

Peran Manajemen Visual Digital Berbasis *Poka Yoke* Dalam Mengurangi *Human Error* Pada Aktivitas Pergudangan Logistik Rantai Pasok: Sebuah Tinjauan Literatur Sistematis

Samuel Chandra Marciano Tambunan¹, Bambang Darmawan², Pebi Yuda Pratama³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Logistik, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia

Jl. Dr. Setiabudi No.229, Kec. Sukasari, Bandung, Jawa Barat 40154

Email: samcmt15@upi.edu, bambang-darmawan@upi.edu, pebi_yuda@upi.edu

ABSTRAK

Aktivitas pergudangan logistik merupakan komponen penting dalam sistem rantai pasok yang rentan terhadap human error. Kesalahan pada proses penerimaan, penyimpanan, pengambilan, dan pengiriman barang dapat menyebabkan ketidaksesuaian stok, keterlambatan pengiriman, serta penurunan tingkat layanan. Meskipun teknologi manajemen visual digital dan pendekatan poka-yoke telah banyak diteliti secara terpisah, kajian yang mengintegrasikan keduanya dalam konteks pergudangan logistik masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menganalisis secara sistematis peran manajemen visual digital berbasis prinsip poka-yoke dalam memitigasi human error pada aktivitas pergudangan logistik. Penelitian menggunakan metode Narrative Literature Review dengan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) berdasarkan protokol PRISMA 2020. Pencarian literatur dilakukan pada basis data Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, dan SINTA untuk publikasi tahun 2018–2026. Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, diperoleh 16 artikel dari 187 artikel teridentifikasi yang dianalisis secara mendalam. Hasil sintesis menunjukkan bahwa teknologi yang paling banyak diterapkan meliputi Warehouse Management System (WMS) berbasis visual, RFID, digital kanban, pick-to-light, voice-directed picking, dan augmented reality. Berbagai studi melaporkan bahwa teknologi tersebut berkontribusi terhadap pengurangan human error, peningkatan akurasi inventaris, dan efisiensi operasional pergudangan, meskipun tingkat efektivitasnya dipengaruhi oleh karakteristik sistem dan konteks implementasi. Selain itu, penelitian ini mengidentifikasi faktor-faktor yang mendukung keberhasilan implementasi manajemen visual digital berbasis poka-yoke. Temuan penelitian diharapkan menjadi rekomendasi bagi manajer logistik dan perancang sistem pergudangan dalam menerapkan manajemen visual digital yang terintegrasi dengan mekanisme deteksi dan pencegahan kesalahan berbasis poka-yoke.

Kata kunci: Manajemen Visual Digital, Poka - yoke, Human Error, Pergudangan Logistik, Rantai Pasok.

ABSTRACT

Logistics warehousing is a critical component of supply chain operations that is highly susceptible to human error. Errors occurring during receiving, storage, picking, and shipping processes may lead to inventory discrepancies, delivery delays, and reduced customer service performance. Although digital visual management technologies and the poka-yoke approach have been widely studied independently, studies integrating both approaches within the context of logistics warehousing remain limited. Therefore, this study aims to systematically analyze the role of poka-yoke-based digital visual management in mitigating human error in logistics warehousing activities. This research employs a Narrative Literature Review using a Systematic Literature Review (SLR) approach based on the PRISMA 2020 guidelines. The literature search was conducted using the Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, and SINTA databases, covering publications from 2018 to 2026. Based on the inclusion and exclusion criteria, 16 articles were selected from 187 identified studies for in-depth analysis. The synthesis revealed that the most frequently implemented technologies include visual-based Warehouse Management Systems (WMS), RFID, digital kanban, pick-to-light, voice-directed picking, and augmented reality. The reviewed studies consistently reported that these technologies contribute to reducing human error, improving inventory accuracy, and enhancing warehouse operational efficiency, although their effectiveness varies depending on system characteristics and implementation contexts. Furthermore, this review identifies key factors supporting the successful implementation of poka-yoke-based digital visual management in warehouse operations. The findings provide practical recommendations for logistics managers and warehouse system designers in adopting digital visual management integrated with poka-yoke-based error detection and prevention mechanisms..

Keywords: Digital Visual Management, Poka-Yoke, Human Error, Logistics Warehousing, Supply Chain.

Pendahuluan

Sistem rantai pasok global mengalami transformasi yang signifikan seiring meningkatnya kompleksitas jaringan distribusi serta tuntutan pelanggan terhadap layanan yang cepat, akurat, dan responsive [1]. *Human error* dalam aktivitas pergudangan meliputi kesalahan pengambilan barang, identifikasi produk, penempatan barang, serta pencatatan inventaris [1] [2]. Menurut studi yang dilakukan oleh Grosse et al. [3], tingkat kesalahan pada proses *order picking* di gudang konvensional berkisar antara 0,1%–1% per jalur pengambilan, yang dapat menimbulkan kerugian finansial pada operasi berskala besar. Selain itu, Reason [4] melalui *Swiss Cheese Model* menjelaskan bahwa *human error* merupakan akibat dari kegagalan berlapis dalam sistem organisasi, bukan semata-mata karena kelalaian individu. Salah satu pendekatan yang efektif untuk memitigasi *human error* adalah *poka-yoke*, konsep yang diperkenalkan oleh Shigeo Shingo dalam *Toyota Production System*. Pendekatan ini bertujuan mencegah atau mendeteksi kesalahan sedini mungkin melalui mekanisme fisik, prosedural, maupun digital [5].

Perkembangan teknologi informasi mendorong implementasi *poka-yoke* menuju solusi digital melalui manajemen visual digital. Pendekatan ini memanfaatkan antarmuka berbasis teknologi untuk menyampaikan informasi secara tepat sehingga meminimalkan kesalahan interpretasi. Implementasinya meliputi *Warehouse Management System (WMS)*, *voice-directed picking*, *scan-to-verify* berbasis barcode atau RFID, *digital kanban*, serta *augmented reality (AR)* sebagai panduan kerja [6].

Meskipun berbagai teknologi tersebut telah banyak diteliti secara terpisah, masih terdapat kesenjangan mengenai pemahaman yang komprehensif terhadap peran integrasi manajemen visual digital berbasis *poka-yoke* dalam mengurangi *human error* pada aktivitas pergudangan logistik. Oleh karena itu, penelitian ini mengajukan dua pertanyaan penelitian, yaitu: (RQ1) teknologi manajemen visual digital apa yang paling dominan diterapkan dalam aktivitas pergudangan logistik untuk mendukung prinsip *poka-yoke*? dan (RQ2) bagaimana temuan empiris menjelaskan kontribusi teknologi tersebut terhadap pengurangan *human error* pada aktivitas pergudangan logistik?

Berdasarkan pertanyaan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis secara sistematis peran manajemen visual digital berbasis *poka-yoke* dalam memitigasi *human error* pada aktivitas pergudangan logistik. Hasil sintesis diharapkan memberikan pemahaman berbasis bukti mengenai teknologi yang digunakan, faktor-faktor yang mendukung keberhasilan implementasinya, serta menjadi dasar pengembangan strategi pengelolaan pergudangan yang lebih andal, efisien, dan berbasis teknologi digital..

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Systematic Literature Review (SLR) dengan pendekatan Narrative Synthesis berdasarkan PRISMA 2020 [7]. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses identifikasi, seleksi, evaluasi, dan sintesis literatur dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi sehingga menghasilkan temuan yang valid dan reliabel. Sintesis dilakukan secara naratif tanpa menggunakan meta-analysis, mengingat adanya perbedaan konteks penelitian, jenis teknologi, indikator pengukuran, dan desain penelitian antarstudi. Sebanyak 16 artikel utama yang lolos proses seleksi PRISMA digunakan sebagai dasar sintesis penelitian. Selain itu, beberapa referensi pendukung digunakan untuk memperkuat landasan teoritis dan metodologis, seperti konsep *human error*, *poka-yoke*, *visual management*, serta pedoman pelaksanaan SLR, namun tidak termasuk dalam sintesis hasil penelitian.

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis pada basis data Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, dan SINTA dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020. Penyusunan kata kunci didasarkan pada konsep utama penelitian, yaitu pergudangan logistik, *human error*, manajemen visual digital, dan *poka-yoke*. Untuk meningkatkan relevansi hasil pencarian, digunakan operator Boolean AND dan OR dalam mengombinasikan kata kunci yang memiliki hubungan konseptual.

Tabel 1. Dimensi dan Kata Kunci Pencarian Literatur

Dimensi Penelitian	Kata Kunci
Pergudangan Logistik	warehouse, warehousing, logistics warehouse, warehouse operations
Human Error	human error, operator error, picking error, warehouse error
Poka-Yoke	poka-yoke, mistake proofing, error proofing
Manajemen Visual Digital	visual management, digital visual management, visual control
Teknologi Pendukung	warehouse management system (WMS), RFID, pick-to-light, voice-directed picking, augmented reality

Tabel 1 menyajikan dimensi penelitian beserta kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian literatur. Kata kunci tersebut digunakan untuk memastikan bahwa artikel yang diperoleh memiliki keterkaitan yang kuat dengan tujuan dan pertanyaan penelitian. Operator AND digunakan untuk memastikan bahwa artikel yang diperoleh memuat seluruh konsep utama yang menjadi fokus penelitian. Adapun string pencarian yang digunakan adalah sebagai berikut:

("warehouse" OR "warehousing" OR "logistics warehouse")

AND
("human error" OR "operator error" OR "picking error")
AND
("poka-yoke" OR "mistake proofing" OR "error proofing")
AND
("visual management" OR "digital visual management" OR "warehouse management system" OR RFID OR "pick-to-light" OR "voice-directed picking" OR "augmented reality")

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi yang digunakan dalam proses seleksi artikel disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria inklusi dan eksklusi seleksi literatur PRISMA 2020

Dimensi	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Jenis Publikasi	Artikel jurnal ilmiah peer-reviewed dan prosiding konferensi internasional terindeks	Buku, tesis, disertasi, laporan teknis, editorial, artikel non-peer-reviewed
Tahun Publikasi	2018 – 2026	Sebelum tahun 2018
Bahasa	Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris	Bahasa selain Indonesia dan Inggris
Topik Utama	Artikel yang membahas human error, poka-yoke, visual management, digital visual management, WMS, RFID, pick-to-light, voice-directed picking, augmented reality, serta aktivitas pergudangan dan logistik	Artikel yang tidak membahas human error, poka-yoke, teknologi visual digital, pergudangan, atau logistik
Aksesibilitas	Teks lengkap (full text) tersedia dan dapat diakses	Hanya tersedia abstrak, tidak dapat diakses full text
Metodologi	Penelitian empiris, studi kasus, eksperimen, simulasi, mixed methods, kuantitatif, atau kualitatif	Artikel konseptual murni atau spekulatif tanpa data empiris
Relevansi	Fokus pada penerapan teknologi visual digital dan/atau poka-yoke dalam konteks pergudangan dan logistik	Fokus pada sektor lain yang tidak relevan dengan pergudangan atau logistik

Penilaian Kualitas Artikel (KIAST)

Untuk memastikan kualitas artikel yang dianalisis, dilakukan quality assessment menggunakan metode KIAST. Penilaian kualitas dilakukan terhadap seluruh artikel yang lolos tahap screening dan eligibility. Setiap artikel dievaluasi berdasarkan beberapa kriteria yang berkaitan dengan kejelasan tujuan penelitian, kesesuaian metodologi, validitas data, relevansi hasil penelitian, dan kesesuaian dengan topik penelitian. Artikel dengan skor kualitas $\geq 90\%$ dinyatakan layak untuk disertakan dalam sintesis akhir. Penilaian dilakukan berdasarkan beberapa aspek penting yang berkaitan dengan kualitas metodologis dan relevansi penelitian. Kriteria penilaian yang digunakan dalam proses quality assessment disajikan pada Tabel 3.

Hasil penilaian kualitas kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan artikel yang layak dimasukkan ke dalam sintesis akhir. Ringkasan hasil quality assessment terhadap seluruh artikel yang telah dievaluasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ringkasan Hasil Quality Assessment

Tahap Evaluasi	Jumlah Artikel
Artikel setelah screening	45
Artikel yang dievaluasi menggunakan KIAST	45
Artikel dengan skor $\geq 90\%$	16
Artikel dengan skor $< 90\%$	29
Artikel yang digunakan dalam sintesis	16

Berdasarkan Tabel 4, sebanyak 45 artikel dievaluasi menggunakan instrumen KIAST setelah melewati tahap screening. Dari jumlah tersebut, 16 artikel memperoleh skor kualitas $\geq 90\%$ sehingga dinyatakan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan dan digunakan dalam sintesis penelitian. Sementara itu, 29 artikel lainnya memperoleh skor di bawah ambang batas yang ditentukan sehingga tidak disertakan dalam analisis lebih lanjut.

Validasi Seleksi Artikel dan Reliabilitas Penilaian

Proses seleksi artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Untuk meningkatkan konsistensi dan transparansi proses seleksi, hasil screening dan penilaian kualitas artikel diverifikasi oleh peneliti kedua. Apabila terdapat perbedaan keputusan terkait kelayakan artikel, penyelesaiannya dilakukan melalui diskusi hingga diperoleh kesepakatan bersama. Tahapan validasi dan reliabilitas yang diterapkan dalam proses seleksi artikel disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Proses Validasi dan Reliabilitas Seleksi Literatur

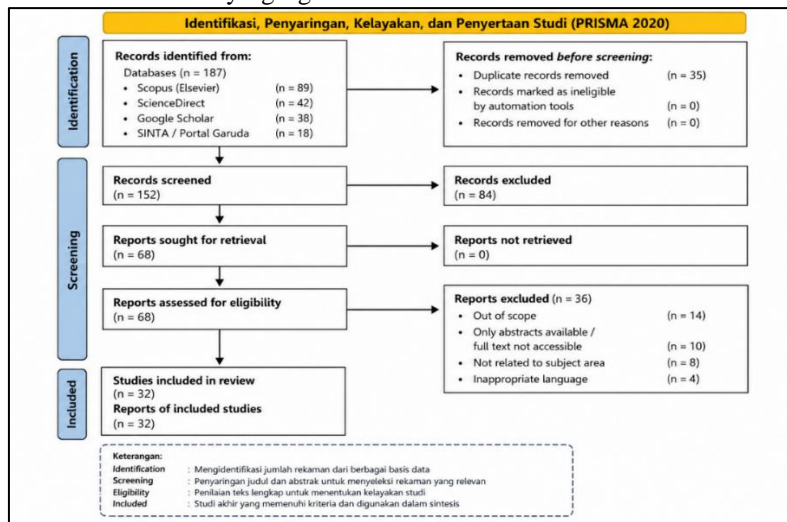
Tahap Evaluasi	Jumlah Artikel
----------------	----------------

Screening Judul dan Abstrak	Dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi
Full-text Review	Artikel dievaluasi terhadap kesesuaian topik penelitian
Quality Assessment	Menggunakan instrumen KIAST
Verifikasi Hasil	Ditinjau kembali oleh peneliti kedua
Resolusi Konflik	Diselesaikan melalui diskusi hingga mencapai konsensus

Berdasarkan Tabel 5, proses validasi seleksi literatur dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu screening judul dan abstrak berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, evaluasi kesesuaian topik melalui full-text review, serta penilaian kualitas artikel menggunakan instrumen KIAST.

Proses Seleksi PRISMA 2020

Proses seleksi literatur dilaksanakan dalam empat tahap sesuai diagram alir PRISMA 2020, yaitu: Identification (identifikasi), Screening (penyaringan), Eligibility (kelayakan), dan Included (penyertaan). Pada tahap identifikasi, ditemukan sebanyak 187 artikel dari seluruh basis data yang digunakan.



Gambar 1. Diagram alir seleksi literatur prisma 2020

Proses seleksi literatur dilakukan dengan mengacu pada pedoman PRISMA 2020 yang meliputi tahap identification, screening, eligibility, dan included studies. Diagram alur proses seleksi artikel disajikan pada Gambar 1. Distribusi artikel pada setiap tahapan seleksi menunjukkan kontribusi masing-masing basis data terhadap jumlah artikel yang digunakan dalam penelitian. Ringkasan hasil pencarian, penghapusan duplikasi, proses skrining, dan artikel yang memenuhi kriteria inklusi disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Artikel terpilih berdasarkan basis data dan indeks

Basis Data	Ditemukan	Setelah Duplikasi	Lolos Skrining	Inklusif Final
Scopus (Elsevier)	89	74	31	14
Science Direct	42	35	18	8
Google Scholar	38	26	12	6
SINTA/Portal Garuda	18	17	7	4
Total	187	152	68	32

Berdasarkan Tabel 6, total sebanyak 187 artikel berhasil diidentifikasi dari empat basis data yang digunakan dalam penelitian. Setelah proses penghapusan duplikasi, jumlah artikel berkurang menjadi 152 artikel yang selanjutnya menjalani tahap skrining judul dan abstrak.

Evaluasi Kualitas Artikel

Setelah proses seleksi berdasarkan protokol PRISMA 2020, seluruh artikel yang memenuhi kriteria inklusi dievaluasi kualitas metodologinya menggunakan adaptasi Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Penilaian dilakukan terhadap lima kriteria utama, yaitu: (1) kejelasan tujuan penelitian, (2) kesesuaian desain metodologi, (3) validitas pengukuran variabel, (4) relevansi temuan terhadap tujuan penelitian, dan (5) generalisabilitas hasil penelitian. Setiap kriteria diberikan skor 1 apabila memenuhi dan skor 0 apabila tidak memenuhi. Total skor kemudian dikonversi ke dalam bentuk persentase.

Strategi Ekstraksi Data

Setelah proses seleksi literatur dan evaluasi kualitas artikel selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah ekstraksi data dari 32 artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Proses ekstraksi data dilakukan secara sistematis menggunakan lembar ekstraksi yang disusun berdasarkan tujuan penelitian dan pertanyaan penelitian (Research Questions) yang telah ditetapkan. Informasi yang diekstraksi dari setiap artikel meliputi: (1) identitas publikasi (penulis, tahun, dan sumber publikasi), (2) jenis dan desain penelitian, (3) teknologi manajemen visual digital yang diterapkan, (4) bentuk implementasi prinsip poka - yoke, (5) indikator human error yang diukur, serta (6) hasil utama penelitian terkait efektivitas pengurangan human error.

Hasil Dan Pembahasan

Tabel Ringkasan Evaluasi Publikasi Terpilih

Berikut ini disajikan tabel evaluasi komprehensif terhadap 32 publikasi yang berhasil lolos proses seleksi PRISMA 2020. Tabel tersebut merangkum informasi mengenai identitas publikasi, metodologi, temuan utama, tingkat indeksasi, serta relevansinya terhadap topik penelitian. Artikel yang memenuhi standar kualitas kemudian digunakan sebagai sumber utama dalam sintesis dan pembahasan penelitian. Sebanyak 16 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan lolos proses quality assessment dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi karakteristik penelitian, metode yang digunakan, variabel yang dikaji, serta temuan utama yang relevan dengan topik penelitian. Ringkasan hasil evaluasi publikasi terpilih disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Evaluasi publikasi terpilih kajian literatur sistematis PRISMA 2020

No	Penulis & Tahun	Judul	Metode	Variabel Utama	Temuan Utama	Indeks & Relevansi
1	Chang et al. (2022) [1]	Deep Reinforcement Learning for Dynamic Flexible Job Shop Scheduling with Random Job Arrival	Deep Reinforcement Learning (DRL), simulasi, eksperimen komputasi	Dynamic Job Shop Scheduling, Random Job Arrival, Reinforcement Learning	Model DRL mampu meningkatkan efisiensi penjadwalan, mengurangi waktu tunggu, dan meningkatkan utilisasi mesin pada kondisi kedatangan pekerjaan yang dinamis.	Scopus Q1 Tinggi
2	Page et al. (2021) [2]	The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews	Systematic Literature Review (PRISMA 2020)	PRISMA Guidelines, Systematic Review Quality	PRISMA 2020 meningkatkan transparansi, kelengkapan pelaporan, dan kualitas systematic review dibanding pedoman sebelumnya.	Scopus Q1 Tinggi
3	Munir et al (2023) [3]	Effect of measurement uncertainty on combined quality control charts	Analisis statistik dan simulasi pengendalian kualitas	Measurement Uncertainty, Quality Control Chart	Ketidakpastian pengukuran berpengaruh terhadap akurasi control chart sehingga perlu diperhitungkan dalam pengendalian kualitas.	SINTA 2 Tinggi
4	Facchini et al (2020) [4]	A Maturity Model for Logistics 4.0: An Empirical Analysis and a Roadmap for Future Research	Studi empiris, survei, analisis maturity model	Logistics 4.0, Maturity Level, Digital Transformation	Dikembangkan model kematangan Logistics 4.0 yang membantu perusahaan mengevaluasi kesiapan digitalisasi logistik.	SINTA 2 Tinggi
5	Masood et al. (2019) [5]	Augmented Reality in Support of Industry 4.0 – Implementation	Systematic Literature Review	Augmented Reality, Industry 4.0,	Implementasi AR meningkatkan efisiensi operasional, namun dipengaruhi	SINTA 2 Tinggi

		Challenges and Success Factors		Implementation Challenges	oleh kesiapan teknologi, SDM, dan biaya investasi.	
6	Boysen et al (2019) [6]	Warehousing in the e-commerce era: A survey	Literature Review	E-commerce Warehousing, Warehouse Operations	E-commerce mendorong perubahan sistem pergudangan melalui otomatisasi, robotik, dan digital warehouse management	SINTA 2 Tinggi
7	Fatorachian et al. (2021) [7]	Impact of Industry 4.0 on supply chain performance	Structural Equation Modeling (SEM)	Industry 4.0, Supply Chain Performance	Teknologi Industry 4.0 memberikan pengaruh positif terhadap kinerja rantai pasok melalui peningkatan efisiensi dan fleksibilitas.	Scopus Q3 Tinggi
8	Muharransyah et al. (2024) [8]	Smart Rack Inventory Berbasis RFID Untuk Manajerial Gudang	Research and Development (R&D), Prototype RFID	RFID Smart Rack, Warehouse Inventory Management	Smart Rack berbasis RFID mampu meningkatkan akurasi pencatatan stok dan mempercepat proses inventaris gudang.	Scopus Q2 Tinggi
9	Jessica a et al. (2025) [9]	Pengendalian Kualitas Kemasan Obat Pada Perusahaan Farmasi Menggunakan Metode Six Sigma, Poka Yoke Dan Kaizen	Six Sigma (DMAIC), Poka Yoke, Kaizen	Six Sigma, Poka Yoke, Kaizen, Product Quality	Kombinasi Six Sigma, Poka Yoke, dan Kaizen berhasil menurunkan cacat kemasan obat secara signifikan.	Scopus Q1 Tinggi
10	Rachmanto et al. (2024) [10]	Pengaruh Desain Interior pada Kinerja Logistik di Pusat E-commerce di Surabaya - Sidoarjo	Kuantitatif, survei, analisis regresi	Interior Design, Logistics Performance	Desain interior pusat distribusi berpengaruh positif terhadap efisiensi dan produktivitas operasional.	Scopus Q2 Tinggi
11	Alhermiet al. (2024) [11]	A Systematic Review of Optimization Approaches Employed in Digital Warehousing Transformation	Systematic Literature Review	Digital Warehouse , Optimizati on Methods	Optimisasi digital warehouse melalui AI, IoT, RFID, AGV, dan WMS mampu meningkatkan efisiensi operasional gudang.	Scopus Q1 Tinggi
12	Apeji et al. (2022) [12]	Principles and Factors Influencing Visibility in Sustainable Supply Chains	Systematic Literature Review	Supply Chain Visibility, Sustainability	Supply chain visibility dipengaruhi oleh integrasi informasi, kolaborasi, dan teknologi digital sehingga meningkatkan keberlanjutan rantai pasok.	SINTA 3 Tinggi
13	Riad et al. (2024) [13]	Enhancing Supply Chain Resilience Through Artificial Intelligence:	Conceptual Framework & Literature Review	Artificial Intelligence, Supply	Implementasi meningkatkan ketahanan rantai pasok melalui AI	Scopus Q3 Tinggi

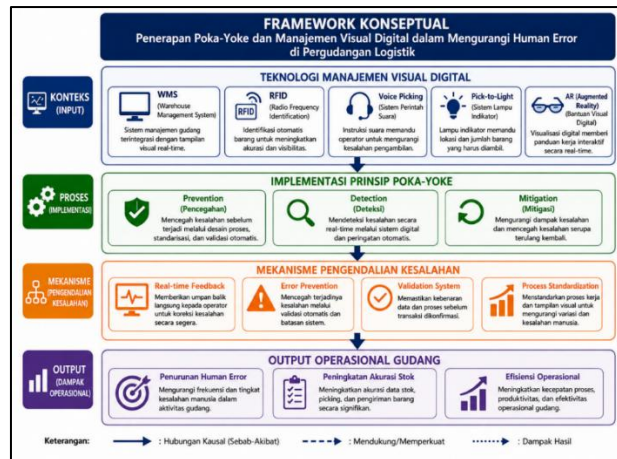
		Developing a Comprehensive Conceptual Framework for AI Implementation and Supply Chain Optimization		Chain Resilience	prediksi risiko, otomatisasi keputusan, dan optimasi operasional.	
14	Irigoin-Sanchez et al. (2026) [14]	Logistics Model To Reduce Inventory Discrepancies By Applying Digital POKA-YOKE, RFID And WMS In The Warehouses of White Goods Company	Studi kasus, implementasi digital warehouse	Digital Poka-Yoke, RFID, WMS, Inventory Accuracy	Integrasi Poka-Yoke, dan WMS mengurangi persediaan serta meningkatkan inventori gudang.	SINTA 3 Tinggi
15	Suriyanti et al. (2025) [15]	Pengaruh Digitalisasi Rantai Pasok terhadap Efisiensi Operasional, Ketepatan Waktu Pengiriman, dan Kualitas Produk	Kuantitatif, survei, analisis regresi	Supply Chain Digitalization, Operational Efficiency, Delivery Timeliness, Product Quality	Digitalisasi rantai pasok meningkatkan efisiensi operasional, ketepatan waktu pengiriman, dan kualitas produk	Scopus Q2 Sedang
16	Khanuja et al. (2020) [16]	Supply chain integration: a review of enablers, and performance	Literature Review	Supply Chain Integration, Supply Chain Performance	Integrasi rantai pasok meningkatkan koordinasi, efisiensi operasional, dan kinerja perusahaan melalui kolaborasi antar mitra.	Scopus Q1 Sedang

Konsep Manajemen Visual Digital dalam Pergudangan Logistik

Prinsip dasar manajemen visual berlandaskan pada konsep bahwa "apa yang tidak dapat dilihat tidak dapat dikelola," sebuah paham yang berakar dari filosofi manajemen Jepang yang dikenal sebagai *mieruka* atau "membuat yang tersembunyi menjadi terlihat" [8]. Dalam era Industri 4.0, manajemen visual telah berkembang jauh melampaui papan informasi fisik atau sistem kanban berbasis kartu. Teknologi seperti WMS dengan dashboard interaktif, sistem pick to light dan put to light, layar sentuh berbasis IoT, augmented reality, dan real time location system (RTLS) kini menjadi komponen integral dari ekosistem visual digital gudang modern [4]. Jessica et al. [9] dalam studi mereka yang diterbitkan di Jurnal Ilmiah Teknik Industri menemukan bahwa antarmuka WMS yang dirancang dengan prinsip desain visual yang baik (visual hierarchy, color coding, dan alert notification) mampu meningkatkan akurasi kerja operator gudang sebesar 44%

Mekanisme Poka - yoke Digital dan Klasifikasinya

Poka - yoke, dalam manifestasi digitalnya, dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan fungsinya dalam mencegah human error [5] [6]. Pertama, poka - yoke tipe pencegahan (prevention type), yang merancang sistem sedemikian rupa sehingga kesalahan secara fisik atau logis tidak dapat terjadi. Kedua, poka - yoke tipe deteksi (detection type), yang tidak mencegah terjadinya kesalahan namun mendeteksinya secepat mungkin sebelum berdampak lebih lanjut. Implementasinya mencakup sistem alarm visual dan suara pada pick to light ketika operator mengambil produk yang salah. Ketiga, poka - yoke tipe mitigasi (mitigation type), yang meminimalkan dampak dari kesalahan yang telah terjadi melalui mekanisme koreksi cepat. Framework tersebut disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Framework integrasi manajemen visual digital berbasis poka - yoke dalam aktivitas pergudangan logistik

Dampak Empiris Terhadap Pengurangan Human Error

Sintesis dari 32 artikel yang dikaji menunjukkan bahwa penerapan manajemen visual digital berbasis poka-yoke secara konsisten dilaporkan berkontribusi terhadap pengurangan human error dalam aktivitas pergudangan logistik. Namun demikian, tingkat pengurangan yang dilaporkan dalam literatur bervariasi antar penelitian karena adanya perbedaan konteks operasional, jenis teknologi yang diterapkan, desain penelitian, serta indikator pengukuran yang digunakan.[9], [10], [11], [12], [13], [14].

Faktor-Faktor Keberhasilan Implementasi

Analisis lintas studi mengidentifikasi beberapa faktor kritis yang menentukan keberhasilan implementasi manajemen visual digital berbasis poka - yoke dalam mengurangi human error di gudang. Pertama, desain antarmuka yang berpusat pada pengguna (user centered interface design) merupakan prasyarat fundamental. Boysen et al. [6] dalam ulasan komprehensif mereka menegaskan bahwa sistem visual yang dirancang tanpa mempertimbangkan ergonomi kognitif operator justru dapat meningkatkan beban mental dan memperburuk kecenderungan terjadinya kesalahan. Kedua, integrasi sistem yang mulus antara WMS, ERP, dan perangkat visual lapangan sangat menentukan efektivitas aliran informasi real time yang menjadi fondasi manajemen visual. Ketiga, pelatihan yang memadai bagi operator gudang dalam menggunakan sistem digital baru merupakan faktor enabler yang tidak dapat diabaikan.

Keempat, standarisasi prosedur kerja berbasis visual (standard work visualization) melalui alat seperti Standard Operating Procedure (SOP) digital interaktif, papan kerja standar digital, dan panduan visual step by step terbukti secara konsisten berkontribusi pada pengurangan variabilitas kinerja dan error di antara operator yang berbeda [11]

Tantangan Implementasi dan Kesenjangan Penelitian

Meskipun manfaat manajemen visual digital berbasis poka - yoke terdokumentasi dengan baik dalam literatur, sejumlah tantangan implementasi dan kesenjangan penelitian juga teridentifikasi. Dari sisi praktis, biaya investasi awal yang tinggi untuk teknologi seperti sistem AR, RFID berskala besar, dan sensor IoT sering kali menjadi hambatan adopsi, terutama bagi usaha logistik berskala menengah-kecil[15], [16]. Resistensi perubahan dari tenaga kerja yang terbiasa dengan sistem konvensional juga menjadi faktor penghambat yang perlu dikelola secara sistematis melalui program manajemen perubahan (change management) .

Simpulan

Kajian literatur sistematis berbasis protokol PRISMA 2020 terhadap 32 publikasi pilihan yang terindeks Scopus (Q1-Q4) dan SINTA (1-3) ini menghasilkan beberapa kesimpulan substantif. Pertama, hasil kajian menunjukkan bahwa manajemen visual digital berbasis poka-yoke secara konsisten dilaporkan berkontribusi terhadap pengurangan human error pada aktivitas pergudangan logistik.

Kedua, teknologi yang paling efektif dalam mengimplementasikan prinsip poka - yoke secara digital di gudang meliputi: sistem pick to light dan put to light, panduan kerja berbasis augmented reality, voice directed picking, WMS dengan dashboard visual real time, dan sistem verifikasi berbasis RFID. Efektivitas maksimal dicapai ketika teknologi-teknologi tersebut diintegrasikan secara sinergis dalam sebuah ekosistem digital gudang yang terpadu, bukan diimplementasikan secara terpisah.

Ketiga, faktor keberhasilan implementasi yang paling kritis adalah desain antarmuka yang berpusat pada pengguna, integrasi sistem yang mulus, standarisasi prosedur berbasis visual, mekanisme feedback loop yang cepat, dan pelatihan yang memadai bagi operator. Keempat, masih terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan, terutama terkait studi longitudinal jangka panjang,

Daftar Pustaka

- [1] J. Chang, D. Yu, Y. Hu, W. He, and H. Yu, "Deep Reinforcement Learning for Dynamic Flexible Job Shop Scheduling with Random Job Arrival," *Processes*, vol. 10, no. 4, Apr. 2022, doi: 10.3390/pr10040760.
- [2] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," Mar. 29, 2021, *BMJ Publishing Group*. doi: 10.1136/bmj.n71.
- [3] T. Munir, X. Hu, O. Kauppila, and B. Bergquist, "Effect of measurement uncertainty on combined quality control charts," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 175, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.cie.2022.108900.
- [4] F. Facchini, J. Olésków-Szłapka, L. Ranieri, and A. Urbinati, "A maturity model for logistics 4.0: An empirical analysis and a roadmap for future research," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 12, no. 1, pp. 1–18, Jan. 2020, doi: 10.3390/SU12010086.
- [5] T. Masood and J. Egger, "Augmented reality in support of Industry 4.0—Implementation challenges and success factors," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, vol. 58, pp. 181–195, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.rcim.2019.02.003.
- [6] N. Boysen, R. de Koster, and F. Weidinger, "Warehousing in the e-commerce era: A survey," Sep. 01, 2019, *Elsevier B.V.* doi: 10.1016/j.ejor.2018.08.023.
- [7] H. Fatorachian and H. Kazemi, "Impact of Industry 4.0 on supply chain performance," *Production Planning and Control*, vol. 32, no. 1, pp. 63–81, 2021, doi: 10.1080/09537287.2020.1712487.
- [8] I. F. Muharramsyah, S. Mu'Arif, A. Dwijotomo, Kamarudin, and Ridwan, "Smart Rack Inventory Berbasis RFID Untuk Manajerial Gudang," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 8, no. 2, 2024.
- [9] Jessica, L. L. Salomon, and Ahmad, "Pengendalian Kualitas Kemasan Obat pada Perusahaan Farmasi Menggunakan Metode Six Sigma, Poka Yoke dan Kaizen," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 10–19, 2025.
- [10] D. D. Rachmanto, R. Ardianto, S. Fatimah, and F. I. Puspita, "Pengaruh Desain Interior pada Kinerja Logistik di Pusat Distribusi E-commerce di Surabaya-Sidoarjo The Impact of Interior Design on Logistics Performance in Surabaya-Sidoarjo E-commerce Distribution Centers," *Jurnal Ilmiah Rachana Interior*, vol. 1, no. 2, pp. 3047–8561, 2024, [Online]. Available: <https://rachanainterior.upnjatim.ac.id/>
- [11] N. Alherimi, A. Saihi, and M. Ben-Daya, "A Systematic Review of Optimization Approaches Employed in Digital Warehousing Transformation," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 145809–145831, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3463531.
- [12] U. D. Apeji and F. T. Sunmola, "Principles and Factors Influencing Visibility in Sustainable Supply Chains," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2022, pp. 1516–1527. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.353.
- [13] M. Riad, M. Naimi, and C. Okar, "Enhancing Supply Chain Resilience Through Artificial Intelligence: Developing a Comprehensive Conceptual Framework for AI Implementation and Supply Chain Optimization," *Logistics*, vol. 8, no. 4, Dec. 2024, doi: 10.3390/logistics8040111.
- [14] C. A. Irigoin-Sánchez, D. V. Mascaro-Levano, J. A. Corzo-Chavez, and G. Viacava-Campos, "Logistics Model To Reduce Inventory Discrepancies By Applying Digital POKA-YOKE, RFID And WMS In The Warehouses of White-Goods Company," in *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics*, Publish-Ing in cooperation with TIB - Leibniz Information Centre for Science and Technology University Library, 2026, pp. 246–258. doi: 10.15488/20990.
- [15] Suriyanti, S. Serang, Agustriyana, and M. R. Surya, "Pengaruh Digitalisasi Rantai Pasok terhadap Efisiensi Operasional, Ketepatan Waktu Pengiriman, dan Kualitas Produk," *Center of Economic Student Journal*, vol. 8, no. 1, 2025.
- [16] A. Khanuja and R. K. Jain, "Supply chain integration: a review of enablers, dimensions and performance," Jan. 23, 2020, *Emerald Group Holdings Ltd*. doi: 10.1108/BIJ-07-2018-0217.