



DOI: <https://doi.org/10.38035/jmpd.v3i3>
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Penggunaan *Warehouse Automation* dalam Manajemen Rantai Pasok untuk Meningkatkan Efisiensi Operasional Perusahaan

Kalila Maysa Amadia¹, Achmad Fauzi², Fadia Salma Hasan³, Dinda Rahmawati⁴,
Fahrana Nur Afifah⁵, David Efata Lima Nazara⁶

¹Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, kalila.amadia@binus.ac.id

²Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, achmad.fauzi003@binus.ac.id

³Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, fadia.hasan@binus.ac.id

⁴Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, dinda.rahmawati@binus.ac.id

⁵Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, fahrana.afifah@binus.ac.id

⁶Universitas Bina Nusantara, Bekasi, Indonesia, david.nazara@binus.ac.id

Corresponding Author: kalila.amadia@binus.ac.id¹

Abstract: *This article examines and discusses the role of warehouse automation in improving the company's operational efficiency by using Warehouse Management System (WMS) technology to improve the company's operational efficiency. By using systems based on Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT), it is confirmed that the use of warehouse automation systems can improve data accuracy, reduce process errors in the supply chain caused by humans, speed up the packaging and distribution process which will reduce the company's operational and logistics costs. In addition, the application of this technology can also help companies become more flexible and responsive to changing market needs.*

Keyword: *Warehouse Automation System (WAS), Supply Chain, Supply Chain Management, Efisiensi Operasional, Teknologi Informasi, Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI)*

Abstrak: Artikel ini meneliti dan membahas peran otomatisasi gudang dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan dengan menggunakan teknologi *Warehouse Management System (WMS)* untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. Dengan menggunakan sistem berbasis *Artificial Intelligence (AI)* dan *Internet of Things (IoT)*, dipastikan bahwa penggunaan sistem otomatisasi gudang dapat meningkatkan keakuratan data, mengurangi kesalahan proses dalam rantai pasok yang disebabkan oleh manusia, mempercepat proses pengemasan dan pendistribusian yang nantinya akan menekan biaya operasional dan logistik perusahaan. Selain itu, penerapan teknologi ini juga dapat membantu perusahaan menjadi lebih fleksibel dan responsif terhadap kebutuhan pasar yang terus berubah.

Kata Kunci: Sistem Otomatisasi Gudang, Manajemen Rantai Pasok, Efisiensi Operasional, Teknologi Informasi, *Internet of Things (IoT)*, *Artificial Intelligence (AI)*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan besar dalam berbagai sektor kehidupan, termasuk pada sektor logistik dan manajemen rantai pasokan (Purbasari et al., 2023). Penggunaan teknologi informasi dalam manajemen rantai pasok kini menjadi semakin krusial, terutama sebagai respons terhadap meningkatnya kompleksitas sistem logistik global. Faktor-faktor seperti globalisasi, perubahan permintaan, dan volatilitas pasar mendorong perlunya digitalisasi untuk meningkatkan visibilitas, fleksibilitas, dan adaptasi terhadap perubahan (Jamal et al., 2024).

Melihat tantangan tersebut, perusahaan dituntut untuk tidak hanya beradaptasi, tetapi juga mampu menciptakan rantai pasok yang efisien dan tangguh. Dalam era globalisasi dan kompetisi bisnis yang semakin intens, efisiensi rantai pasok menjadi faktor kunci dalam meraih keberhasilan perusahaan. Globalisasi dan persaingan bisnis yang semakin ketat menuntut perusahaan untuk mengoptimalkan efisiensi dalam rantai pasok mereka. Beberapa aspek yang berperan dalam peningkatan efisiensi ini meliputi pemilihan penyedia logistik yang tepat, penerapan transportasi intermoda, pemanfaatan teknologi informasi, dan dukungan kebijakan pemerintah (Soekirman, 2024).

Salah satu aspek penting yang semakin mendapat perhatian adalah pengelolaan gudang, yang kini turut berkembang seiring kemajuan teknologi. Pemanfaatan teknologi canggih di area pergudangan kini menjadi urgensi bagi perusahaan agar operasional berjalan lebih lancar dan efisien. Teknologi ini memudahkan proses pemindahan dan pengangkutan barang ke lokasi lain yang dapat memberikan manfaat lebih besar. Selain itu, penerapan teknologi yang tepat dalam sistem warehouse juga dapat membantu mengurangi konsumsi energi, mempercepat pekerjaan, dan meningkatkan ketelitian dalam pengelolaan stok barang (Zulfikar et al., 2023). Dalam rantai pasok, *warehouse* memegang peranan penting sebagai penghubung antara proses produksi dan distribusi produk kepada konsumen. Tingkat efisiensi operasional warehouse sangat menentukan kinerja rantai pasok secara keseluruhan, mulai dari ketepatan waktu pengiriman, keakuratan data inventori, hingga tingkat kepuasan pelanggan. Pemanfaatan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), robotika, dan analitik big data telah mendorong lahirnya konsep warehouse pintar (*smart warehouse*) yang mampu meningkatkan efektivitas penyimpanan, penanganan, dan distribusi barang dengan akurasi tinggi dan biaya yang lebih efisien. Oleh karena itu, *warehouse automation* tidak lagi menjadi pilihan tambahan, melainkan strategi wajib bagi perusahaan yang ingin mempertahankan daya saing di era digital saat ini (Gunawan, 2025).

METODE

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data di penelitian ini adalah literature review. Literature review adalah teknik analisis dan evaluasi terhadap satu atau banyak penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya dan berhubungan dengan topik tertentu. Literature review berisikan uraian tentang teori, hasil penelitian, atau penemuan yang digunakan untuk dijadikan acuan bahan penelitian (Handoko, B.L., 2024; Suroso, J.S., 2020). Metode ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menelusuri hasil dari berbagai jurnal ilmiah, mempelajari isinya secara mendalam, serta mengidentifikasi keterkaitan antara otomatisasi pergudangan dengan peningkatan efisiensi logistik (Kembro & Norrman, 2022; Halim et al., 2024; Sodiya et al., 2024).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan tabel hasil analisis dari metode literature review terhadap penelitian-penelitian terdahulu:

Tabel 1. Tabel Analisis Literatur

No	Author	Jurnal	Judul	Hasil
1	M. Thutam Ph.D.	<i>Logistics 4.0 and Future of Supply Chains</i>	Warehousing 4.0 in Logistics 4.0	Warehouse 4.0 merupakan transformasi gudang berbasis otomatisasi dan robotika yang berpotensi besar menekan biaya penyimpanan dan pengantaran serta meningkatkan efisiensi logistik. Meski masih dalam tahap pengembangan dan menghadapi tantangan biaya, durasi penelitian, serta kebutuhan SDM kompeten, inovasi seperti MARS, AVS/RS, CS/RS, dan CRS terus dikembangkan untuk menyempurnakan konsep ini dan menjadikannya solusi masa depan logistik yang lebih canggih dan efisien.
2	G.T.S. Ho, Yuk Ming Tang, Eric K.H. Leung, P.H. Tong,	Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, Volume 196	Integrated reinforcement learning of automated guided vehicles dynamic path planning for smart logistics and operations	Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan <i>reinforcement learning (RL)</i> pada AGV dapat meningkatkan efisiensi <i>warehouse automation</i> . Dibandingkan Google OR-Tools, RL menyelesaikan lebih banyak pesanan, lebih efisien dalam pergerakan, dan lebih konsisten, meskipun ada kelemahan pada jarak tempuh maksimal. RL terbukti lebih adaptif dalam lingkungan operasional gudang yang kompleks, mendukung percepatan transformasi menuju <i>smart warehouse</i> .
3	Mengistu Guliti Buba, Debi Prasad Das, Sanjaya Kumar Ghadai, Anil Bajpa	International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8, Issue-2	The Effect of Integrated Warehouse Operation Efficiency on Organizations Performance	Efisiensi operasional gudang berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kinerja organisasi. Untuk mencapainya, diperlukan pembaruan sistem penyimpanan, peningkatan akurasi data, serta respons cepat terhadap kondisi persediaan guna mengatasi kelemahan yang masih ada dan memastikan pengelolaan gudang berjalan optimal.
4	Anas M. Atieh, Hazem Kaylani, Yousef Al-abdallat, Abeer Qaderi, Luma Ghoul, Lina Jaradat, Iman Hdairis	Procedia CIRP, Volume 41, Tahun 2016, Halaman 568–572	Performance improvement of inventory management system processes by an automated warehouse management system	Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan sistem manajemen gudang otomatis (WMS) berdampak positif signifikan terhadap kinerja manajemen persediaan. Studi kasus menunjukkan bahwa WMS dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, meningkatkan efisiensi operasional, mempercepat proses logistik, serta meningkatkan akurasi pencatatan dan meminimalkan kesalahan manusia. Secara keseluruhan, otomatisasi gudang terbukti meningkatkan

- efektivitas dan kinerja rantai pasok, menjadikannya solusi strategis dalam menghadapi tantangan logistik modern.
- 5 Ramaa A., K.N. Subramanya, dan T.M. Rangaswamy International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 54– No.1 Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain Implementasi *Warehouse Management System* (WMS) terbukti secara signifikan meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional gudang, menurunkan waktu siklus, mengurangi kebutuhan tenaga kerja, serta meningkatkan akurasi dan pelacakan barang. Meskipun memerlukan investasi awal yang besar, manfaat finansial dan operasional jangka panjang menjadikan WMS sebagai investasi strategis yang memberikan keunggulan kompetitif dalam rantai pasok.
- 6 Murni Sofiah, Siti Aisyah Journal of Indonesian Management (JIM) of Analisis Implementasi Manajemen Rantai Pasok Pada E-Commerce Amazon Amazon berhasil meningkatkan efisiensi logistik melalui otomatisasi berbasis teknologi IoT, yang dimulai dari akuisisi Kiva System. Integrasi robot dalam operasional gudang mempercepat proses kerja, mengurangi biaya hingga jutaan dolar per tahun, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Strategi ini tak hanya memperkuat posisi Amazon di industri e-commerce, tetapi juga mendorong standar baru dalam persaingan logistik modern.
- 7 Ricardo S. Jimenez, Kim Brian V.David, Ma. Viktoria Monique M. Hawod, Franchezka Nicole L. Calicdan, dan Pauline Kate M. Coronel International Journal of Engineering, Management, and Social Sciences (IJEMS), Vol. 3 No. 1 (2024) The Effectiveness of Implementing Emerging Warehouse Technologies on Warehouse Operations Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi baru dalam gudang, seperti automated storage, barcode scanning, dan *Warehouse Management System* (WMS), secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional. Temuan utamanya adalah peningkatan akurasi stok, percepatan proses pengambilan barang, serta pengurangan kesalahan manusia. Namun, efektivitasnya sangat tergantung pada kesiapan SDM dan pelatihan yang memadai. Selain itu, investasi awal dan perubahan kultur kerja menjadi tantangan dalam penerapannya.
- 8 Hendra Zulfikar, Dimas Rizki Saputra, Ahmad Maulana, Yohan Ananda Cahyono, Siti Sahara Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, Agustus 2023,9 (16), 393 - 402 Peningkatan Efisiensi Operasional Pergudangan Melalui Teknologi Canggih Penerapan teknologi canggih seperti WMS, IoT, AI, dan otomatisasi dalam sistem pergudangan terbukti meningkatkan efisiensi, akurasi, dan produktivitas operasional. Meskipun membutuhkan investasi dan kesiapan SDM, manfaat seperti penghematan biaya, peningkatan layanan, dan daya saing menjadikannya solusi strategis untuk menghadapi tantangan industri modern.

- 9 Joakim Kembro, The International Journal of Logistics Management, Vol. 33 No. 5, 2022
Andreas Norrman The Transformation from Manual to Smart Warehousing: An Exploratory Study with Swedish Retailers
Penelitian ini membahas transisi perusahaan retail di Swedia dari gudang manual ke smart warehouse melalui *warehouse automation* dan digitalisasi. Survei terhadap 50 perusahaan menunjukkan rencana adopsi teknologi seperti AutoStore, robot sortir, pick-by-light, dan sistem pengemasan otomatis. Omnichannel lebih fokus pada otomatisasi fisik, sementara e-commerce mengandalkan AI dan data real-time. Hasil ini menunjukkan bahwa *warehouse automation* memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi dan fleksibilitas operasional gudang di era digital.
- 10 Parthiban Mohanasundaran International Journal of Information Technology and Management Information Systems (IJITMIS) Warehouse Automation: Transforming Supply Chains For The Digital Era
Otomasi gudang mentransformasi rantai pasok menjadi lebih cerdas, responsif, dan efisien melalui integrasi teknologi seperti robotika, AI, IoT, dan analitik prediktif. Didorong oleh e-commerce dan kebutuhan omnichannel, otomasi meningkatkan akurasi, throughput, dan pengambilan keputusan *real-time*. Dengan dukungan model fleksibel seperti RaaS serta fokus pada keberlanjutan dan teknologi baru, gudang kini berperan sebagai pusat distribusi strategis dalam rantai pasok digital.
- 11 Vivek Prasanna Prabu International Journal on Science and Technology (IJSAT) Improving Warehouse Automation Using Artificial Intelligence and Robotics
Jurnal ini membahas integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam otomatisasi gudang dan bagaimana teknologi ini meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kecepatan operasional. Tiga peran utama AI yang dibahas meliputi manajemen inventori cerdas, sistem picking dan packing otomatis menggunakan robot, serta pemeliharaan prediktif untuk mencegah kerusakan. Jurnal ini juga mengulas tantangan implementasi, khususnya kebutuhan peningkatan keterampilan karyawan, serta memberikan pandangan terhadap tren dan potensi masa depan AI dalam *warehouse automation*.
- 12 Enoch Oluwademilade Sodiya, Uchenna Joseph Umoga, Olukunle Oladipupo Amoo, Akoh Atadoga. GSC Advanced Research and Reviews, 2024, 18(02), 272–282 AI-driven warehouse automation: A comprehensive review of systems
Kecerdasan buatan (AI) memainkan peran krusial dalam otomasi gudang dengan meningkatkan akurasi, kecepatan, dan adaptivitas melalui teknologi seperti AMR, AGV, dan robotic arms. Dukungan *machine learning*, *computer vision*, *edge computing*, dan *predictive maintenance* memungkinkan

- pengambilan keputusan real-time dan efisiensi berkelanjutan, menjadikan gudang lebih fleksibel dan tangguh dalam merespons dinamika pasar dan kebutuhan pelanggan.
- 13 Maarten van Geest, *Applied Sciences*, Smart Warehouses: Bedir Tekinerdogan, 2022 Cagatay Catal Rationale, Challenges and Solution Directions Artikel ini menyoroti peran penting otomatisasi dalam membentuk gudang pintar melalui penggunaan teknologi seperti AGV, robotik, dan sistem pemantauan otomatis. Otomatisasi mempercepat proses, mengurangi kesalahan, menekan biaya tenaga kerja, dan memungkinkan peningkatan kapasitas tanpa penambahan SDM yang signifikan. Tantangan utama meliputi tingginya biaya awal, integrasi sistem lama, dan kebutuhan pelatihan. Solusi yang disarankan adalah pendekatan bertahap dengan integrasi hybrid antara manusia dan mesin.
- 14 Lunario Rizal Halim, Lunario Rizal Wahyuningsih Santosa, Halim, Triwulandari Satitidjati Wahyuningsih Santosa, Triwulandari Satitidjati Dewayana Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics (IIJSE), Vol. 3 No. 2 (2024) Penelitian ini menyoroti pentingnya *warehouse automation* dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan e-commerce. Otomatisasi proses kerja di gudang, seperti penyortiran barang, pelabelan, dan pengiriman, mampu mengurangi kesalahan manusia, mempercepat alur kerja, serta meningkatkan akurasi stok. Selain itu, *warehouse automation* juga saling mendukung dengan sistem manajemen gudang (WMS) dan tenaga kerja yang terlatih. Ketika digabungkan dengan konsep smart warehousing, teknologi ini semakin memperkuat dampak positifnya terhadap efisiensi, karena semua proses menjadi lebih terintegrasi, real-time, dan responsif terhadap permintaan pelanggan.
- 15 I Gusti Ayu Putu Arika E-Jurnal Putri, I Nyoman Manajemen Nurcaya Penerapan Warehouse Management System pada PT Uniplastindo Interbuana Bali Dengan menerapkan *Warehouse Management System* berbasis software Microsoft Access, biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk proses *material handling* menjadi jauh lebih kecil. Selain itu, administrator juga dapat mengerjakan pekerjaan mereka dengan jauh lebih cepat karena data yang masuk bisa disatukan ke dalam satu sistem.

Penerapan Otomatisasi Gudang dalam Meningkatkan Efisiensi Operasional Rantai Pasok Perusahaan

Penerapan otomatisasi dalam sistem pergudangan telah menjadi strategi yang krusial bagi perusahaan dalam meningkatkan efisiensi operasional rantai pasok. Teknologi seperti *Warehouse Management System* (WMS), *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan robotika sudah sering digunakan untuk mempercepat proses penyimpanan, pengambilan, penyortiran, serta pengiriman barang (Zulfikar et al., 2023). Dengan adanya sistem ini, ketergantungan terhadap tenaga kerja manual berkurang secara signifikan, sementara tingkat akurasi data dan kecepatan proses distribusi meningkat (Ramaa et al., 2012).

Berdasarkan data yang dianalisis, sejumlah penerapan pada warehouse automation antara lain:

- a. Mempercepat Proses Operasional Perusahaan: Aktivitas gudang seperti picking, sorting, dan packing menjadi lebih cepat dan efisien berkat dukungan teknologi seperti robot lengan otomatis, *Automated Guided Vehicles* (AGV), serta sistem konveyor pintar (Ho et al., 2025).
- b. Tingkat Keakuratan Data yang Lebih Tinggi: Teknologi seperti barcode scanner otomatis dan RFID memungkinkan pelacakan barang secara real-time dan akurat, sehingga mengurangi kesalahan pencatatan dan kehilangan stok (Jimenez, 2024).
- c. Efisiensi penyimpanan: Sistem otonom seperti AVS/RS (*Autonomous Vehicle Storage & Retrieval System*) dan CS/RS (*Compact Storage & Retrieval System*) memudahkan akses ke tiap sudut, level dan bagian gudang manapun dengan efektif dan memungkinkan peningkatan kepadatan penyimpanan gudang dengan menggunakan ruang penyimpanan dengan lebih efisien. (Thutam, 2021)
- d. Pengambilan Keputusan yang Responsif: Integrasi IoT, AI, dan WMS mempermudah perusahaan memantau stok dan pergerakan barang secara langsung. AI membantu menganalisis data gudang untuk merespons perubahan permintaan secara cepat, sehingga keputusan logistik bisa diambil lebih efisien dan tepat waktu tanpa harus menunggu proses manual yang memakan waktu (Zulfikar et al., 2023).

Studi kasus implementasi warehouse automation yang diterapkan oleh perusahaan e-commerce global seperti Amazon menunjukkan bahwa integrasi antara robot dan sistem otomatis mampu memangkas biaya logistik secara signifikan. Di sisi lain juga dapat meningkatkan kepuasan pelanggan melalui pengiriman yang lebih cepat dan akurat (Sofiah & Aisyah, 2022).

Dampak dan Pengaruh Implementasi Otomatisasi Gudang

Implementasi sistem gudang otomatis membawa dampak luas, tidak hanya terhadap operasional internal perusahaan, tetapi juga terhadap efektivitas seluruh rantai pasok. Beberapa pengaruh positif yang signifikan antara lain:

- a. Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi: Operasi gudang dapat berlangsung tanpa henti, termasuk di luar jam kerja, sehingga output meningkat dan waktu siklus lebih singkat (Mohanasundaran, 2025). Salah satu contoh yang paling signifikan adalah Amazon, yang mengadopsi sistem robotik Kiva. Robot-robot ini menggantikan sistem picking tradisional dengan cara mengangkat dan mengantarkan rak ke operator manusia, alih-alih membiarkan pekerja berjalan mengelilingi gudang yang luas. Dengan pendekatan ini, efisiensi pemrosesan pesanan meningkat drastis. Amazon mampu memproses ratusan ribu pesanan per hari dengan waktu pemrosesan yang jauh lebih singkat (Sofiah & Aisyah, 2022).
- b. Pengurangan Kesalahan dan Biaya Operasional: Minimnya keterlibatan manusia dalam proses rutin mengurangi potensi kesalahan logistik dan membantu menghemat biaya dalam jangka panjang (Van Geest et al., 2021). Studi yang dilakukan oleh Atieh et al. (2016) menunjukkan bahwa penerapan *Warehouse Management System* (WMS) pada sebuah perusahaan distribusi barang berhasil menurunkan tingkat kesalahan operasional sehingga biaya logistik yang sebelumnya dikeluarkan dapat dialihkan untuk penggunaan kebutuhan lainnya dan mendorong terjadinya penghematan biaya.

- c. Akurasi dan Transparansi dalam Pengelolaan Stok: Sistem otomatis yang terintegrasi dengan WMS dan ERP memudahkan pemantauan pergerakan barang secara *real-time*, sehingga risiko kelebihan atau kekurangan persediaan dapat ditekan (Atieh et al., 2016). Sebagai contoh, penelitian yang dilakukan oleh Ramaa et al. (2012) mencatat bahwa perusahaan manufaktur yang mengadopsi sistem otomatis berbasis *barcode scanning* dan RFID dapat meningkatkan akurasi data stok hingga 98%. Informasi mengenai barang yang masuk dan keluar dari gudang bisa dipantau secara langsung melalui sistem digital, yang memudahkan pengambilan keputusan cepat. Dengan sistem ini, transparansi rantai pasok meningkat dan potensi kehilangan barang dapat diminimalisir.
- d. Dukungan terhadap Omnichannel dan Strategi Distribusi: Gudang otomatis dapat berperan sebagai pusat distribusi strategis yang responsif terhadap permintaan pelanggan yang dinamis, terutama dalam model bisnis omnichannel (Mohanasundaran, 2025). Studi oleh Atieh et al. (2016) menunjukkan bahwa penggunaan sistem manajemen gudang otomatis (WMS) mampu menurunkan kesalahan input data dan mempercepat proses logistik, sehingga beban biaya akibat kesalahan pengiriman dapat diminimalisir secara signifikan. Dengan demikian, otomatisasi gudang tidak hanya memberikan efisiensi finansial, tetapi juga meningkatkan daya saing perusahaan dalam menghadapi tantangan industri di era digital.

Tantangan dalam Implementasi Sistem Otomatisasi Gudang

Walaupun menawarkan berbagai keuntungan strategis, penerapan sistem gudang otomatis tetap menghadirkan sejumlah tantangan yang tidak dapat diabaikan. Tantangan-tantangan tersebut antara lain:

- a. Biaya Investasi Awal yang Besar: Pengadaan *hardware* dan *software* untuk memerlukan anggaran yang besar, sehingga menjadi kendala utama terutama bagi perusahaan skala kecil hingga menengah (Van Geest et al., 2021).
- b. Kesulitan dalam Integrasi Sistem: Proses penggabungan antara sistem otomatis yang baru dengan sistem lama sering kali menimbulkan kendala sehingga membutuhkan perencanaan yang matang (Van Geest et al., 2021).
- c. Kurangnya sumber daya manusia yang kompeten: Implementasi teknologi canggih membutuhkan SDM yang memiliki kemampuan teknis yang memadai. Oleh karena itu, pelatihan dan pengembangan karyawan merupakan aspek penting yang harus dilakukan (Jimenez, et al., 2024).
- d. Risiko Gangguan Operasional: Ketergantungan terhadap sistem teknologi meningkatkan risiko jika terjadi kerusakan atau gangguan teknis. Oleh sebab itu, perusahaan perlu memiliki rencana cadangan atau sistem pendukung.
- e. Perubahan Budaya Kerja: Transformasi dari sistem manual ke otomatis menuntut perubahan cara kerja dan pola pikir. Tanpa pendekatan komunikasi yang tepat, proses ini dapat menimbulkan resistensi di kalangan karyawan (Jimenez, et al., 2024).

Untuk mengatasi tantangan tersebut, pendekatan bertahap dan strategi kolaboratif antara manusia dan mesin (*hybrid system*) dinilai sebagai langkah efektif dalam memastikan keberhasilan transformasi digital pada sistem pergudangan.

KESIMPULAN

Penerapan *warehouse automation* memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan dalam manajemen rantai pasok. Integrasi teknologi seperti *Warehouse Management System* (WMS), IoT, AI, dan robotika mampu mempercepat proses penyimpanan, pengambilan, penyortiran, serta distribusi barang secara lebih akurat dan efisien (Zulfikar et al., 2023). Hal ini turut menurunkan biaya logistik, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta meningkatkan akurasi data (Van Geest et al., 2021). Selain mendorong produktivitas dan kepuasan pelanggan, otomatisasi gudang juga membantu perusahaan menjadi lebih responsif terhadap perubahan permintaan pasar dan kompleksitas

global (Halim, Santosa, & Dewayana, 2024). Meski demikian, implementasi teknologi ini tidak lepas dari tantangan seperti tingginya biaya investasi awal, kebutuhan pelatihan SDM, dan resistensi terhadap perubahan budaya kerja (Van Geest et al., 2021). Dengan strategi yang terencana, pendekatan bertahap, serta sinergi antara manusia dan teknologi, *warehouse automation* menjadi solusi strategis yang tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga memperkuat daya saing dan keberlanjutan perusahaan di era digital yang semakin kompetitif.

REFERENSI

- A, Ramaa., N. Subramanya, K., & M. Rangaswamy, T. (2012). Impact of Warehouse Management System in a Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14–20. <https://doi.org/10.5120/8530-2062>
- Atieh, A. M., Kaylani, H., Al-abdallat, Y., Qaderi, A., Ghoul, L., Jaradat, L., & Hdairis, I. (2016). Performance Improvement of Inventory Management System Processes by an Automated Warehouse Management System. *Procedia CIRP*, 41, 568–572. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.122>
- Buba, M. G., Das, D. P., Ghadai, S. K., Bajpai, A. (2019). The Effect of Integrated Warehouse Operation Efficiency on Organizations Performance. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(2), 1664–1668. <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i2/B2461078219.pdf>
- Gunawan, S. A. (2025). Transformasi Digital dalam Operasional Warehouse dan Logistik: Analisis Perkembangan dan Implementasinya dalam Supply Chain Modern. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 7(4), 1–10. <https://ejournal.warunayama.org/index.php/kohesi/article/download/11726/10279/34930>
- Handoko, B, L. (2024). Fungsi Literature Review Dalam Penelitian. BINUS School of Accounting. <https://accounting.binus.ac.id/2024/11/03/fungsi-literature-review-dalam-penelitian/> (accessed 16.4.25)
- Ho, G. T. S., Tang, Y. M., Leung, E. K. H., Tong, P. H. (2025). Integrated reinforcement learning of automated guided vehicles dynamic path planning for smart logistics and operations. *ELSEVIER*, 196, 1–30. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104008>
- Jamal, R., Ikhval, A. A., Nisa, N. A., Qulbi, S. H., Arifin, M. U. (2024). Penggunaan Teknologi Informasi dalam Mengoptimalkan Supply Chain Management. *Jurnal Inovasi Global*. 2(7). <https://jig.rivierapublishing.id/index.php/rv/article/view/117/199>
- Jimenez, R. S., David, K. B. V., Hawod, M. V. M., Calicdan, F. N. L., & Coronel, P. K. M. (2024). The Effectiveness of Implementing Emerging Warehouse Technologies on Warehouse Operations. *International Journal of Economics and Management Sciences*, 1(4), 1–15. <https://doi.org/10.61132/ijems.v1i4.228>
- Kembro, J., & Norrman, A. (2022). The transformation from manual to smart warehousing: An exploratory study with Swedish retailers. *The International Journal of Logistics Management*, 33(5), 107–135. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2021-0525>
- Mohanasundaram, P. (2025). Warehouse Automation: Transforming Supply Chains for the Digital Era. *International Journal of Information Technology and Management Information Systems*, 16(2), 1077–1093. https://doi.org/10.34218/IJITMIS_16_02_068
- Purbasari, R., Novel, N. J. A., Kostini, N. (2023). Digitalisasi Logistik dalam Mendukung Kinerja E-Logistic di Era Digital: A Literature Review. *JOMBLO: Jurnal Organisasi, Manajemen, Bisnis dan Logistik*, 1(2), 177–196. <https://jurnal.unpad.ac.id/jomblo/article/view/50762/21289>
- Putri, I. G. A. P. A., Nurcaya, I. N. (2019). Penerapan Warehouse Management System Pada PT Uniplastindo Interbuana Bali. *E-Jurnal Manajemen*, 8(12), 7216–7238. <https://doi.org/10.24843/EJMUNUD.2019.v08.i12.p16>

- Ricardo S. et al., 2024. The Effectiveness Of Implementing Emerging Warehouse Technologies On Warehouse Operations. *International Journal of Economics and Management Sciences (IJEMS)*, 1, 119–137. <https://doi.org/10.61132/ijems.v1i4.228>
- Santosa, W., & Trisakti, U. (2024). THE EFFECT OF WORK PROCESS AUTOMATION, WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEM, AND EXPERTS ON COMPANY OPERATIONAL EFFICIENCY WITH SMART WAREHOUSING MEDIATION IN E-COMMERCE WAREHOUSES IN JAKARTA. 7(3). <https://e-journal.uac.ac.id/index.php/ijse/article/view/5668/2259>
- Sodiya, E. O., Umoga, U. J., Amoo, O. O., & Atadoga, A. (2024). AI-driven warehouse automation: A comprehensive review of systems. *GSC Advanced Research and Reviews*, 18(2), 272–282. <https://doi.org/10.30574/gscarr.2024.18.2.0063>
- Soekirman, A. (2024). Meningkatkan Efisiensi Rantai Pasok melalui Penyedia Logistik, Transportasi Intermoda, Teknologi Informasi, dan Regulasi Pemerintah. *Research Journal of Multidisciplinary Research and Development* 6(4). <https://doi.org/10.38035/rrj.v6i4.839>
- Sofiah, M., & Aisyah, S. (2022). Analysis of Supply Chain Management Implementation on Amazon E-Commerce. *Journal of Indonesian Management (JIM)*, 2(2), 385–390. <http://dx.doi.org/10.53697/jim.v2i2.779>
- Suroso, J. S. (2020). Literature Review. BINUS University Graduate Program Master Program. <https://mmsi.binus.ac.id/2020/10/24/literature-review-jarot-s-suroso/> (accessed 27.4.2025)
- Thutam, M. (2021). Warehousing 4.0 in Logistics 4.0. *Logistics 4.0 and Future of Supply Chains*. Accounting, Finance, Sustainability, Governance & Fraud: Theory and Application. https://doi.org/10.1007/978-981-16-5644-6_7
- Van Geest, M., Tekinerdogan, B., & Catal, C. (2021). Smart Warehouses: Rationale, Challenges and Solution Directions. *Applied Sciences*, 12(1), 219. <https://doi.org/10.3390/app12010219>
- Zulfikar, H., Saputra, D. R., Maulana, A., Cahyono, Y. A., & Sahara, S. (2023). Peningkatan efisiensi operasional pergudangan melalui teknologi canggih. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(16), 393–402. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8242563>