya pada BUMN konstruksi. Namun, penelitian terkait validasi faktor implementasi ERP berbasis *expert* pada konteks ini masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk memvalidasi implikasi implementasi ERP terhadap SCM dengan fokus pada kondisi eksisting, manfaat utama, tantangan, dan strategi optimalisasi. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif melalui studi literatur lima tahun terakhir dengan rentang waktu tahun 2020 sampai 2025 dan wawancara terhadap tujuh *expert*, dengan analisis *degree of agreement*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ERP berperan signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional dan percepatan *lead time*, transparansi dan visibilitas data, serta pengambilan keputusan berbasis data. Tantangan utama meliputi kompleksitas sistem, kesiapan SDM, biaya implementasi, resistensi pengguna, integrasi sistem lama, keterbatasan tenaga ahli IT/ERP dan masalah keamanan data. Selain itu, ditemukan tantangan *emergent* seperti *delay* sinkronisasi data, *analytics maturity*, konflik KPI lintas fungsi dan standarisasi master data antar entitas. Secara keseluruhan, ERP menjadi fondasi penting dalam transformasi digital SCM, dengan keberhasilan implementasi yang bergantung pada kesiapan teknologi, kualitas data, dan kapabilitas organisasi.

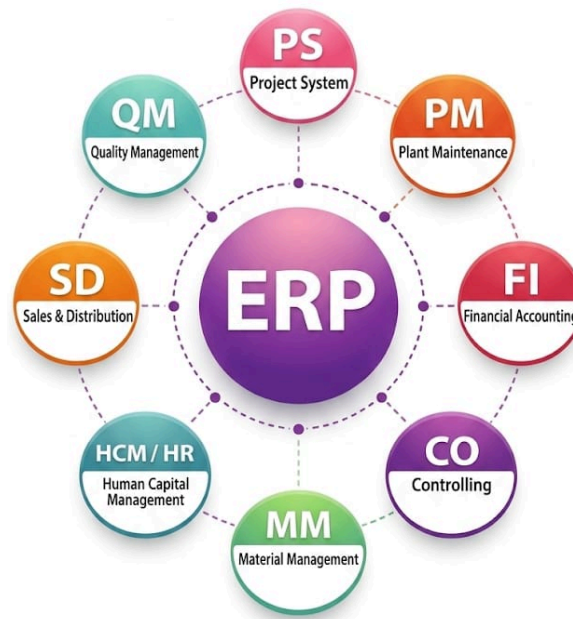
Kata kunci: ERP, SCM, Validasi *Expert*, BUMN Konstruksi.

1 PENDAHULUAN

Industri konstruksi merupakan sektor dengan kompleksitas tinggi, terutama dalam pengelolaan *supply chain*, karena melibatkan banyak pihak, tahapan pekerjaan, serta ketergantungan pada waktu, biaya, dan sumber daya. Kondisi ini menyebabkan tingginya potensi inefisiensi, seperti keterlambatan pengadaan, kesalahan distribusi material, dan lemahnya koordinasi (Voordijk dkk., 2003). Dampaknya dapat berupa pembengkakan biaya, keterlambatan proyek, dan penurunan kualitas (Maddeppungeng dkk., 2013). Oleh karena itu, pengelolaan *supply chain* berbasis sistem informasi terintegrasi menjadi kebutuhan penting, khususnya bagi BUMN konstruksi. Hal ini sejalan dengan kebijakan digitalisasi melalui Peraturan Menteri BUMN No. PER-2/MBU/03/2023 yang mendorong penerapan sistem informasi terintegrasi. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah *Enterprise Resource Planning* (ERP).

ERP merupakan sistem informasi terintegrasi yang mampu menyederhanakan proses bisnis melalui sentralisasi data dan otomatisasi (Sunyaev dkk., 2023). Dalam industri konstruksi, ERP mengintegrasikan proses inti proyek, mulai dari perencanaan, pengadaan hingga pelaporan keuangan (Afif & Khomsiyah, 2024). Modul seperti *Material Management* (MM), *Project System* (PS), dan *Finance and Controlling* (FICO) berperan penting dalam pengendalian proyek berbasis waktu, biaya, dan mutu (Erson dkk., 2024), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Implementasi ERP memberikan sejumlah manfaat strategis bagi BUMN konstruksi. Sistem ini memungkinkan peningkatan efisiensi dan produktivitas melalui integrasi lintas fungsi dan otomatisasi proses operasional (Kouriaty dkk., 2020). Selain itu, ERP memfasilitasi pemantauan data secara real time, terutama dalam hal stok dan distribusi material, sehingga mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data (Murray, 2016). Keunggulan lainnya adalah pengurangan duplikasi pekerjaan dan kesalahan manual, serta peningkatan akurasi pelaporan proyek yang berdampak langsung pada transparansi dan akuntabilitas (Trinoverly dkk., 2018). ERP juga

membantu meningkatkan koordinasi antar departemen, yang sangat penting dalam proyek-proyek konstruksi berskala besar yang dikelola oleh BUMN (Indrayani, 2022).



Gambar 1. Modul-modul sistem *Enterprise Resource Planning*

Namun demikian, implementasi *ERP* juga menghadapi berbagai tantangan, terutama biaya yang tinggi terkait lisensi, pelatihan, dan penyesuaian sistem (Dewi & Asriani, 2019). Tantangan lain meliputi resistensi pengguna, keterbatasan pelatihan, serta komunikasi antarunit yang kurang efektif, sehingga pemanfaatan sistem belum optimal (Indrayani, 2022). Selain itu, kesiapan pengelolaan *master data* yang rendah juga berdampak pada konsistensi dan integrasi data antar modul (Haddara & Zach, 2012). Berbagai tantangan tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi *ERP* sangat berkaitan dengan bagaimana sistem tersebut mampu mendukung pengelolaan proses bisnis yang kompleks, khususnya dalam konteks pengelolaan rantai pasok atau *Supply Chain Management* (SCM).

SCM berfokus pada integrasi aliran material, informasi, dan keuangan sepanjang rantai pasok untuk meningkatkan efisiensi dan nilai tambah (Khedr, 2024). Dalam industri konstruksi, kompleksitas SCM lebih tinggi karena melibatkan banyak pemangku kepentingan yang harus berkoordinasi secara simultan (Dharmapalan dkk., 2025). Ketidakefisienan dalam SCM dapat menyebabkan keterlambatan proyek dan peningkatan biaya (Osman dkk., 2025). Oleh karena itu, sistem terintegrasi seperti *ERP* menjadi penting untuk meningkatkan visibilitas, koordinasi, dan pengambilan keputusan berbasis data (Boutros dkk., 2024)

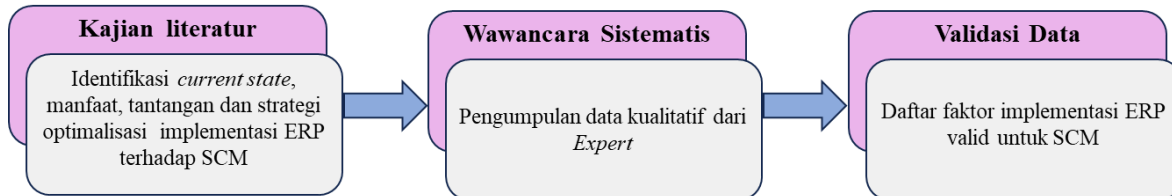
Oleh karena itu, peningkatan efisiensi dan efektivitas pengelolaan proyek konstruksi tidak mungkin dapat dicapai secara optimal tanpa memahami faktor-faktor yang memengaruhi implementasi *ERP* sebagai teknologi digital terintegrasi. Kompleksitas proses bisnis konstruksi yang melibatkan perencanaan, pengadaan, keuangan, sumber daya, hingga pengendalian proyek menuntut adanya sistem informasi yang mampu menyatukan data dan proses secara *real time*. Kondisi tersebut mendasari perlunya penelitian yang komprehensif terkait praktik penerapan *ERP* dalam kinerja manajemen proyek konstruksi, khususnya di Indonesia.

Meskipun implementasi *ERP* pada industri konstruksi telah banyak dikaji, sebagian besar studi masih berfokus pada faktor keberhasilan (*critical success factors*) atau dampaknya terhadap kinerja organisasi secara umum. Penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan Afif & Khomsiyah, (2024) dan Prasetya dkk., (2023) mengkaji aspek implementasi *ERP* pada BUMN konstruksi, namun belum secara spesifik mengintegrasikan perspektif SCM. Selain itu, studi terdahulu umumnya masih terbatas pada pendekatan literatur atau studi kasus tunggal, sehingga belum banyak penelitian yang melakukan validasi faktor secara langsung melalui *expert judgment* dalam konteks industri konstruksi Indonesia. Oleh karena itu, penelitian ini mengisi gap dengan mengintegrasikan studi literatur dan validasi berbasis *expert* untuk mengidentifikasi faktor implementasi *ERP* terhadap SCM, mencakup *current state*, manfaat, tantangan, serta strategi optimalisasi yang lebih kontekstual dan aplikatif pada BUMN konstruksi. Selain

itu, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi terhadap pengembangan studi implementasi *ERP*, khususnya dalam mengeksplorasi strategi dan dampaknya terhadap kinerja proyek konstruksi di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan eksploratif-konfirmatori, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2. Tahap awal dilakukan melalui studi literatur, selanjutnya, wawancara semi terstruktur dilakukan terhadap *expert* dan validasi faktor dilakukan menggunakan *degree of agreement* dengan menghitung proporsi persetujuan antar *expert*. Faktor dinyatakan valid apabila memperoleh tingkat kesepakatan mayoritas.



Gambar 2 Diagram alir penelitian

1.1 Tinjauan Literatur

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang berfokus pada implementasi *ERP* dan pengelolaan *SCM* pada industri konstruksi. Pendekatan tinjauan literatur digunakan untuk mensintesis temuan empiris dan konseptual serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi implementasi *ERP* (Tavares De Souza dkk., 2010). Penelusuran literatur difokuskan pada publikasi periode 2020-2024 yang membahas *ERP*, integrasi sistem informasi, dan kinerja *supply chain*. Artikel yang relevan digunakan untuk menyusun daftar awal faktor manfaat, tantangan, dan strategi implementasi, yang selanjutnya divalidasi melalui *expert judgment* pada konteks BUMN konstruksi di Indonesia.

1.2 Wawancara Sistematis

Setelah tinjauan literatur, wawancara sistematis dilaksanakan guna memvalidasi temuan dengan menggali pandangan dan pengalaman *expert* yang terlibat dalam implementasi *ERP* dan pengelolaan *SCM* pada BUMN konstruksi. Fokus wawancara diarahkan pada faktor-faktor yang memengaruhi implementasi *ERP* dalam rantai pasok konstruksi. Instrumen wawancara disusun secara terstruktur dalam lima bagian, mencakup profil responden, *current state*, manfaat dan tantangan implementasi *ERP*. Para *expert* diminta menilai relevansi dan validitas faktor yang diidentifikasi dari literatur serta kesesuaiannya dengan konteks praktis. Proses ini bertujuan memastikan keselarasan antara temuan teoritis dan praktik lapangan, sekaligus meminimalkan bias melalui validasi berbasis pengalaman.

1.3 Validasi Data

Data kualitatif dari wawancara *expert* divalidasi untuk mengukur tingkat kesepakatan (*degree of agreement*) dalam mengidentifikasi faktor implementasi *ERP* terhadap *SCM*. Pendekatan ini mengacu pada *expert judgment* dan *consensus-based validation* dalam metode Delphi serta *content validity* (Lawshe, 1975; Lynn, 1986). Tingkat kesepakatan dihitung berdasarkan proporsi *expert* yang menyatakan persetujuan. Mengacu pada *threshold* konsensus ($\geq 70-80\%$), faktor dengan persetujuan minimal 4 dari 7 *expert* dikategorikan sebagai valid, yang selanjutnya diklasifikasikan menjadi sangat valid (≥ 6 *expert*), cukup valid (4-5 *expert*), dan tidak valid (≤ 3 *expert*). Validasi mencakup konfirmasi faktor dari studi literatur serta integrasi masukan *expert*, termasuk identifikasi faktor baru dan penyempurnaan. Hasilnya adalah kerangka faktor implementasi *ERP* terhadap *SCM* yang tervalidasi secara empiris dan kontekstual pada BUMN konstruksi di Indonesia.

2 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Profil Responden

Responden penelitian terdiri dari tujuh *expert* dari beberapa perusahaan BUMN konstruksi yang berasal dari divisi *Supply Chain Management* (*SCM*) dan *Transformation and Information Technology* (*TFIT*). Seluruh responden berada pada level *senior manager* dan *senior expert*, sehingga memiliki kewenangan serta pemahaman komprehensif terkait proses operasional dan pengambilan keputusan strategis dalam implementasi *ERP*.

Berdasarkan Tabel 1, lima responden berasal dari divisi SCM dengan peran yang berfokus pada pengelolaan rantai pasok, seperti pengadaan, manajemen material, dan logistik. Sementara itu, dua responden berasal dari divisi TFIT-ERP dengan jabatan *Senior Manager ERP*, yang berperan dalam pengelolaan sistem informasi dan implementasi teknis ERP. Komposisi ini menunjukkan dominasi perspektif operasional dan didukung aspek teknologi

Table 1 Profil responden

Karakteristik Demografi					
No.	Divisi	Jabatan	Pengalaman Kerja (Tahun)	Terlibat ERP (Tahun)	Pendidikan
1	SCM	<i>Senior Manager Operation 1-PT X</i>	15	3	Master
2	SCM	<i>Senior Manager Operation 2-PT X</i>	17	3	Master
3	SCM	<i>Senior Manager Strategic- PT X</i>	17	3	Master
4	SCM	<i>Expert 1 Strategic- PT X</i>	19	4	Master
5	TF-IT	<i>Senior Manager ERP- PT X</i>	22	3	Master
6	SCC	<i>Senior Manager Supply Chain & Contractor - PT Y</i>	17	8	Master
7	IT-ERP	<i>Senior Manager ERP- PT Y</i>	18	9	Master

Dari sisi pengalaman, seluruh *expert* memiliki pengalaman kerja antara 15 hingga 22 tahun, dengan keterlibatan langsung dalam implementasi ERP selama 3 hingga 9 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa responden memiliki pemahaman mendalam terhadap dinamika transformasi digital dan penerapan ERP dalam proyek konstruksi. Kombinasi latar belakang operasional dan teknologi memungkinkan penelitian ini memperoleh perspektif yang seimbang antara aspek bisnis dan sistem informasi. Dengan demikian, data yang dihasilkan dinilai kredibel dan relevan dalam merepresentasikan implementasi ERP terhadap kinerja rantai pasok pada BUMN konstruksi.

3.2 Current State Implementasi ERP terhadap SCM

Hasil wawancara dengan tujuh *expert* menunjukkan bahwa implementasi ERP pada BUMN konstruksi telah mencapai tingkat kematangan yang tinggi, khususnya dalam mendukung pengadaan, pengelolaan vendor, pengendalian biaya, serta peningkatan transparansi dan akuntabilitas. Namun demikian, masih diperlukan penguatan pada aspek integrasi antar sistem, penyelarasan proses bisnis, dan peningkatan kompetensi pengguna.

ERP menjadi fondasi utama dalam pengelolaan SCM, dengan SAP sebagai *core system* yang mengintegrasikan fungsi keuangan, operasi, pengadaan, legal, dan *risk management*. Sistem pendukung seperti *e-procurement*, manajemen vendor, dan pengendalian persediaan ikut memperkuat proses bisnis, sehingga meningkatkan konsistensi data, efisiensi, dan koordinasi lintas fungsi, meskipun terdapat potensi *overlap* antar sistem.

Secara operasional, perusahaan memanfaatkan modul SAP seperti *Material Management (MM)*, *Project System (PS)*, dan *Finance and Controlling (FI/CO)*, yang didukung sistem tambahan untuk pengadaan, logistik, dan pengelolaan *invoice*. Meskipun sebagian kecil proses masih dilakukan secara manual pada kondisi tertentu, seluruh data tetap diintegrasikan ke dalam sistem untuk menjaga konsistensi dan akuntabilitas.

Pemanfaatan ERP melibatkan seluruh level organisasi, di mana staf operasional berfokus pada transaksi, sementara manajemen pada monitoring dan pengendalian. Digitalisasi melalui *SAP* telah menjadi bagian dari budaya kerja, sehingga resistensi relatif rendah dan tantangan lebih banyak terkait pada variasi kompetensi digital pengguna.

Secara keseluruhan, implementasi ERP menunjukkan tingkat digitalisasi SCM yang solid dengan SAP sebagai tulang punggung integrasi sistem. Implementasi ini meningkatkan efisiensi, transparansi, dan pengendalian rantai pasok, meskipun optimalisasi lanjutan masih diperlukan melalui peningkatan integrasi sistem, penguatan kapasitas SDM, dan standarisasi proses bisnis.

3.3 Manfaat Implementasi ERP terhadap SCM

Hasil wawancara dengan tujuh *expert* dari berbagai fungsi yang berperan dalam rantai pasok perusahaan konstruksi menunjukkan bahwa secara umum seluruh faktor manfaat implementasi ERP dinilai valid dalam meningkatkan efektivitas SCM, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Table 2 Manfaat Implementasi ERP terhadap *Supply Chain Management*

Kode	Manfaat	Studi Literatur											Validasi <i>Expert</i>							Σ	Hasil Validasi		
		L ¹	L ²	L ³	L ⁴	L ⁵	L ⁸	L ⁹	L ¹⁰	L ¹¹	L ¹²	L ¹³	L ¹⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ⁵	E ⁶			E ⁷	
M1	Efisiensi operasional & <i>lead time</i> turun	√			√	√	√	√				√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M2	Visibilitas data & transparansi rantai pasok	√					√					√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M3	Pengambilan keputusan berbasis data					√					√				S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M4	Integrasi proses lintas fungsi		√									√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M5	Daya saing & performa perusahaan				√		√	√		√					S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M6	Percepatan pengadaan material		√				√	√				√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M7	Pengurangan duplikasi pekerjaan		√									√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M8	Traceability & real time data flow	√					√		√			√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M9	Pengukuran kinerja SCM komprehensif				√	√	√			√					S	S	TS	S	S	TS	TS	5	Cukup Valid
M10	Resiliensi & manajemen risiko proaktif			√			√			√			√		S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M11	Kolaborasi pemasok lebih erat						√					√			S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M12	Optimalisasi inventaris (<i>advanced analytics</i>)										√				S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M13	Sustainability & compliance			√	√					√					S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
M14	Fondasi AI, IoT, Blockchain			√					√	√		√	√		S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid

Catatan: L¹ (Collantes dkk., 2020); L² (Sousa & Barros Neto, 2020); L³ (Qureshi, 2022); L⁴ (Mandičák dkk., 2022); L⁵ (Yan & Ramayah, 2023); L⁶ (Prasetya dkk., 2023); L⁷ (Santos, 2023); L⁸ (Omoegun dkk., t.t.); L⁹ (Asif dkk., 2024); L¹⁰ (Celik dkk., 2024); L¹¹ (Boutros dkk., 2024); L¹² (Sudarmi & Sunaryo, t.t.); L¹³ (Sateesh Rao Pala, 2025); L¹⁴ (Pulluru, 2025); E¹ (*Expert 1*); E² (*Expert 2*); E³ (*Expert 3*); E⁴ (*Expert 4*); E⁵ (*Expert 5*)

Peningkatan efisiensi operasional dan percepatan *lead time* (M1). Seluruh *expert* (Σ=7) menyatakan persetujuan penuh bahwa sistem ERP, khususnya SAP yang didukung platform pendukung telah mempercepat siklus pengadaan secara signifikan. E1 menjelaskan bahwa “*proses generate PO dan approval sekarang tidak lagi menunggu sirkulasi dokumen fisik; semuanya dalam sistem dan bisa dipantau real-time*”. Hal ini diperkuat oleh E2 yang menyatakan bahwa “*overlapping waktu antar unit dapat dipangkas*”. E3 menambahkan bahwa “*SLA tender yang sebelumnya lebih dari satu bulan sekarang rata-rata 2 sampai 3 minggu karena timeline sudah ter-generate otomatis oleh sistem*”. E4 juga menegaskan bahwa “*proses klarifikasi dan negosiasi lebih efisien karena seluruh dokumen dan komunikasi terekam digital*”. E5 dan E6 menyoroti bahwa kontrol terhadap batas kewenangan menjadi lebih terstruktur, sementara E7 menyimpulkan bahwa “*efisiensi waktu adalah dampak paling konkret*”. Temuan ini menunjukkan bahwa *ERP* meningkatkan produktivitas melalui orkestrasi proses yang terintegrasi.

Pada aspek visibilitas dan transparansi rantai pasok (M2), seluruh *expert* menyatakan bahwa *ERP* meningkatkan akuntabilitas. E1 menyebutkan bahwa “*seluruh histori pengadaan dapat ditelusuri kembali kapan saja*”, sementara

E2 menegaskan bahwa *“audit trail approval memperkuat akuntabilitas”*. E3 menambahkan monitoring *real-time*, dan E4 menyatakan bahwa *“vendor juga dapat memantau progres tagihan melalui sistem digital invoice”*. Selain itu, E5 dan E6 mengaitkan transparansi dengan *good corporate governance*, serta E7 menyimpulkan bahwa *“kontrol manajemen menjadi lebih objektif karena seluruh data terdokumentasi”*. Temuan ini menunjukkan bahwa ERP memperkuat transparansi dan legitimasi organisasi.

Dalam konteks pengambilan keputusan berbasis data (M3), seluruh *expert* menyatakan bahwa ERP meningkatkan kualitas keputusan. E1 menyebutkan bahwa *“histori performa vendor dapat ditelusuri sebelum penetapan tender”*, sementara E2 menegaskan bahwa *“data keuangan hingga risk profile dapat diakses dalam satu sistem sehingga keputusan tidak lagi berbasis intuisi”*. E3 menambahkan identifikasi risiko sejak awal, dan E4 menyatakan bahwa *“penilaian vendor lebih objektif berbasis data”*. E5 dan E6 menyoroti integrasi lintas modul untuk analisis biaya dan risiko, serta E7 menyimpulkan bahwa *“keputusan menjadi lebih terukur dan defensible”*. Temuan ini menunjukkan pergeseran menuju *data-driven governance* dalam SCM.

Integrasi proses lintas fungsi (M4) juga memperoleh persetujuan penuh. E1 menyatakan bahwa *“SCM sekarang terhubung langsung dengan finance, legal, dan risk dalam satu alur sistem”*. E2 menjelaskan bahwa perencanaan kebutuhan melalui WBS terintegrasi dengan kontrak dan pembayaran, sehingga tidak terjadi diskoneksi antar divisi. E3 menyoroti bahwa kolaborasi dengan divisi operasi dalam fase tender menjadi lebih sinkron. E4 menambahkan bahwa *“tidak ada lagi silo informasi karena semua unit mengakses basis data yang sama”*. E5 hingga E7 sepakat bahwa integrasi ini mempercepat koordinasi dan meminimalkan konflik lintas fungsi.

Terkait peningkatan daya saing dan performa perusahaan (M5), para *expert* menilai ERP memberikan kontribusi strategis. E1 menyatakan bahwa *“database vendor yang luas dan terklasifikasi memudahkan pencarian harga terbaik”*. E2 menekankan bahwa respon tender menjadi lebih cepat karena proses pengadaan sudah terstandarisasi. E3 dan E4 mengaitkan ERP dengan peningkatan profesionalisme dan kredibilitas perusahaan di mata vendor dan mitra. E5 menambahkan bahwa kesiapan audit meningkat karena seluruh dokumen terdigitalisasi. E6 dan E7 menyimpulkan bahwa ERP memperkuat positioning perusahaan dalam persaingan proyek.

Percepatan pengadaan material (M6) juga divalidasi penuh. E1 menyatakan bahwa *“pencarian vendor berdasarkan kategori manajemen cukup dilakukan melalui sistem tanpa pencarian manual”*. E2 dan E3 menjelaskan bahwa kontrak payung (*outline agreement*) memungkinkan kebutuhan rutin dipenuhi tanpa proses tender ulang. E4 menambahkan bahwa sistem mempercepat klarifikasi dan penetapan pemenang. E5 sampai E7 sepakat bahwa percepatan ini tidak mengurangi kontrol prosedural karena seluruh proses tetap terdokumentasi.

Pengurangan duplikasi pekerjaan (M7) menjadi manfaat berikutnya yang disepakati penuh. E1 menyebutkan bahwa *“data cukup dientry satu kali dan langsung terdistribusi ke modul lain”*. E2 menambahkan bahwa integrasi SAP dengan sistem pendukung mengurangi *re-entry* data. E3 dan E4 menekankan bahwa kesalahan administratif berkurang signifikan. E5 hingga E7 menyatakan bahwa beban dokumentasi manual berkurang, sehingga sumber daya dapat difokuskan pada aktivitas strategis.

Pada *traceability* dan *real time data flow* (M8), seluruh *expert* menyatakan setuju. E1 menyampaikan bahwa *“status PO hingga pembayaran dapat dilacak dalam sistem”*. E2 dan E3 menjelaskan bahwa monitoring persediaan gudang dan penerimaan barang terdokumentasi digital. E4 menambahkan bahwa integrasi dengan sistem warehouse memungkinkan kontrol stok lebih akurat. E5 sampai E7 menilai kemampuan ini krusial dalam proyek multi-lokasi yang memerlukan kontrol distribusi material secara simultan.

Pengukuran kinerja SCM (M9) memperoleh persetujuan mayoritas ($\Sigma=5$), namun menunjukkan adanya ruang pengembangan. E1 menyatakan bahwa *“KPI efisiensi dan nilai pengadaan dapat ditarik dari sistem”*. E2 menambahkan bahwa data kontribusi SCM terhadap proyek dapat dihitung. Namun, E3 menyampaikan bahwa *“belum semua indikator kinerja otomatis tersedia sebagai dashboard analitik”*. E4 dan E5 menambahkan bahwa beberapa evaluasi masih dilakukan di luar ERP. E6 dan E7 sepakat bahwa ERP mendukung pengukuran kinerja, tetapi optimalisasi sebagai performance analytics tool masih diperlukan.

Dalam hal resiliensi dan manajemen risiko proaktif (M10), seluruh *expert* sepakat bahwa ERP memperkuat mitigasi risiko. E1 menyatakan bahwa *“potensi keterlambatan vendor dapat terdeteksi lebih dini”*. E2 menambahkan bahwa *risk profile* vendor tersedia sebelum kontrak ditetapkan. E3 dan E4 menjelaskan bahwa monitoring biaya dan

deviasi anggaran lebih mudah dilakukan. E5 - E7 sepakat bahwa ERP meningkatkan kontrol preventif terhadap risiko proyek.

Kolaborasi pemasok (M11) dinilai meningkat. E1 menyatakan bahwa *“interaksi vendor melalui e-procurement lebih terstruktur dan terdokumentasi”*. E2 menambahkan bahwa *vendor management system* membantu klasifikasi dan evaluasi vendor. E3-E7 sepakat hubungan menjadi lebih profesional dan berbasis sistem, bukan relasi informal.

Optimalisasi inventaris dan *advanced analytics* (M12) memperoleh validasi penuh. E1 menyebut bahwa stok dapat dipantau real-time melalui integrasi warehouse. E2, E3, E4 menilai perencanaan kebutuhan material menjadi lebih akurat. E5 - E7 mengakui bahwa meskipun fitur analitik belum sepenuhnya dimanfaatkan, ERP menyediakan fondasi kuat untuk pengembangan *predictive analytics*.

Pada *sustainability dan compliance* (M13), seluruh *expert* sepakat bahwa ERP mendukung kepatuhan prosedur dan audit. E1 menyatakan bahwa *“ERP memastikan setiap transaksi sesuai prosedur dan terdokumentasi”*. E2 sampai E6 menyoroti pentingnya audit trail dalam konteks regulasi BUMN. E7 menambahkan bahwa sistem ini memperkuat prinsip ESG dan *good corporate governance*.

Terakhir, pada fondasi AI, IoT, dan blockchain (M14), seluruh *expert* menyepakati bahwa ERP merupakan prasyarat transformasi digital lanjutan. E1 menyatakan bahwa *“tanpa integrasi data di ERP, pengembangan AI sulit dilakukan”*. E sampai E4 menilai integrasi sistem membuka peluang otomatisasi lanjutan. E5 sampai E7 menekankan bahwa ERP adalah infrastruktur dasar menuju digital enterprise.

Secara keseluruhan, hasil validasi menunjukkan bahwa ERP telah berkembang menjadi infrastruktur digital strategis yang memperkuat efisiensi, integrasi, tata kelola, dan daya saing SCM BUMN konstruksi. Meskipun demikian, optimalisasi pada aspek *performance analytics* dan pemanfaatan *advanced analytics* masih menjadi agenda pengembangan berikutnya untuk memaksimalkan nilai strategis ERP.

Table 3 Manfaat Tambah Berdasarkan Hasil Temuan Wawancara dengan *Expert*

Kode	Manfaat Tambah (<i>Emergent</i>)	Uraian Berdasarkan Pernyataan <i>Expert</i>	Pernyataan
MT1	Standardisasi dokumen pengadaan secara korporat	ERP dengan system pendukung internal menghasilkan format dokumen pengadaan yang seragam (DP3, tender, PO), sehingga proyek tidak lagi menggunakan format berbeda-beda dan mengurangi potensi kesalahan administratif.	E1, E6, E7
MT2	Peningkatan kontrol terhadap proses di luar sistem	Dengan ERP, hampir seluruh proses pengadaan “dipaksa” masuk ke sistem sehingga meminimalkan praktik pengadaan di luar mekanisme resmi.	E1
MT3	Mengurangi ketergantungan pada komunikasi informal	Proses yang terdokumentasi dalam sistem mengurangi ketergantungan pada komunikasi lisan atau informal (telepon/WhatsApp) sebagai dasar keputusan.	E2

3.4 Tantangan Implementasi

Hasil validasi menunjukkan bahwa secara umum sebagian besar tantangan dinilai relevan oleh para *expert*, khususnya pada fase awal implementasi ERP. Tantangan yang paling dominan adalah kompleksitas sistem ERP, yang disepakati oleh seluruh narasumber. Kompleksitas ini terutama disebabkan oleh integrasi lintas fungsi serta kebutuhan penyesuaian proses bisnis konstruksi yang bersifat dinamis. Meskipun demikian, kompleksitas tersebut dinilai dapat dikendalikan seiring meningkatnya kompetensi pengguna dan kematangan organisasi dalam mengelola sistem ERP.

Table 4 Tantangan Implementasi ERP terhadap SCM

Kode	Tantangan	Studi Literatur												Validasi <i>Expert</i>							Σ	Hasil Validasi	
		L ²	L ³	L ⁵	L ⁶	L ⁷	L ⁸	L ⁹	L ¹⁰	L ¹¹	L ¹²	L ¹³	L ¹⁴	E ¹	E ²	E ³	E ⁴	E ⁵	E ⁶	E ⁷			
T1	Kompleksitas teknis	√			√		√	√					√	S	S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid
T2	Biaya tinggi	√	√	√			√				√			S	S	S	TS	S	S	S	6	Sangat Valid	
T3	Integrasi sistem lama	√			√		√			√		√		TS	S	S	TS	TS	S	S	4	Cukup Valid	
T4	Resistensi pengguna		√				√					√		TS	S	S	S	S	S	S	6	Sangat Valid	
T5	Kesiapan SDM dan adaptasi SOP baru	√	√		√		√	√			√		√	S	S	S	S	S	S	S	7	Sangat Valid	

Kode	Tantangan	Studi Literatur				Validasi <i>Expert</i>								Σ	Hasil Validasi		
		✓	✓	✓	✓	TS	TS	S	TS	TS	S	S	S				
T6	Keterbatasan infrastruktur teknologi	✓	✓		✓	TS	TS	S	TS	TS	S	S	3	Valid			
T7	Kurangnya dukungan manajemen puncak		✓			✓	TS	TS	TS	TS	TS	TS	0	Tidak Valid			
T8	Keterbatasan dukungan teknis / tenaga ahli (IT/ERP)	✓		✓	✓		S	S	S	TS	TS	S	TS	4	Cukup Valid		
T9	Masalah keamanan data			✓	✓	✓	S	S	TS	TS	TS	S	S	4	Cukup Valid		
T10	Kesenjangan antara Fitur ERP dan Proses Bisnis	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	TS	S	S	TS	TS	TS	S	3	Tidak Valid

Hasil validasi *expert* menunjukkan bahwa implementasi ERP dalam pengelolaan SCM di BUMN konstruksi tidak terlepas dari berbagai tantangan organisasi, teknis, maupun sumber daya manusia. Tantangan kompleksitas teknis sistem ERP (T1) dinyatakan valid karena mayoritas *expert* menilai ERP memiliki struktur modul dan proses bisnis yang kompleks serta terintegrasi dengan berbagai sistem pendukung. E1 menjelaskan bahwa “ERP seperti SAP memiliki banyak modul yang saling terhubung dan juga terintegrasi dengan berbagai aplikasi pendukung”, sementara E2 menambahkan bahwa “kompleksitas konfigurasi sistem membuat penyesuaian proses bisnis membutuhkan waktu”. E3 menyoroti integrasi antar modul seperti *material management*, *project system*, dan *finance*, sedangkan E4 hingga E7 sepakat bahwa kompleksitas ini menuntut kompetensi teknis yang memadai. Temuan ini menunjukkan bahwa kompleksitas ERP menjadi tantangan utama yang memerlukan kesiapan teknis organisasi.

Tantangan kedua berkaitan dengan biaya implementasi yang relatif tinggi (T2). Mayoritas *expert* menilai bahwa investasi ERP, terutama yang berbasis SAP, membutuhkan biaya besar baik untuk lisensi, infrastruktur, maupun pengembangan sistem pendukung. E1 menyatakan bahwa “lisensi dan implementasi SAP memerlukan investasi yang sangat besar dibandingkan sistem aplikasi biasa”. E2 menambahkan bahwa “biaya tidak hanya pada software, tetapi juga pada konsultasi, integrasi sistem, serta maintenance”. E3 dan E4 juga menyoroti kebutuhan investasi pada pengembangan aplikasi pendukung. Sementara itu, E5 hingga E7 menegaskan bahwa meskipun biaya implementasi tinggi, investasi tersebut dianggap penting untuk mendukung transformasi digital perusahaan.

Tantangan integrasi dengan sistem lama (T3) dinyatakan “cukup valid” karena pandangan *expert* beragam. Sebagian menilai integrasi bukan hambatan utama, seperti E1 yang menyatakan bahwa “integrasi dari sistem lama ke SAP berjalan relatif lancar”, didukung oleh E4 dan E5. Namun, sebagian menilai integrasi tetap menantang, seperti E2 yang menyebutkan bahwa “integrasi dengan sistem lama dan sistem surrounding menantang, terutama sinkronisasi data”, sejalan dengan E3 dan E6 yang menyoroti kompleksitas data dan proses stabilisasi. Temuan ini menunjukkan bahwa tantangan integrasi bersifat kontekstual, bergantung pada strategi migrasi dan kesiapan sistem organisasi.

Tantangan resistensi pengguna terhadap perubahan (T4) dinyatakan “valid” dan umumnya muncul pada tahap awal implementasi. E1 menyebutkan bahwa “tidak ada penolakan signifikan, hanya perbedaan kecepatan adaptasi pengguna”. Namun, sebagian besar *expert* mengakui adanya resistensi pada fase awal, seperti E2 yang menyatakan bahwa “resistensi muncul pada fase dual system dan perubahan budaya kerja, namun berkurang setelah sosialisasi dan pelatihan”, sejalan dengan E3 hingga E7. Temuan ini menunjukkan bahwa resistensi bersifat sementara dan dapat diminimalkan melalui sosialisasi, pelatihan, serta *change management* yang efektif.

Selain itu, kesiapan SDM dalam memahami SOP baru berbasis ERP juga menjadi tantangan penting (T5) dan dalam penelitian ini dinyatakan “valid” karena semua *expert* sepakat kesiapan SDM dan adaptasi SOP menjadi tantangan. E1 menyatakan bahwa “ERP menuntut pengguna mengikuti prosedur yang lebih terstruktur dibandingkan sistem manual”. E2 menambahkan bahwa “tidak semua staf langsung memahami alur kerja baru di dalam sistem”. E3 menjelaskan bahwa perubahan SOP membutuhkan proses pembelajaran yang berkelanjutan. E4 hingga E7 sepakat bahwa peningkatan literasi digital dan pelatihan berkelanjutan menjadi faktor kunci keberhasilan implementasi ERP.

Tantangan keterbatasan infrastruktur teknologi (T6) dinyatakan “tidak valid” karena mayoritas *expert* tidak menganggapnya sebagai hambatan utama. E1 menyatakan bahwa “*infrastruktur dinilai memadai dan stabil*”, didukung oleh E2- E5 yang menegaskan bahwa infrastruktur telah mendukung operasional *ERP*, bahkan berbasis *cloud*. Namun, sebagian kecil *expert* tetap menyoroti pentingnya pengembangan berkelanjutan, seperti E6 yang menyebutkan bahwa “*infrastruktur terus dievaluasi dan ditingkatkan*”, sejalan dengan E7. Temuan ini menunjukkan bahwa infrastruktur bukan tantangan utama, tetapi tetap memerlukan peningkatan untuk menjaga kinerja sistem *ERP*.

Kurangnya dukungan manajemen puncak (T7), dalam penelitian ini dinyatakan “tidak valid” karena seluruh *expert* sepakat bahwa dukungan manajemen justru sangat kuat. E1 menyatakan bahwa “*manajemen puncak justru menjadi penggerak utama implementasi ERP*”, sejalan dengan E2 dan E3 yang menegaskan bahwa implementasi dilakukan secara *top-down* dengan komitmen penuh dari direksi. Hal ini diperkuat oleh E4 - E7 yang menyebutkan bahwa dukungan manajemen merupakan faktor kunci keberhasilan dan telah terpenuhi dengan baik dalam organisasi. Dengan demikian, kurangnya dukungan manajemen puncak tidak menjadi tantangan, melainkan menjadi kekuatan utama dalam implementasi *ERP*.

Tantangan keterbatasan dukungan teknis IT/ERP (T8) menunjukkan hasil yang beragam dan cenderung muncul pada tahap awal implementasi. Sebagian *expert* menilai dukungan teknis masih perlu diperkuat, seperti E1 yang menyatakan bahwa “*dukungan teknis perlu terus diperkuat*” dan E2 yang menambahkan bahwa “*pada awal implementasi masih bergantung pada vendor*”, sejalan dengan E3 dan E6 yang menyoroti kebutuhan peningkatan kompetensi internal. Namun, sebagian lainnya menilai kondisi saat ini sudah memadai, di mana E4 menyatakan bahwa “*dukungan IT internal dan vendor dinilai sangat memadai*”, didukung oleh E5 dan E7 yang menegaskan kemandirian tim *ERP* internal. Temuan ini menunjukkan bahwa keterbatasan dukungan teknis bersifat sementara dan dapat diatasi melalui penguatan kompetensi SDM serta *knowledge transfer* yang efektif.

Tantangan risiko keamanan dan perlindungan data (T9) dinilai “cukup valid” karena terdapat pandangan yang berimbang di antara *expert*. Sebagian *expert* menilai risiko keamanan tetap signifikan, seperti E1 yang menyatakan bahwa “*data ERP bersifat strategis sehingga risiko keamanan tetap menjadi perhatian*” dan E2 yang menambahkan bahwa “*data terpusat meningkatkan risiko kebocoran*”, sejalan dengan E6 dan E7. Namun, sebagian lainnya menilai sistem yang ada sudah memadai, di mana E3 menyebutkan bahwa “*sistem keamanan dan role access dinilai memadai*”, didukung oleh E4 dan E5 yang menekankan penerapan *firewall*, audit, dan sistem berbasis *cloud*. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun risiko keamanan diakui, dalam praktiknya telah dapat dikelola melalui sistem keamanan dan tata kelola IT yang memadai.

Terakhir, kesenjangan antara konfigurasi *ERP* dan proses bisnis organisasi (T10) juga muncul sebagai tantangan yang perlu diperhatikan. E1 menjelaskan bahwa “*ERP memiliki standar proses tertentu yang terkadang tidak sepenuhnya sesuai dengan karakteristik proyek konstruksi*”. E2 menambahkan bahwa perusahaan seringkali perlu melakukan penyesuaian proses bisnis agar sesuai dengan sistem. E3-E7 sepakat bahwa proses harmonisasi antara sistem dan proses bisnis organisasi menjadi langkah penting dalam optimalisasi *ERP*.

Secara keseluruhan, hasil validasi menunjukkan bahwa tantangan implementasi *ERP* dalam SCM BUMN konstruksi tidak hanya berkaitan dengan aspek teknologi, tetapi juga mencakup dimensi organisasi dan sumber daya manusia. Namun, tidak semua tantangan dalam literatur relevan dengan kondisi empiris, yang mengindikasikan bahwa BUMN konstruksi telah melakukan adaptasi yang baik dalam transformasi digital. Selain memvalidasi tantangan yang ada, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan tambahan (*emergent challenges*) yang tidak ditemukan dalam studi literatur, yaitu sebagai berikut:

Table 5 Tantangan Tambahan Berdasarkan Hasil Temuan Wawancara dengan *Expert*

Kode	Tantangan Tambahan (<i>Emergent</i>)	Uraian Ringkas Berdasarkan Pernyataan <i>Expert</i>	Pernyataan
TT1	Delay sinkronisasi data antar sistem (SAP dan sistem pendukung internal)	Tantangan implementasi bukan hanya “integrasi berhasil/tidak”, tetapi juga kecepatan sinkronisasi data antara SAP dan sistem pendukung internal. Keterlambatan pertukaran data dapat mengganggu respons pengadaan dan kebutuhan proyek.	E2
TT2	Data tersedia tetapi penyajian analitik belum optimal	Walaupun SAP menyimpan data secara lengkap, tantangan muncul ketika data tersebut belum tersaji menjadi insight/analitik yang siap digunakan. Akibatnya, beberapa keputusan masih membutuhkan pengolahan atau kajian tambahan secara manual di luar sistem.	E3
TT3	Update jadwal dan realisasi proyek belum konsisten di sistem/ integrasi <i>ERP</i> dengan <i>project schedule</i>	SAP membutuhkan informasi kebutuhan material dan waktu (tanggal) yang akurat. Tantangan muncul ketika perubahan jadwal dan realisasi proyek tidak selalu diperbarui secara konsisten, sehingga pengadaan berisiko tidak sesuai kebutuhan aktual proyek.	E2

Kode	Tantangan Tambahan (<i>Emergent</i>)	Uraian Ringkas Berdasarkan Pernyataan <i>Expert</i>	Pernyataan
TT4	Konflik KPI lintas fungsi (prioritas berbeda antar unit kerja)	Tantangan organisasi muncul karena implementasi SAP menuntut <i>proses end-to-end</i> lintas fungsi, namun tiap unit memiliki KPI, target, dan prioritas kerja berbeda. Kondisi ini membuat penyaluran proses dan perubahan cara kerja menjadi lebih sulit.	E5
TT5	Kebutuhan standarisasi proses dan master data antar entitas	SAP digunakan lintas entitas perusahaan sehingga diperlukan standarisasi master data (misalnya kode sumber daya/material) dan proses. Tanpa standar yang sama, konsolidasi data antar entitas akan sulit dan hasil analisis menjadi tidak seragam.	E5

3.5 Strategi Optimalisasi Implementasi ERP terhadap SCM

Berdasarkan identifikasi tantangan implementasi ERP dalam pengelolaan SCM, peneliti merumuskan serangkaian strategi optimalisasi untuk mengatasi berbagai hambatan teknis, organisasional, maupun operasional yang sering muncul dalam implementasi ERP, khususnya pada industri konstruksi berdasarkan studi literature.

Table 6 Strategi Optimasilasi Implementasi ERP terhadap SCM

Kode	Tantangan	Strategi	Studi Literatur											
			L ²	L ³	L ⁵	L ⁶	L ⁷	L ⁸	L ⁹	L ¹⁰	L ¹¹	L ¹²	L ¹³	L ¹⁴
S1	Kompleksitas teknis	Melibatkan konsultan ahli dalam proses implementasi, mengembangkan modul ERP sesuai kebutuhan bisnis, penyederhanaan <i>interface</i> dan pelatihan berkelanjutan	√			√			√					√
S2	Biaya tinggi	Seleksi sistem ERP sesuai kebutuhan SCM & Perusahaan serta perencanaan menyeluruh dengan anggaran realistis						√				√		
S3	Integrasi sistem lama	Meningkatkan kualitas infrastruktur teknologi pendukung ERP & Fase implementasi bertahap	√			√					√		√	
S4	Resistensi pengguna	Pelatihan SDM dan manajemen perubahan yang efektif & Sosialisasi manfaat ERP		√										√
S5	Kesiapan SDM dan adaptasi SOP baru	Program pelatihan komprehensif & Menyediakan panduan penggunaan ERP yang jelas	√			√			√				√	√
S6	Keterbatasan infrastruktur teknologi	Meningkatkan kualitas infrastruktur teknologi pendukung ERP & Integrasi teknologi pendukung (AI, IoT, blockchain, RFID)	√			√							√	
S7	Kurangnya dukungan manajemen puncak	Memperkuat dukungan manajemen puncak & komunikasi regular		√										√
S8	Keterbatasan dukungan teknis	Membangun tim internal khusus, <i>Service level agreement</i> dengan vendor, Program <i>knowledge transfer</i> & Pelatihan sertifikasi teknis	√					√	√					
S9	Masalah keamanan data	Implementasi protokol keamanan berlapis & Audit keamanan berkala									√		√	
S10	Kesenjangan antara Fitur ERP dan Proses Bisnis Spesifik SCM	<i>Business process reengineering</i> & Konfigurasi modul sesuai kebutuhan	√	√		√							√	√

Secara keseluruhan, strategi optimalisasi yang dirumuskan dalam penelitian ini merupakan hasil sintesis antara temuan literatur dan analisis tantangan implementasi ERP pada SCM. Selanjutnya, strategi-strategi tersebut akan divalidasi lebih lanjut melalui wawancara dengan para *expert* guna memastikan tingkat relevansi, kelayakan implementasi, serta kesesuaiannya dengan konteks operasional perusahaan konstruksi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini mengonfirmasi bahwa implementasi *Enterprise Resource Planning* ERP merupakan *enabler* utama dalam meningkatkan kinerja *Supply Chain Management* (SCM) pada BUMN konstruksi. ERP terbukti meningkatkan efisiensi operasional, transparansi, serta kualitas pengambilan keputusan melalui integrasi data lintas fungsi. Namun demikian, implementasi ERP masih menghadapi tantangan yang mencakup kompleksitas sistem, kesiapan sumber daya manusia, dan biaya yang tinggi. Selain itu, tantangan *emergent* seperti kualitas input data dan keterlambatan sinkronisasi sistem menunjukkan bahwa aspek operasional masih menjadi faktor kritis.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah responden *expert* yang relatif terbatas serta fokus pada BUMN konstruksi, sehingga generalisasi hasil masih terbatas. Selain itu, pendekatan kualitatif belum mampu mengukur dampak kuantitatif ERP terhadap kinerja SCM. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model kuantitatif guna mengukur pengaruh ERP terhadap kinerja SCM secara lebih terukur, serta mengeksplorasi integrasi ERP dengan teknologi seperti BIM, AI, dan IoT dalam konteks *supply chain* konstruksi.

REFERENSI

- Afif, M. R., & Khomsiyah, K. (2024). Analisis Faktor Kesuksesan Penerapan ERP di BUMN Industri Konstruksi (Studi Kasus di PT Wijaya Karya (Persero) Tbk). *Syntax Literate ; Jurnal Ilmiah Indonesia*, 9(9), 4745–4758. <https://doi.org/10.36418/syntax-literate.v9i9.16337>
- Asif, M., Siddiqui, N. U. H., & Faraz, M. (2024). Evaluating the Impact of ERP Implementation on Supply Chain Performance: A Case Study of Youngs Food in Pakistan. *International Journal of Trends and Innovations in Business & Social Sciences*, 2(2), 220–232. <https://doi.org/10.48112/tibss.v2i2.805>
- Boutros, M.-B., El Hajj, C., Jawad, D., & Martínez Montes, G. (2024). Diffusion of ERP in the Construction Industry: An ERP Modules Approach: Case Study of Developing Countries. *Buildings*, 14(10), 3224. <https://doi.org/10.3390/buildings14103224>
- Celik, B. G., Abraham, Y. S., & Attaran, M. (2024). Unlocking Blockchain in Construction: A Systematic Review of Applications and Barriers. *Buildings*, 14(6), 1600. <https://doi.org/10.3390/buildings14061600>
- Collantes, R., Portilla, J., Rodriguez, S., & Garcia, F. (2020). Time and cost reduction in the production chain of construction projects through collaborative computer systems. *2020 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CONIITI51147.2020.9240406>
- Dewi, P. P., & Asriani, N. L. P. (2019). Analisis Faktor-Faktor Kesuksesan Penerapan Enterprise Resource Planning (ERP) Pada Perusahaan Pengguna ERP Wilayah Bali. *Jurnal Riset Akuntansi Mercu Buana*, 5(1), 39. <https://doi.org/10.26486/jramb.v5i1.645>
- Haddara, M., & Zach, O. (2012). ERP Systems in SMEs: An Extended Literature Review. *International Journal of Information Science*, 2(6), 106–116. <https://doi.org/10.5923/j.ijis.20120206.06>
- Indrayani, N. L. A. (2022). PENERAPAN SISTEM ENTERPRISE RESOURCE PLANNING (ERP) PADA PERUSAHAAN JASA KONSTRUKSI. *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 3(2), 11–16. <https://doi.org/10.34010/crane.v3i2.8159>
- Kouriaty, A., Bournaris, T., Manos, B., & A., S. (2020). Critical Success Factors on the Implementation of ERP Systems: Building a Theoretical Framework. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(11). <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2020.0111104>
- Maddeppungeng, A., Bethary, R. T., & Wibowo, D. H. (2013). STUDI PENGARUH KETERLAMBATAN PROYEK TERHADAP COST OVERRUNS PROYEK. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 2(2). <https://doi.org/10.36055/jft.v2i2.1729>
- Mandičák, T., Spišáková, M., Mésároš, P., & Kozlovská, M. (2022). Design of Economic Sustainability Supported by Enterprise Resource Planning Systems in Architecture, Engineering, and Construction. *Buildings*, 12(12), 2241. <https://doi.org/10.3390/buildings12122241>
- Murray, M. (with Akhtar, J.). (2016). *Materials Management with SAP ERP* (4th ed). Rheinwerk Publishing Inc.
- Omoegun, G., Fiemotongha, J. E., Omisola, J. O., Okenwa, O. K., & Onaghinor, O. (t.t.). *Advances in ERP-Integrated Logistics Management for Reducing Delivery Delays and Enhancing Project Delivery*.
- Prasetya, A., Anshori, M., & Andriani, N. (2023). Opportunities and Challenges of Enterprise Resource Planning (ERP) in Construction Companies in Indonesia: A Systematic Literature Review. *Jurnal Ilmiah Manajemen Kesatuan*, 11(3), 919–926. <https://doi.org/10.37641/jimkes.v11i3.2213>
- Pulluru, S. R. (2025). Overcoming Resistance to SAP ERP Adoption Among Professionals—A Change Management Perspective. *European Modern Studies Journal*, 9(4), 715–726. [https://doi.org/10.59573/emsj.9\(4\).2025.68](https://doi.org/10.59573/emsj.9(4).2025.68)
- Qureshi, M. R. N. M. (2022). Evaluating Enterprise Resource Planning (ERP) Implementation for Sustainable Supply Chain Management. *Sustainability*, 14(22), 14779. <https://doi.org/10.3390/su142214779>
- Santos, M. M. D. (2023). Streamlining ERP Implementations: A Consultant's Guide to Success. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 11(01), 4516–4524. <https://doi.org/10.18535/ijrm/v11i01.em12>
- Sateesh Rao Pala. (2025). ERP-Driven Supply Chain Integration: Transforming Modern Business Operations. *International Journal on Science and Technology*, 16(1), 2922. <https://doi.org/10.71097/IJSAT.v16.i1.2922>
- Sousa, A. M. H. D., & Barros Neto, J. D. P. (2020). Is it possible to implement ERP in the production function of civil construction? *Gestão & Produção*, 27(3), e4445. <https://doi.org/10.1590/0104-530x4445-20>
- Sudarmi, E., & Sunaryo, W. (t.t.). *Enhancing Inventory Accuracy and Operational Performance with ERP*.
- Sunyaev, A., Dehling, T., Strahringer, S., Da Xu, L., Heinig, M., Perscheid, M., Alt, R., & Rossi, M. (2023). The Future of Enterprise Information Systems. *Business & Information Systems Engineering*, 65(6), 731–751. <https://doi.org/10.1007/s12599-023-00839-2>

- Trinoverly, Y., Handayani, P. W., & Azzahro, F. (2018). Analyzing The Benefit of ERP Implementation in Developing Country: A State Owned Company Case Study. *2018 International Conference on Information Management and Technology (ICIMTech)*, 75–80. <https://doi.org/10.1109/ICIMTech.2018.8528166>
- Voordijk, H., Van Leuven, A., & Laan, A. (2003). Enterprise Resource Planning in a large construction firm: Implementation analysis. *Construction Management and Economics*, 21(5), 511–521. <https://doi.org/10.1080/0144619032000072155>
- Yan, D., & Ramayah, T. (2023). The Application and Benefit Evaluation of Digital Enterprise Resource Planning System in Supply Chain Management. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 8(4), 23204. <https://doi.org/10.55267/iadt.07.14036>