

Implementasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam Pelayanan Farmasi Klinis: Sintesis Bukti mengenai Efektivitas, Tantangan, dan Peluang melalui *Systematic Literature Review*

Fahra Fadila¹, Citra Aidah², Nursela Hijriani³, Nurul Damayanti⁴

^{1,2,3}Farmasi, Universitas Muhammadiyah Mataram, Indonesia

⁴Fakultas Farmasi, Universitas Hang Tuah, Indonesia

fahrafadila995@gmail.com¹, aidahcitra8@gmail.com², nurselahijriani@ummat.ac.id³,
nurul.farmasi@hangtuah.ac.id⁴

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 01-09-2026

Disetujui: 30-10-2026

Kata Kunci:

Artificial Intelligence;
Clinical Pharmacy;
Services
Clinical Decisio;
Medication Safety.

Keywords:

Artificial Intelligence;
Clinical Pharmacy;
Services
Clinical Decision;
Medication Safety.

ABSTRAK

Abstrak: Penelitian ini bertujuan menganalisis implementasi, efektivitas, manfaat, tantangan, dan peluang AI dalam pelayanan farmasi klinis. *Systematic Literature Review* dilakukan mengikuti PRISMA 2020 pada PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar untuk publikasi 2020–2025. Artikel *original research*, *full-text*, dan berbahasa Inggris diseleksi menggunakan PICOS serta dinilai dengan JBI *Critical Appraisal Checklist*. Dari 2.239 artikel, enam memenuhi kriteria inklusi. AI diterapkan pada *clinical decision support*, deteksi *medication error*, identifikasi *Potentially Inappropriate Medication*, farmakovigilans, analisis sentimen pasien, dan dokumentasi efek samping. Model menunjukkan kinerja baik, termasuk LightGBM (AUROC 0,81), CatBoost (akurasi 97,93%), dan LLaMA (AUC 0,93). Sebanyak 77,2% apoteker menilai ChatGPT bermanfaat. AI berpotensi mendukung akurasi dan efisiensi pelayanan, tetapi memerlukan validasi, integrasi sistem, pengawasan profesional, dan regulasi.

Abstract: This study aimed to analyze the implementation, effectiveness, benefits, challenges, and opportunities of AI in clinical pharmacy services. A *Systematic Literature Review* was conducted following PRISMA 2020 using PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar for publications from 2020 to 2025. Original research, full-text, English-language articles were selected using PICOS and assessed with the JBI *Critical Appraisal Checklist*. Of 2,239 articles, six met the inclusion criteria. AI was applied to clinical decision support, medication error detection, *Potentially Inappropriate Medication* identification, pharmacovigilance, patient sentiment analysis, and side-effect documentation. Models showed good performance, including LightGBM (AUROC 0.81), CatBoost (accuracy 97.93%), and LLaMA (AUC 0.93). Overall, 77.2% of pharmacists considered ChatGPT beneficial. AI may improve service accuracy and efficiency but requires validation, system integration, professional oversight, and regulation.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

A. LATAR BELAKANG

Keselamatan penggunaan obat masih menjadi salah satu komponen penting dalam keselamatan pasien karena *preventable medication-related harm* dapat terjadi pada berbagai tahapan proses penggunaan obat (Wahab & Sri Mulyawati L, 2025). Tinjauan sistematis global yang diterbitkan oleh *World Health Organization* (WHO) terhadap 100 studi dengan 487.162 pasien menunjukkan bahwa *preventable medication-related harm* terjadi pada sekitar 5% pasien yang menerima pelayanan kesehatan, atau sekitar 1 dari 20 pasien, dan lebih dari seperempat kejadian tersebut tergolong berat atau berpotensi mengancam jiwa. Risiko juga ditemukan lebih tinggi pada kelompok pasien tertentu, termasuk pasien yang mendapatkan perawatan geriatri dan pelayanan yang sangat terspesialisasi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa identifikasi dan pencegahan risiko terkait obat merupakan bagian penting dalam peningkatan keselamatan pasien (Panagioti et al., 2024).

Kompleksitas pelayanan farmasi klinis semakin meningkat seiring dengan bertambahnya volume informasi pasien, penggunaan *Electronic Health Record* (EHR), serta ketersediaan *medical big data* yang perlu dianalisis secara sistematis (Bidara & Putri Auliya Serawaidi, 2025). Dalam konteks tersebut, pendekatan berbasis *machine learning* mulai digunakan untuk memanfaatkan data klinis dalam penelitian dan pengambilan keputusan farmasi. *Machine learning* dan *medical big data* dapat dimanfaatkan dalam penelitian farmasi klinis, termasuk untuk pengembangan model prediksi dan analisis data pasien (Dritsas & Trigka, 2025). Perkembangan tersebut menjadi salah satu dasar meningkatnya perhatian terhadap pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) sebagai teknologi pendukung dalam pelayanan farmasi klinis (Presetya & Edward, 2025).

Perkembangan AI selanjutnya telah menghasilkan berbagai aplikasi dalam pelayanan farmasi klinis, termasuk peninjauan resep, *medication order review*, pengelolaan informasi pasien, dan berbagai bentuk dukungan terhadap pengambilan keputusan (Aplana et al., 2026). Melalui systematic review mengidentifikasi berbagai aplikasi dan perangkat berbasis AI yang dikembangkan untuk pelayanan farmasi klinis di lingkungan rumah sakit maupun komunitas (Ranchon et al., 2023). Pada area yang lebih spesifik, AI juga telah digunakan untuk mengoptimalkan *medication alerts* yang dihasilkan oleh *clinical decision support systems* (CDSS), terutama untuk meningkatkan relevansi peringatan dan mengatasi masalah *alert fatigue*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penerapan AI dalam farmasi klinis tidak terbatas pada prediksi, tetapi mulai diarahkan untuk mendukung proses pelayanan dan pengambilan keputusan klinis (Graafsma et al., 2024).

Bukti dari penelitian primer menunjukkan bahwa AI telah diterapkan pada berbagai permasalahan terkait keamanan dan penggunaan obat. Corny et al. (2020) mengembangkan sistem *clinical decision support* berbasis *machine learning* untuk mengidentifikasi resep dengan risiko *medication error* yang tinggi dan memperoleh

AUROC sebesar 0,81. Selanjutnya, Hu et al. (2024) mengembangkan model *machine learning* untuk mengidentifikasi *potentially inappropriate medication* pada pasien lanjut usia dengan demensia dan memperoleh akurasi sebesar 97,93% serta *F1-score* sebesar 95,69%. Pada bidang *pharmacovigilance*, Li et al. (2024) menunjukkan bahwa metode *machine learning* dan *deep learning* dapat digunakan untuk mengekstraksi *adverse drug events* dari teks klinis dan berbagai sumber data tidak terstruktur. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa penelitian AI dalam farmasi klinis telah mencakup identifikasi resep berisiko, deteksi penggunaan obat yang tidak tepat, dan pemantauan keamanan obat.

Perkembangan *Large Language Models* (LLM) juga memperluas pemanfaatan AI dalam pelayanan farmasi karena model tersebut dapat memproses informasi berbasis bahasa dan menghasilkan respons terhadap berbagai pertanyaan klinis. Huang et al. (2024) membandingkan kinerja ChatGPT dengan apoteker klinis pada beberapa domain pelayanan farmasi dan menemukan bahwa performanya relatif baik pada konseling obat, tetapi lebih rendah pada peninjauan resep, edukasi pasien, pengenalan *adverse drug reaction* (ADR), dan penilaian kausalitas ADR. Pada penelitian lain Bannett et al. (2025) menggunakan LLM berbasis LLaMA untuk mengidentifikasi dokumentasi pemantauan efek samping obat ADHD pada catatan klinis anak dan memperoleh sensitivitas 87,2%, spesifisitas 86,3%, serta AUC 0,93. Temuan tersebut menunjukkan bahwa LLM memiliki potensi untuk mendukung pemrosesan informasi klinis dan pemantauan terapi, tetapi penerapannya tetap memerlukan evaluasi terhadap akurasi dan kesesuaian penggunaannya dalam konteks klinis.

Meskipun berbagai penelitian menunjukkan perkembangan yang menjanjikan, bukti mengenai penerapan AI dalam pelayanan farmasi klinis masih memiliki keterbatasan. Johns et al. (2024) dalam systematic review terhadap 13 penelitian mengenai penggunaan *machine learning* dan *deep learning* untuk mendeteksi resep yang tidak tepat di rumah sakit menemukan bahwa 12 penelitian memiliki risiko bias yang tinggi. Selain itu, Graafsma et al. (2024) menunjukkan bahwa penelitian mengenai AI untuk optimalisasi *medication alerts* masih menghadapi keterbatasan dalam implementasi pada lingkungan rumah sakit dan validasi eksternal. Temuan tersebut menunjukkan bahwa performa teknis model perlu dipertimbangkan bersama aspek metodologis dan kesiapan implementasi sebelum diterapkan dalam praktik klinis, sehingga evaluasi AI perlu mempertimbangkan kualitas metodologi, validitas eksternal, kesesuaian dengan alur kerja pelayanan, serta luaran yang relevan bagi pasien dan tenaga kesehatan.

Meskipun telah tersedia beberapa tinjauan mengenai AI dalam farmasi klinis, bukti penelitian primer masih tersebar berdasarkan jenis aplikasi, teknologi, dan luaran yang dievaluasi. Oleh karena itu, diperlukan sintesis yang mengintegrasikan bukti penelitian asli mengenai implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis. Kebaruan penelitian ini terletak pada sintesis terintegrasi yang memetakan bentuk

implementasi AI sekaligus menelaah kinerja atau efektivitas, manfaat, keterbatasan, tantangan, dan peluang penerapannya berdasarkan bukti penelitian primer. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah mengenai implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis sebagai dasar pengembangan praktik kefarmasian dan penelitian berbasis bukti.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) dengan mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Page et al., 2021). Kriteria kelayakan ditentukan menggunakan pendekatan PICOS (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, dan Study Design*), dengan populasi meliputi pasien, apoteker klinis, dan pelayanan farmasi klinis; intervensi berupa penerapan *Artificial Intelligence* (AI), *Machine Learning* (ML), *Deep Learning* (DL), *Natural Language Processing* (NLP), *Large Language Models* (LLMs), *Clinical Decision Support System* (CDSS), ChatGPT, atau teknologi AI lainnya; pembandingan berupa pelayanan tanpa AI atau pembandingan lain; serta luaran mencakup kualitas pelayanan, keselamatan pasien, medication error, optimalisasi terapi, manfaat, tantangan, dan peluang implementasi. Artikel yang diikutsertakan adalah original research berbahasa Inggris, tersedia dalam full-text, dan diterbitkan pada 2020–2025. Pencarian dilakukan pada *PubMed*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar* menggunakan kombinasi kata kunci AI dan pelayanan farmasi klinis dengan operator Boolean AND dan OR. Dari 2.239 artikel yang teridentifikasi, sebanyak 2.072 dieliminasi pada tahap penyaringan judul dan abstrak, 167 artikel dinilai melalui full-text, dan 161 artikel dikeluarkan berdasarkan kriteria kelayakan sehingga enam artikel memenuhi kriteria inklusi.

Kualitas metodologi artikel yang terpilih dinilai menggunakan *Joanna Briggs Institute* (JBI) *Critical Appraisal Tools* sesuai desain penelitian untuk menilai kualitas metodologis dan potensi bias (Aromataris et al., 2024). Data diekstraksi secara sistematis meliputi penulis, tahun dan negara penelitian, tujuan, desain, karakteristik sampel, teknologi AI, area implementasi, parameter efektivitas, hasil utama, manfaat, keterbatasan, dan kesimpulan. Data dianalisis menggunakan pendekatan *narrative synthesis* karena terdapat heterogenitas dalam desain penelitian, populasi, teknologi AI, konteks implementasi, dan luaran yang dilaporkan. Sintesis dilakukan dengan mengelompokkan penelitian berdasarkan bidang implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis serta membandingkan efektivitas, manfaat, keterbatasan, tantangan, dan peluang pengembangannya.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Seleksi Literatur

Pencarian literatur dilakukan pada tiga basis data elektronik, yaitu *PubMed*, *ScienceDirect*, dan *Google Scholar*, sesuai dengan strategi pencarian yang telah ditetapkan pada bagian metode penelitian. Berdasarkan hasil pencarian, diperoleh sebanyak 2.239 artikel, yang terdiri atas 488 artikel dari *PubMed*, 1.551 artikel dari *ScienceDirect*, dan 200 artikel dari *Google Scholar* (200 hasil pertama berdasarkan relevansi). Seluruh artikel kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan menggunakan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020 (Roosan et al., 2024). Pada tahap skrining judul dan abstrak, sebanyak 2.072 artikel dieliminasi karena tidak memenuhi kriteria penelitian. Alasan eksklusi meliputi artikel yang bukan merupakan penelitian asli (*original research*), artikel yang tidak membahas implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis, serta artikel yang tidak relevan dengan tujuan penelitian. Setelah proses tersebut, diperoleh 167 artikel yang memenuhi syarat untuk dilakukan penilaian kelayakan melalui telaah *Full-text*.

Selanjutnya, seluruh artikel *Full-text* dievaluasi secara lebih mendalam berdasarkan kesesuaian topik penelitian, ketersediaan *Full-text*, kualitas metodologi menggunakan *Joanna Briggs Institute* (JBI) *Critical Appraisal Checklist*, kesesuaian desain penelitian, serta potensi duplikasi substansi antarartikel. Pada tahap ini, 161 artikel dikeluarkan karena memiliki kualitas metodologi yang rendah, relevansi yang terbatas terhadap pelayanan farmasi klinis, substansi yang tumpang tindih dengan artikel lain, desain penelitian yang tidak sesuai dengan kriteria *original research*, atau tidak tersedia dalam bentuk *Full-text*. Berdasarkan keseluruhan proses seleksi tersebut, diperoleh 6 artikel *original research* yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan memiliki kualitas metodologi yang memadai untuk diikutsertakan dalam tinjauan sistematis. Keenam artikel tersebut selanjutnya dianalisis secara naratif untuk mengidentifikasi bentuk implementasi AI, mengevaluasi efektivitasnya dalam pelayanan farmasi klinis, serta mengidentifikasi manfaat, keterbatasan, tantangan, dan peluang penerapannya.

2. Karakteristik Artikel yang Diinklusi

Sebanyak 6 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dianalisis lebih lanjut dalam tinjauan sistematis ini. Artikel yang diinklusi merupakan penelitian asli, tersedia *Full-text*, berbahasa Inggris, serta dipublikasikan pada rentang tahun 2020-2025. Setelah penyesuaian kriteria, artikel *systematic review*, viewpoint, dan artikel yang tidak dapat diakses *Full-text* tidak dimasukkan dalam sintesis akhir agar hasil kajian lebih konsisten dengan kerangka PICOS dan kriteria inklusi yang telah ditetapkan. Berdasarkan karakteristik metodologinya, artikel yang diinklusi menunjukkan variasi desain penelitian, meliputi studi observasional, pengembangan dan validasi model (1 artikel), *proof-of-concept* berbasis *real-world* data (1 artikel), *retrospective population-based*

cohort study (1 artikel), *retrospective machine learning study* (1 artikel), *cross-sectional survey* (1 artikel), serta *model development and validation study* berbasis NLP (1 artikel).

Teknologi AI yang diterapkan dalam artikel yang diinklusi meliputi *Machine learning* (ML), *Natural Language Processing* (NLP), *Large Language Models* (LLMs), *Clinical decision support System* (CDSS) berbasis AI, *Network analysis*, *CatBoost*, *LightGBM*, dan *ensemble learning*. Implementasi teknologi tersebut dimanfaatkan untuk mendeteksi *medication error*, mengidentifikasi *Potentially Inappropriate Medication* (PIM), mendukung farmakovigilans, menilai dokumentasi pemantauan efek samping obat, menganalisis sentimen pasien terhadap obat, serta mengevaluasi persepsi apoteker terhadap penggunaan ChatGPT. Secara umum, artikel yang diinklusi melaporkan bahwa penerapan AI memberikan manfaat terhadap peningkatan efisiensi pelayanan farmasi klinis, ketepatan identifikasi masalah terkait obat, penguatan farmakovigilans, serta dukungan pengambilan keputusan klinis. Meskipun demikian, sebagian besar studi masih menekankan perlunya validasi eksternal, integrasi dengan rekam medis elektronik, peningkatan kualitas data, serta pengawasan profesional sebelum AI dapat diterapkan secara luas dalam praktik klinis. Karakteristik lengkap artikel yang diinklusi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Artikel yang Diinklusi dalam Tinjauan Sistematis

No	Penulis (Tahun)	Desain Penelitian	Teknologi AI	Temuan Utama
1	Corny <i>et al.</i> (2020)	Studi observasional; pengembangan dan validasi model	<i>Machine learning</i> (ML), <i>LightGBM</i> (<i>gradient-boosting framework</i>), <i>rule-based expert system</i> , <i>Clinical decision support System</i> (CDSS)	Temuan ini menunjukkan bahwa AI dapat memprioritaskan <i>medication review</i> , mengurangi <i>false alert</i> , dan meningkatkan efisiensi kerja apoteker, tetapi masih membutuhkan validasi lintas fasilitas dan integrasi data tidak terstruktur.
2	Barbieri <i>et al.</i> (2025)	<i>Proof-of-concept</i> berbasis database administratif dan EHR	<i>Network analysis</i> , <i>Machine learning</i> (ML), <i>clustering</i>	Pendekatan AI mengidentifikasi 249 sinyal keamanan potensial terkait <i>drug-induced acute myocardial infarction</i> , dengan 63,4% sesuai <i>adverse events</i> yang telah diketahui. Sebanyak 80 sinyal diprioritaskan untuk evaluasi lanjutan.
3	Bannett <i>et al.</i> (2025)	<i>Retrospective population-based cohort study</i>	<i>Large Language Models</i> (LLMs), <i>Large Language Model</i> (LLaMA), <i>Natural</i>	LLM diterapkan pada 15.628 catatan klinis dari 1.201 anak usia 6-11 tahun dengan ADHD. Model mencapai <i>sensitivity</i> 87,2%,

			Language Processing (NLP)	specificity 86,3%, dan AUC 0,93 dalam mengklasifikasikan dokumentasi pemantauan efek samping.
4	Hu <i>et al.</i> (2024)	Retrospective machine learning study	Machine learning (ML), CatBoost, multilabel classification	Model CC + CatBoost menganalisis 18.338 pasien lansia dengan demensia dan 36 jenis PIM berdasarkan <i>Beers Criteria</i> 2019. Model memperoleh <i>accuracy</i> 97,93%, <i>precision</i> 95,39%, <i>recall</i> 94,07%, <i>F1-score</i> 95,69%, dan <i>Hamming loss</i> 0,0011.
5	Abu Hammo ur <i>et al.</i> (2023)	Cross-sectional Study	ChatGPT, AI chatbot	Pada 359 apoteker, 77,2% responden menyatakan apoteker dapat memperoleh manfaat dari ChatGPT dan 69,9% menilai ChatGPT dapat membantu penyediaan materi edukasi. Namun, hanya 47,1% yang setuju ChatGPT mampu memberikan informasi obat yang akurat; kekhawatiran utama mencakup kesalahan respons, privasi, keamanan, dan bias.
6	Sorayaie Azar <i>et al.</i> (2024)	Model development and validation study	Natural Language Processing (NLP), Machine learning (ML), Deep learning (DL), ensemble learning, explainable AI	Model NLP berbasis <i>Word2Vec</i> , <i>embeddings</i> umum dan klinis, serta <i>ensemble learning</i> mampu menganalisis sentimen pasien terhadap obat dengan akurasi tinggi. Model <i>deep ensemble</i> terbaik dengan representasi <i>PubMed/PMC</i> mencapai <i>accuracy/F1-score</i> 92,96%/92,27% untuk klasifikasi dua kelas, 92,18%/88,50% untuk tiga kelas, dan 90,31%/67,07% untuk sepuluh kelas.

3. Implementasi *Artificial Intelligence* dalam Pelayanan Farmasi Klinis

Analisis terhadap 6 artikel yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan bahwa implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis berkembang pada beberapa aspek utama praktik kefarmasian. Berdasarkan proses sintesis, penerapan AI dapat dikelompokkan ke dalam lima area, yaitu: (1) pencegahan *Medication error* dan *Clinical decision support*, (2) farmakovigilans dan deteksi sinyal keamanan obat, (3) identifikasi *Potentially Inappropriate Medication* (PIM), (4) pemanfaatan *Large Language Models* (LLM) dalam pemantauan efek samping dan persepsi praktik farmasi, serta (5) analisis sentimen pasien dan *real-world data*. Pengelompokan ini disusun berdasarkan kesamaan tujuan, metode, dan luaran penelitian sehingga menggambarkan arah penerapan AI yang relevan dengan pelayanan farmasi klinis.

a. *Artificial Intelligence* untuk Pencegahan *Medication error* dan *Clinical decision support*

Pencegahan *Medication error* merupakan salah satu area implementasi AI yang paling relevan dalam pelayanan farmasi klinis. Artikel yang diinklusi menunjukkan bahwa *machine learning* dapat digunakan untuk mengidentifikasi resep berisiko tinggi dan membantu apoteker memprioritaskan *medication review* sebelum obat diberikan kepada pasien. Penelitian Corny *et al.* (2020) mengembangkan Lumio Medication, yaitu *Clinical decision support System* (CDSS) berbasis *machine learning* dan *rule-based expert system*. Sistem ini dilatih menggunakan 10.716 pasien dengan 133.179 resep obat dan divalidasi pada 412 pasien dengan 3.364 resep obat. Hasil validasi menunjukkan AUROC 0,81, AUCPR 0,75, serta *recall*, *precision*, dan *F1-score* masing-masing 0,74, lebih baik dibandingkan CDS *alert system konvensional* dan *multicriteria query*. Temuan ini menunjukkan bahwa AI dapat meningkatkan prioritas telaah resep, mengurangi *false alert*, dan mendukung efisiensi kerja apoteker.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa AI tidak dimaksudkan untuk menggantikan keputusan klinis apoteker, melainkan berfungsi sebagai *decision support tool* yang membantu identifikasi risiko secara lebih cepat, konsisten, dan terarah. Dengan demikian, implementasi AI berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi pelayanan farmasi sekaligus memperkuat upaya pencegahan *medication error*.

b. *Artificial Intelligence* dalam Farmakovigilans dan Deteksi Sinyal Keamanan Obat

Farmakovigilans merupakan bidang lain yang mengalami perkembangan pesat melalui pemanfaatan AI. Analisis terhadap artikel yang diinklusi menunjukkan bahwa algoritma AI mampu mengolah data keamanan obat dalam jumlah besar secara otomatis sehingga proses identifikasi *adverse drug reaction* (ADR) menjadi lebih efektif dibandingkan pendekatan konvensional.

Penelitian Barbieri et al. (2025) mengombinasikan *Network analysis* dengan *machine learning* untuk mendeteksi sinyal keamanan obat dari basis data farmakovigilans. Pendekatan tersebut memungkinkan identifikasi hubungan antara obat dan efek samping yang sebelumnya sulit dikenali melalui analisis manual. Model AI mampu meningkatkan sensitivitas deteksi sinyal sekaligus mempercepat proses evaluasi keamanan obat. Selain itu, penelitian Sorayaie Azar et al. (2024) menunjukkan bahwa teknik *Natural Language Processing* (NLP) dapat dimanfaatkan untuk menganalisis sentimen pasien terhadap penggunaan obat berdasarkan data media sosial dan platform digital. Analisis tersebut memberikan informasi tambahan mengenai pengalaman pasien yang tidak selalu tercatat dalam sistem pelaporan ADR konvensional.

Sintesis kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa AI memperluas cakupan farmakovigilans, tidak hanya melalui analisis laporan resmi, tetapi juga melalui pemanfaatan *real-world data*. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi masalah keamanan obat secara lebih dini sehingga mendukung pengambilan keputusan klinis dan regulasi yang lebih responsif.

c. Artificial Intelligence untuk Identifikasi Potentially Inappropriate Medication

Penggunaan AI juga berkembang dalam identifikasi *Potentially Inappropriate Medication* (PIM), khususnya pada populasi lanjut usia yang memiliki risiko tinggi mengalami *polypharmacy*. Penelitian Hu et al. (2024) mengembangkan model *machine learning* untuk memprediksi penggunaan PIM pada pasien lansia dengan demensia. Model tersebut mampu mengidentifikasi pasien berisiko tinggi berdasarkan karakteristik klinis dan riwayat pengobatan sehingga memungkinkan dilakukan intervensi farmasis sebelum terjadi masalah terkait obat. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa AI dapat mendukung pelayanan farmasi yang lebih bersifat preventif dibandingkan reaktif. Melalui identifikasi risiko sejak awal, apoteker dapat melakukan *medication review* secara lebih terarah, mengurangi penggunaan obat yang tidak sesuai, serta meningkatkan keamanan terapi pasien geriatri.

d. Pemanfaatan Large Language Models dalam Pelayanan Informasi Obat

Pada artikel yang tetap diinklusi, *Large Language Models* (LLM) muncul dalam dua bentuk utama, yaitu sebagai alat untuk menilai dokumentasi pemantauan efek samping obat dan sebagai teknologi yang dinilai penerimaannya oleh apoteker. Dengan demikian, bukti LLM dalam sintesis ini lebih tepat dipahami sebagai bukti awal terkait dukungan dokumentasi, pemantauan mutu layanan, dan persepsi pengguna, bukan sebagai bukti final bahwa LLM dapat menjadi sumber utama informasi obat. Penelitian Abu Hammour et al. (2023) menunjukkan bahwa sebagian besar apoteker memiliki persepsi positif terhadap pemanfaatan ChatGPT. Sebanyak 77,2% responden menilai apoteker dapat memperoleh manfaat dari ChatGPT dan 69,9% menyatakan teknologi

ini dapat membantu penyediaan materi edukasi. Namun, hanya 47,1% yang setuju bahwa ChatGPT mampu memberikan informasi obat yang akurat, sehingga validasi oleh tenaga profesional tetap diperlukan sebelum informasi digunakan dalam pengambilan keputusan klinis.

e. Gambaran Perkembangan Implementasi AI dalam Farmasi Klinis

Secara keseluruhan, hasil sintesis menunjukkan adanya pergeseran pelayanan farmasi klinis dari pendekatan reaktif menuju pelayanan berbasis prediksi dan data. Implementasi AI tidak hanya mendukung otomatisasi, tetapi juga membantu pengambilan keputusan klinis, deteksi risiko obat, farmakovigilans, analisis pengalaman pasien, dan evaluasi mutu dokumentasi klinis. Apabila ditinjau berdasarkan jenis teknologi yang digunakan, *machine learning* menjadi pendekatan dominan untuk analisis data klinis dan prediksi risiko pasien. *Natural Language Processing* digunakan untuk menganalisis data tidak terstruktur seperti *medication review* dan catatan klinis, sedangkan LLM terutama digunakan untuk mengevaluasi dokumentasi efek samping dan menilai potensi pemanfaatan ChatGPT dalam praktik farmasi.

Secara keseluruhan, keenam artikel memberikan bukti bahwa AI berpotensi meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan kualitas pelayanan farmasi klinis. Namun, implementasi teknologi tersebut tetap memerlukan pengawasan profesional, validasi klinis yang berkelanjutan, integrasi dengan sistem informasi kesehatan, serta perhatian terhadap aspek etika, keamanan data, dan regulasi agar manfaat AI dapat dioptimalkan tanpa mengurangi keselamatan pasien.

4. Efektivitas Artificial Intelligence terhadap Keselamatan Pasien dan Kualitas Pelayanan

Hasil sintesis terhadap 6 artikel menunjukkan bahwa implementasi AI memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan keselamatan pasien (*patient safety*) dan kualitas pelayanan farmasi klinis. Meskipun pendekatan AI yang digunakan pada setiap penelitian berbeda, sebagian besar artikel melaporkan bahwa teknologi AI mampu meningkatkan akurasi identifikasi masalah terkait obat, mempercepat analisis data klinis, mendukung farmakovigilans, serta membantu efisiensi pelayanan kefarmasian. Temuan tersebut menunjukkan bahwa AI tidak hanya berfungsi sebagai inovasi teknologi, tetapi juga sebagai instrumen pendukung praktik farmasi berbasis bukti.

Salah satu manfaat AI yang paling konsisten dilaporkan adalah kemampuannya dalam mengurangi risiko *medication error*. Penelitian oleh Corny et al. (2020) menunjukkan bahwa CDSS berbasis *machine learning* mampu mengidentifikasi resep berisiko tinggi dan memprioritaskan *medication review* secara lebih akurat dibandingkan CDS *alert system konvensional*. Hal ini mengindikasikan bahwa AI dapat

meningkatkan kemampuan apoteker dalam melakukan skrining resep secara lebih efisien tanpa mengurangi kebutuhan terhadap penilaian klinis profesional.

Selain mendukung pencegahan *medication error*, AI juga berkontribusi terhadap peningkatan keselamatan pasien melalui deteksi dini terhadap risiko penggunaan obat. Sorayaie Azar et al. (2024) menunjukkan bahwa pemanfaatan *Natural Language Processing* (NLP) memungkinkan identifikasi pengalaman pasien terhadap penggunaan obat melalui analisis data tidak terstruktur, seperti media sosial dan ulasan pasien. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa AI mampu memperluas sumber informasi dalam pemantauan keamanan obat sehingga proses identifikasi ADR dapat dilakukan secara lebih cepat dan komprehensif. Dari aspek kualitas pelayanan farmasi klinis, beberapa penelitian menunjukkan bahwa AI mampu meningkatkan efisiensi kerja apoteker, terutama pada aktivitas yang memerlukan analisis data dalam jumlah besar. Teknologi AI membantu penyaringan data klinis, identifikasi risiko obat, pemantauan dokumentasi efek samping, dan analisis pengalaman pasien secara lebih sistematis. Dengan demikian, waktu yang sebelumnya digunakan untuk proses manual dapat diarahkan pada aktivitas yang membutuhkan penilaian profesional dan komunikasi langsung dengan pasien.

5. Perkembangan *Large Language Models* (LLMs) dan ChatGPT dalam Pelayanan Farmasi Klinis

Perkembangan *Large Language Models* (LLMs), termasuk ChatGPT dan LLaMA, menjadi salah satu tema yang muncul dalam artikel yang diinklusi, meskipun jumlah buktinya terbatas. Berbeda dengan *machine learning* konvensional yang umumnya dikembangkan untuk tugas klasifikasi atau prediksi spesifik, LLM memiliki kemampuan mengolah bahasa alami dan mengekstraksi informasi dari data naratif. Dalam pelayanan farmasi klinis, kemampuan tersebut berpotensi mendukung dokumentasi, pemantauan efek samping, dan edukasi, tetapi penggunaannya harus tetap berada di bawah pengawasan profesional. Temuan tersebut sejalan dengan penelitian kualitatif Jairoun et al. (2024) yang menunjukkan bahwa apoteker melihat berbagai potensi penggunaan ChatGPT dalam praktik kefarmasian, tetapi tetap mengidentifikasi risiko berupa informasi yang tidak akurat, data yang tidak mutakhir, dan rekomendasi yang kurang tepat. Temuan ini memperkuat pentingnya verifikasi oleh apoteker dan penggunaan ChatGPT sebagai alat bantu, bukan sebagai pengganti penilaian profesional. Secara keseluruhan, hasil sintesis menunjukkan bahwa LLM dan ChatGPT merupakan inovasi yang berpotensi memperkuat pelayanan farmasi klinis, terutama pada dokumentasi, edukasi, analisis data berbasis bahasa alami, dan evaluasi mutu layanan. Namun, implementasinya harus dilakukan secara bertanggung jawab dengan tetap mengedepankan prinsip *evidence-based pharmacy practice*. Peran apoteker sebagai pengambil keputusan klinis tetap tidak dapat digantikan oleh teknologi AI.

6. Tantangan, Keterbatasan, dan Peluang Implementasi *Artificial Intelligence* dalam Pelayanan Farmasi Klinis

Hasil sintesis dari 6 artikel menunjukkan bahwa implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis menawarkan berbagai manfaat, namun masih menghadapi sejumlah tantangan yang perlu diperhatikan sebelum dapat diterapkan secara luas. Meskipun sebagian penelitian melaporkan peningkatan efisiensi pelayanan, akurasi identifikasi masalah terkait obat, serta dukungan terhadap pengambilan keputusan klinis, keberhasilan implementasi AI tidak hanya bergantung pada performa algoritma, tetapi juga pada kesiapan sistem pelayanan kesehatan, kualitas data, kompetensi tenaga kesehatan, dan aspek regulasi. Salah satu tantangan utama yang diidentifikasi adalah kualitas dan ketersediaan data. Sebagian besar model *machine learning* maupun *deep learning* dikembangkan menggunakan data yang berasal dari institusi atau populasi tertentu sehingga kemampuan generalisasi model pada populasi yang berbeda masih perlu dibuktikan. Variasi karakteristik pasien, sistem rekam medis elektronik, serta standar pelayanan antar rumah sakit berpotensi memengaruhi performa model ketika diterapkan pada lingkungan klinis yang berbeda. Oleh karena itu, validasi eksternal dan evaluasi berkelanjutan menjadi langkah penting sebelum sistem AI diimplementasikan secara rutin.

Dalam konteks farmakovigilans, Dsouza et al. (2025) melalui *systematic review* menunjukkan bahwa AI telah digunakan untuk mendukung prediksi *adverse drug reactions* (ADR) pada pasien rawat inap. Namun, penerapannya masih memerlukan validasi lebih lanjut untuk memastikan performa model dapat digeneralisasikan pada populasi dan lingkungan klinis yang berbeda. Selain aspek teknis, *transparansi* dan *interpretabilitas* model AI juga menjadi perhatian penting. Beberapa algoritma, khususnya yang berbasis *deep learning*, sering kali menghasilkan prediksi dengan tingkat akurasi tinggi, tetapi proses pengambilan keputusannya sulit dijelaskan (*black-box model*). Kondisi ini dapat mengurangi kepercayaan tenaga kesehatan terhadap rekomendasi yang dihasilkan AI, terutama ketika rekomendasi tersebut berpengaruh terhadap keputusan terapi pasien. Oleh sebab itu, pengembangan sistem AI yang lebih mudah diinterpretasikan (*explainable AI*) menjadi salah satu kebutuhan utama dalam pelayanan farmasi klinis.

Tantangan berikutnya berkaitan dengan aspek etika, keamanan data, dan privasi pasien. Implementasi AI membutuhkan akses terhadap data klinis dalam jumlah besar yang umumnya berasal dari rekam medis elektronik maupun sistem informasi rumah sakit. Pengelolaan data tersebut harus memenuhi prinsip kerahasiaan, keamanan informasi, dan perlindungan data pribadi sesuai dengan regulasi yang berlaku. Selain itu, penggunaan LLM seperti ChatGPT juga menimbulkan kekhawatiran terkait akurasi informasi, potensi *hallucination*, bias, serta penggunaan data sensitif. Oleh karena itu, pemanfaatan AI dalam praktik farmasi harus tetap berada dalam kerangka etika profesi dan tata kelola data yang baik.

Di sisi lain, perkembangan AI juga membuka peluang besar bagi transformasi pelayanan farmasi klinis di masa depan. Integrasi AI dengan rekam medis elektronik, *Clinical decision support System* (CDSS), farmakovigilans digital, serta telefarmasi berpotensi menghasilkan pelayanan yang lebih cepat, akurat, dan berorientasi pada kebutuhan pasien. LLM juga membuka peluang dalam edukasi, dokumentasi klinis, dan analisis teks, sedangkan NLP dapat digunakan untuk mengolah data tidak terstruktur seperti catatan klinis dan *medication review*.

Berdasarkan keseluruhan hasil sintesis, implementasi AI dalam pelayanan farmasi klinis memiliki prospek yang sangat menjanjikan, namun keberhasilannya memerlukan pendekatan multidisiplin yang melibatkan tenaga kesehatan, pengembang teknologi, akademisi, regulator, dan pembuat kebijakan. Pengembangan regulasi yang adaptif, peningkatan kualitas data kesehatan, validasi model AI secara berkelanjutan, serta peningkatan literasi digital tenaga kefarmasian menjadi faktor penting agar pemanfaatan AI dapat memberikan manfaat optimal tanpa mengurangi keselamatan pasien maupun kualitas pelayanan Kesehatan.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan tinjauan terhadap 6 artikel *original research*, AI telah diterapkan pada berbagai aspek pelayanan farmasi klinis, meliputi sistem pendukung keputusan klinis, deteksi *medication error*, identifikasi obat yang berpotensi tidak tepat pada pasien lansia, pemantauan keamanan obat, serta analisis sentimen pasien. Hasil sintesis menunjukkan bahwa AI berpotensi meningkatkan akurasi identifikasi masalah terkait obat, mendukung pengambilan keputusan klinis, memperkuat farmakovigilans, dan meningkatkan efisiensi pelayanan kefarmasian. Meskipun demikian, AI lebih tepat diposisikan sebagai *decision support tool* yang melengkapi, bukan menggantikan, peran profesional apoteker dalam pengambilan keputusan klinis. Implementasinya masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan generalisasi data, transparansi dan interpretabilitas model, keamanan serta privasi data, dan kebutuhan peningkatan kompetensi digital tenaga kefarmasian. Dengan demikian, penerapan AI dalam pelayanan farmasi klinis memiliki peluang untuk mendukung pelayanan yang lebih aman, efektif, efisien, dan berbasis data, tetapi memerlukan validasi lebih lanjut serta integrasi yang tepat dengan sistem pelayanan kesehatan.

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain prospektif dan uji implementasi pada praktik klinis untuk mengevaluasi efektivitas AI dalam kondisi pelayanan nyata. Selain itu, peningkatan kompetensi digital tenaga kefarmasian perlu menjadi bagian dari strategi implementasi agar apoteker mampu memahami, mengevaluasi, dan menggunakan keluaran AI secara tepat dalam mendukung pengambilan keputusan klinis.

REFERENSI

- Abu Hammour, K., Alhamad, H., Al-Ashwal, F. Y., Halboup, A., Abu Farha, R., & Abu Hammour, A. (2023). ChatGPT in pharmacy practice: a cross-sectional exploration of Jordanian pharmacists' perception, practice, and concerns. *Journal of Pharmaceutical Policy and Practice*, 16(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40545-023-00624-2>
- Alqahtani, S. S., Menachery, S. J., Alshahrani, A., Albalkhi, B., Alshayban, D., & Iqbal, M. Z. (2025). Artificial intelligence in clinical pharmacy – A systematic review of current scenario and future perspectives. *Digital Health*, 11. <https://doi.org/10.1177/20552076251388145>
- Aplana, I., Asyari, D. P., & Eriwandi, E. (2026). Sosialisasi Pemanfaatan Artificial Intelligence Dalam Sistem Penunjang Keputusan Diagnosis Penyakit Bagi Tenaga Kesehatan Di Kota Padang Tahun 2025. *Jompa Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. <https://doi.org/10.57218/jompaabdi.v5i1.2712>
- Aromataris, E., Lockwood, C., Porritt, K., Pilla, B., & Jordan, Z. (2024). *JBIM Manual for Evidence Synthesis* (E. Aromataris, C. Lockwood, K. Porritt, B. Pilla, & Z. Jordan (eds.)). JBI. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-01>
- Bannett, Y., Gunturkun, F., Pillai, M., Herrmann, J. E., Luo, I., Huffman, L. C., & Feldman, H. M. (2025). Applying Large Language Models to Assess Quality of Care: Monitoring ADHD Medication Side Effects. *Pediatrics*, 155(1), 1–18. <https://doi.org/10.1542/peds.2024-067223>
- Barbieri, M. A., Abate, A., Balogh, O. M., Pétervári, M., Ferdinandy, P., Ágg, B., Battini, V., Cocco, M., Rossi, A., Carnovale, C., Casula, M., Spina, E., & Sessa, M. (2025). Network Analysis and Machine Learning for Signal Detection and Prioritization Using Electronic Healthcare Records and Administrative Databases: A Proof of Concept in Drug-Induced Acute Myocardial Infarction. *Drug Safety*, 48(5), 513–526. <https://doi.org/10.1007/s40264-025-01515-y>
- Bidara, F., & Putri Auliya Serawaidi, N. (2025). Literature Review: Peluang Dan Tantangan Penggunaan Kecerdasan Buatan Dalam Meningkatkan Pelayanan Farmasi Klinis. *Jurnal Kesehatan Mahardika*. <https://doi.org/10.54867/jkm.v12i1.240>
- Corny, J., Rajkumar, A., Martin, O., Dode, X., Lajonchère, J. P., Billuart, O., Bézie, Y., & Buronfosse, A. (2020). A machine learning-based clinical decision support system to identify prescriptions with a high risk of medication error. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 27(11), 1688–1694. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocaa154>
- Dritsas, E., & Trigka, M. (2025). Exploring the Intersection of Machine Learning and Big Data: A Survey. In *Machine Learning and Knowledge Extraction*. <https://doi.org/10.3390/make7010013>
- Dsouza, V. S., Leyens, L., Kurian, J. R., Brand, A., & Brand, H. (2025). Artificial intelligence (AI) in pharmacovigilance: A systematic review on predicting adverse drug reactions (ADR) in hospitalized patients. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 21(6), 453–462. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2025.02.008>
- Graafsma, J., Murphy, R. M., Van De Garde, E. M. W., Karapinar-Çarkit, F., Derijks, H. J., Hoge, R. H. L., Klopotoska, J. E., & Van Den Bemt, P. M. L. A. (2024). The use of artificial intelligence to optimize medication alerts generated by clinical decision support systems: a scoping review. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31(6), 1411–1422. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocae076>
- Hu, Q., Zhao, M., Teng, F., Lin, G., Jin, Z., & Xu, T. (2024). A model for identifying potentially inappropriate medication used in older people with dementia: a machine learning study. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 46(4), 937–946. <https://doi.org/10.1007/s11096-024-01730-0>
- Huang, X., Estau, D., Liu, X., Yu, Y., Qin, J., & Li, Z. (2024). Evaluating the performance of ChatGPT in clinical pharmacy: A comparative study of ChatGPT and clinical

- pharmacists. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 90(1), 232–238. <https://doi.org/10.1111/bcp.15896>
- Jairoun, A. A., Al-Hemyari, S. S., Shahwan, M., Alnuaimi, G. R., Ibrahim, N., & Jaber, A. A. S. (2024). Capturing pharmacists' perspectives on the value, risks, and applications of ChatGPT in pharmacy practice: A qualitative study. *Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy*, 16(June), 100518. <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2024.100518>
- Johns, E., Alkanj, A., Beck, M., Mas, L. D., Gourieux, B., Sauleau, E. A., & Michel, B. (2024). Using machine learning or deep learning models in a hospital setting to detect inappropriate prescriptions: a systematic review. *European Journal of Hospital Pharmacy*, 31(4), 289–294. <https://doi.org/10.1136/ejhpharm-2023-003857>
- Li, X., Guo, H., Li, D., & Zheng, Y. (2024). Engine of Innovation in Hospital Pharmacy: Applications and Reflections of ChatGPT. *Journal of Medical Internet Research*, 26, 1–10. <https://doi.org/10.2196/51635>
- Li, Y., Tao, W., Li, Z., Sun, Z., Li, F., Fenton, S., Xu, H., & Tao, C. (2024). Artificial intelligence-powered pharmacovigilance: A review of machine and deep learning in clinical text-based adverse drug event detection for benchmark datasets. *Journal of Biomedical Informatics*, 152, 104621. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2024.104621>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, 372. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Panagioti, M., Hodkinson, A., Planner, C., Dhingra, N., & Gupta, N. (2024). *Global burden of preventable medication-related harm in health care: A systematic review*. World Health Organization.
- Presetya, F., & Edward. (2025). Diagnosis Penyakit Menggunakan Artificial Intelligence (AI):Konsep, Bukti Ilmiah, dan Implikasi Klinis. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. <https://doi.org/10.30872/jsk.v6i1.976>
- Ranchon, F., Chanoine, S., Lambert-Lacroix, S., Bosson, J. L., Moreau-Gaudry, A., & Bedouch, P. (2023). Development of artificial intelligence powered apps and tools for clinical pharmacy services: A systematic review. *International Journal of Medical Informatics*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2022.104983>
- Roosan, D., Padua, P., Khan, R., Khan, H., Verzosa, C., & Wu, Y. (2024). Effectiveness of ChatGPT in clinical pharmacy and the role of artificial intelligence in medication therapy management. *Journal of the American Pharmacists Association*, 64(2), 422–428.e8. <https://doi.org/10.1016/j.japh.2023.11.023>
- Sorayaie Azar, A., Babaei Rikan, S., Naemi, A., Bagherzadeh Mohasefi, J., & Wiil, U. K. (2024). Predicting patients' sentiments about medications using artificial intelligence techniques. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-83222-9>
- Wahab, A., & Sri Mulyawati L, E. (2025). Model Integratif Pelayanan Farmasi Untuk Meningkatkan Keselamatan Pasien dan Rasionalitas Penggunaan Obat di Pelayanan Kesehatan Primer. *Pharmacology And Pharmacy Scientific Journals*. <https://doi.org/10.51577/papsjournals.v4i1.703>