



Strategi Meningkatkan Kinerja Perusahaan Konstruksi Melalui Integrasi Supply Chain Management Studi Kasus PT Nindya Karya (Persero)

Cut Raisa¹

¹School of Business and Management, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia,
cut.raisa@sbm-itb.ac.id

Corresponding Author: cut.raisa@sbm-itb.ac.id¹

Abstract: *The construction sector, as the fourth largest contributor to Indonesia's GDP, faces growing structural inefficiencies compounded by fragmented digital systems, thin project margins, and supply chain disruptions. PT Nindya Karya (PTNK), a multi-pillar State-Owned Enterprise (SOE) construction company, exemplifies this condition: an existing Enterprise Resource Planning (ERP) system lacks integration between upstream supply chain processes—procurement, inventory, and vendor coordination—and downstream financial reconciliation, generating siloed data, cost overruns, and a gap against the government's mandatory INDI 4.0 readiness target of ≥ 3.5 . This study develops a phased, integrated Supply Chain Management (SCM) digital transformation strategy using a mixed-method approach. The Relative Importance Index (RII) ranks critical SCM variables from survey respondents ($n=48$), while the Analytical Hierarchy Process (AHP) within the KBPMS framework derives board-validated priority weights across Internal Process, Resource Capability, and Business Result perspectives. IFAS, EFAS, SFAS, and TOWS Matrix analyses translate findings into strategic context. Five priority modules emerge which is Digital Warehouse System (DWS), Integrated Vendor System (IVS), Secure Digital Platform (SDP), Digital Invoice Verification (DIV), and Real-time Integrated System for COGS Optimization (RIS) that converging into a 36-month, three-phase roadmap that targets 2–3% COGS reduction, eliminates cost leakage, secures data integrity, embeds carbon footprint monitoring, and achieves INDI 4.0 compliance, transforming supply chain integration into a strategic foundation for sustained construction performance.*

Keywords: *Integrated SCM, AHP-KBPMS Framework, COGS Optimization, Sustainable Construction, Digital Transformation*

Abstrak: Sektor konstruksi sebagai kontributor terbesar keempat terhadap PDB Indonesia menghadapi inefisiensi struktural yang diperparah oleh sistem digital yang terfragmentasi, margin proyek yang tipis, dan gangguan rantai pasok. PT Nindya Karya (PTNK), perusahaan

konstruksi BUMN multi-pilar, mencerminkan kondisi ini: sistem ERP yang ada tidak mampu mengintegrasikan proses rantai pasok hulu yaitu pengadaan, inventori, dan koordinasi vendor dengan rekonsiliasi keuangan hilir, sehingga menghasilkan silo data, pembengkakan biaya, dan ketidakcapaian target kesiapan INDI 4.0 $\geq 3,5$ yang diwajibkan pemerintah. Penelitian ini mengembangkan strategi transformasi digital Supply Chain Management (SCM) yang terintegrasi dan bertahap melalui pendekatan metode campuran. Relative Importance Index (RII) merangking variabel SCM kritis dari responden survei ($n=48$), sedangkan Analytical Hierarchy Process (AHP) dalam kerangka KBPMS menghasilkan bobot prioritas tervalidasi Direksi pada perspektif Proses Internal, Kapabilitas Sumber Daya, dan Hasil Bisnis. Analisis IFAS, EFAS, SFAS, dan Matriks TOWS menghasilkan temuan ke dalam konteks strategis. Lima modul prioritas teridentifikasi yaitu Digital Warehouse System (DWS), Integrated Vendor System (IVS), Secure Digital Platform (SDP), Digital Invoice Verification (DIV), dan Real-time Integrated System untuk Optimasi COGS (RIS) yang membentuk peta rencana tiga fase selama 36 bulan. Strategi ini menargetkan penurunan COGS 2–3%, menurunkan inefisiensi biaya, mengamankan data, mengintegrasikan pemantauan jejak karbon, dan mencapai kepatuhan INDI 4.0, sehingga mentransformasi integrasi rantai pasok menjadi fondasi strategis bagi kinerja konstruksi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Integrasi SCM, Kerangka AHP-KBPMS, Optimasi COGS, Konstruksi Berkelanjutan, Transformasi Digital

PENDAHULUAN

Sektor konstruksi memegang peran strategis dalam perekonomian nasional Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), kontribusi sektor ini terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) mencapai 10,21% pada 2015, 10,70% pada 2020, dan 9,83% pada 2025 menjadikannya kontributor terbesar keempat di antara tujuh belas sektor industri utama (BPS, 2025). Besarnya kontribusi ini menempatkan sektor konstruksi sebagai akselerator pembangunan infrastruktur nasional yang tidak dapat diabaikan, khususnya dalam mendukung program Indonesia Emas 2045.

Namun demikian, industri konstruksi global secara historis tertinggal dalam adopsi transformasi digital dibandingkan sektor lainnya. McKinsey Global Institute (2015) mencatat bahwa sektor konstruksi konsisten berada pada kategori digitalisasi rendah di seluruh indikator mulai dari belanja digital, aset digital, hingga digitalisasi proses bisnis. Di Indonesia, Badan Usaha Milik Negara (BUMN) di sektor konstruksi menghadapi tantangan berlapis: sistem digital yang terfragmentasi, margin proyek yang tipis, dan inefisiensi rantai pasok yang melemahkan kondisi finansial. Pemerintah melalui program Making Indonesia 4.0 mewajibkan seluruh BUMN mencapai skor INDI 4.0 minimum 3,5, namun PT Nindya Karya (PTNK) baru mencatatkan skor 2,94 pada Juni 2022 (PT Nindya Karya, n.d.).

PT Nindya Karya merupakan BUMN konstruksi multipilar bergerak dalam bidang konstruksi, energi, manufaktur, properti, dan jalan tol. Meskipun memiliki kinerja yang cukup baik pada proyek-proyek strategis nasional (PSN), PTNK menghadapi tantangan bisnis yaitu sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) yang tidak terintegrasi antara proses rantai pasok di hulu (pengadaan, inventori, koordinasi vendor) dan rekonsiliasi keuangan di hilir. Hal tersebut menghasilkan data silo, pembengkakan biaya (*cost overruns*), dan ketidakmampuan mengelola *Cost of Goods Sold* (COGS) secara real-time, di mana COGS dibentuk dari pengadaan yang menyerap lebih dari 70% total pengeluaran perusahaan menurut asesmen Direksi.

Analisis akar masalah menggunakan diagram Ishikawa mengidentifikasi empat akar permasalahan utama: (1) silo data dan belum terintegrasi sistem penjadwalan proyek, pengadaan, inventori, dan keuangan; (2) proses manual dan pelaporan non-real-time yang menyebabkan manajemen inventori buruk, ketidakmampuan memprakirakan permintaan, dan manajemen vendor tidak efektif; (3) ERP yang tidak terintegrasi meninggalkan organisasi rentan terhadap risiko biaya tidak terduga; dan (4) kurangnya kesiapan organisasi dalam mengelola transisi kultural yang diperlukan oleh transformasi digital.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi dan memetakan proses *Supply Chain Management* (SCM) kritis dan titik fragmentasi sistem; (2) menentukan variabel kinerja dan memprioritaskan modul utama SCM terintegrasi; serta (3) merancang strategi integrasi SCM yang optimal untuk mencapai keunggulan kompetitif yang berkelanjutan bagi PTNK.

Tujuan penelitian diformulasikan dalam tiga pertanyaan penelitian yaitu RQ1, Proses SCM mana yang paling kritis untuk diintegrasikan, kemudian RQ2, Modul SCM terintegrasi mana yang memberikan kontribusi paling signifikan terhadap peningkatan kinerja perusahaan, dan RQ3, Strategi Implementasi Integrasi SCM yang optimal untuk PTNK.

METODE

Penelitian ini mengadopsi pendekatan metode campuran (*mixed method*) yang menggabungkan metode kuantitatif dan kualitatif secara bertahap dalam tiga tahap sesuai desain penelitian (Creswell, 2009).

Pengumpulan Data

Data primer dikumpulkan melalui dua proses. Pertama, survei dilakukan kepada 48 responden profesional PTNK yang terpilih berdasarkan keterlibatan langsung dalam operasional proyek, mencakup Project Manager, Vice President (VP), dan Senior Vice President (SVP). Instrumen survei menggunakan skala Likert untuk mengukur persepsi responden terhadap 18 item pernyataan yang mewakili 10 variabel kritis SCM. Kedua, wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan dua anggota Direksi PTNK yaitu dengan Direktur Utama (DU) dan Direktur Operasi 2 (DO) untuk memvalidasi bobot prioritas modul SCM dalam kerangka AHP-KBPMS.

Data sekunder diperoleh dari tinjauan literatur sistematis menggunakan database Scopus, Google Scholar, dan Web of Science, serta dokumen perusahaan termasuk Rencana Jangka Panjang Perusahaan (RJPP) 2026–2030, Laporan INDI 4.0, dan dokumentasi kinerja historis perusahaan.

Metode Analisis Data

Analisis data dilaksanakan dalam tiga tahap berurutan sesuai pertanyaan penelitian. Pertama, untuk RQ1, dilakukan uji validitas menggunakan korelasi Spearman's rho (batas $r > 0,284$ pada $n=48$) dan uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha ($\alpha \geq 0,7$), dilanjutkan dengan perhitungan *Relative Importance Index* (RII) untuk menentukan variabel SCM utama berdasarkan persepsi responden.

Kedua, untuk RQ2, diterapkan *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam kerangka Knowledge-Based Performance Management System (KBPMS) yang mengklasifikasikan variabel ke dalam tiga perspektif: Proses Internal, Kapabilitas Sumber Daya, dan Hasil Bisnis. Perhitungan mencakup *Geometric Mean* (GM), *Priority Vector* (Wi), *Consistency Index* (CI), dan *Consistency Ratio* (CR). Matriks perbandingan berpasangan dinyatakan valid jika $CR < 0,10$.

Ketiga, untuk RQ3, dilakukan analisis matriks strategis meliputi *Internal Factor Analysis Summary (IFAS)*, *External Factor Analysis Summary (EFAS)*, *Strategic Factor Analysis Summary (SFAS)*, dan Matriks TOWS untuk merumuskan strategi transformasi digital SCM yang optimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

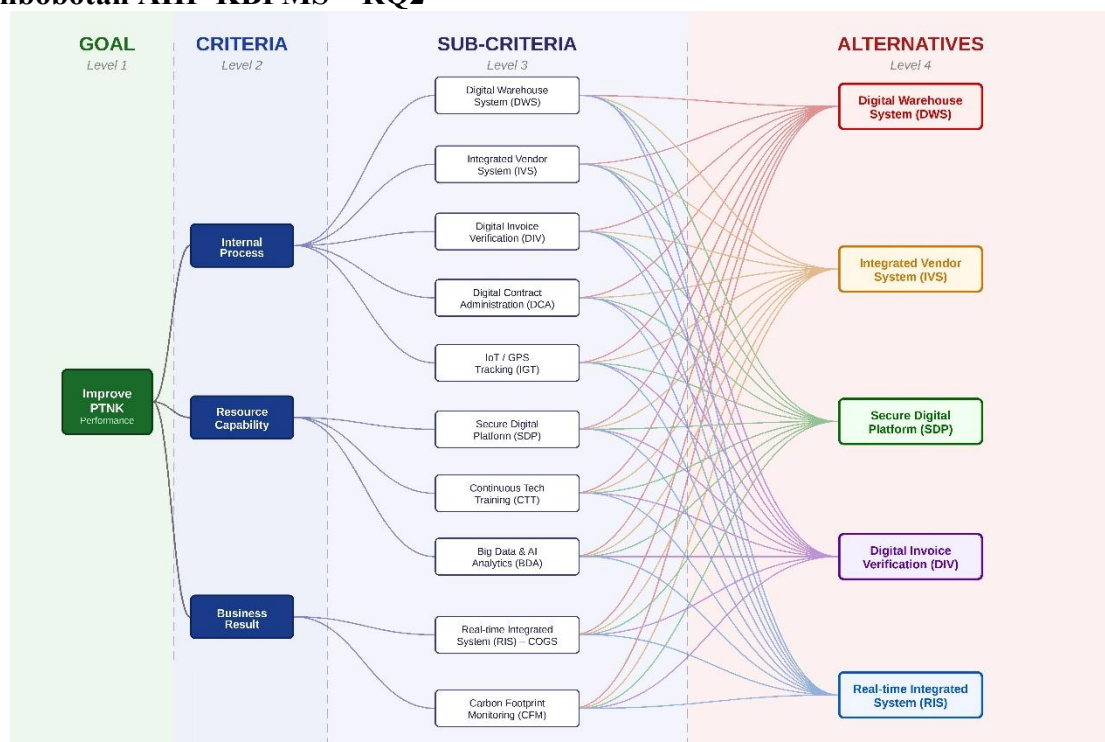
Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas dilakukan terhadap 18 item pernyataan menggunakan korelasi Spearman's rho. Seluruh item (P1–P18) menghasilkan nilai korelasi $> 0,284$ dengan signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga dinyatakan valid. Uji reliabilitas menggunakan Cronbach's Alpha menunjukkan nilai $\alpha \geq 0,7$ untuk seluruh variabel penelitian, mengonfirmasi konsistensi dan keandalan instrumen kuesioner.

Relative Importance Index (RII) – RQ1

Analisis RII terhadap data survei 48 responden mengidentifikasi sepuluh variabel kritis SCM yang perlu diintegrasikan dalam operasi PTNK. Hasil RII menunjukkan bahwa Secure Digital Platform (SDP) menduduki peringkat tertinggi, diikuti oleh *Integrated Vendor System (IVS)*, *Digital Warehouse System (DWS)*, *Continuous Tech Training (CTT)*, dan *Digital Invoice Verification (DIV)* sebagai lima variabel teratas. Variabel-variabel ini menjadi masukan bagi tahap analisis AHP pada RQ2.

Pembobotan AHP-KBPMS – RQ2



Gambar 1. Struktur Hierarki AHP Integrasi SCM Berbasis KBPMS – PTNK

Sumber: Hasil Analisis AHP, diolah penulis

AHP diterapkan untuk menetapkan bobot prioritas global dari sepuluh modul SCM berdasarkan penilaian Direksi PTNK. Hierarki AHP disusun dalam tiga level: (1) Tujuan yaitu Prioritisasi Integrasi SCM untuk Meningkatkan Kinerja PTNK; (2) Perspektif KBPMS

yaitu Proses Internal (IP), Kapabilitas Sumber Daya (RC), dan Hasil Bisnis (BR); serta (3) Variabel SCM per perspektif.

Table 1. Hasil Pembobotan Perspektif KBPMS

Perspektif	Bobot Prioritas (Wi)	CR
Proses Internal (IP)	0,70	0,06 (Valid)
Kapabilitas Sumber Daya (RC)	0,21	
Hasil Bisnis (BR)	0,09	

Sumber: Hasil Analisis AHP, diolah penulis

Perspektif Proses Internal memperoleh bobot tertinggi sebesar 0,70, jauh melampaui Kapabilitas Sumber Daya (0,21) dan Hasil Bisnis (0,09). Nilai CR sebesar $0,06 < 0,1$ mengonfirmasi konsistensi matematis penilaian Direksi. Dominasi Proses Internal mencerminkan diagnosis kritis Direktur Utama: "Hambatan terbesar adalah integrasi data yang suboptimal antara fungsi proyek, pengadaan, logistik, keuangan, dan vendor." Ketika proses inti masih beroperasi secara silo dengan konfirmasi manual, tidak ada investasi teknologi yang akan menghasilkan perbaikan kinerja berkelanjutan.

Untuk sub-kriteria Proses Internal, *Digital Warehouse System* (DWS) mencapai bobot lokal tertinggi 0,481, diikuti *Integrated Vendor System* (IVS) sebesar 0,207, *Digital Invoice Verification* (DIV) 0,150, *Digital Contract Administration* (DCA) 0,095, dan *IoT/GPS Tracking* (IGT) 0,067 dengan CR 0,041. Pada perspektif Kapabilitas Sumber Daya, *Secure Digital Platform* (SDP) mendominasi dengan bobot 0,660, diikuti *Continuous Tech Training* (CTT) 0,180 dan *Big Data & AI Analytics* (BDA) 0,160 dengan CR = 0,035. Untuk Hasil Bisnis, *Real-time Integrated System* untuk Optimasi COGS (RIS) memperoleh bobot 0,846, melampaui *Carbon Footprint Monitoring* (CFM) 0,154 dengan CR = 0,00.

Table 2. Global Priority Ranking – 10 Modul SCM Terintegrasi PTNK

Rank	Kode	Modul SCM	Perspektif	Bobot Global
1	DWS	Digital Warehouse System	Proses Internal	0,34
2	IVS	Integrated Vendor System	Proses Internal	0,14
3	SDP	Secure Digital Platform	Kapabilitas Sumber Daya	0,14
4	DIV	Digital Invoice Verification	Proses Internal	0,10
5	RIS	Real-time Integrated System (COGS)	Hasil Bisnis	0,08
6	DCA	Digital Contract Administration	Proses Internal	0,07
7	IGT	IoT/GPS Tracking	Proses Internal	0,05
8	CTT	Continuous Tech Training	Kapabilitas Sumber Daya	0,04
9	BDA	Big Data and AI Analytics	Kapabilitas Sumber Daya	0,03
10	CFM	Carbon Footprint Monitoring	Hasil Bisnis	0,01

Sumber: Hasil Analisis AHP, diolah penulis

Lima modul prioritas teratas (DWS, IVS, SDP, DIV, RIS) secara kolektif mengakumulasi bobot global sebesar 0,80, merepresentasikan sekitar 80% dari total bobot strategis. Konsentrasi tinggi ini mengimplikasikan bahwa alokasi sumber daya harus diprioritaskan kuat pada kelima modul ini guna memaksimalkan dampak kinerja yang terukur dalam periode implementasi terbatas.

Analisis Strategis IFAS-EFAS-SFAS-TOWS – RQ3

Analisis IFAS menghasilkan skor total 3,29, mengindikasikan posisi internal yang kuat. Kelemahan terbesar adalah tingginya biaya operasional akibat inflasi material dan tenaga kerja (W1) dengan skor tertimbang 0,60 yang mengonfirmasi bahwa COGS yang tidak terkendali merupakan ancaman utama terhadap profitabilitas. Analisis EFAS menghasilkan skor total 3,20, menunjukkan kemampuan di atas rata-rata dalam memanfaatkan peluang pasar. Dukungan program infrastruktur jangka panjang pemerintah (O1) dan sinergi keuangan dalam Grup Danareksa (O2) menjadi peluang paling strategis. Analisis SFAS menghasilkan skor konsolidasi 3,90, menempatkan PTNK pada posisi strategis aktif.

Table 3. Strategi TOWS Matrix PTNK

Kuadran	Strategi	Modul Kunci
<i>SO – Scale-Up Digital SCM</i>	Manfaatkan struktur bisnis terintegrasi (S1) dan pengalaman PSN (S2) bersama peluang infrastruktur pemerintah (O1) untuk mengimplementasikan DWS dan IVS sebagai infrastruktur SCM inti	<i>DWS (Rank 1), IVS (Rank 2), RIS (Rank 5)</i>
<i>ST – Digital Differentiation Shield</i>	Terapkan SDP dan integrasi SCM menyeluruh sebagai kompetensi digital terhadap persaingan BUMN (T2) dan menjadi buffer terhadap gangguan kebijakan makro (T1)	<i>SDP (Rank 3), DWS (Rank 1), DIV (Rank 4)</i>
<i>WO – COGS Reduction for Diversification</i>	Implementasikan RIS dan DIV untuk mereduksi COGS (W1) secara sistematis dan meningkatkan arus kas proyek guna mendanai diversifikasi pasar swasta (O2)	<i>RIS (Rank 5), DIV (Rank 4)</i>
<i>WT – Cost Resilience via Phased SCM</i>	Prioritaskan peta rencana integrasi SCM bertahap dimulai dari DWS sebagai intervensi pengendalian biaya tertinggi	<i>DWS (Rank 1)</i>

Sumber: Hasil Analisis TOWS, diolah penulis

Konvergensi keempat kuadran TOWS menuju modul prioritas yang sama (DWS, IVS, SDP, DIV, RIS) memberikan validasi strategis multi-arah atas pendekatan yang direkomendasikan. Hal ini menunjukkan bahwa kelima modul tersebut bukan hanya unggul secara teknis, tetapi juga strategis dari perspektif kekuatan internal, peluang eksternal, mitigasi kelemahan, maupun penangkalan ancaman.

Strategi Transformasi Digital SCM Bertahap

Dari seluruh hasil analisis, penelitian ini merekomendasikan Strategi Transformasi Digital SCM Bertahap (*Phased Integrated SCM Digital Transformation Strategy*) yang

terstruktur dalam tiga fase selama 36 bulan, selaras dengan RJPP PTNK 2026–2030 dan target wajib INDI 4.0.

Fase 1: Fondasi dan Integrasi Proses Utama (Bulan 1–12). Fase ini berfokus pada pembangunan infrastruktur digital dan deployment dua modul prioritas tertinggi: DWS dan IVS, ditopang oleh SDP. Aktivitas kunci meliputi: pemetaan as-is proses gudang dan manajemen vendor di seluruh lokasi proyek aktif; konfigurasi infrastruktur SDP; implementasi DWS di lokasi proyek pilot; deployment IVS untuk digitalisasi siklus vendor penuh; dan pelatihan teknis tahap pertama. Target capaian: penurunan pemborosan material dan insiden pembelian darurat, dengan target reduksi COGS awal 2–3% dalam 12 bulan.

Fase 2: Integrasi Keuangan dan Ekspansi Operasional (Bulan 13–24). Fase ini menghubungkan sistem keuangan hilir dengan data operasional hulu melalui deployment DIV, DCA, dan inisiasi RIS. Integrasi arus data DWS-IVS-DIV ke dalam dashboard RIS memungkinkan visibilitas COGS real-time pertama kalinya bagi Direksi. Target capaian: eliminasi siklus rekonsiliasi invoice manual harian, percepatan proses pembayaran vendor, dan visibilitas biaya proyek real-time.

Fase 3: *Artificial Intelligence* (AI) dan Kapabilitas Strategis (Bulan 25–36). Fase ini melengkapi transformasi dengan pengembangan BDA, CFM, dan jaringan IGT penuh. BDA memanfaatkan data bersih yang dihasilkan fase sebelumnya untuk analitik prediktif, prakiraan permintaan, dan pemodelan biaya proyek. Target capaian: PTNK mencapai integrasi SCM digital penuh, reduksi COGS berkelanjutan yang terukur, kepatuhan INDI 4.0 ($\text{skor} \geq 3,5$), kepatuhan ESG, dan posisi kompetitif yang terdiferensiasi secara strategis.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menjawab tiga pertanyaan penelitian yang saling terkait tentang strategi integrasi SCM optimal bagi PT Nindya Karya (Persero). Pertama, berdasarkan analisis RII terhadap 48 responden profesional PTNK, sepuluh variabel kritis SCM berhasil diidentifikasi, dengan *Secure Digital Platform*, *Integrated Vendor System*, dan *Digital Warehouse System* sebagai tiga variabel teratas. Validitas statistik instrumen dikonfirmasi melalui Spearman's rho dan Cronbach's Alpha.

Kedua, analisis AHP-KBPMS dengan validasi Direksi menghasilkan distribusi prioritas yang sangat terkonsentrasi: lima modul teratas (DWS dengan bobot global 0,34; IVS dan SDP masing-masing 0,14; DIV 0,10; dan RIS 0,08) mengakumulasi 80% dari total bobot strategis, dengan seluruh $CR < 0,10$. Dominasi perspektif Proses Internal (bobot 0,70) mengonfirmasi bahwa integrasi proses adalah prasyarat fundamental sebelum intervensi teknologi dan pengukuran hasil bisnis apapun.

Ketiga, konvergensi analisis IFAS (3,29), EFAS (3,20), SFAS (3,90), dan seluruh kuadran TOWS menuju modul prioritas yang sama memberikan validasi strategis multi-arah. Strategi Transformasi Digital SCM Bertahap tiga fase selama 36 bulan, Fase 1 (SDP, DWS, IVS), Fase 2 (DIV, DCA, RIS), Fase 3 (BDA, CFM, IGT) diproyeksikan mencapai reduksi COGS awal 2–3%, integrasi keuangan-ERP penuh, dan kepatuhan INDI 4.0 $\geq 3,5$, mentransformasi rantai pasok dari pusat biaya reaktif menjadi aset strategis prediktif.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan: (1) penilaian AHP hanya melibatkan dua responden Direksi; (2) cakupan empiris terbatas pada perusahaan konstruksi BUMN skala besar; dan (3) proyeksi dampak kuantitatif belum divalidasi melalui studi longitudinal pasca-implementasi. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas panel ahli AHP, mengeksplorasi aplikabilitas kerangka pada perusahaan konstruksi swasta, dan melakukan validasi empiris dampak integrasi SCM terhadap reduksi COGS dan pemulihan margin proyek setelah implementasi.

REFERENSI

- Arifin, J., Hamsal, M., Furinto, A., & Kartono, R. (2022). *A Literature Review on Digital Transformation in the Construction Industry*.
- Cataldo, I., Banaitis, A., Samadhiya, A., Banaitienė, N., Kumar, A., & Luthra, S. (2022). SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN CONSTRUCTION: AN EXPLORATORY REVIEW FOR FUTURE RESEARCH. *Journal of Civil Engineering and Management*, 28(7), 536–553. <https://doi.org/10.3846/jcem.2022.17202>
- Chalmeta, R., & Barqueros-muñoz, J. E. (2021). Using big data for sustainability in supply chain management. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13). <https://doi.org/10.3390/su13137004>
- Cherian, T. M., Joe, C., & Sj, A. (n.d.). *Digital Transformation in Supply Chain Management: A conceptual framework for construction industry*. <http://www.ashwinanokha.com/IJEB.php>
- Cherian, T. M., Joe, C., & Sj, A. (2021). *Digital Transformation in Supply Chain Management: A conceptual framework for construction industry*. <http://www.ashwinanokha.com/IJEB.php>
- Dian Prama Irfani. (2019). *A Proposed Design of Integrated Performance Management Systems for Managing Conflicting Objectives and Aligning Performance of Transport Logistic*.
- Ewuga, D., & Adesi, M. (2023). Integrating sustainability practices into the Irish construction supply chain: main contractors' perspective. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(1), 105–122. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-01-2022-0005>
- Ge Zhendong, & Su Zhenmin. (2010). *A Conceptual Framework for Construction Supply Chain Integration*. I E E E.
- Hajirasouli, A., Assadimoghadam, A., Bashir, M. A., & Banihashemi, S. (2025). Exploring the Impact of Construction 4.0 on Industrial Relations: A Comprehensive Thematic Synthesis of Workforce Transformation in the Digital Era of Construction. *Buildings*, 15(9). <https://doi.org/10.3390/buildings15091428>
- Hassanian Pourfereidani, A., Feili, A., Nikmanesh, M., & Sorooshian, S. (2025). An Analysis of Success in Supply Chain Management for Construction Projects: Fuzzy Inference System Application. *Journal of Soft Computing in Civil Engineering*, 9(2), 167–195. <https://doi.org/10.22115/scce.2024.416971.1721>
- Hutagalung, M. (n.d.). *ABSTRACT THE CHALLENGE OF IMPLEMENTATION INDONESIA INDUSTRY 4.0 READINESS INDEX (INDI 4.0) IN INFRASTRUCTURE COMPANY CASE STUDY: AT PT. HUTAMA KARYA (PERSERO)*.
- Ima Fatima. (2022). *Proposed Design of Performance Management System Construction Companies in Indonesia* _IMA FATIM.
- Junaid, M., Zhang, Q., & Syed, M. W. (2022). Effects of sustainable supply chain integration on green innovation and firm performance. *Sustainable Production and Consumption*, 30, 145–157. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.11.031>
- Le, P. L., Nguyen, M. Q., & Pham, H. T. (2024). The roles of supply chain integration, eco-design and digital transformation in improving sustainable construction performance. *Engineering, Construction and Architectural Management*. <https://doi.org/10.1108/ECAM-03-2024-0391>
- Matarnah, R., & Mohsen, B. M. (2024a). Exploring the Implementation of Digital Technologies in Supply Chain Management within the Jordanian Construction Industry. *Procedia Computer Science*, 238, 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.055>

- Matarneh, R., & Mohsen, B. M. (2024b). Exploring the Implementation of Digital Technologies in Supply Chain Management within the Jordanian Construction Industry. *Procedia Computer Science*, 238, 519–527. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.06.055>
- McKinsey. (2015). https://www.researchgate.net/figure/McKinsey-Global-Institute-industry-digitization-index-201513_fig1_336150205. 2015.
- PT Nindya Karya. (n.d.). *LAPORAN TINDAK LAENJUT INDI 4.0*.
- Puci, J., Demi, A., & Kadiu, A. (2023). IMPACT OF MACROECONOMIC VARIABLES ON THE CONSTRUCTION SECTOR. *Corporate and Business Strategy Review*, 4(1), 22–30. <https://doi.org/10.22495/cbsrv4i1art2>
- Qabaja, M., & Tenekeci, G. (2024). Influence of inflation on the construction sector and economic growth in selected countries: A continental comparison. *Ain Shams Engineering Journal*, 15(11). <https://doi.org/10.1016/j.asej.2024.103013>
- Seuring, S., & Müller, M. (2008). From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 16(15), 1699–1710. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.04.020>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Stroumpoulis, A., Kopanaki, E., & Chountalas, P. T. (2024). Enhancing Sustainable Supply Chain Management through Digital Transformation: A Comparative Case Study Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 16(16). <https://doi.org/10.3390/su16166778>
- Waqar, A., Houda, M., Ahsan, M., & Nisar, S. (2025). Enhancing project performance through sustainable supply chain management: A comprehensive analysis of residential construction practices. *Environmental Challenges*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.101075>
- Wibowo, F. A., Satria, A., Gaol, S. L., & Indrawan, D. (2024). Foresight for SOE Companies in Indonesia's Construction Industry: Recognizing Future Opportunities. *Sustainability (Switzerland)*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/su162310384>
- Wibisono, D., (2012): *How to Create a World Class Company*, Gramedia Pustaka Utama
- Zenezini, G., Mangano, G., Castelblanco, G., & Rinker, M. (2024). *Impact of Integrated Supply Chain Platforms on Construction Project Management*.