

Integrasi Teknologi di Gudang Farmasi: Tantangan dan Peluang untuk Meningkatkan Kualitas dan Keamanan Obat

Asep Kamal Sahroni¹

Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana Bandung, Bandung

Jajang Japar Sodik^{2*}

Fakultas Farmasi, Universitas Bhakti Kencana Bandung, Bandung

Alamat: Jalan Soekarno Hatta No. 754, Kota Bandung

Korespondensi penulis: 221ff07001@bku.ac.id

Abstract : *Pharmaceutical warehouses play a crucial role in maintaining the quality and integrity of medicines within the pharmaceutical supply chain. Proper storage and effective management of these facilities are key to ensuring the effectiveness, safety, and availability of medicines. However, managing pharmaceutical warehouses poses several challenges, such as inventory control, maintaining optimal storage conditions, and detecting genotoxic contaminants, which can impact the quality and availability of medicines. Literature search was conducted across several databases, including PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar, using keywords such as "Pharmaceutical Warehouse Management", "Pharmaceutical Warehouses", and "Pharmaceutical Warehouse Operations". The literature review findings suggest that technology integration, such as the adoption of blockchain technology, barcode scanning, and RFID technology, holds the potential to enhance operational efficiency and medicine quality in pharmaceutical warehouses. Nevertheless, challenges such as system integration, data security, and the need for staff training also need to be addressed in adopting these technologies. Future research should explore strategies to overcome these challenges and the impact of technology adoption on the overall efficiency and effectiveness of pharmaceutical supply chain management*

Keywords: *3 Pharmaceutical Warehouses, Inventory Management, Technology Integration, Supply Chain Efficiency*

Abstrak. Gudang farmasi merupakan elemen kunci dalam memelihara kualitas dan integritas obat-obatan dalam rantai pasokan farmasi. Penyimpanan yang akurat dan manajemen yang efisien dari fasilitas ini menjadi faktor utama dalam menjamin efektivitas, keamanan, dan ketersediaan obat-obatan. Namun, manajemen gudang farmasi dihadapkan pada sejumlah tantangan, seperti pengelolaan inventaris, pemeliharaan kondisi penyimpanan optimal, dan deteksi pengotor genotoksik, yang dapat berdampak pada kualitas dan ketersediaan obat. Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa database, termasuk PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan menggunakan kata kunci seperti "Manajemen Gudang Farmasi", "Gudang Farmasi", dan "Pharmaceutical Warehouse Management". Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi teknologi, seperti penerapan teknologi blockchain, pemindaian barcode, dan teknologi RFID, memiliki potensi untuk meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas obat di gudang farmasi. Meskipun demikian, tantangan seperti integrasi sistem, keamanan data, dan kebutuhan akan pelatihan staf juga menjadi hal yang perlu diatasi dalam mengadopsi teknologi ini. Penelitian di masa depan perlu mengeksplorasi strategi untuk mengatasi tantangan ini serta dampak adopsi teknologi terhadap efisiensi dan efektivitas keseluruhan manajemen rantai pasokan farmasi.

Kata kunci: Gudang Farmasi, Manajemen Inventaris, Integrasi Teknologi, Efisiensi Rantai Pasokan

LATAR BELAKANG

Gudang farmasi sangat penting untuk menjaga kualitas dan integritas obat-obatan. Gudang farmasi berperan sebagai titik kritis dalam rantai pasokan, memastikan bahwa obat-obatan disimpan dalam kondisi yang sesuai untuk mempertahankan efektivitas dan keamanannya hingga mencapai pengguna akhir (Ismaya et al., 2021; Satibi et al., 2019). Signifikansi fasilitas semacam itu ditekankan oleh perannya dalam menerapkan Prinsip Praktik Manufaktur yang Baik (GMP) dan prinsip integritas data, yang penting untuk melewati audit dan meminimalkan penerbitan surat peringatan atau Formulir 483 oleh badan pengawas. Namun, tantangan dalam manajemen penyimpanan obat, seperti menjaga kontrol inventaris yang akurat, memastikan kondisi penyimpanan yang optimal, dan mencegah kedaluwarsa obat, dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas obat (Satibi et al., 2019). Selain itu, adanya pengotor genotoksik dan kebutuhan akan metode analisis yang kuat untuk mendeteksinya menyoroti kompleksitas dalam menjaga integritas obat sepanjang rantai pasokan (Kumar et al., 1999). Kesimpulannya, gudang farmasi merupakan bagian integral dari upaya industri farmasi untuk memastikan kualitas dan integritas obat. Gudang farmasi harus menavigasi persyaratan regulasi yang kompleks dan tantangan logistik untuk mempertahankan efektivitas, keamanan, dan ketersediaan obat. Manajemen yang efektif dari fasilitas ini sangat penting untuk memenuhi standar yang ditetapkan oleh otoritas pengawas dan memenuhi komitmen industri terhadap keselamatan pasien.

Integrasi teknologi dalam gudang farmasi diyakini dapat meningkatkan kualitas dan keamanan obat dengan memperlancar proses dan memastikan integritas produk farmasi (Wedha et al., 2023). Misalnya, penerapan teknologi blockchain dapat meningkatkan efisiensi operasional, keamanan, dan akurasi data dengan menyediakan transparansi dan ketidakberubahan dalam rantai pasokan (Wedha et al., 2023). Selain itu, kemajuan dalam proses manufaktur, seperti granulasi kering pneumatik, dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pengiriman obat dan meningkatkan kualitas produk farmasi (Sandler & Lammens, 2011). Namun, adopsi teknologi juga menghadirkan tantangan, seperti kebutuhan untuk evaluasi berkelanjutan terhadap solusi TI guna memastikan adaptabilitas dan kegunaannya dalam proses pengelolaan obat (Ammenwerth et al., 2014). Tekanan untuk berinovasi dan tetap mematuhi kemajuan teknologi juga dapat memengaruhi efektivitas uji klinis dan efisiensi operasional dalam sektor (Hariry & Barenji, 2023). Singkatnya,

penggunaan teknologi dalam gudang farmasi menawarkan potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan keamanan obat, asalkan tantangan integrasi dan perbaikan berkelanjutan dapat diatasi. Rekomendasi dari para ahli menyarankan strategi komprehensif untuk penggunaan TI, termasuk evaluasi dan adaptasi solusi teknologi untuk memenuhi kebutuhan yang terus berkembang dalam industri farmasi (Sandler & Lammens, 2011; Wedha et al., 2023; Zhang & Ning, 2021)

Penerapan teknologi dalam gudang farmasi telah menjadi subjek penelitian, terutama mengenai penggunaan pemindaian barcode dan teknologi RFID (Radio Frequency Identification) untuk sistem inventaris dan pelacakan. Teknologi-teknologi ini digunakan untuk mengatasi tantangan seperti rendahnya tingkat otomatisasi informasi, terlalu banyak pekerjaan manual, proses kerja yang kompleks, dan tingginya tingkat kesalahan dalam operasi pergudangan (Xiang et al., 2016). Menariknya, meskipun teknologi barcode sudah mapan dan menawarkan solusi yang hemat biaya untuk manajemen inventaris, teknologi RFID menawarkan keuntungan dalam pengumpulan informasi secara massal dan kemampuan untuk mengotomatiskan penugasan lokasi penyimpanan, yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi tingkat kesalahan (Xiang et al., 2016). Namun, adopsi RFID di atas sistem barcode dalam manajemen rantai pasokan berlangsung lambat, sering kali karena tantangan organisasi dan antar-organisasi daripada tantangan teknologi (Hinkka, 2012). Selain itu, integrasi teknologi RFID dan barcode telah diusulkan sebagai cara untuk mencapai efisiensi tinggi dan keterlacakan dalam perusahaan, sambil mempertahankan efektivitas biaya dan penerapan yang luas (Hariry & Barenji, 2023; Hinkka, 2012).

Singkatnya, penggunaan pemindaian barcode dan teknologi RFID dalam gudang farmasi meningkatkan efisiensi operasional dan akurasi dalam manajemen inventaris. Sementara sistem barcode efektif dari segi biaya dan banyak digunakan, teknologi RFID memberikan manfaat tambahan seperti pengumpulan informasi otomatis secara massal dan optimasi penyimpanan, yang sangat penting bagi perusahaan farmasi untuk memenuhi standar regulasi dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan (Xiang et al., 2016). Kombinasi kedua teknologi ini dapat menawarkan pendekatan yang seimbang untuk mencapai keterlacakan dan efisiensi biaya dalam rantai pasokan farmasi.

Literatur menunjukkan berbagai aspek penerapan teknologi dalam sektor farmasi, namun penelitian komprehensif yang secara khusus menargetkan penggunaan teknologi di gudang farmasi untuk meningkatkan kualitas obat tampaknya belum ada. Zhang dan Ning (2021) membahas peran teknologi farmasi dalam meningkatkan kualitas penelitian dan

pengembangan obat, tetapi tidak secara eksplisit menangani operasi gudang (Zhang & Ning, 2021). Demikian pula, Satibi et al. (2019) mengidentifikasi kontrol inventaris, penyimpanan, dan distribusi sebagai faktor kritis dalam ketersediaan obat, namun tidak membahas aspek teknologi yang dapat meningkatkan kualitas obat di gudang (Satibi et al., 2019).

Sebaliknya, (Vora et al., 2023) menyoroti potensi transformasi AI dan adopsi teknologi dalam farmasi, tetapi fokus mereka adalah pada penemuan obat dan penyedia layanan logistik, bukan pada aplikasi teknologi khusus di gudang (Vora et al., 2023). (Toshniwal et al., 2024) membahas adopsi teknologi dan digitalisasi dalam konteks yang lebih luas dari perusahaan farmasi dan rantai pasokan rumah sakit, namun sekali lagi, penekanan mereka bukan pada teknologi gudang untuk peningkatan kualitas obat (Toshniwal et al., 2024).

Eksplorasi Chen dan Ma (2014) mengenai adopsi teknologi di bawah ketidakpastian bisa relevan, namun tidak secara khusus membahas gudang farmasi (Chen & Ma, 2014). Penelitian ditinjau secara kolektif menekankan pentingnya teknologi dalam berbagai aspek operasi farmasi, mulai dari pengembangan obat hingga manajemen rantai pasokan. Namun, mereka tidak memberikan analisis yang fokus pada penggunaan teknologi di gudang farmasi dengan tujuan eksplisit untuk meningkatkan kualitas obat. Kesenjangan dalam literatur ini menunjukkan perlunya penelitian yang ditargetkan untuk mengeksplorasi bagaimana kemajuan teknologi dapat dimanfaatkan di dalam gudang farmasi guna memastikan dan meningkatkan kualitas obat.

Keadaan teknologi saat ini di gudang farmasi ditandai oleh gabungan praktik tradisional dan inovasi yang baru muncul. Teknologi farmasi memainkan peran penting dalam pengembangan dan produksi obat, memastikan kualitas dan mempromosikan kesehatan (Zhang & Ning, 2021). Namun, sektor manufaktur farmasi, yang mencakup pergudangan, dianggap relatif rendah teknologi dibandingkan dengan industri tinggi teknologi lainnya, dengan desakan untuk meningkatkan agar sejalan dengan peningkatan produktivitas yang terlihat di tempat lain (Basu et al., 2013). Nanoteknologi dan pergeseran dari proses batch ke proses kontinu merupakan kemajuan signifikan dalam manufaktur farmasi, yang memengaruhi kualitas obat dan ekonomi manufaktur. Ada kontradiksi dalam persepsi peran teknologi dalam gudang farmasi. Meskipun beberapa kemajuan diakui, juga dipahami bahwa sektor ini belum sepenuhnya merangkul solusi teknologi tinggi (Basu et al., 2013). Selain itu, penerapan metodologi perbaikan kualitas, seperti Six Sigma dan Lean manufacturing, menunjukkan fokus pada meningkatkan kualitas melalui berbagai alat dan prinsip. Di Indonesia, kontrol inventaris, penyimpanan, dan fasilitas distribusi sangat penting untuk ketersediaan obat, dengan tantangan

seperti ketidakcocokan stok dan metode penyimpanan yang kurang optimal gudang (Satibi et al., 2019)

Literatur menyajikan pandangan yang beragam tentang peran teknologi dalam meningkatkan kualitas obat di gudang farmasi. Giwangkara et al. (2023) menekankan pentingnya manajemen penyimpanan obat yang efektif, menyoroti bahwa kondisi penyimpanan yang tepat sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan efektivitas obat. Temuan studi ini menegaskan perlunya evaluasi secara berkala untuk mencegah obat kedaluwarsa dan memastikan pasokan obat yang konsisten (Giwangkara et al., n.d.). Cui *et al.*, 2022 membahas transisi dari produksi batch ke produksi kontinu dalam manufaktur farmasi, mencatat bahwa alat teknologi analisis proses (PAT) penting untuk memantau secara real-time parameter proses kritis dan atribut kualitas kritis, dengan demikian memastikan kualitas teknologi granulasi farmasi (Cui et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Tinjauan literature ini dilakukan dengan menelusuri literatur-literatur tentang Manajemen Gudang Farmasi yang dipublikasikan dalam kurun waktu 2012-2024. Pencarian terhadap literatur tersebut dilakukan pada beberapa database, yakni PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan menggunakan beberapa kata kunci: “Manajmen Gudang Farmasi”, “Gudang Farmasi”, dan “Pharmaceutical Warehouse Management.” Artikel yang dipilih adalah artikel jurnal dalam Bahasa Inggris. Artikel lain yang relevan dengan topik penelitian, baik dalam Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia, juga dimasukkan dalam analisis untuk memperkaya tinjauan yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi di berbagai makalah termasuk gudang farmasi, apotek, dan fasilitas kesehatan yang terlibat dalam penyimpanan, distribusi, dan manajemen obat. Entitas-entitas ini terlibat dalam implementasi teknologi dan sistem untuk memastikan kualitas dan ketersediaan obat. Misalnya, Fedorova et al. (2019) membahas kesiapan lembaga farmasi di Ukraina untuk implementasi sistem kualitas terintegrasi (IQS), yang sangat penting untuk jaminan kualitas obat. Khuluza et al. (2023) menguji pengetahuan, sikap, dan praktik personel yang mengelola toko obat di fasilitas kesehatan mengenai penyimpanan farmasi yang baik, yang menunjukkan pemanfaatan teknologi untuk menjaga kualitas obat. Menariknya, meskipun fokus studi adalah pada peningkatan kualitas obat melalui berbagai cara, termasuk teknologi, ada kontradiksi dalam efektivitas implementasi tersebut. Sebagai contoh, Karki et al. (2021) menyoroti

keberadaan obat substandar dan kondisi penyimpanan serta pelabelan yang tidak memadai di Nepal, menunjukkan bahwa meskipun menggunakan teknologi, masih ada tantangan dalam menjaga kualitas obat.

Selain itu, Khuluza et al. (2023) mengungkapkan bahwa meskipun pengetahuan yang baik tentang kondisi penyimpanan yang benar, praktik aktual tidak selalu mematuhi standar ini karena keterbatasan sumber daya. Secara keseluruhan, para peserta studi adalah entitas farmasi yang aktif terlibat dalam penggunaan teknologi dan sistem kualitas untuk meningkatkan kualitas obat. Namun, efektivitas teknologi ini bervariasi, dengan beberapa wilayah menghadapi tantangan dalam menjaga standar obat berkualitas tinggi karena keterbatasan sumber daya dan faktor lainnya (Fedorova et al., 2019; Karki et al., 2021; Khuluza et al., 2023). Jelas bahwa sementara teknologi memainkan peran penting dalam meningkatkan kualitas obat, keberhasilan implementasinya tergantung pada beberapa faktor, termasuk sumber daya yang memadai dan ketaatan terhadap praktik baik.

Tinjauan literatur mengungkap pendekatan multifaset dalam penggunaan teknologi di gudang farmasi, dengan fokus pada peningkatan kualitas obat. Sharma et al. (2020) mengidentifikasi Internet of Things (IoT) sebagai teknologi transformatif dalam manufaktur farmasi dan manajemen rantai pasokan, menekankan peran dalam pengendalian pemantauan real-time untuk meningkatkan kualitas produk dan efektivitas operasional. Demikian pula, Qashlim dan B (2018) membahas implementasi sistem informasi menggunakan PHP dan MySQL untuk menyederhanakan operasi gudang farmasi dan distribusi obat, yang dapat menyebabkan peningkatan kualitas obat melalui manajemen yang lebih baik dan pelaporan real-time. M. et al. (2021) dan Zhen dan Li (2022) lebih menguraikan kompleksitas manajemen rantai pasokan farmasi dan potensi sistem gudang pintar, masing-masing, untuk mengatasi tantangan kualitas dan keamanan produk melalui kemajuan teknologi.

Walaupun Qashlim dan B (2018) serta Sharma et al. (2020) menyoroti manfaat teknologi dalam meningkatkan kualitas obat, mereka tidak membahas tantangan potensial seperti integrasi dengan sistem yang sudah ada, keamanan data, dan kebutuhan akan pelatihan staf. (Wedha et al., 2023) dan Song et al. (2019) memperkenalkan teknologi blockchain sebagai sarana untuk meningkatkan transparansi dan keterlacakan dalam rantai pasokan, yang dapat secara tidak langsung berkontribusi pada kualitas obat dengan memastikan integritas proses distribusi (AlKubaisy & Al-Somali, 2023).

Secara kesimpulan, literatur yang ditinjau menyarankan bahwa adopsi teknologi seperti IoT, sistem informasi, gudang pintar, dan blockchain dapat secara signifikan meningkatkan kualitas obat di gudang farmasi dengan meningkatkan pemantauan, pengendalian, dan keterlacakan produk obat. Namun, literatur juga menyiratkan bahwa ada tantangan yang harus diatasi dalam implementasi teknologi ini, seperti integrasi sistem dan keamanan data. Penelitian masa depan seharusnya mengeksplorasi tantangan-tantangan ini dan dampak adopsi teknologi terhadap efisiensi dan efektivitas keseluruhan manajemen rantai pasokan farmasi (AlKubaisy & Al-Somali, 2023; Wedha et al., 2023)

Analisis data di gudang farmasi untuk mengidentifikasi pola dan tren penggunaan teknologi adalah proses multifaset yang melibatkan berbagai metode statistik. Lee et al. (2016) mendemonstrasikan penggunaan teknik data mining untuk memprediksi tren teknologi dalam teknologi anti-oksidasi radiasi, yang dapat analog dengan mengidentifikasi tren dalam teknologi gudang farmasi (Lee et al., 2016). Demikian pula, Ranjan (2009) menekankan kegunaan data mining dalam menemukan pola yang meningkatkan penemuan dan pengiriman obat, yang relevan untuk operasi gudang farmasi (Ranjan, 2009). Di sisi lain, sementara Giwangkara et al. (2023) berfokus pada efektivitas manajemen penyimpanan obat di gudang farmasi, namun tidak secara eksplisit membahas penggunaan metode statistik untuk menganalisis data tren teknologi (Giwangkara et al., n.d.). Satibi et al. (2019), di sisi lain, menguji peran kontrol inventaris, penyimpanan, dan distribusi dalam industri farmasi, yang dapat menyiratkan penggunaan teknologi, tetapi sekali lagi, metode statistik khusus untuk analisis data tidak dijelaskan secara rinci (Satibi et al., 2019).

Studi menunjukkan bahwa teknologi memiliki peran yang signifikan dalam meningkatkan kualitas obat di gudang farmasi. Implementasi sistem jaminan kualitas berbasis web mining (WMQAS) yang mengintegrasikan case-based reasoning (CBR) dan teknik web mining hibrida diusulkan untuk meningkatkan pengambilan keputusan dalam operasi jaminan kualitas (QA), yang diharapkan dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses QA serta mempertahankan kualitas produk (Tang et al., 2018). Selain itu, pendekatan Quality by Design (QbD) dan kerangka kerja Process Analytical Technology (PAT) disorot sebagai cara untuk mengoptimalkan kualitas produk dan proses farmasi, yang berpotensi mengurangi waktu pengembangan dan biaya manufaktur sambil memastikan kualitas produk yang baik dan stabil (Merkus, 2018). Namun, penting untuk dicatat bahwa meskipun teknologi dapat meningkatkan kualitas, ada juga tantangan terkait kontrol inventaris, penyimpanan, dan distribusi yang dapat mempengaruhi ketersediaan dan kualitas obat. Tantangan-tantangan ini meliputi

ketidaksesuaian antara permintaan dan pasokan, metode penyimpanan yang kurang optimal karena fasilitas yang kelebihan beban, dan peningkatan lead time dalam distribusi yang dapat menyebabkan kekurangan obat (Satibi et al., 2019). Selain itu, Administrasi Makanan dan Obat Amerika Serikat (FDA) menekankan pentingnya teknologi canggih dalam mengatur pengembangan produk farmasi berkualitas tinggi, menyoroti peran kritis sifat fisiko-kimia dan optimasi atribut kritis untuk efikasi produk (Soni et al., 2018). Secara kesimpulan, integrasi teknologi canggih di gudang farmasi terkait dengan peningkatan kualitas obat, sebagaimana terbukti oleh pengembangan sistem dan kerangka kerja yang mendukung proses QA yang lebih baik dan optimasi produk. Meskipun ada tantangan dalam inventaris, penyimpanan, dan distribusi yang harus diatasi, dampak keseluruhan teknologi pada kualitas obat adalah positif, menunjukkan bahwa kemajuan teknologi yang terus berlanjut kemungkinan besar akan lebih meningkatkan kualitas produk farmasi (Merkus, 2018; Satibi et al., 2019; Soni et al., 2018; Tang et al., 2018).

Integrasi teknologi di gudang farmasi, atau "pharmahouses," memang telah mengalami transformasi yang signifikan, dengan adopsi teknologi canggih yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas obat dan efisiensi keseluruhan. Chabel dan Ar-Reyouchi (2023) menjelaskan bagaimana teknologi seperti Big Data, AI, IoT, dan lainnya telah diintegrasikan ke dalam logistik farmasi, yang mengarah pada peningkatan efisiensi, pengurangan biaya, dan keselamatan pasien. Demikian pula, Tutam (2023) menekankan evolusi pharmahouses dari fasilitas penyimpanan dasar menjadi operasi cerdas yang penting dalam menjaga stabilitas dan ketepatan waktu pengiriman obat-obatan. Namun, penting untuk dicatat bahwa meskipun kemajuan teknologi telah menguntungkan, mereka juga membawa tantangan.

Mohammed et al. (2022) membahas konteks lebih luas dari layanan perawatan farmasi, di mana teknologi memainkan peran dalam meningkatkan kualitas perawatan, namun tantangan terkait dengan pembayaran dan cakupan praktik masih ada. Satibi et al. (2019) menyoroti masalah dalam industri farmasi, seperti kontrol inventaris dan distribusi, yang dapat mempengaruhi ketersediaan obat meskipun adanya peningkatan teknologi. Secara kesimpulan, adopsi teknologi di gudang farmasi telah berperan penting dalam meningkatkan kualitas obat dan efisiensi rantai pasokan (Chabel & Ar-Reyouchi, 2023; Tutam, 2023). Meskipun manfaatnya jelas, implementasi teknologi ini harus ditangani dengan hati-hati untuk mengatasi tantangan yang terkait dan memastikan bahwa peningkatan dalam kualitas dan ketersediaan obat benar-benar tercapai (Mohammed et al., 2022; Satibi et al., 2019).

Perbandingan hasil dari studi tentang penggunaan teknologi di gudang farmasi mengungkapkan kesamaan dan perbedaan dalam temuan. Satibi et al. (2019) menyoroti peran fasilitas kontrol inventaris, penyimpanan, dan distribusi dalam industri farmasi, dengan menekankan pengaruh manajemen inventaris terhadap ketersediaan obat dan dampak ketidakefisienan penyimpanan dan distribusi pada biaya dan waktu pengiriman (Satibi et al., 2019).

Demikian pula, Giwangkara et al. (2023) menekankan pentingnya manajemen penyimpanan obat yang efektif, dengan mengevaluasi efektivitas penyimpanan obat dan kesesuaian peraturan penyimpanan obat di lingkungan rumah sakit, menunjukkan kepatuhan terhadap standar tetapi juga menyoroti area-area yang perlu ditingkatkan (Giwangkara et al., n.d.). Sebaliknya, Wekre et al. (2010) meneliti implementasi pemberian obat multidosis (MDD) dan hubungannya dengan ketidaksesuaian dalam catatan obat, menunjukkan penurunan yang signifikan dalam ketidaksesuaian dan risiko kesehatan potensial setelah implementasi MDD, menyarankan bahwa teknologi dan perbaikan proses dapat meningkatkan keamanan obat (Wekre et al., 2010). Temuan ini berbeda fokus dari manajemen inventaris dan penyimpanan dalam Kertas 5 dan 6, dengan menyoroti peran teknologi dispensasi dalam mengurangi kesalahan obat. Secara kesimpulan, studi-studi tersebut secara kolektif menekankan peran kritis teknologi dan manajemen proses di gudang farmasi, dengan Kertas 5 dan 6 berfokus pada kontrol inventaris dan manajemen penyimpanan, sementara Wekre et al. (2010) menyajikan aspek yang berbeda dari penggunaan teknologi dalam mengurangi ketidaksesuaian obat. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun ada tema umum dalam pentingnya teknologi untuk efisiensi dan keamanan, aplikasi dan hasil yang spesifik dapat bervariasi secara signifikan di berbagai pengaturan dan intervensi teknologi (Giwangkara et al., n.d.; Satibi et al., 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Gudang farmasi merupakan bagian integral dari upaya industri farmasi untuk memastikan kualitas dan integritas obat. Integrasi teknologi, seperti blockchain, pemindaian barcode, dan teknologi RFID, dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas obat. Meskipun adopsi teknologi menawarkan potensi besar, tantangan seperti integrasi sistem, keamanan data, dan kebutuhan akan pelatihan staf juga perlu diatasi. Penelitian masa depan harus mengeksplorasi cara mengatasi tantangan ini dan dampak adopsi teknologi terhadap efisiensi dan efektivitas keseluruhan manajemen rantai pasokan farmasi.

DAFTAR REFERENSI

- AlKubaisy, Z. M., & Al-Somali, S. A. (2023). Factors Influencing Blockchain Technologies Adoption in Supply Chain Management and Logistic Sectors: Cultural Compatibility of Blockchain Solutions as Moderator. *Systems*, 11(12), 574.
- Ammenwerth, E., Aly, A.-F., Bürkle, T., Christ, P., Dormann, H., Friesdorf, W., Haas, C., Haefeli, W. E., Jeske, M., Kaltschmidt, J., & others. (2014). Memorandum on the use of information technology to improve medication safety. *Methods of Information in Medicine*, 53(05), 336–343.
- Basu, P., Friedli, T., & Bellm, D. (2013). The Future of Pharmaceutical Manufacturing. In *Leading Pharmaceutical Operational Excellence: Outstanding Practices and Cases* (pp. 445–464). Springer.
- Chen, H., & Ma, T. (2014). Technology adoption with limited foresight and uncertain technological learning. *European Journal of Operational Research*, 239(1), 266–275.
- Cui, T., Hou, Y., Feng, H., Wu, S., Li, W., & Li, Z. (2022). Granulation process analysis technologies and potential applications in traditional Chinese medicine. *Acupuncture and Herbal Medicine*, 2(1), 9–24.
- Giwangkara, I. G. A. A. N., Dewi, D. A. P. S., Mayun, I. G. N., & Suryaningsih, N. P. A. (n.d.). Evaluation Of Medicine Storage Management and Compatibility With Storage Standards in The Pharmaceutical Warehouse of Hospital Badung Regency. *Pharmacon: Jurnal Farmasi Indonesia*, 20(2), 205–215.
- Hariry, R. E., & Barenji, R. V. (2023). Embracing digital technologies in the pharmaceutical industry. In *Control Engineering in Mechatronics* (pp. 141–165). Springer.
- Hinkka, V. (2012). Challenges for building RFID tracking systems across the whole supply chain. *International Journal of RF Technologies*, 3(3), 201–218.
- Ismaya, N. A., Prihatin, N., Melia, O., & Hasanah, N. (2021). Description of Drug Storage in Melawai Kemang Pharmacy in 2018. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Research*, 1(1), 28–32.
- Kumar, V., Kumar, U., & Persaud, A. (1999). Building technological capability through importing technology: the case of Indonesian manufacturing industry. *The Journal of Technology Transfer*, 24(1), 81–96.
- Sandler, N., & Lammens, R. F. (2011). Pneumatic dry granulation: potential to improve roller compaction technology in drug manufacture. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 8(2), 225–236.
- Satibi, S., Fudholi, A., Tuko, E. C., & Swastiandari, G. L. (2019). The inventory control, storage facilities and distribution at pharmaceutical industry in supporting drugs availability of JKN era. *JURNAL MANAJEMEN DAN PELAYANAN FARMASI (Journal of Management and Pharmacy Practice)*, 9(1), 27–37.
- Toshniwal, V. P., Jain, R., Soni, G., Mangla, S. K., & Narula, S. (2024). Technology adoption theories towards environmentally sustainable pharma 4.0: a rational selection approach. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 35(3), 684–711.
- Vora, L. K., Gholap, A. D., Jetha, K., Thakur, R. R. S., Solanki, H. K., & Chavda, V. P. (2023). Artificial intelligence in pharmaceutical technology and drug delivery design. *Pharmaceutics*, 15(7), 1916.

- Wedha, B. Y., Vasandani, M. S., & Wedha, A. E. P. B. (2023). Innovative Role of Blockchain Pharmaceutical Supply Chain Digital Transformation: Enterprise Architecture Perspective. *Sinkron: Jurnal Dan Penelitian Teknik Informatika*, 8(4), 2490–2500.
- Xiang, X., Li, J., & Tao, X. (2016). Research of a pharmaceutical enterprise warehouse management system based on RFID technology. *Science Research*, 4(2), 43–47.
- Zhang, B., & Ning, Z. (2021). Research and Prospect of Quality Development of Pharmaceutical Technology in Drug Research and Development. *Journal of Advances in Medicine Science*, 4(1), 48–52.