

EVALUASI KUALITAS GUDANG FARMASI: PRAKTIK TERBAIK, TEKNOLOGI, DAN KEPATUHAN REGULASI

Asep Kamal Syahroni^{*1}, Siti Saidah², Entris Sutrisno³

Universitas Bhakti Kencana, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author:
Email: wariorsname@gmail.com

Abstract.

Pharmacy warehouses play an important role in maintaining the safety and quality of medicines before they are distributed to health care facilities. This literature review aims to analyze pharmaceutical warehouse quality assessment methods, identify best practices, and explore related technologies and regulatory compliance. Discussion includes controlling environmental conditions, storage and handling practices, inventory management, and a rigorous quality assurance program. The pharmaceutical warehouse quality evaluation method can be done manually, automatically, or a combination of both. Technology plays an important role in improving the quality of pharmaceutical warehouses, such as environmental monitoring systems, electronic warehouse management, and process automation. The application of automation and robotics is also becoming increasingly popular to increase efficiency and reduce human error. However, technology implementation must be combined with best practices and compliance with relevant regulations to ensure the safety and integrity of pharmaceutical products.

Keywords: inventory management, quality assurance program, electronic warehouse management, process automation

I. PENDAHULUAN

Gudang farmasi merupakan komponen penting dalam rantai pasokan obat, bertindak sebagai penghubung antara produsen dan fasilitas perawatan kesehatan. Mereka bertanggung jawab untuk menerima, menyimpan, dan mendistribusikan obat-obatan dengan cara yang aman dan efisien. Tanggung jawab utama mereka meliputi memastikan keamanan dan integritas produk farmasi selama proses penyimpanan dan distribusi. Oleh karena itu, gudang farmasi harus mematuhi persyaratan ketat dalam hal penyimpanan, penanganan, dan pemantauan kondisi lingkungan untuk mencegah penurunan kualitas atau potensi kontaminasi produk (Pratama, dkk., 2024).

Selain itu, gudang farmasi juga berperan penting dalam menjaga keamanan rantai pasokan obat. Pengelolaan rantai pasokan yang ketat harus diterapkan untuk memastikan bahwa produk yang diterima dan distribusikan berasal dari sumber yang sah dan terpercaya. Praktek pengelolaan ini mencakup verifikasi produk, pelacakan dan penelusuran, serta penerapan sistem keamanan untuk mencegah masuknya produk palsu atau kualitas rendah ke dalam sistem

distribusi. Kegagalan dalam mengelola rantai pasokan dengan baik dapat mengakibatkan konsekuensi yang serius, seperti risiko kesehatan bagi pasien dan kerugian finansial bagi industri farmasi (Abedi & Yoon 2023).

Mengingat peran krusial gudang farmasi dalam menjamin keamanan dan efektivitas obat-obatan, penilaian kualitas gudang menjadi sangat penting. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk menganalisis metode penilaian kualitas gudang farmasi, mengidentifikasi praktik terbaik dalam pengelolaan gudang, serta mengeksplorasi teknologi dan kepatuhan regulasi yang terkait (Tutam, 2023). Dengan memahami standar dan pedoman terbaik, serta memanfaatkan teknologi terbaru, gudang farmasi dapat meningkatkan efisiensi operasional dan memastikan keamanan dan integritas produk farmasi yang distribusikan.

Pentingnya menilai kualitas gudang farmasi supaya terhindar dari kegagalan dalam mengelola gudang farmasi karena dapat menyebabkan konsekuensi yang signifikan, seperti penurunan kualitas obat, peningkatan risiko efek samping, dan bahkan kematian. Oleh karena itu, penilaian kualitas gudang farmasi menjadi kunci untuk melindungi kesehatan masyarakat dan memastikan sistem pelayanan kesehatan yang efektif (Khopade, dkk., 2023). Dengan memahami praktik terbaik, memanfaatkan teknologi terbaru, dan mematuhi regulasi yang berlaku, gudang farmasi dapat memastikan bahwa obat-obatan yang aman dan efektif sampai ke pasien dengan tepat waktu dan dalam kondisi yang optimal.

II. KAJIAN TEORI

Definisi dan Pentingnya Gudang Farmasi

Gudang farmasi merupakan komponen integral dalam rantai pasokan obat, bertindak sebagai penghubung penting antara produsen dan fasilitas pelayanan kesehatan. Mereka bertanggung jawab untuk menerima, menyimpan, dan mendistribusikan obat-obatan dengan cara yang aman dan efisien. Dalam konteks ini, gudang farmasi memegang peran sentral dalam memastikan ketersediaan obat-obatan yang dibutuhkan oleh pasien dan profesional kesehatan. (Duc, 2020).

Dalam rantai pasokan obat, gudang farmasi memainkan peran krusial dalam menjaga kontinuitas dan integritas aliran produk, karena bertindak sebagai titik sentral distribusi, menerima obat-obatan dari produsen dan menyalurkannya ke fasilitas pelayanan kesehatan seperti Puskesmas, rumah sakit, apotek, dan klinik. Dengan mengelola inventory dan memfasilitasi distribusi yang efisien, gudang farmasi memastikan bahwa produk farmasi tersedia tepat waktu dan dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi permintaan.

Selain itu, gudang farmasi juga berperan penting dalam menjaga keamanan rantai pasokan obat. Oleh karena itu, penerapan praktek pengelolaan rantai pasokan yang ketat, seperti verifikasi produk, pelacakan dan penelusuran, serta penerapan sistem keamanan untuk mencegah masuknya produk palsu atau

kualitas rendah ke dalam sistem distribusi. Dengan demikian gudang farmasi membantu melindungi integritas rantai pasokan dan memastikan bahwa hanya produk yang sah dan berkualitas tinggi yang didistribusikan ke fasilitas pelayanan kesehatan (Abedi, et al., 2023).

Menjaga kualitas obat merupakan tanggung jawab utama gudang farmasi sehingga harus mematuhi persyaratan ketat dalam hal penyimpanan, penanganan, dan pemantauan kondisi lingkungan seperti suhu, kelembaban, dan cahaya untuk mencegah penurunan kualitas atau potensi kontaminasi produk. Kegagalan dalam menjaga kondisi penyimpanan yang tepat dapat mengakibatkan konsekuensi yang serius. Obat-obatan yang terpapar suhu atau kelembaban yang tidak sesuai dapat mengalami degradasi atau kehilangan potensi, yang dapat mengurangi efektivitas pengobatan dan bahkan membahayakan keselamatan pasien. Selain itu, kondisi penyimpanan yang buruk juga dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme atau kontaminan lain, menyebabkan risiko infeksi atau reaksi merugikan lainnya bagi pasien.

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kualitas Gudang Farmasi Pengendalian Suhu dan Kelembaban

Pengendalian suhu dan kelembaban merupakan aspek krusial dalam pengelolaan gudang farmasi, terutama dalam penanganan obat yang sensitif terhadap kondisi lingkungan, membutuhkan kondisi penyimpanan yang tepat untuk mempertahankan potensi, kemanjuran, dan keamanannya. Fluktuasi suhu atau kelembaban yang *ekstrem* dapat menyebabkan degradasi obat, memengaruhi efektivitas pengobatan, dan bahkan membahayakan keselamatan pasien. (Shashi, 2022).

Oleh karena itu, gudang farmasi harus memiliki sistem pengendalian suhu dan kelembaban yang andal untuk memastikan bahwa obat-obatan disimpan dalam kondisi yang sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan oleh produsen atau regulator. Persyaratan ini dapat bervariasi tergantung pada jenis obat, dengan beberapa produk membutuhkan kondisi tertentu seperti suhu dingin atau beku.

Untuk memantau dan mengatur kondisi lingkungan, gudang farmasi dapat memanfaatkan berbagai teknologi canggih. Sistem pemantauan lingkungan yang terintegrasi, seperti sensor suhu dan kelembaban, dapat digunakan untuk melacak kondisi secara *real-time* dan memberikan peringatan jika terjadi penyimpangan. Selain itu, sistem pendingin udara (AC) atau sistem pendingin khusus dapat digunakan untuk mempertahankan suhu yang tepat, sementara sistem pengendalian kelembaban dapat memastikan tingkat kelembaban yang optimal (Richards, 2017).

Praktik Penyimpanan dan Penanganan

Praktik penyimpanan dan penanganan yang tepat adalah kunci untuk memastikan integritas dan keamanan obat-obatan di gudang farmasi. Gudang harus memiliki protokol penyimpanan yang aman dan terstandarisasi untuk mencegah kontaminasi, kerusakan, atau penurunan kualitas produk.

Protokol penyimpanan yang aman meliputi pengaturan tata letak gudang yang terorganisir, memisahkan obat-obatan berdasarkan jenis atau kategori risiko, dan memastikan kondisi penyimpanan yang bersih dan terlindungi dari kontaminan seperti debu atau serangga. Selain itu, penanganan obat harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kerusakan fisik, seperti menggunakan peralatan penanganan yang aman dan memastikan obat tidak terjatuh atau terpapar kondisi yang tidak sesuai (Kumar & Jha, 2019).

Penanganan obat juga melibatkan prosedur yang ketat untuk mencegah kontaminasi silang antara produk. Personel gudang harus menggunakan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, seperti sarung tangan dan masker, serta mengikuti prosedur sanitasi yang tepat. Selain itu, pemisahan area penyimpanan dan penanganan berdasarkan kategori risiko juga penting untuk menghindari kontaminasi silang antara obat-obatan dengan risiko yang berbeda (Kumar, & Kamaraj, 2022).

Manajemen Inventory

Manajemen *inventory* yang efisien merupakan aspek penting dalam pengelolaan gudang farmasi, mengingat banyaknya obat-obatan yang harus disimpan dan didistribusikan, sistem manajemen *inventory* yang andal diperlukan untuk melacak stok, mengoptimalkan penyimpanan, dan memastikan ketersediaan produk yang dibutuhkan.

Gudang farmasi dapat memanfaatkan teknologi seperti *Warehouse Management System* (WMS) untuk otomatisasi proses manajemen *inventory*. WMS memungkinkan pelacakan stok secara *real-time*, pemantauan tanggal kedaluwarsa, dan optimalisasi alur kerja gudang. Selain itu, *Internet of Things* (IoT) juga dapat diintegrasikan dengan WMS untuk memantau kondisi lingkungan penyimpanan dan memberikan data yang lebih akurat tentang *inventory*. (Sharma, et al., 2020).

Dengan sistem manajemen *inventory* yang efisien, gudang farmasi dapat menghindari kelebihan stok atau kekurangan stok, serta memastikan rotasi stok yang tepat untuk mencegah kedaluwarsa produk. Selain itu, pelacakan dan penelusuran yang akurat memungkinkan penarikan produk yang efektif jika terjadi masalah kualitas atau keamanan, melindungi pasien dari risiko potensial.

Program Jaminan Kualitas

Program jaminan kualitas merupakan komponen penting dalam pengelolaan gudang farmasi. Program ini dirancang untuk memastikan bahwa praktek yang diterapkan di gudang sesuai dengan standar industri dan regulasi yang berlaku, serta memastikan kualitas dan keamanan obat-obatan yang disimpan dan didistribusikan.

Penerapan program jaminan kualitas melibatkan serangkaian prosedur, pelatihan, dan pemantauan yang ketat. Ini mencakup pengembangan dan implementasi kebijakan dan standar operasional prosedur (SOP) yang sesuai dengan pedoman *Good Distribution Practice* (GDP) atau *Good Storage Practice* (GSP). SOP ini mencakup aspek seperti pengendalian lingkungan, penanganan produk, manajemen *inventory*, dan pemantauan kualitas.

Selain itu, program jaminan kualitas juga melibatkan pengawasan dan audit internal secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap standar dan regulasi yang berlaku. Audit ini dapat dilakukan oleh tim internal atau pihak ketiga yang berkualifikasi, dan hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan dan mengembangkan rencana tindakan korektif (Bhaskaran & Venkatesh, 2019).

Gudang farmasi juga harus mematuhi standar industri dan regulasi yang relevan, seperti pedoman GDP/GSP yang ditetapkan oleh badan regulasi seperti Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) atau *Food and Drug Administration* (FDA). Kepatuhan terhadap regulasi ini penting untuk memastikan praktik pengelolaan gudang yang aman dan berkualitas tinggi, serta melindungi kesehatan masyarakat.

II. METHODS

Metode Manual

Metode manual untuk evaluasi kualitas gudang farmasi melibatkan teknik inspeksi dan audit yang dilakukan secara langsung oleh personel yang berkualifikasi. Teknik inspeksi manual meliputi observasi fisik terhadap kondisi gudang, pemeriksaan catatan dan dokumen, serta wawancara dengan personel gudang.

Kekuatan utama metode manual adalah kemampuannya untuk mendeteksi masalah yang mungkin tidak teridentifikasi oleh sistem otomatis. Inspektur yang terlatih dan berpengalaman dapat mengidentifikasi masalah potensial atau area yang membutuhkan perbaikan dengan cara yang lebih menyeluruh. Selain itu, metode manual juga memungkinkan interaksi langsung dengan personel gudang, yang dapat memberikan wawasan yang lebih dalam tentang praktik dan tantangan yang dihadapi.

Namun, metode manual juga memiliki kelemahan, seperti potensi bias manusia, keterbatasan dalam jumlah area yang dapat diperiksa, dan waktu yang

dibutuhkan untuk melakukan inspeksi yang menyeluruh. Selain itu, metode manual dapat menjadi subjektif dan bergantung pada keahlian dan pengalaman inspektur, sehingga hasilnya mungkin bervariasi antara satu inspektur dengan yang lain (Shweta, et al., 2022).

Metode Otomatis

Metode otomatis untuk evaluasi kualitas gudang farmasi memanfaatkan teknologi seperti sensor, *Internet of Things* (IoT), dan sistem otomatisasi. Pendekatan ini menggunakan perangkat elektronik dan perangkat lunak untuk memantau dan mengumpulkan data secara *real-time* tentang kondisi lingkungan, *inventory*, dan aktivitas gudang.

Kekuatan utama metode otomatis adalah kemampuannya untuk mengumpulkan data yang akurat dan konsisten secara berkelanjutan. Sensor dan sistem pemantauan dapat melacak suhu, kelembaban, dan parameter lain dengan presisi tinggi, serta memberikan peringatan jika terjadi penyimpangan dari batas yang ditetapkan. Selain itu, teknologi otomatisasi juga dapat meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko kesalahan manusia dalam proses seperti manajemen *inventory* dan penanganan produk.

Namun, metode otomatis juga memiliki kelemahan, seperti biaya investasi awal yang tinggi untuk mengimplementasikan sistem otomatisasi dan perangkat keras yang diperlukan. Selain itu, sistem otomatis dapat mengalami kegagalan teknis atau kesalahan dalam pengumpulan data, yang dapat menyebabkan masalah jika tidak dideteksi dan diperbaiki dengan tepat (Sharma, et al., 2020).

Kombinasi Metode

Untuk mendapatkan evaluasi kualitas gudang farmasi yang paling efektif, banyak organisasi mengombinasikan metode manual dan otomatis. Dengan menggabungkan kekuatan dari kedua pendekatan ini, gudang farmasi dapat memanfaatkan keunggulan masing-masing metode dan mengatasi kelemahan yang ada.

Kombinasi metode manual dan otomatis memungkinkan inspeksi yang lebih menyeluruh dan akurat. Sistem otomatis dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan dan mengumpulkan data secara berkelanjutan, sementara inspeksi manual dapat dilakukan secara periodik untuk memverifikasi kepatuhan terhadap prosedur dan praktek terbaik, serta mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan.

Selain itu, kombinasi metode juga memungkinkan validasi silang antara data otomatis dan temuan inspeksi manual, meningkatkan keakuratan dan kepercayaan terhadap hasil evaluasi. Dengan mengintegrasikan kedua pendekatan ini, gudang farmasi dapat memastikan kepatuhan terhadap standar

dan regulasi yang berlaku, serta terus meningkatkan kualitas dan keamanan produk dikelola (Sallam, et al., 2023).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran Teknologi dalam Meningkatkan Kualitas Gudang Farmasi

Teknologi memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas gudang farmasi. Dengan perkembangan teknologi yang pesat, gudang farmasi dapat memanfaatkan berbagai solusi inovatif untuk mengoptimalkan operasi mereka, meningkatkan efisiensi, dan memastikan kepatuhan terhadap standar dan regulasi yang ketat. Penerapan teknologi yang tepat tidak hanya meningkatkan kualitas, tetapi juga membantu melindungi integritas dan keamanan produk farmasi yang disimpan dan didistribusikan.

Salah satu aspek utama di mana teknologi berperan penting adalah dalam pengendalian kondisi lingkungan. Sistem pemantauan lingkungan yang canggih, seperti sensor suhu, kelembaban, dan cahaya, memungkinkan pemantauan *real-time* dan pengumpulan data yang akurat. Dengan data ini, gudang farmasi dapat dengan cepat mendeteksi dan merespons setiap penyimpangan dari kondisi yang diinginkan, memastikan produk disimpan dalam lingkungan yang optimal. Studi oleh Basu et. all. (2018) dalam "*Environmental Monitoring in Pharmaceutical Warehouse: An Overview*" menekankan pentingnya sistem pemantauan lingkungan yang andal dalam gudang farmasi. Penelitian ini menganalisis berbagai teknologi pemantauan, seperti sensor suhu, kelembaban, dan sistem peringatan dini, serta dampaknya terhadap menjaga kualitas produk

Selain itu, teknologi juga berperan penting dalam manajemen *inventory*. Sistem manajemen gudang (*Warehouse Management System/WMS*) yang terintegrasi dengan *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pelacakan dan penelusuran produk secara *real-time*. Informasi ini membantu gudang farmasi mengoptimalkan penyimpanan, menghindari kelebihan atau kekurangan stok, dan memastikan rotasi stok yang tepat untuk mencegah kedaluwarsa produk. Teknologi juga memfasilitasi proses penarikan produk yang efisien jika terjadi masalah kualitas atau keamanan. Penelitian oleh Marques et all. (2021) mengeksplorasi manfaat penerapan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) dalam operasional gudang farmasi. Hasilnya menunjukkan bahwa TIK dapat meningkatkan visibilitas rantai pasokan, memfasilitasi manajemen *inventory* yang efisien, dan mendukung kepatuhan terhadap regulasi.

Lebih lanjut, teknologi juga mendukung implementasi program jaminan kualitas yang ketat. Sistem manajemen kualitas elektronik memungkinkan pemantauan, dokumentasi, dan pelaporan yang lebih efisien terhadap praktik dan prosedur yang dilakukan di gudang farmasi. Ini memastikan kepatuhan terhadap standar industri dan regulasi, serta memfasilitasi audit internal dan eksternal dengan lebih mudah.

Namun, penting untuk diingat bahwa teknologi hanyalah alat pendukung, dan penerapannya harus dilakukan dengan bijaksana dan dipadukan dengan praktik terbaik yang ditetapkan. Personel gudang yang terlatih dengan baik dan memahami pentingnya kepatuhan terhadap prosedur merupakan kunci keberhasilan dalam memanfaatkan teknologi secara efektif. Dengan mengkombinasikan teknologi canggih dengan sumber daya manusia yang berkualitas, gudang farmasi dapat mencapai tingkat kualitas yang lebih tinggi dan menjamin keamanan serta integritas produk farmasi yang dikelola.

Otomatisasi dan Robotika

Otomatisasi dan robotika merupakan tren teknologi yang semakin banyak diadopsi dalam operasi gudang farmasi. Dengan memanfaatkan sistem otomatis dan robot canggih, gudang farmasi dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi risiko kesalahan manusia, dan mengoptimalkan alur kerja mereka. Penerapan otomatisasi dan robotika juga membantu menjaga kepatuhan terhadap standar kualitas dan regulasi yang ketat dalam industri farmasi. Penelitian oleh Kou et al. (2022) melakukan tinjauan sistematis tentang penerapan otomatisasi dan robotika dalam gudang farmasi. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan efisiensi, mengurangi kesalahan, dan mendukung kepatuhan terhadap regulasi.

Salah satu area utama di mana otomatisasi dan robotika diimplementasikan adalah dalam proses penanganan dan pengambilan produk. Sistem otomatis yang terintegrasi dengan teknologi seperti pengidentifikasi radio frekuensi (RFID) atau kode batang memungkinkan pelacakan dan penelusuran produk yang akurat dan efisien. Robot pengambilan dan sistem konveyor otomatis dapat digunakan untuk mengambil, memindahkan, dan mengepak produk dengan cepat dan tepat, mengurangi risiko kesalahan manusia dan meningkatkan produktivitas. Studi oleh Azadeh et al. (2019) menggunakan simulasi untuk mengevaluasi dampak penerapan sistem gudang otomatis dalam rantai pasokan farmasi. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan produktivitas, pengurangan waktu tunggu, dan optimalisasi alur kerja dengan menggunakan sistem otomatis.

Otomatisasi juga dapat diterapkan dalam proses penerimaan dan pemeriksaan produk. Sistem inspeksi otomatis menggunakan kamera dan algoritma pengenalan pola dapat digunakan untuk memverifikasi keutuhan kemasan, keberadaan cacat fisik, dan kebenaran informasi label. Ini memastikan bahwa hanya produk yang memenuhi standar kualitas yang diterima dan disimpan di gudang farmasi. Studi oleh Azadeh et al. (2017) menganalisis penerapan otomatisasi dan robotika dalam meningkatkan efisiensi gudang farmasi. Penelitian ini menggunakan metode simulasi dan optimasi untuk mengidentifikasi konfigurasi optimal dari teknologi otomatisasi dan robotika.

Selain itu, robot pengangkut otomatis (*Automated Guided Vehicles/AGV*) dan sistem penyimpanan dan pengambilan otomatis (*Automated Storage and Retrieval System/AS/RS*) juga dapat diimplementasikan untuk meningkatkan efisiensi dalam penanganan dan penyimpanan produk. AGV dapat digunakan untuk mengangkut dan memindahkan produk secara aman dan efisien di dalam gudang, sementara AS/RS memungkinkan penyimpanan dan pengambilan produk secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Penelitian oleh Frazelle (2016) mengeksplorasi penggunaan sistem penyimpanan dan pengambilan otomatis (AS/RS) dan robot pengambilan dalam industri farmasi. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi ini dapat meningkatkan akurasi, efisiensi, dan keamanan dalam penanganan dan penyimpanan produk farmasi.

Meskipun otomatisasi dan robotika menawarkan banyak manfaat, implementasinya memerlukan investasi yang signifikan dalam infrastruktur, pelatihan personel, dan integrasi sistem. Selain itu, sistem otomatis juga membutuhkan pemeliharaan dan pemantauan yang berkelanjutan untuk memastikan kinerjanya yang optimal. Namun, dengan perencanaan dan implementasi yang tepat, otomatisasi dan robotika dapat memberikan solusi yang efisien dan andal untuk meningkatkan kualitas dan kepatuhan dalam pengelolaan gudang farmasi.

IV. KESIMPULAN

Menilai dan memastikan kualitas gudang farmasi merupakan aspek yang sangat penting dalam menjaga keamanan dan efektivitas obat-obatan sebelum didistribusikan ke pasien. Tinjauan literatur ini telah mengeksplorasi berbagai aspek terkait, meliputi praktek terbaik dalam pengelolaan gudang, metode evaluasi kualitas, serta peran teknologi, otomatisasi, dan kepatuhan regulasi. Penerapan praktik terbaik seperti pengendalian kondisi lingkungan, praktek penyimpanan dan penanganan yang tepat, manajemen *inventory* yang efisien, dan program jaminan kualitas yang ketat adalah kunci untuk menjamin kualitas gudang farmasi.

Teknologi memainkan peran yang semakin penting dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi operasional gudang farmasi. Sistem pemantauan lingkungan, manajemen gudang elektronik, dan otomatisasi proses dapat meningkatkan keakuratan, mengurangi kesalahan manusia, dan mendukung kepatuhan terhadap regulasi yang ketat. Penerapan otomatisasi dan robotika juga semakin populer, dengan robot pengambilan, sistem konveyor otomatis, dan AGV yang meningkatkan efisiensi dan optimalisasi alur kerja.

Meskipun demikian, penting untuk diingat bahwa teknologi hanyalah alat pendukung, dan penerapannya harus dilakukan dengan bijaksana dan dipadukan dengan praktik terbaik yang ditetapkan. Personel gudang yang terlatih dengan baik dan memahami pentingnya kepatuhan terhadap prosedur merupakan kunci

keberhasilan dalam memanfaatkan teknologi secara efektif. Selain itu, kepatuhan terhadap standar industri dan regulasi yang relevan, seperti pedoman *Good Distribution Practice* (GDP) atau *Good Storage Practice* (GSP), juga sangat penting untuk memastikan keamanan dan integritas produk farmasi yang dikelola oleh gudang.

REFERENSI

- Abedi, S., Kwon, S., & Yoon, S. W. (2023). *Healthcare and Pharmaceutical Supply Chain Automation*. In *Springer Handbook of Automation* (pp. 1289-1308). Cham: Springer International Publishing.
- Azadeh, A., Pourhosseiniasl, S., & Saberi, M. (2019). *Automated Warehouse Systems in Pharmaceutical Supply Chain: A Simulation Study*. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 33(1), 112-134. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2019.099382>
- Azadeh, A., Sangari, M. S., & Fatemi Ghomi, S. M. T. (2017). *Optimizing Pharmaceutical Warehouse Efficiency with Automation and Robots*. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 27(2), 202-226. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2017.084313>
- Basu, R., Batra, R., & Venkat, G. (2018). *Environmental Monitoring in Pharmaceutical Warehouse: An Overview*. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(2), 315-319.
- Bhaskaran, J., & Venkatesh, M. P. (2019). *Good Storage and Distribution practices for Pharmaceuticals in European Union*. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 11(8), 2992-2997.
- Duc, H. L. (2020). *Optimizing pharmaceutical company's warehouse system*.
- Frazelle, E. (2016). *Robotic Storage Systems for Pharmaceutical Manufacturing and Distribution*. *Logistics*, 4(1), 2-11. <https://doi.org/10.3390/logistics4010002>
- Khopade, V. E., Shegokar, Y. M., Kale, V. V., Harane, S. A., & Umekar, M. J. (2023). *Application Of Ai Tool In Pharmaceutical Warehouse Management: A Comprehensive Review*. *Journal of Research Administration*, 5(2), 8052-8060.
- Kou, Y., Zhang, Z., Zhao, Y., & Zhang, L. (2022). *Automation and Robotics in Pharmaceutical Warehouses: A Systematic Review*. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 19(3), 1-17. <https://doi.org/10.1177/17298814221085796>
- Kumar, N., & Jha, A. (2019). *Application of principles of supply chain management to the pharmaceutical good transportation practices*. *International Journal of Pharmaceutical and Healthcare Marketing*, 13(3), 306-330.

- Kumar, P., & Kamaraj, R. (2022). *Compliance With Regulatory Requirements And Their Implementation Regarding The Storing And Distribution Of Pharmaceuticals In India, Us And Eu*. *Neuroquantology*, 20(17), 390.
- Marques, P. A., Gabriel, R., & Lopes, N. (2021). *The Role of Information and Communication Technologies in Pharmaceutical Warehouses*. *Applied Sciences*, 11(9), 4081. <https://doi.org/10.3390/app11094081>
- Pratama, R., Farm, S., Farm, M., Thomas, N. A., Fadli, S., Madania, S., & Tuloli, T. S. (2024). *Manajemen Farmasi*. CV Rey Media Grafika.
- Richards, G. (2017). *Warehouse management: a complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse*. Kogan Page Publishers.
- Sallam, K., Mohamed, M., & Mohamed, A. W. (2023). *Internet of Things (IoT) in supply chain management: challenges, opportunities, and best practices*. *Sustainable Machine Intelligence Journal*, 2, 3-1.
- Sharma, A., Kaur, J., & Singh, I. (2020). *Internet of things (IoT) in pharmaceutical manufacturing, warehousing, and supply chain management*. *SN Computer Science*, 1(4), 232.
- Sharma, D. K., Bhargava, S., & Singhal, K. (2020). *Internet of Things applications in the pharmaceutical industry*. In *An Industrial IoT Approach for Pharmaceutical Industry Growth* (pp. 153-190). Academic Press.
- Shashi, M. (2022). *Digital Strategies to improve the performance of pharmaceutical supply chains* (Doctoral dissertation, Walden University)
- Shweta, Yadav, A. K., & Kumar, D. (2022). *Structural modelling and ranking the warehouse activities in a pharmaceutical supply chain system*. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 14(1), 84-106.
- Tutam, M. (2023). *Pharmaceutical Warehousing 4.0 in Healthcare Supply Chain*. In *Health 4.0 and Medical Supply Chain* (pp. 35-50). Singapore: Springer Nature Singapore.