

**JIMT:**
Jurnal Ilmu Manajemen Terapan

E-ISSN: 2686-4924
P-ISSN: 2686-5246

 <https://dinastirev.org/JIMT>  dinasti.info@gmail.com  +62 811 7404 455

DOI: <https://doi.org/10.38035/jimt.v7i4>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Peran Efisiensi Operasional dalam Hubungan Teknologi Digital dan Infrastruktur Fisik terhadap Kinerja Tim Gudang PT. XYZ

Daniel Andreanto Wirawan¹, Melia Eka Lestiani², Maniah³

¹Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, andreneverblack@gmail.com

²Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, meliaeka@ulbi.ac.id

³Universitas Logistik dan Bisnis Internasional, Bandung, Indonesia, maniah@ulbi.ac.id

Corresponding Author: andreneverblack@gmail.com¹

Abstract: *This study is entitled The Role of Operational Efficiency in the Relationship between Digital Technology and Physical Infrastructure on Warehouse Team Performance at PT. XYZ. The research is motivated by the need to improve warehouse operational performance in the paint manufacturing industry, which faces increasing inventory complexity and demands for integration between digital systems and physical infrastructure. The objective of this study is to analyze the influence of blockchain-based stock data transparency, cloud-based inventory management, and material handling equipment on warehouse team performance, with warehouse layout efficiency serving as a mediating variable. A quantitative approach was employed through a survey of 252 respondents and analyzed using Structural Equation Modeling based on Partial Least Squares. The findings indicate that blockchain-based stock data transparency has a direct effect on warehouse team performance of 0.214, cloud-based inventory management 0.238, and material handling equipment 0.341. The strongest influence on warehouse layout efficiency comes from material handling equipment, with a coefficient of 0.729 and an effect size of 0.532, categorized as large. Warehouse layout efficiency also significantly affects warehouse team performance by 0.262 and mediates the relationship between the independent variables and performance. The study concludes that material handling equipment is the most dominant factor in enhancing warehouse team performance through operational layout optimization.*

Keyword: *Data Transparency; Inventory Management; Material Equipment; Warehouse Layout; Warehouse Performance*

Abstrak: Penelitian ini berjudul Peran Efisiensi Operasional dalam Hubungan Teknologi Digital dan Infrastruktur Fisik terhadap Kinerja Tim Gudang PT. XYZ. Studi ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan peningkatan kinerja operasional gudang pada industri manufaktur cat yang menghadapi kompleksitas pengelolaan persediaan serta tuntutan integrasi sistem digital dan infrastruktur fisik. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh transparansi data stok berbasis konsep blockchain, manajemen persediaan berbasis cloud, dan peralatan penanganan material terhadap kinerja tim gudang dengan efisiensi tata letak gudang sebagai variabel mediasi. Pendekatan kuantitatif digunakan melalui survei terhadap 252 responden dan dianalisis menggunakan Structural Equation Modeling berbasis Partial Least

Squares. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transparansi data stok berbasis blockchain berpengaruh langsung terhadap kinerja tim gudang sebesar 0,214, manajemen persediaan berbasis cloud sebesar 0,238, dan peralatan penanganan material sebesar 0,341. Pengaruh terbesar terhadap efisiensi tata letak gudang berasal dari peralatan penanganan material dengan koefisien 0,729 dan nilai efek 0,532 yang termasuk kategori besar. Efisiensi tata letak gudang juga berpengaruh signifikan terhadap kinerja tim gudang sebesar 0,262 serta memediasi hubungan variabel independen terhadap kinerja. Penelitian ini menyimpulkan bahwa peralatan penanganan material merupakan faktor paling dominan dalam meningkatkan kinerja tim gudang melalui optimalisasi tata letak operasional.

Kata Kunci: Transparansi Data; Manajemen Persediaan; Peralatan Material; Tata Letak Gudang; Kinerja Gudang

PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, gudang memiliki peran strategis dalam mendukung kelancaran rantai pasok, khususnya pada industri cat yang memiliki karakteristik kompleks seperti jumlah *SKU* (*Stock Keeping Unit*) yang tinggi, variasi produk yang beragam, serta tuntutan akurasi persediaan yang ketat. Gudang bukan hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan, tetapi juga menjadi pusat aktivitas operasional seperti penerimaan barang, penyimpanan, pengendalian stok, picking, hingga distribusi ke pelanggan. Infrastruktur gudang yang kuat dan sistem pengelolaan yang efektif dibutuhkan untuk memastikan efisiensi pengelolaan stok serta peningkatan kepuasan pelanggan melalui ketepatan dan kecepatan pengiriman (Jarašūnienė et al., 2023; Zhuo et al., 2020).

Meskipun secara konseptual gudang berperan strategis dalam mendukung kelancaran rantai pasok dan kinerja tim menjadi faktor penentu efektivitas operasional, kondisi empiris di lapangan menunjukkan bahwa pencapaian kinerja tersebut belum sepenuhnya optimal. Hal ini tercermin dari data internal (Tabel 1) perusahaan pada tingkat nasional yang menunjukkan bahwa beberapa cabang dalam satu regional masih belum mampu mencapai target akurasi persediaan sebesar 99,9%. Ketidaktercapaian standar akurasi ini mengindikasikan adanya tantangan dalam pengendalian stok, validitas pencatatan, maupun konsistensi pelaksanaan prosedur operasional di tingkat gudang.

Tabel 1. Data Akurasi Stock

Regional	Jul-24	Ags-24	Sep-24	Oct-24	Nov-24	Des-24	Jan-25	Feb-25	Mar-25	Apr-25	Mei-25	Jun-25	Jul-25
Reg 1	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,8%	99,9%	99,9%	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%
Reg 2	99,9%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Reg 3	99,9%	99,8%	99,9%	99,9%	99,9%	99,8%	99,8%	99,8%	99,9%	99,9%	99,9%	99,8%	99,7%
Reg 4	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%
Reg 5	99,9%	99,9%	99,9%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%	100,0%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%	100,0%
Reg 6	100,0%	99,7%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,9%	99,9%	99,9%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%
Reg 7	99,9%	99,9%	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%	99,9%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Sumber: data PT. XYZ

Selain itu, permasalahan lain yang mengemuka adalah tingginya proporsi barang non fast moving (Tabel 2). Berdasarkan data nasional, hampir seluruh cabang belum mampu memenuhi target maksimal 5%, dengan rata-rata realisasi mencapai 15-20%. Kondisi ini menunjukkan adanya ketidakseimbangan antara perencanaan persediaan, pengendalian pergerakan barang, serta efektivitas pengelolaan SKU di gudang. Apabila tidak dikelola secara sistematis, tingginya *non fast moving stock* berpotensi meningkatkan biaya penyimpanan, menurunkan perputaran persediaan, dan pada akhirnya memengaruhi kinerja operasional serta kesehatan finansial perusahaan.

Tabel 2. Data % Barang Non Fast Moving

Regional	Jan-25	Feb-25	Mar-25	Apr-25	Mei-25	Jun-25	Jul-25
Reg 1	20%	23%	20%	43%	41%	45%	38%
Reg 2	17%	16%	15%	22%	24%	25%	24%
Reg 3	25%	26%	24%	41%	42%	38%	37%
Reg 4	9%	12%	9%	22%	24%	26%	18%
Reg 5	7%	11%	7%	11%	12%	10%	10%
Reg 6	19%	27%	26%	34%	31%	32%	30%
Reg 7	7%	13%	9%	10%	12%	12%	12%

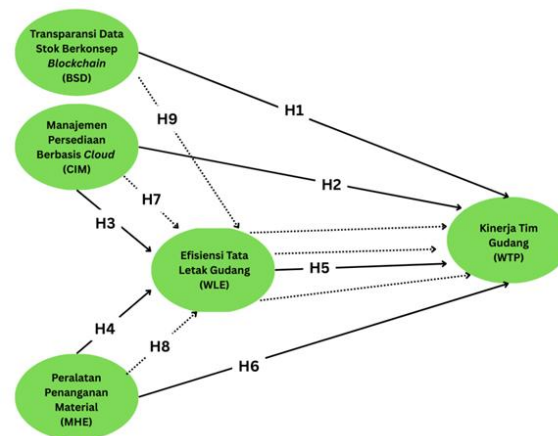
Sumber: data PT. XYZ

Manajemen operasional dalam konteks *Supply Chain Management* (SCM) menempati posisi sentral dalam merancang dan mengendalikan proses transformasi sumber daya agar tercipta keunggulan bersaing yang berkelanjutan (Ma & Zhang, 2023; Affia & Aamer, 2021). Perkembangan mutakhir menegaskan pentingnya integrasi teknologi digital untuk membangun sistem yang adaptif dan responsif terhadap dinamika pasar (Zhang et al., 2023; Qiu et al., 2023), termasuk pemanfaatan IoT, sistem otonom, dan robotika guna meningkatkan akurasi, menekan lead time, serta efisiensi biaya (Kembro et al., 2018; Sadowski et al., 2022; Zhen et al., 2024). Dalam praktik logistik dan pergudangan, efektivitas penyimpanan, pengendalian persediaan, dan distribusi terbukti berdampak langsung pada level layanan dan kinerja rantai pasok (Ghalehkhondabi & Masel, 2018; Tufano et al., 2022). Meski demikian, implementasi teknologi tetap menghadapi tantangan biaya, kesiapan organisasi, dan kebutuhan transformasi budaya (Liu et al., 2019; Ehtesham Rasi & Sohanian, 2020), sehingga efisiensi operasional perlu dipadukan dengan pendekatan lean, fleksibilitas desain gudang, serta orientasi keberlanjutan (Raghuram & Arjunan, 2021; Ng et al., 2021).

Pada level operasional, penguatan sistem digital seperti transparansi data stok berbasis *blockchain* dan manajemen persediaan berbasis *cloud* menghadirkan visibilitas *real-time*, integritas data, serta koordinasi lintas fungsi yang lebih solid (Zhen et al., 2024; Lim et al., 2023). Dukungan tersebut semakin efektif ketika ditopang oleh kesiapan infrastruktur fisik, khususnya peralatan penanganan material yang meningkatkan keselamatan dan produktivitas (Hura & Dieu, 2024; Carli et al., 2020) serta efisiensi tata letak gudang yang menekan jarak tempuh dan waktu tunggu (Ghallib et al., 2024; Hidayat & Utomo, 2020). Sinergi antara sistem digital dan desain fasilitas berimplikasi langsung terhadap kinerja tim gudang, yang tercermin pada produktivitas, ketepatan pemenuhan pesanan, dan reliabilitas koordinasi kerja (Zaky et al., 2023; Hadi et al., 2024). Dengan demikian, peningkatan performa tim tidak dapat dilepaskan dari integrasi menyeluruh antara teknologi dan pengelolaan ruang fisik.

Sejumlah penelitian terdahulu menyoroti kontribusi *blockchain*, *cloud inventory*, dan otomasi terhadap transparansi serta efisiensi rantai pasok (Zhen et al., 2024; Mohamud et al., 2023; Ruiz et al., 2024), namun sebagian besar masih menguji variabel secara parsial tanpa mengintegrasikan dimensi digital dan fisik dalam satu model komprehensif terhadap kinerja tim gudang. Kesenjangan ini menjadi semakin relevan ketika dikaitkan dengan kondisi empiris di PT. XYZ yang masih menghadapi non fast moving stock sebesar 15–20% dan belum mencapai target akurasi persediaan 99,9%, sehingga menunjukkan bahwa pendekatan berbasis sistem digital semata belum memadai. Transparansi data berbasis konsep *blockchain*, sistem manajemen persediaan berbasis *cloud*, serta dukungan peralatan penanganan material akan menghasilkan dampak optimal apabila terintegrasi dalam desain tata letak yang efisien. Dalam kerangka tersebut, efisiensi tata letak gudang diposisikan sebagai variabel mediasi yang menjembatani kapabilitas teknologi dan infrastruktur fisik agar terkonversi menjadi kinerja operasional yang lebih cepat, akurat, dan produktif secara berkelanjutan, sekaligus menjadi dasar pengembangan model integratif yang ditawarkan penelitian ini.

Berdasarkan dari uraian teoritis yang telah dipaparkan sebelumnya, keterkaitan antarvariabel dalam studi ini kemudian disusun secara sistematis ke dalam sebuah kerangka konseptual yang divisualisasikan pada Gambar 1.



Sumber: Pengembangan Peneliti berdasarkan kajian literatur (2026)

Gambar 1. Kerangka Konseptual Penelitian

Berikutnya, berdasarkan konstruksi konseptual yang telah dibangun, hipotesis penelitian ditetapkan sebagai berikut:

H1: BSD berpengaruh positif dan signifikan terhadap WTP

H2: CIM berpengaruh positif dan signifikan terhadap WTP

H3: CIM berpengaruh positif dan signifikan terhadap WLE

H4: MHE berpengaruh positif dan signifikan terhadap WLE

H5: WLE berpengaruh positif dan signifikan terhadap WTP

H6: MHE berpengaruh positif dan signifikan terhadap WTP

H7: CIM berpengaruh signifikan terhadap WTP melalui WLE

H8: MHE berpengaruh signifikan terhadap WTP melalui WLE

H9: BSD berpengaruh signifikan terhadap WTP melalui WLE

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksplanatori dengan desain cross-sectional untuk menguji hubungan kausal antara faktor digital dan operasional dalam konteks pergudangan manufaktur. Objek penelitian adalah gudang perusahaan manufaktur Cat XYZ di Indonesia dengan fokus pada pengaruh Transparansi Data berbasis konsep *Blockchain* (BSD), Manajemen Persediaan Berbasis *Cloud* (CIM), dan Peralatan Penanganan Material (MHE) terhadap Kinerja Tim Gudang (WTP) melalui peran mediasi Efisiensi Tata Letak Gudang (WLE). Populasi mencakup karyawan yang terlibat langsung dalam aktivitas inbound, outbound, administrasi stok, picker, operator MHE, hingga supervisor gudang. Sampel dipilih menggunakan purposive sampling dengan kriteria keterlibatan dalam pengelolaan persediaan dan operasional logistik. Data primer dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur berbasis Google Form menggunakan skala Likert 1–7 untuk meningkatkan ketepatan pengukuran konstruk (Fernández-González & Ledo, 2025; Kusmaryono et al., 2022).

Dari total populasi sebanyak 386 karyawan operasional gudang, diperoleh 252 responden yang memenuhi kriteria penelitian. Secara proporsional, jumlah tersebut merepresentasikan lebih dari 65% populasi, sehingga memiliki daya representasi yang kuat terhadap karakteristik sistem operasional yang diteliti. Secara metodologis, ukuran sampel ini telah melampaui ketentuan minimum dalam PLS-SEM berdasarkan pendekatan *10-times rule* (Hair et al., 2011), baik ditinjau dari jumlah indikator maupun jalur struktural terbesar. Kecukupan sampel ini sejalan dengan pandangan Sarstedt et al., (2017) yang menekankan bahwa stabilitas estimasi parameter dan akurasi model struktural sangat ditentukan oleh ukuran sampel yang memadai pada model berbasis varians. Dengan demikian, secara teoretis dan statistik, jumlah responden yang diperoleh dinilai memadai untuk menguji hubungan prediktif dan mediasi dalam model penelitian.

Operasionalisasi variabel disajikan pada Tabel 3 yang memuat konstruk, indikator, dan sumber adaptasi instrumen penelitian.

Tabel 3. Definisi Operasional Variabel Penelitian

Variabel	Definisi	Kode	Indikator
Transparansi Data berbasis konsep Blockchain (BSD)	Blockchain adalah teknologi yang memungkinkan pencatatan data secara transparan dan tidak dapat diubah, yang meningkatkan kepercayaan dan akurasi informasi dalam manajemen persediaan. Fungsinya untuk mengikuti arus barang dalam gudang dengan lebih efisien, meminimalkan kesalahan, dan mempermudah penelusuran produk (Sule & Oshi, 2022).	B1	Akurasi Data Persediaan – mengukur tingkat kesalahan dalam pelaporan stok (Sule & Oshi, 2022).
		B2	Kecepatan Transaksi – waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan transaksi barang (Sule & Oshi, 2022).
		B3	Frekuensi Pembaruan Data – intensitas pembaruan data stok (Sule & Oshi, 2022).
		B4	Tingkat Kepuasan Pelanggan – mencerminkan ketepatan waktu dan minimnya kesalahan pengiriman (Sule & Oshi, 2022).
		B5	Jumlah Pemanfaatan Teknologi – persentase transaksi yang menggunakan konsep blockchain (Sule & Oshi, 2022).
Manajemen Persediaan Berbasis (CIM)	Sistem manajemen inventaris berbasis cloud adalah platform yang memungkinkan pengelolaan persediaan secara real-time dengan akses yang luas dan fleksibel. Sistem ini mengoptimalkan pemantauan stok, prediksi permintaan, dan pengendalian biaya (Sule & Oshi, 2022).	C1	Waktu Respons Terhadap Permintaan – kecepatan merespons permintaan pelanggan (Sule & Oshi, 2022).
		C2	Akurasi Prediksi Permintaan – ketepatan estimasi permintaan masa depan (Sule & Oshi, 2022).
		C3	Tingkat Persediaan Berlebih – jumlah stok yang tidak terpakai dalam periode tertentu (Sule & Oshi, 2022).
		C4	Jumlah Perubahan Stok – frekuensi perubahan jumlah persediaan (Sule & Oshi, 2022).
		C5	Frekuensi Tindak Lanjut Persediaan – rutinitas pemantauan dan penyesuaian stok (Sule & Oshi, 2022).
Peralatan Penanganan Material (MHE)	Peralatan penanganan material mencakup seluruh alat yang digunakan untuk memindahkan dan mengelola barang dalam gudang. Penggunaan yang tepat meningkatkan kecepatan, akurasi, dan produktivitas gudang (Nugroho, 2022; Nadondu et al., 2024).	M1	Tingkat Efisiensi Penggunaan Forklift – rasio efektivitas waktu penggunaan forklift (Nadondu et al., 2024)
		M2	Waktu Pembongkaran dan Pemuatan – rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk aktivitas bongkar muat (Nugroho, 2022).
		M3	Tingkat Kerusakan Barang – jumlah barang rusak akibat penanganan (Nugroho, 2022).
		M4	Biaya Pemeliharaan Peralatan – total biaya untuk merawat peralatan (Nugroho, 2022).
		M5	Frekuensi Penggunaan Alat – intensitas pemakaian peralatan dalam operasi gudang (Nugroho, 2022).
Efisiensi Tata Letak Gudang (WLE)	Efisiensi tata letak gudang mengacu pada pengaturan ruang yang optimal untuk memaksimalkan produktivitas, mengurangi jarak tempuh barang, dan memperlancar alur kerja (Prihanto & Pujawan, 2021).	W1	Jarak Rata-rata Perjalanan Barang – panjang perjalanan dalam proses pengambilan (Prihanto & Pujawan, 2021).
		W2	Persentase Waktu Menunggu – proporsi waktu menunggu selama pengambilan barang (Prihanto & Pujawan, 2021).
		W3	Tingkat Kepuasan Karyawan – persepsi tim terhadap alur kerja dan aksesibilitas (Prihanto & Pujawan, 2021).
		W4	Kecepatan Proses Penyimpanan – waktu yang dibutuhkan menyimpan barang baru (Prihanto & Pujawan, 2021).
		W5	Kecepatan Proses Penyimpanan – waktu yang dibutuhkan menyimpan barang baru (Prihanto & Pujawan, 2021).
Kinerja Tim Gudang (WTP)	Kinerja tim gudang adalah efektivitas tim dalam menyelesaikan tugas, meliputi produktivitas, akurasi, keselamatan kerja, dan kepuasan pelanggan. Kinerja dipengaruhi integrasi teknologi dan operasional gudang ((Hura & Dieu, 2024).	P1	Tingkat Produktivitas – jumlah barang yang diproses dalam periode tertentu (Hura & Dushimimana, 2024).
		P2	Akurasi Pengiriman – persentase pengiriman yang tepat jumlah dan waktu (Hura & Dushimimana, 2024).
		P3	Jumlah Insiden Keselamatan – frekuensi kecelakaan di gudang (Hura & Dushimimana, 2024).
		P4	Kepuasan Pelanggan – persepsi pelanggan tentang layanan gudang (Hura & Dushimimana, 2024).
		P5	Frekuensi Peninjauan Kinerja – intensitas evaluasi rutin terhadap tim (Hura & Dushimimana, 2024).

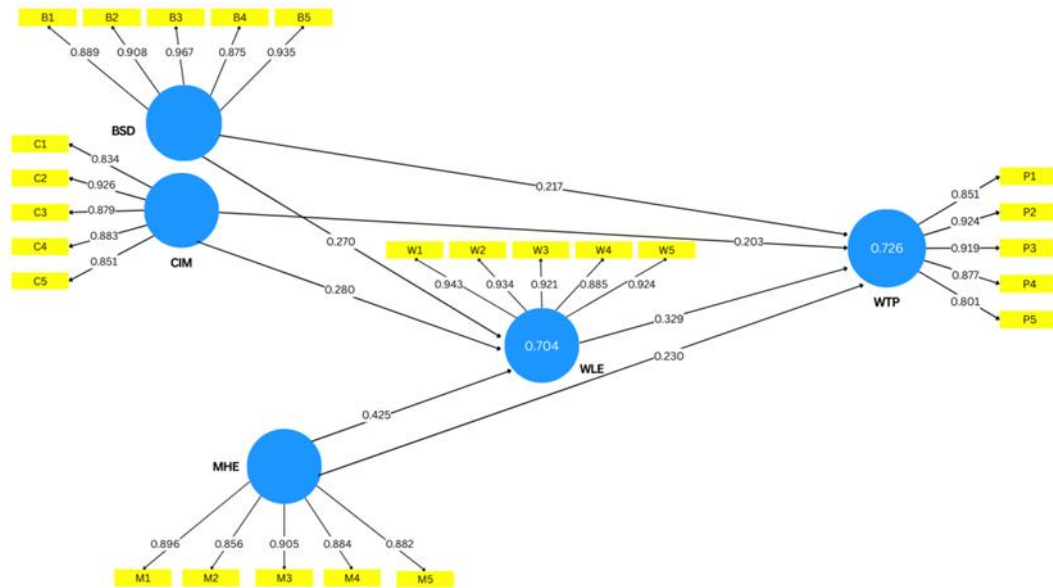
Sumber: Diolah oleh Peneliti (2026)

Analisis data dilakukan menggunakan pendekatan Structural Equation Modeling berbasis Partial Least Squares (PLS-SEM) dengan bantuan SmartPLS 4.0.9. Tahap awal difokuskan pada evaluasi model pengukuran melalui pengujian validitas konvergen (outer loading >0,70; AVE >0,50) dan validitas diskriminan (Fornell-Larcker dan HTMT), serta uji reliabilitas menggunakan Composite Reliability dan Cronbach's Alpha untuk memastikan konsistensi instrumen. Selanjutnya, model struktural dianalisis melalui nilai R², F², VIF, dan Q² untuk menilai daya jelaskan dan relevansi prediktif model. Pengujian hipotesis dilakukan dengan teknik *bootstrapping* pada tingkat signifikansi 5% guna memperoleh estimasi pengaruh langsung maupun tidak langsung secara lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara statistik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian model struktural dalam penelitian ini mengungkapkan arah dan besarnya pengaruh antar konstruk, yang diperoleh melalui analisis PLS-SEM. Pengolahan data menghasilkan nilai loading factor untuk setiap indikator, sehingga memperlihatkan kontribusi

masing-masing variabel dalam membentuk konstruk secara kuantitatif yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Gambar 2. Hasil Model Struktural

Hasil analisis (Tabel 4) menunjukkan bahwa seluruh indikator pada setiap konstruk memiliki nilai *loading factor* di atas 0,70. Rentang nilai masing-masing variabel adalah BSD (0,875–0,967), CIM (0,834–0,926), MHE (0,856–0,905), WTP (0,801–0,924), dan WLE (0,885–0,943). Temuan ini mengindikasikan bahwa seluruh indikator telah memenuhi kriteria *convergent validity*, sehingga seluruh item dinyatakan valid dan tidak memerlukan eliminasi.

Tabel 4. Nilai Loading Factor

	BSD	CIM	MHE	WTP	WLE	Ket
B1	0,889					Valid
B2	0,908					Valid
B3	0,967					Valid
B4	0,875					Valid
B5	0,935					Valid
C1		0,834				Valid
C2		0,926				Valid
C3		0,879				Valid
C4		0,883				Valid
C5		0,851				Valid
M1			0,896			Valid
M2			0,856			Valid
M3			0,905			Valid
M4			0,884			Valid
M5			0,882			Valid
P1				0,851		Valid
P2				0,924		Valid
P3				0,919		Valid
P4				0,877		Valid
P5				0,801		Valid
W1					0,943	Valid
W2					0,934	Valid

W3	0,921	Valid
W4	0,885	Valid
W5	0,924	Valid

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Pengujian validitas diskriminan menggunakan kriteria Fornell-Larcker menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki nilai akar kuadrat AVE ($\sqrt{\text{AVE}}$) yang lebih tinggi dibandingkan korelasi antar konstruk lainnya (Tabel 5). Nilai tersebut masing-masing adalah BSD (0,915), CIM (0,875), MHE (0,885), WLE (0,922), dan WTP (0,876). Hasil ini menegaskan bahwa setiap variabel laten memiliki karakteristik yang berbeda secara empiris, sehingga memenuhi persyaratan *discriminant validity* dan tidak menunjukkan indikasi masalah multikolinearitas dalam model.

Tabel 5. Fornel-Larcker Criterion

	BSD	CIM	MHE	WLE	WTP
BSD	0,915				
CIM	0,608	0,875			
MHE	0,613	0,588	0,885		
WLE	0,700	0,694	0,755	0,922	
WTP	0,712	0,698	0,731	0,796	0,876

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Hasil pengujian menggunakan pendekatan HTMT menunjukkan bahwa seluruh rasio antar konstruk berada di bawah batas 0,90, dengan nilai berkisar antara 0,614 hingga 0,844 (Tabel 6). Hubungan WLE–WTP mencatat nilai tertinggi, sedangkan CIM–MHE terendah. Capaian ini menegaskan bahwa setiap konstruk memiliki perbedaan yang memadai, sehingga validitas diskriminan terpenuhi dan tidak terdapat indikasi overlap konseptual maupun statistik dalam model penelitian.

Tabel 6. Nilai HTMT

	BSD	CIM	MHE	WLE	WTP
BSD					
CIM	0,643				
MHE	0,647	0,614			
WLE	0,732	0,725	0,788		
WTP	0,760	0,744	0,776	0,844	

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Hasil pengujian reliabilitas menunjukkan bahwa seluruh konstruk memiliki nilai Cronbach's Alpha dan Composite Reliability di atas 0,70, dengan kisaran 0,923–0,956, serta nilai AVE melebihi 0,50 (0,766–0,849). Secara rinci, nilai AVE masing-masing konstruk adalah BSD (0,838), CIM (0,766), MHE (0,784), WLE (0,849), dan WTP (0,768). Temuan ini menegaskan bahwa setiap variabel laten memiliki konsistensi internal yang sangat baik sekaligus memenuhi persyaratan *convergent validity* secara menyeluruh (Tabel 7).

Tabel 7 Nilai Composite Reliability dan AVE

	Cronbach's Alpha	rho_A	Composite Reliability	Average Variance Extracted (AVE)
BSD	0,951	0,954	0,963	0,838
CIM	0,924	0,930	0,942	0,766
MHE	0,931	0,935	0,948	0,783
WLE	0,956	0,960	0,966	0,849
WTP	0,923	0,927	0,943	0,767

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Hasil evaluasi model menunjukkan bahwa Efisiensi Tata Letak Gudang (WLE) memiliki nilai R^2 sebesar 0,704, yang berarti 70,4% variasinya dapat dijelaskan oleh BSD, CIM, dan MHE, sedangkan Kinerja Tim Gudang (WTP) mencatat R^2 sebesar 0,726, sehingga 72,6% perubahannya mampu diterangkan oleh BSD, CIM, MHE, dan WLE. Kedua nilai tersebut tergolong kuat (substantial), yang mencerminkan daya prediktif model yang tinggi dalam menjelaskan hubungan antarvariabel. Selain itu, selisih yang sangat kecil antara R^2 dan R^2 adjusted (0,700 dan 0,722) menunjukkan bahwa model tetap stabil, konsisten, dan tidak mengalami overfitting (Tabel 8).

Tabel 8 Nilai R-Square model

	R Square	R Square Adjusted
WLE	0,704	0,700
WTP	0,726	0,722

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Hasil analisis F-square (F^2) menunjukkan bahwa pengaruh paling dominan dalam model berasal dari Peralatan Penanganan Material (MHE) terhadap Efisiensi Tata Letak Gudang (WLE) dengan nilai 0,336 yang termasuk kategori besar (*large effect*), disusul oleh Manajemen Persediaan Berbasis Cloud (CIM) terhadap WLE sebesar 0,147 yang berada pada kategori sedang. Pengaruh langsung Transparansi Data berbasis konsep Blockchain (BSD) dan CIM terhadap WLE berada pada kisaran kecil hingga mendekati sedang. Sementara itu, terhadap Kinerja Tim Gudang (WTP), kontribusi langsung BSD, CIM, dan MHE relatif kecil (0,081; 0,073; 0,079), sehingga secara individual dampaknya terhadap kinerja belum dominan. Pengaruh WLE terhadap WTP sebesar 0,117 tergolong kecil menuju sedang, namun tetap menjadi kontribusi paling berarti dibandingkan variabel lain dalam menjelaskan WTP. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa MHE merupakan determinan utama dalam model, terutama melalui perannya dalam meningkatkan efisiensi tata letak gudang sebagai jalur pengaruh tidak langsung terhadap kinerja tim (Tabel 9).

Tabel 9 Nilai F-Square model

	BSD	CIM	MHE	WLE	WTP
BSD				0,131	0,081
CIM				0,147	0,073
MHE				0,336	0,079
WLE					0,117
WTP					

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Analisis VIF menunjukkan bahwa model struktural terbebas dari masalah multikolinearitas karena seluruh nilai berada di bawah ambang batas 5, bahkan sebagian besar di bawah 3. Pada variabel WLE, nilai VIF untuk BSD (1,885), CIM (1,798), dan MHE (1,815) mencerminkan tingkat korelasi antar-prediktor yang rendah dan masih dalam batas wajar. Hal serupa terlihat pada variabel WTP, di mana BSD (2,131), CIM (2,063), MHE (2,424), dan WLE (3,378) tetap berada dalam kategori aman, meskipun WLE memiliki nilai tertinggi. Meskipun mendekati batas konservatif, angka tersebut tidak melampaui toleransi yang dapat mengganggu estimasi, sehingga model dinyatakan layak untuk pengujian hipotesis dan analisis lanjutan (Tabel 10).

Tabel 10. Nilai VIF model

	BSD	CIM	MHE	WLE	WTP
BSD				1,885	2,131
CIM				1,798	2,063
MHE				1,815	2,424

WLE	3,378
WTP	

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Analisis *Predictive Relevance* (Q^2) digunakan untuk mengevaluasi kemampuan prediktif model terhadap data observasi. Variabel BSD, CIM, dan MHE tidak memiliki nilai Q^2 karena berperan sebagai konstruk eksogen. Sebaliknya, WLE (0,584) dan WTP (0,549) menunjukkan nilai yang melampaui ambang 0,35, sehingga termasuk dalam kategori *large predictive relevance*. Hasil ini mengindikasikan bahwa model tidak hanya memiliki daya jelaskan yang kuat, tetapi juga kemampuan prediktif yang tinggi dalam mengestimasi variabel endogen secara akurat (Tabel 11).

Tabel 11. Predictive Relevance

	SSO	SSE	$Q^2 (=1-SSE/SSO)$
BSD	1260,000	1260,000	
CIM	1260,000	1260,000	
MHE	1260,000	1260,000	
WLE	1260,000	523,755	0,584
WTP	1260,000	568,442	0,549

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Pengujian hipotesis dilakukan untuk mengevaluasi signifikansi pengaruh langsung dan tidak langsung dengan kriteria p-value < 0,05 dan t-statistic > 1,96 pada taraf signifikansi 5% (*two-tailed*).

Tabel 12. Pengujian pengaruh langsung (direct effect)

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics (O/STDEV)	P Values
BSD -> WLE	0,270	0,273	0,053	5,045	0,000
BSD -> WTP	0,217	0,219	0,049	4,405	0,000
CIM -> WLE	0,280	0,279	0,042	6,712	0,000
CIM -> WTP	0,203	0,204	0,049	4,164	0,000
MHE -> WLE	0,425	0,421	0,063	6,780	0,000
MHE -> WTP	0,230	0,231	0,054	4,267	0,000
WLE -> WTP	0,329	0,326	0,077	4,298	0,000

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Hasil pengujian Hipotesis 1 menunjukkan bahwa BSD berpengaruh positif terhadap WTP dengan koefisien 0,217, t-statistic 4,405, dan p-value 0,000 (<0,05). Dengan demikian, H1 diterima pada tingkat kepercayaan 95%, yang berarti transparansi data stok berbasis konsep blockchain secara signifikan meningkatkan kinerja tim gudang.

Hasil pengujian Hipotesis 2 menunjukkan bahwa CIM berpengaruh positif terhadap WTP dengan koefisien 0,203, t-statistic 4,164, dan p-value 0,000 (<0,05). Dengan demikian, H2 diterima pada tingkat kepercayaan 95%, yang menandakan bahwa penerapan manajemen persediaan berbasis cloud secara signifikan meningkatkan kinerja tim gudang.

Hasil pengujian Hipotesis 3 menunjukkan bahwa CIM berpengaruh positif terhadap WLE dengan koefisien 0,280, t-statistic 6,712, dan p-value 0,000 (<0,05). Dengan demikian, H3 diterima pada tingkat kepercayaan 95%, yang berarti penerapan manajemen persediaan berbasis cloud secara signifikan meningkatkan efisiensi tata letak gudang.

Pengujian model mengindikasikan bahwa MHE memiliki pengaruh paling kuat terhadap WLE dengan koefisien 0,425, t-statistic 6,780, dan p-value 0,000 (<0,05), sehingga H4 diterima. Hasil ini menegaskan bahwa penggunaan peralatan penanganan material yang tepat

dan modern mampu mengoptimalkan pemanfaatan ruang serta menciptakan tata letak gudang yang lebih efektif dan produktif.

Pengujian menunjukkan bahwa WLE memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap WTP dengan koefisien 0,329, t-statistic 4,298, dan p-value 0,000 ($<0,05$), sehingga H5 dinyatakan diterima. Hasil ini mengindikasikan bahwa tata letak gudang yang dirancang secara optimal mampu mempercepat alur perpindahan barang dan personel, meminimalkan jarak serta waktu pencarian, dan pada akhirnya meningkatkan efektivitas serta akurasi kerja tim gudang.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa MHE berpengaruh positif dan signifikan terhadap WTP (koefisien 0,230; t-statistic 4,267; p-value 0,000), sehingga H6 terdukung. Temuan ini menegaskan bahwa ketersediaan peralatan penanganan material yang memadai dan berkualitas berkontribusi langsung pada peningkatan kapasitas operasional, pengurangan kelelahan dan kesalahan kerja, serta percepatan proses distribusi.

Tabel 13 Pengujian pengaruh mediasi

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Deviation (STDEV)	T Statistics ((O-STDEV)/M)	P Values
BSD -> WLE -> WTP	0,089	0,089	0,028	3,161	0,002
CIM -> WLE -> WTP	0,092	0,091	0,025	3,724	0,000
MHE -> WLE -> WTP	0,140	0,138	0,040	3,479	0,001

Sumber: Hasil SmartPLS diolah oleh Peneliti (2026)

Uji mediasi menunjukkan bahwa pengaruh tidak langsung CIM terhadap WTP melalui WLE sebesar 0,092 dengan t-statistic 3,724 dan p-value 0,000, sehingga H7 diterima. Hal ini menandakan bahwa WLE berfungsi sebagai mediator yang signifikan, di mana sistem persediaan berbasis cloud tidak hanya berdampak langsung pada kinerja, tetapi juga memperkuatnya melalui penataan ruang yang lebih terstruktur dan alur kerja yang lebih efisien.

Pengaruh tidak langsung MHE terhadap WTP melalui WLE tercatat sebesar 0,140 dengan t-statistic 3,479 dan p-value 0,001 ($<0,05$), sehingga H8 dinyatakan terdukung. Hasil ini menunjukkan bahwa efisiensi tata letak menjadi mekanisme penting yang menjembatani pemanfaatan MHE dengan peningkatan kinerja tim, terutama melalui pengaturan ruang yang lebih sistematis dan produktif.

Analisis mediasi juga memperlihatkan bahwa BSD berpengaruh terhadap WTP melalui WLE dengan koefisien 0,089, t-statistic 3,161, dan p-value 0,002 ($<0,05$). Dengan demikian, H9 diterima dan menegaskan bahwa transparansi data stok berbasis konsep *blockchain* memperkuat kinerja tim tidak hanya secara langsung, tetapi juga melalui dukungan informasi yang akurat bagi perencanaan tata letak yang lebih presisi dan minim kesalahan operasional.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa transformasi digital dan mekanisasi operasional memiliki peran strategis dalam meningkatkan kinerja tim gudang melalui mekanisme langsung maupun tidak langsung. Transparansi Data Stok Berbasis konsep *Blockchain* (BSD) terbukti berpengaruh positif terhadap Kinerja Tim Gudang (WTP) ($\beta = 0,217$; $t = 4,405$; $p < 0,05$) karena meningkatkan visibilitas, akurasi, dan reliabilitas informasi, sejalan dengan pandangan *Resource-Based View* dan *Information Processing Theory* yang menempatkan kualitas informasi sebagai sumber daya strategis (Wang et al., 2023; Osato Itohan Oriekhoe et al., 2024). Manajemen Persediaan Berbasis *Cloud* (CIM) juga berkontribusi signifikan terhadap WTP ($\beta = 0,203$; $t = 4,164$; $p < 0,05$) serta terhadap Efisiensi Tata Letak Gudang (WLE) ($\beta = 0,280$; $t = 6,712$; $p < 0,05$) melalui integrasi data real-time yang mempercepat koordinasi, mengurangi kesalahan operasional, dan mendukung penataan ruang berbasis demand aktual (Omisola et al., 2023; Jeon et al., 2023). Di sisi lain, Peralatan Penanganan Material (MHE) memperlihatkan pengaruh signifikan terhadap WLE ($\beta = 0,329$; $t = 4,298$; $p < 0,05$) dan WTP ($\beta = 0,230$; $t = 4,267$; $p < 0,05$), menegaskan pentingnya kesesuaian antara konfigurasi fisik gudang dan dukungan mekanisasi dalam meningkatkan produktivitas serta keselamatan kerja (Raghuram & Arjunan, 2021; Sadowski et al., 2022).

Lebih lanjut, WLE terbukti menjadi variabel mediasi kunci yang menjembatani pengaruh CIM, MHE, dan BSD terhadap WTP. Pengaruh tidak langsung CIM $\rightarrow$ WTP melalui WLE ($\beta = 0,092$; $t = 3,724$; $p < 0,05$) dan MHE $\rightarrow$ WTP melalui WLE ($\beta = 0,140$; $t = 3,479$; $p < 0,05$) menunjukkan bahwa teknologi dan peralatan akan optimal ketika diterjemahkan ke dalam desain tata letak yang efisien (Kresna Dewy et al., 2025; Mojumder & Nuruzzaman, 2025). Demikian pula, BSD berpengaruh signifikan terhadap WLE ($\beta = 0,270$; $t = 5,045$; $p < 0,05$) yang selanjutnya memperkuat WTP, menegaskan bahwa transparansi data perlu diintegrasikan dalam perancangan zonasi dan alur kerja agar berdampak nyata pada performa (Narayanan & Singh, 2023; Discetti et al., 2024). Dalam konteks manufaktur cat dengan kompleksitas SKU dan sensitivitas batch tinggi, temuan ini menegaskan bahwa sinergi antara kapabilitas digital, mekanisasi, dan desain tata letak fisik menjadi fondasi peningkatan kinerja operasional yang adaptif dan berkelanjutan.

Hasil evaluasi outer loading menunjukkan bahwa pada variabel BSD, indikator B3 memiliki nilai tertinggi sebesar 0,967 yang menegaskan dominasi aspek akurasi, reliabilitas, dan keterlacakan data, sedangkan indikator B4 menjadi yang terendah dengan nilai 0,875 sehingga reduksi kesalahan operasional masih memerlukan penguatan prosedural. Pada variabel CIM, indikator C2 mencatat loading tertinggi sebesar 0,926 yang merepresentasikan peran kuat sistem dalam perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data, sementara indikator C1 sebesar 0,834 menunjukkan kontribusi yang relatif lebih rendah karena kemudahan akses telah dianggap sebagai fitur standar. Pada variabel MHE, indikator M3 memiliki loading tertinggi sebesar 0,905 yang menegaskan pentingnya aspek keamanan dan stabilitas handling, sedangkan indikator M2 sebesar 0,856 mengindikasikan bahwa percepatan proses masih dipengaruhi faktor tata letak dan tenaga kerja. Selanjutnya, pada variabel WLE, indikator W1 memperoleh nilai tertinggi sebesar 0,943 yang menegaskan peran pengurangan jarak perpindahan sebagai inti efisiensi, sedangkan indikator W4 sebesar 0,885 menunjukkan bahwa percepatan penyimpanan tidak hanya ditentukan desain layout. Terakhir, pada variabel WTP, indikator P2 memiliki loading tertinggi sebesar 0,924 sebagai representasi dominan kecepatan dan ketepatan kerja, sementara indikator P5 sebesar 0,801 menjadi yang terendah sehingga aspek lingkungan kerja perlu diintegrasikan lebih strategis dalam pengukuran produktivitas.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa penerapan Transparansi Data Stok Berbasis konsep *Blockchain* (BSD) dan Manajemen Persediaan Berbasis *Cloud* (CIM) secara signifikan meningkatkan kinerja tim gudang melalui penyediaan informasi stok yang akurat, real-time, dan dapat dipercaya. Efisiensi tata letak gudang (WLE) terbukti berperan penting sebagai mediator, yang menghubungkan efektivitas sistem digital dan ketersediaan peralatan penanganan material (MHE) dengan kinerja tim. Hasil ini menegaskan bahwa kombinasi teknologi digital dan optimalisasi infrastruktur fisik tidak hanya meningkatkan kecepatan dan ketepatan operasional, tetapi juga memperkuat pengambilan keputusan berbasis data, menurunkan risiko kesalahan koordinasi, dan memperbaiki alur kerja secara menyeluruh.

Temuan penelitian memberikan implikasi strategis bagi pengembangan praktik teknik industri, khususnya dalam manajemen logistik dan operasional gudang. Optimalisasi MHE, integrasi sistem inventaris digital, serta penguatan kompetensi SDM berperan krusial dalam menciptakan alur kerja yang lebih efisien, aman, dan adaptif terhadap perubahan permintaan. Implementasi temuan ini mendorong transformasi operasional dari pendekatan manual menuju ekosistem berbasis data yang holistik, sekaligus menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya untuk mengeksplorasi variabel non-teknis, perbandingan tingkat otomatisasi, dan generalisasi lintas sektor industri guna memperluas pemahaman tentang determinan kinerja tim gudang di era digital.

REFERENSI

- Affia, I., & Aamer, A. (2021). An internet of things-based smart warehouse infrastructure: design and application. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 13(1), 90–109. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-08-2020-0117>
- Carli, R., Dotoli, M., Digiesi, S., Facchini, F., & Mossa, G. (2020). Sustainable scheduling of material handling activities in labor-intensive warehouses: A decision and control model. *Sustainability (Switzerland)*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/SU12083111>
- Discetti, R., Osei, M., & Pruhtpachon, S. (2024). The role of “localness” in sustainable food consumption: insights from sustainable coffee in Thailand. *British Food Journal*, 126(12), 4396–4416. <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2024-0192>
- Ehtesham Rasi, R., & Sohanian, M. (2020). A multi-objective optimization model for sustainable supply chain network with using genetic algorithm. *Journal of Modelling in Management*, 16(2), 714–727. <https://doi.org/10.1108/JM2-06-2020-0150>
- Fernández-González, C., & Ledo, M. (2025). Grit and L2 grit research in SLA (2013–2025) A scoping review and quality assessment. In *Studies in Second Language Acquisition* (Vol. 47, Number 3, pp. 828–866). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S0272263125100909>
- Ghalekhondabi, I., & Masel, D. T. (2018). Storage allocation in a warehouse based on the forklifts fleet availability. *Journal of Algorithms and Computational Technology*, 12(2), 127–135. <https://doi.org/10.1177/1748301818761130>
- Ghallib, A., Wulan, M., Fazrin Anni Harahap, N., Rahmadani, N., & Adha, R. (2024). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas Paving Block Dalam Menekan Biaya Material Handling. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 3(2), 141–150.
- Hadi, M., Alland Kelana, B., Wiramukthi, S., Agustria Wijaksono, A., Aziz Husyairi, K., & Nur Ainun, T. (2024). Evaluasi Strategi Tata Letak Retail Toko Arfan Jaya Dua Menggunakan Metode ARC dan TCR. *COMSERVA: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 116–126. <https://doi.org/10.59141/comserva.v4i1.1343>
- Hair, J. F., Ringle, C. M., & Sarstedt, M. (2011). PLS-SEM: Indeed a silver bullet. *Journal of Marketing Theory and Practice*, 19(2), 139–152. <https://doi.org/10.2753/MTP1069-6679190202>
- Hidayat, T., & Utomo, M. (2020). Optimasi Produksi Tunggal Jati Melalui Rancangan Tata Letak Fasilitas Produksi. *MATRIK: Jurnal Manajemen & Teknik Industri-Produksi*. <https://doi.org/10.350587/Matrik>
- Hura, O., & Dieu, D. (2024). Effect of Warehouse Management on the Organizational Performance in a Manufacturing Company. A Case of Cimerwa Limited in Rusizi District-Rwanda. *Journal of Procurement & Supply Chain*, 8(1). <https://doi.org/10.53819/81018102t2324>
- Jarašūnienė, A., Čižiūnienė, K., & Čereška, A. (2023). Research on Impact of IoT on Warehouse Management. *Sensors*, 23(4). <https://doi.org/10.3390/s23042213>
- Jeon, H. W., Ebrahimi, A., & Lee, G. H. (2023). A Simulation-Based Experimental Design for Analyzing Energy Consumption and Order Tardiness in Warehousing Systems. *Sustainability (Switzerland)*, 15(20). <https://doi.org/10.3390/su152014891>
- Kembro, J. H., Norrman, A., & Eriksson, E. (2018). Adapting warehouse operations and design to omni-channel logistics: A literature review and research agenda. In *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* (Vol. 48, Number 9, pp. 890–912). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-01-2017-0052>
- Kresna Dewy, C., Prambudiab, Y., Kumalararib, I., Sultan Ageng Tirtayasa, U., & Author, C. (2025). Design of Inventory Information System Model on Smart Warehouse Management System (WMS) Based on Artificial Intelligence (AI) with Integration of

- Waterfall Method and Design Thinking to Optimize Inventory Accuracy. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 5(9).
- Kusmaryono, I., Wijayanti, D., & Maharani, H. R. (2022). Number of Response Options, Reliability, Validity, and Potential Bias in the Use of the Likert Scale Education and Social Science Research: A Literature Review. In *International Journal of Educational Methodology* (Vol. 8, Number 4, pp. 625–637). Eurasian Society of Educational Research. <https://doi.org/10.12973/ijem.8.4.625>
- Lim, K., Sheng Chang, C., & Hui, J. (2023). Leveraging Information Technology for Effective Inventory Management in Singapore's Supply Chain Industry. *International Business Logistics Journal (IBL)*, 3(1). <https://doi.org/10.21622/IBL.2023.03.1.029>
- Liu, H., Yao, Z., Zeng, L., & Luan, J. (2019). An RFID and sensor technology-based warehouse center: assessment of new model on a superstore in China. *Assembly Automation*, 39(1), 86–100. <https://doi.org/10.1108/AA-09-2018-0144>
- Ma, X., & Zhang, J. (2023). Integrated information management of supply chain in logistics parks based on the IoT. *Internet Technology Letters*, 7. <https://doi.org/10.1002/itl2.469>
- Mohamud, I. H., Abdul Kafi, M., Shahron, S. A., Zainuddin, N., & Musa, S. (2023). The Role of Warehouse Layout and Operations in Warehouse Efficiency: A Literature Review. *Journal Europeen Des Systemes Automatises*, 56(1), 61–68. <https://doi.org/10.18280/jesa.560109>
- Mojumder, M. U., & Nuruzzaman, Md. (2025). AI-Driven Optimization of Warehouse Layout and Material Handling: A Quantitative Study on Efficiency and Space Utilization. *Review of Applied Science and Technology*, 04(02), 233–273. <https://doi.org/10.63125/bgxb1z53>
- Nadondu, B., Chanpahol, A., Srisawad, S., & Thiakthum, S. (2024). Improving Forklift Efficiency by ECRS Techniques: a Case Study in a Logistics Company. *Evergreen*, 11(1), 306–313. <https://doi.org/10.5109/7172286>
- Narayanan, S., & Singh, G. A. (2023). Consumers' willingness to pay for corporate social responsibility: Theory and evidence. In *International Journal of Consumer Studies* (Vol. 47, Number 6, pp. 2212–2244). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12910>
- Ng, S., Tai, V. C., Tan, Y. C., & Abd Rahman, N. F. (2021). SFlex-WMS: a novel multi-expert system for flexible logistics and warehouse operation in the context of Industry 4.0. *SHS Web of Conferences*, 124, 10002. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202112410002>
- Nugroho, F. A. (2022). Penerapan Materials Handling Equipment untuk Penanganan Barang. *Jurnal Bisnis, Logistik Dan Supply Chain (BLOGCHAIN)*, 2(2), 64–71. <https://doi.org/10.55122/blogchain.v2i2.535>
- Omisola, J. O., Shiyabola, J. O., & Osho, G. O. (2023). A Process Automation Framework for Smart Inventory Control: Reducing Operational Waste through JIRA-Driven Workflow and Lean Practices. *Journal of Frontiers in Multidisciplinary Research*, 4(1), 82–92. <https://doi.org/10.54660/ijfmr.2023.4.1.82-92>
- Osato Itohan Oriekhoe, Bankole Ibrahim Ashiwaju, Kelechi Chidiebere Ihemereze, Uneku Ikwue, & Chioma Ann Udeh. (2024). Blockchain Technology In Supply Chain Management: A Comprehensive Review. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, 6(1), 150–166. <https://doi.org/10.51594/ijmer.v6i1.714>
- Prihanto, B., & Pujawan, N. (2021). Re-Design Layout and Allocation of Raw Material Warehouses Using Simulation Methods to Minimize the Handling Cost from Port to Warehouses. *IPTEK Journal of Proceedings Series*, No. 3, 72. <https://doi.org/https://doi.org/10.12962/j23546026.y2020i3.11081>
- Qiu, F., Chen, M., Wang, L., Ying, Y., & Tang, T. (2023). The architecture evolution of intelligent factory logistics digital twin from planning, implement to operation.

- Advances in Mechanical Engineering*, 15(9).
<https://doi.org/10.1177/16878132231198339>
- Raghuram, P., & Arjunan, M. (2021). Design framework for a lean warehouse – a case study-based approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-12-2020-0668>
- Ruiz, J. E., Martínez, I., & Juárez, C. (2024). Configuration based on Industry 4.0 technologies as a step towards an affordable smart warehouse. *Journal of Smart Cities and Society*, 3(2), 99–110. <https://doi.org/10.3233/scs-240001>
- Sadowski, A., Wojciechowski, P., & Engelseth, P. (2022). The contingent nature of warehouse flexibility. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(8), 3417–3442. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-05-2020-0250>
- Sarstedt, M., Ringle, C. M., & Hair, J. F. (2017). Partial Least Squares Structural Equation Modeling. In *Handbook of Market Research* (pp. 1–40). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_15-1
- Sule, O. E., & Oshi, J. E. O. (2022). Inventory Management and Competitive Advantage of Contemporary Manufacturing Firms in Nigeria. *Journal La Bisecoman*, 2(6), 47–53. <https://doi.org/10.37899/journallabisecoman.v2i6.557>
- Tufano, A., Accorsi, R., & Manzini, R. (2022). A machine learning approach for predictive warehouse design. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(3–4), 2369–2392. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-08035-w>
- Wang, S., Tian, G., Islam, T., Khaskhelly, F. Z., & Shaikh, M. A. (2023). Effect of Blockchain Technology for Sustainable Performance in Supply Chain Management. *Problemy Ekorozwoju*, 18(2), 159–166. <https://doi.org/10.35784/preko.3954>
- Zaky, M., Sunan, U., & Djati Bandung, G. (2023). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Tim Kerja: Sebuah Kajian Teoritis Dan Empiris. In *KOMITMEN: Jurnal Ilmiah Manajemen* (Vol. 4, Number 1). <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/jim.v4i1.25253>
- Zhang, G., Yang, Y., & Yang, G. (2023). Smart supply chain management in Industry 4.0: the review, research agenda and strategies in North America. *Annals of Operations Research*, 322(2), 1075–1117. <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04689-1>
- Zhen, Y., Qiao, W., Wang, R., & Wang, W. (2024). Blockchain Technology, Enterprise Risk and Enterprise Performance. *Sustainability (Switzerland)*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/su16010070>
- Zhuo, Z., Chau, K. Y., Huang, S., & Ip, Y. K. (2020). Mathematical modeling of optimal product supply strategies for manufacturer-to-group customers based on semi-real demand patterns. *International Journal of Engineering Business Management*, 12. <https://doi.org/10.1177/1847979020941489>