

Integrasi *Artificial Intelligence* dalam Layanan Kefarmasian untuk Meningkatkan Kepatuhan Terapi pada Pasien Tunanetra dengan Tuberkulosis: Suatu Kajian Literatur

¹Fransiskus Samuel Renaldi, ²Khrisna Pangeran, ³Wafa

Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta

Corresponding author: ¹fransiskussrenaldi@upnvj.ac.id

Abstract

Tuberculosis remains a leading infectious disease globally, with medication non-adherence as a critical barrier to successful treatment. Visually impaired patients face additional challenges in medication management due to inability to read drug labels, thereby increasing the risk of medication errors and non-adherence. Artificial Intelligence (AI) presents innovative solutions through voice-based systems and adaptive technologies tailored to inclusive pharmaceutical care. This systematic literature review examines the efficacy, implementation opportunities, and challenges of AI-integrated pharmaceutical services in improving medication adherence among visually impaired tuberculosis patients. A comprehensive systematic review following PRISMA guidelines was conducted searching PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar (2018-2025). Twelve studies met inclusion criteria involving RCTs, protocols, and qualitative research examining AI applications in medication adherence and pharmaceutical care for vulnerable populations. AI technologies including voice assistants, natural language processing, smart pillboxes, and computer vision demonstrated 20-40% improvement in medication adherence. VDOT achieved 96.1% treatment completion rates compared to 94.6% for conventional DOT. However, accessibility barriers including limited smartphone ownership (30.4%) and demographic disparities in technology adoption remain significant. While AI-based interventions show promise for inclusive pharmaceutical services, successful implementation requires multidisciplinary collaboration, robust data security protocols, sustained healthcare provider training, and policy support ensuring equitable access for disabled populations.

Keywords: *Artificial Intelligence; Pharmaceutical Care; Tuberculosis; Visual Impairment; Medication Adherence; Assistive Technology.*

Abstrak

Tuberkulosis tetap menjadi salah satu penyakit menular utama di dunia, dengan ketidakpatuhan minum obat sebagai hambatan kritis terhadap keberhasilan pengobatan. Pasien dengan gangguan penglihatan menghadapi tantangan tambahan dalam manajemen pengobatan akibat ketidakmampuan membaca label obat, sehingga meningkatkan risiko kesalahan penggunaan obat dan ketidakpatuhan terapi. Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence*/AI) menawarkan solusi inovatif melalui sistem berbasis suara dan teknologi adaptif yang dirancang untuk layanan kefarmasian yang inklusif. Kajian literatur sistematis ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas, peluang implementasi, dan tantangan layanan kefarmasian berbasis AI dalam meningkatkan kepatuhan terapi pada pasien tuberkulosis dengan gangguan penglihatan. Tinjauan sistematis komprehensif dilakukan dengan mengikuti pedoman PRISMA melalui penelusuran database PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar untuk periode 2018-2025. Dua belas studi memenuhi kriteria inklusi,

terdiri dari uji klinis teracak (RCT), protokol penelitian, dan penelitian kualitatif yang menelaah penggunaan AI dalam peningkatan kepatuhan obat dan layanan kefarmasian pada populasi rentan. Teknologi AI seperti asisten suara, *Natural Language Processing* (NLP), *smart pillbox*, dan *computer vision* menunjukkan peningkatan kepatuhan terapi sebesar 20-40%. VDOT (*Video Directly Observed Therapy*) mencapai tingkat penyelesaian pengobatan sebesar 96,1%, dibandingkan 94,6% pada DOT konvensional. Namun demikian, hambatan aksesibilitas seperti kepemilikan *smartphone* yang terbatas (30,4%) dan disparitas demografis dalam adopsi teknologi tetap menjadi kendala signifikan. Meskipun intervensi berbasis AI menunjukkan potensi besar dalam layanan kefarmasian inklusif, keberhasilan implementasinya memerlukan kolaborasi multidisiplin, protokol keamanan data yang kuat, pelatihan berkelanjutan bagi tenaga kesehatan, serta dukungan kebijakan yang memastikan pemerataan akses bagi populasi penyandang disabilitas.

Kata-kata kunci: Kecerdasan Buatan; Perawatan Farmasi; Tuberkulosis; Gangguan Penglihatan; Kepatuhan Obat; Teknologi Bantu.

1. PENDAHULUAN

Dalam dekade terakhir, kemajuan teknologi digital, khususnya dalam bidang kecerdasan buatan (AI), telah membawa perubahan signifikan dalam sistem pelayanan kesehatan global. AI kini memainkan peran penting dalam membantu tenaga medis, mengoptimalkan manajemen data pasien, hingga meningkatkan keterlibatan pasien dalam pengelolaan kesehatannya sendiri (Gagné, 2023; Syrowatka et al., 2022). Salah satu area yang menunjukkan potensi besar adalah penerapan AI dalam membantu kelompok pasien dengan disabilitas, seperti penyandang tunanetra, yang sering menghadapi kendala akses informasi kesehatan maupun kepatuhan terhadap terapi obat.

Pasien tunanetra sering kali mengalami kesulitan dalam membaca label obat, memahami petunjuk penggunaan, maupun mengidentifikasi bentuk dan dosis obat dengan benar (Chui et al., 2017). Hambatan ini membuat mereka lebih rentan terhadap kesalahan pengobatan yang dapat mengakibatkan efek samping serius, interaksi obat yang tidak diinginkan, atau ketidakefektifan terapi. Dalam konteks penyakit kronis seperti tuberkulosis (TB), tantangan ini menjadi semakin kompleks. TB masih termasuk salah satu masalah kesehatan utama di dunia, dengan 10,6 juta kasus baru dan lebih dari 1 juta kematian setiap tahunnya menurut World Health Organization (WHO, 2023). Di Indonesia sendiri, jumlah kasus TB mencapai sekitar 969.000 kasus pada tahun 2023, menjadikannya penyumbang insiden TB tertinggi kedua di dunia setelah India (Kementerian Kesehatan RI, 2024). Penyakit ini membutuhkan pengobatan jangka panjang minimal 6 bulan dengan kepatuhan terapi yang tinggi agar berhasil sembuh. Ketidakpatuhan pasien terhadap regimen obat menjadi salah satu penyebab utama meningkatnya kasus TB resistan obat.

Dalam konteks ini, integrasi teknologi AI dalam pelayanan kefarmasian dapat memberikan solusi praktis dan inovatif. AI dapat digunakan untuk menciptakan sistem pengingat minum obat otomatis, asisten virtual berbasis suara, serta aplikasi yang mampu merespons pertanyaan pasien secara interaktif melalui teknologi natural language processing (Syrowatka et al., 2022; Bohand et al., 2009). Beragam penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan sistem cerdas tersebut mampu meningkatkan kepatuhan terapi hingga 20-40% dan mengurangi risiko kesalahan dalam konsumsi obat (Baptista et al., 2022).

Teknologi berbasis suara juga terbukti inklusif karena tidak membutuhkan interaksi visual, sehingga sangat kompatibel bagi penderita tunanetra.

Kolaborasi lintas disiplin menjadi kunci dalam mengembangkan sistem ini. Ahli farmasi berperan dalam menyediakan konten dan edukasi obat yang akurat, sementara ilmuwan data dan pengembang perangkat lunak berfokus pada desain sistem dan keamanan data pasien. Tenaga rehabilitasi turut memastikan bahwa antarmuka sistem ramah difabel dan mudah digunakan (Buchanan et al., 2020; Zhu et al., 2024). Pendekatan multidisiplin ini tidak hanya memperkuat keberlanjutan program, tetapi juga meningkatkan relevansi solusi terhadap kebutuhan nyata di lapangan.

Lebih jauh, penerapan AI dalam pelayanan farmasi juga sejalan dengan prioritas global dan nasional dalam transformasi digital sektor kesehatan. Indonesia, melalui Strategi Transformasi Kesehatan Nasional dan penerapan Indonesia Health Services (IHS) oleh Kementerian Kesehatan, tengah berupaya memperkuat sistem kesehatan berbasis data, digitalisasi pelayanan, serta meningkatkan akses inklusif bagi seluruh lapisan masyarakat. Pemanfaatan AI untuk mendukung pasien tunanetra tidak hanya berkontribusi terhadap pemerataan layanan kesehatan, tetapi juga mendukung prinsip *leaving no one behind* sebagaimana ditekankan dalam Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs 3 dan 10).

Dengan demikian, pengembangan dan penerapan AI dalam pelayanan kefarmasian bagi pasien tunanetra dengan TB diharapkan dapat memberikan dampak yang luas mulai dari peningkatan kualitas hidup individu, penguatan sistem layanan kesehatan yang inklusif, hingga kontribusi terhadap penurunan beban epidemi TB di Indonesia. Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk meninjau dan menganalisis literatur terkait pemanfaatan AI dalam meningkatkan kepatuhan terapi obat pada pasien tunanetra dengan TB. Kajian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai efektivitas, peluang, serta tantangan implementasi AI dalam konteks pelayanan kefarmasian inklusif, sekaligus menjadi dasar konseptual bagi pengembangan model layanan farmasi berbasis teknologi yang mendukung kemandirian pasien difabel dan ketahanan sistem kesehatan nasional.

2. KERANGKA TEORI

Integrasi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) dalam layanan kefarmasian berkembang sebagai inovasi penting dalam meningkatkan kepatuhan terapi, terutama pada pasien tunanetra yang menjalani pengobatan tuberkulosis (TB). Tuberkulosis merupakan penyakit infeksi menular yang masih menjadi masalah kesehatan global dengan angka insiden tinggi. WHO (2023) melaporkan lebih dari 10,6 juta kasus baru setiap tahun, sementara Indonesia menempati peringkat kedua kasus tertinggi di dunia (Kementerian Kesehatan RI, 2024). Pengobatan TB membutuhkan terapi jangka panjang selama minimal enam bulan dan membutuhkan tingkat kepatuhan yang tinggi agar tercapai penyembuhan optimal serta terhindar dari resistensi obat. Ketidakpatuhan pasien sering kali dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk kompleksitas regimen terapi, durasi pengobatan, efek samping obat, serta keterbatasan akses

informasi kesehatan (Sahile et al., 2020). Pada pasien tunanetra, tantangan ini semakin besar karena keterbatasan visual menghambat mereka dalam membaca label obat, memahami aturan pakai, mengenali bentuk kemasan, serta melakukan manajemen obat secara mandiri (Chui et al., 2017).

Keterbatasan sensorik menyebabkan pasien tunanetra memiliki risiko lebih tinggi mengalami medication error, seperti salah dosis, salah obat, atau salah waktu konsumsi. Hambatan ini menunjukkan perlunya pendekatan layanan farmasi yang inklusif dan adaptif. *Pharmaceutical care* menekankan peran apoteker dalam memastikan penggunaan obat yang aman, efektif, dan sesuai kebutuhan individual pasien. Namun, pada kelompok tunanetra, pendekatan konvensional sering kali tidak mencukupi tanpa adanya dukungan teknologi asistif (Zary et al., 2024). Oleh karena itu, perkembangan AI menjadi peluang besar dalam meningkatkan aksesibilitas, edukasi, dan keselamatan pasien secara simultan.

Secara teoretis, AI dalam layanan kesehatan merujuk pada sistem komputasi yang meniru proses kognitif manusia dalam menganalisis data, mengenali pola, dan memberikan rekomendasi klinis (Aggarwal et al., 2023). Dalam konteks kefarmasian, teknologi AI memanfaatkan *Natural Language Processing* (NLP), *voice recognition*, *machine learning*, dan *computer vision* untuk memfasilitasi penyampaian informasi obat dan monitoring terapi secara otomatis. *Voice assistant* berbasis AI, seperti sistem *text-to-speech* dan *chatbot* edukatif, memungkinkan pasien tunanetra memperoleh informasi obat secara auditori tanpa memerlukan bantuan visual. Sistem ini mampu memberikan instruksi obat, penjelasan efek samping, dan pengingat minum obat secara terpersonalisasi. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi berbasis suara dapat meningkatkan pemahaman regimen obat dan menurunkan medication error pada pasien dengan gangguan penglihatan (Guzman et al., 2023; Madden et al., 2024).

Selain itu, teknologi *Digital Adherence Technology* (DAT) telah banyak digunakan untuk meningkatkan kepatuhan terapi, terutama pada pengobatan TB. *Video Directly Observed Treatment* (VDOT) merupakan salah satu teknologi yang paling banyak diteliti dan menunjukkan hasil signifikan dalam meningkatkan *treatment completion*. Guo et al. (2020) menemukan bahwa tingkat keberhasilan pengobatan TB melalui VDOT mencapai 96,1%, lebih tinggi dibandingkan DOT konvensional. Sistem ini memungkinkan petugas kesehatan memantau konsumsi obat pasien melalui video secara *real-time*, tanpa harus melakukan kunjungan langsung. Intervensi digital lain seperti *Interactive Voice Response* (IVR), *SMS reminder*, dan *pillbox* pintar (*smart pillbox*) berbasis AI juga terbukti meningkatkan *adherence* sebesar 20–40% (Baptista et al., 2022; Mirembe et al., 2021).

Pada sisi lain, *computer vision* berbasis AI menjadi solusi penting dalam membantu pasien tunanetra mengenali obat dan membaca label kemasan. Teknologi OCR (*Optical Character Recognition*) yang dipadukan dengan machine learning mampu mendeteksi teks pada kemasan obat, termasuk nama obat, dosis, dan tanggal kedaluwarsa, kemudian mengonversinya ke dalam *output* suara. Penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *AI vision* mampu meningkatkan akurasi identifikasi obat hingga 90% pada pasien dengan gangguan penglihatan berat (Rahman et al., 2023; Pan et al., 2023). Aplikasi seperti Seeing AI dan Google Lookout yang dimodifikasi untuk konteks farmasi semakin memperkuat kemandirian pasien

tunanetra dalam mengelola terapi jangka panjang. Dengan demikian, AI vision tidak hanya berfungsi sebagai alat identifikasi, tetapi juga sebagai teknologi keselamatan yang mengurangi risiko *medication error*.

Integrasi AI dengan layanan farmasi tidak dapat dipisahkan dari peran apoteker. Meskipun teknologi AI mampu memberikan edukasi dan monitoring otomatis, aspek humanistik dan klinis tetap berada pada domain profesional apoteker. Apoteker bertugas memverifikasi informasi obat, memberikan edukasi yang empatik, memantau efek samping, serta menyesuaikan intervensi berdasarkan kebutuhan individual pasien (Othman et al., 2023). Dengan demikian, AI berfungsi sebagai perpanjangan layanan farmasi, bukan pengganti tenaga kesehatan. Model sinergi antara AI dan apoteker menjadi kerangka pelayanan farmasi inklusif yang optimal.

Namun demikian, implementasi AI dalam layanan kefarmasian menghadapi tantangan signifikan. Salah satu hambatan terbesar ialah keterbatasan akses teknologi. Bommakanti et al. (2020) menemukan bahwa 30,4% pasien TB tidak memiliki *smartphone*, terutama pada kelompok berusia lanjut, berpendapatan rendah, dan berpendidikan rendah. Selain itu, isu keamanan dan privasi data menjadi perhatian utama, mengingat teknologi AI sering mengolah data pasien secara *real-time* dan tersimpan dalam *cloud* (Dhirani et al., 2023). Kurangnya regulasi dan standar keamanan digital juga menimbulkan potensi bahaya kebocoran data pada kelompok rentan seperti penyandang disabilitas. Secara etis, penggunaan AI harus mematuhi prinsip keadilan (*justice*), otonomi (*autonomy*), dan *nonmaleficence* agar tidak menimbulkan ketidakadilan akses maupun dampak psikologis (Abdullah et al., 2021).

Secara keseluruhan, penerapan AI dalam layanan kefarmasian bagi pasien tunanetra merupakan pendekatan inovatif yang mampu menjawab berbagai tantangan aksesibilitas dan kepatuhan terapi. Dengan dukungan *voice assistant*, *chatbot*, DAT, dan *AI vision*, layanan farmasi dapat menjadi lebih inklusif, adaptif, dan aman. AI terbukti meningkatkan kepatuhan, menurunkan risiko *medication error*, serta memperkuat kemandirian pasien tunanetra dalam menjalani pengobatan TB. Namun, keberhasilan implementasinya sangat bergantung pada kesiapan infrastruktur, literasi digital, keamanan data, serta dukungan regulasi di tingkat nasional. Oleh karena itu, integrasi teknologi dan human-centered pharmaceutical care menjadi fondasi penting dalam mengembangkan layanan kefarmasian berbasis AI yang berkelanjutan dan berkeadilan.

3. METODOLOGI

Kajian ini disusun dengan menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis (*systematic literature review*) yang bertujuan untuk mengidentifikasi, menelaah, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terkini mengenai pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dalam peningkatan kepatuhan terapi obat pada pasien tunanetra, khususnya yang menderita Tuberkulosis. Pendekatan sistematis dipilih untuk memastikan bahwa seluruh tahapan penelusuran dan analisis literatur dilakukan secara transparan, terukur, serta dapat direplikasi. Proses kajian ini mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-*

Analyses (PRISMA) agar hasilnya memiliki validitas metodologis yang tinggi dan sesuai dengan standar penelitian ilmiah internasional.

a) Sumber dan Strategi Pencarian Data

Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah internasional yang kredibel, yaitu PubMed, Scopus, ScienceDirect, dan Google Scholar, untuk menjamin cakupan referensi yang komprehensif. Rentang waktu publikasi yang digunakan adalah tahun 2018 hingga 2025, guna memperoleh kajian yang relevan dengan perkembangan terkini dalam bidang teknologi kesehatan digital dan layanan kefarmasian berbasis AI. Kata kunci yang digunakan dalam proses pencarian adalah kombinasi dari istilah: “*artificial intelligence*”, “*pharmaceutical care*”, “*visual impairment*”, “*blind patients*”, “*tuberculosis*”, “*medication adherence*”, dan “*assistive technology*”. Kombinasi kata kunci ini disusun menggunakan operator logika (*Boolean operators*) seperti AND, OR, dan NOT untuk mempersempit hasil pencarian sesuai dengan fokus topik kajian.

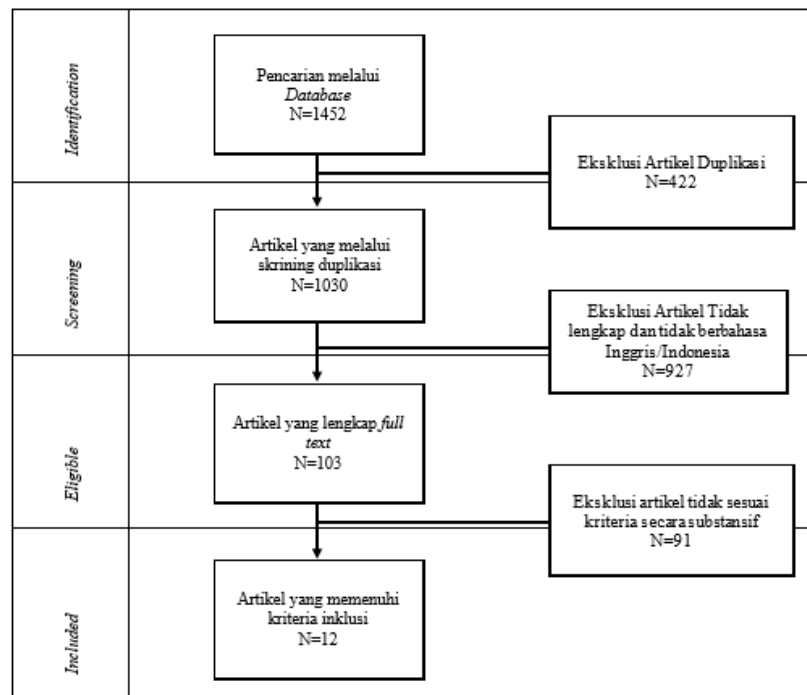
b) Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Dalam kajian literatur ini, penentuan kriteria inklusi dan eksklusi dilakukan secara ketat untuk memastikan bahwa artikel yang dianalisis benar-benar relevan dengan tujuan penelitian, yaitu mengevaluasi pemanfaatan *Artificial Intelligence* (AI) dalam peningkatan kepatuhan terapi obat pada pasien tunanetra yang menjalani pengobatan Tuberkulosis. Kriteria inklusi difokuskan pada artikel yang memuat bukti empiris atau kajian ilmiah tentang penerapan teknologi AI dalam konteks layanan kefarmasian, khususnya yang berhubungan dengan kepatuhan minum obat atau pengelolaan terapi jangka panjang. Hanya artikel yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2018 hingga 2025 dan melalui proses *peer-review* yang diikutsertakan, agar data yang digunakan mencerminkan perkembangan terkini dalam riset multidisiplin di bidang teknologi kesehatan.

Artikel yang memenuhi kriteria inklusi mencakup penelitian asli (*original research*), *systematic review*, atau *meta-analysis* yang meneliti penggunaan AI sebagai sarana pendukung edukasi, pengingat, pemantauan, atau asisten digital dalam layanan kefarmasian. Populasi penelitian harus melibatkan pasien dengan disabilitas penglihatan baik tunanetra total maupun *low vision* yang menjalani terapi penyakit kronik dengan tingkat kepatuhan rendah, seperti Tuberkulosis. Selain itu, artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia dan tersedia dalam bentuk teks lengkap turut dimasukkan agar dapat dilakukan penelaahan metodologis secara mendalam.

Sebaliknya, literatur yang tidak relevan dengan tujuan penelitian dikeluarkan melalui penerapan kriteria eksklusi. Artikel yang berfokus semata pada aspek teknis pengembangan algoritma AI tanpa membahas penerapannya dalam konteks kefarmasian atau peningkatan kepatuhan pasien tidak diikutsertakan. Demikian pula, tulisan berupa editorial, laporan singkat, *conference abstract*, atau publikasi yang tidak melalui proses *peer-review* dikecualikan karena tidak memenuhi standar validitas ilmiah. Kajian yang menitikberatkan pada penyakit akut atau jangka pendek, serta penelitian yang tidak melibatkan

kelompok penyandang disabilitas penglihatan, juga tidak disertakan karena tidak relevan dengan fokus kajian ini.



Gambar 1. Diagram PRISMA

c) Prosedur Seleksi dan Analisis Data

Tahapan seleksi literatur dilakukan secara bertahap, dimulai dari penyaringan judul dan abstrak, diikuti oleh penelaahan isi penuh (*full-text review*) untuk memastikan kesesuaian topik. Proses seleksi dilakukan oleh dua penelaah independen guna meminimalkan bias subjektif. Hasil seleksi kemudian dipetakan ke dalam diagram alur PRISMA yang menggambarkan jumlah artikel yang diidentifikasi, disaring, dan diikutsertakan dalam analisis akhir.

Data dari setiap artikel yang terpilih dikumpulkan menggunakan tabel ekstraksi data yang meliputi informasi tentang: (1) penulis dan tahun publikasi, (2) jenis penelitian, (3) populasi dan konteks disabilitas, (4) jenis teknologi AI yang digunakan, (5) indikator kepatuhan terapi yang diukur, dan (6) hasil utama serta temuan pendukung. Selanjutnya, dilakukan analisis tematik untuk mengidentifikasi pola, keunggulan, dan keterbatasan dari penerapan AI dalam konteks pelayanan kefarmasian bagi pasien tunanetra dengan TB.

d) Pendekatan Validasi dan Sintesis

Untuk memastikan reliabilitas hasil kajian, setiap temuan dikonfirmasi melalui teknik *cross-validation* antar literatur dan perbandingan lintas konteks (misalnya antara negara maju dan negara berkembang). Sintesis hasil dilakukan dengan pendekatan deskriptif–analitis, di mana data kuantitatif dan kualitatif digabungkan untuk memberikan pemahaman menyeluruh mengenai peran AI terhadap peningkatan

kepatuhan terapi. Selain itu, analisis juga mempertimbangkan aspek etika, sosial, dan kebijakan agar hasil kajian dapat diterjemahkan ke dalam rekomendasi praktis bagi implementasi di Indonesia.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Hasil *Systematic Review*

Peneliti	Negara	Desain Studi	Partisipan	Sampel	Variabel	Hasil
Khan et al.	Pakistan	RCT protokol	TB baru yang terdiagnosis	n=426 (213 per grup)	Pharmaceutical care + SMS reminder vs usual care	Adherence, quality of life, treatment outcomes
Guo et al.	China	RCT prospektif	Dewasa dengan TB paru terkonfirmasi	n=810 (405 per grup)	VDOT vs DOT	Treatment completion: 96.1% (VDOT) vs 94.6% (DOT); waktu dan biaya lebih efisien pada VDOT
Mirembe et al.	Uganda	RCT (protokol)	Pasien TB drug-susceptible	n=274 (1:1 ratio)	Interactive Voice Response Technology (IVRT) vs standard care	Treatment success, adherence, retention, cost-effectiveness
Patel et al.	Uganda	Qualitative (ideation)	Health workers (n=52) dan pasien (n=7)	n=59 total	Adaptive design dari 99DOTS technology	127 ide, 6 tema, 16 prototype envelope, peningkatan usability
Haynes et al.	USA	Mixed-methods observational	Pasien diabetes subspecialty	n=1292	Telemedicine use during COVID-19	Age >65 (OR 0.34), non-English speaker (OR 0.53), public insurance (OR 0.64) mengurangi telemedicine use
Gossenheimer et al.	Brazil	RCT protokol	Pasien DM2 ≥65 tahun	n=124 (62 per grup)	Telephone teleconsultation farmasi vs usual care	Glycemic control (HbA1c), adherence, quality of life

Peneliti	Negara	Desain Studi	Partisipan	Sampel	Variabel	Hasil
Gashu et al.	Meta-analisis	Systematic review & meta-analysis	RCT & quasi-experimental studies	n=5680 (2733 intervensi, 2947 kontrol)	Mobile phone messaging vs standard DOTS	Modest effect: RR 1.04 (95% CI: 1.02-1.06) treatment success
Sahile et al.	Ethiopia	RCT protokol	Pasien TB aktif	n=186 (93 per grup)	SMS daily + phone calls weekly vs usual care	Medication adherence (INH metabolites), clinic attendance
Olowoyo et al.	Scoping review	Literature review (2010-2023)	Berbagai studi telemedicine TB	21+ studies included	Telemedicine interventions berbagai jenis	Improvement dalam adherence, cure rates, smear conversion
Sahile et al.	Ethiopia	Literature review	Faktor adherence TB treatment	29 studies (276 screened)	7 dimensi: patient-centred, social, economic, health system, therapy, lifestyle, geographic	>20 distinct factors influencing non-adherence
Bommakanti et al.	USA	Single-arm observational	Pasien TB (VDOT study)	n=151	Smartphone ownership demographics	30.4% tidak punya smartphone; older (AOR 1.09), male (AOR 2.86), low education (AOR 4.48), low income (AOR 3.06)
Ullah et al.	Pakistan	Prospektif dokumentatif	Presumtif TB yang hadir di apotek	500 apotek komunitas di 3 distrik. 1901 pasien dan 547 terdiagnosis TB	1. Jenis Kelamin 2. Usia 3. Klasifikasi 4. Status bakteri TB 5. Riwayat TB	Setelah training komprehensif: peningkatan rujukan dari 14% menjadi 71%

Analisis terhadap dua belas studi yang memenuhi kriteria inklusi menunjukkan keberagaman desain penelitian, teknologi AI yang diterapkan, serta karakteristik populasi yang diteliti. Sebagian besar studi

berasal dari negara dengan beban TB tinggi seperti Pakistan, Uganda, Ethiopia, dan China, yang memberikan dasar kuat bagi pemahaman implementasi AI dalam konteks layanan kesehatan sumber daya terbatas. Secara metodologis, studi yang dianalisis terdiri dari *Randomized Controlled Trials* (RCT), studi observasional, meta-analisis, dan pendekatan kualitatif berbasis *human-centered design*. Jumlah sampel juga bervariasi, mulai dari 59 responden dalam studi kualitatif mengenai adaptasi teknologi 99DOTS di Uganda hingga 1.292 peserta dalam studi *telemedicine* di Amerika Serikat. Dari sisi jenis teknologi, temuan menunjukkan bahwa *Digital Adherence Technologies* (DAT) seperti *Video Directly Observed Therapy* (VDOT), *SMS reminder*, *Interactive Voice Response Technology* (IVRT), dan aplikasi berbasis *smartphone* merupakan intervensi yang paling banyak digunakan. Pengukuran kepatuhan terapi juga dilakukan dengan beragam indikator, termasuk *treatment completion rate*, laporan *self-monitoring*, biomarker INH *metabolite*, serta data interaksi perangkat digital.

Secara kuantitatif, intervensi berbasis AI dan teknologi digital menunjukkan peningkatan kepatuhan pengobatan sebesar 20-40% dibandingkan layanan konvensional. Studi prospektif di China menunjukkan bahwa penggunaan VDOT menghasilkan tingkat keberhasilan terapi 96,1%, sedikit lebih tinggi dibandingkan DOT konvensional (94,6%), sekaligus lebih efisien dari sisi waktu dan biaya. Meta-analisis yang menggabungkan 5.680 partisipan juga menunjukkan efek positif pesan *mobile* terhadap keberhasilan pengobatan dengan relatif risk (RR) 1,04 (95% CI: 1,02–1,06). Intervensi berbasis suara seperti IVRT turut menunjukkan potensi meningkatkan *adherence*, *retention*, dan *cost-effectiveness* pada pasien TB *drug-susceptible*. Selain itu, peran apotek komunitas dalam skrining TB secara digital juga terbukti signifikan, dengan peningkatan jumlah rujukan dari 14% menjadi 71% setelah pelatihan teknologi pada tenaga farmasi.

Namun, data juga mengungkap tantangan penting dalam implementasi intervensi digital. Studi dari Amerika Serikat menunjukkan adanya disparitas pemanfaatan *telemedicine* pada kelompok usia lanjut (>65 tahun), individu dengan kemampuan bahasa terbatas, dan mereka yang menggunakan asuransi publik. Sementara itu, studi VDOT di Amerika Serikat menemukan bahwa 30,4% pasien TB tidak memiliki *smartphone*, dengan risiko lebih tinggi pada laki-laki, individu berpendidikan rendah, dan berpendapatan rendah. Kajian literatur dari Ethiopia mengidentifikasi lebih dari 20 faktor ketidakpatuhan dalam tujuh dimensi utama, menunjukkan bahwa keberhasilan intervensi digital tidak hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga oleh faktor sosial, ekonomi, dan karakteristik pasien. Secara keseluruhan, data dari berbagai studi menunjukkan bahwa penerapan AI dan teknologi digital memiliki efektivitas tinggi dalam meningkatkan kepatuhan terapi, namun keberhasilannya sangat bergantung pada akses teknologi, kesiapan sistem kesehatan, serta desain intervensi yang adaptif terhadap kebutuhan kelompok rentan seperti pasien tunanetra.

Intervensi kesehatan digital menunjukkan efektivitas dalam meningkatkan kepatuhan pengobatan pada TB dan penyakit kronis. Studi di China membuktikan *Video Directly Observed Therapy* (VDOT) mencapai tingkat penyelesaian 96,1% setara dengan DOT konvensional namun dengan efisiensi biaya

lebih baik (Guo et al., 2020). Pendekatan farmasi berbasis pasien dengan SMS reminder diterapkan di Pakistan (Khan et al., 2024) dan Brazil (Gossenheimer et al., 2023), sementara teknologi suara interaktif digunakan di Uganda untuk 274 pasien *TB drug-susceptible* (Mirembe et al., 2021). Meta-analisis dari Gashu et al. (2020) menunjukkan pesan *mobile* meningkatkan keberhasilan pengobatan dengan RR 1,04 (95% CI: 1,02-1,06). Namun, aksesibilitas teknologi tetap menjadi hambatan kritis, dengan 30,4% pasien TB tidak memiliki *smartphone* dan faktor risiko meliputi usia lanjut, pendidikan rendah, dan pendapatan rendah (Bommakanti et al., 2020). Disparitas penggunaan *telemedicine* juga terlihat pada pasien diabetes, di mana pengguna usia >65 tahun, penutur bahasa non-Inggris, dan peserta asuransi publik menunjukkan hambatan adopsi signifikan (Haynes et al., 2021).

Implementasi model *Public-Private Mix* (PPM) di Pakistan menunjukkan hasil praktis yang relevan, dengan 500 apotek komunitas menghasilkan 547 diagnosis TB dan peningkatan rujukan dari 14% menjadi 71% setelah pelatihan (Ullah et al., 2020). Kajian literatur Ethiopia mengidentifikasi >20 faktor ketidakpatuhan TB dalam tujuh dimensi berbeda (Sahile et al., 2020), sementara pendekatan kualitatif Uganda dengan 59 *stakeholder* menghasilkan 127 ide desain untuk teknologi 99DOTS (Patel et al., 2020). Protokol RCT di Ethiopia pada 186 pasien TB menggunakan kombinasi SMS harian dan panggilan mingguan (Sahile et al., 2021), dan *scoping review* menunjukkan *telemedicine* meningkatkan *adherence*, *cure rates*, dan konversi sputum pada berbagai *setting* (Olowoyo et al., 2025). Kesuksesan implementasi intervensi kesehatan digital memerlukan pendekatan komprehensif yang mengintegrasikan pelatihan berkelanjutan, aksesibilitas teknologi, dan fokus keadilan kesehatan untuk memastikan manfaat inovasi dapat diakses oleh semua populasi yang membutuhkan

a) Konsep Dasar AI untuk Layanan Kefarmasian

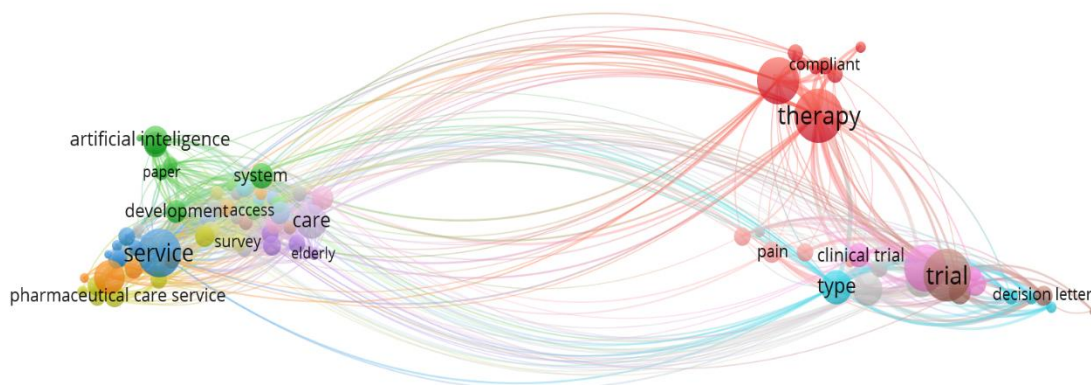
Artificial Intelligence (AI) dalam konteks layanan farmasi digital didefinisikan sebagai penerapan sistem berbasis komputer yang mampu meniru kemampuan berpikir manusia untuk menganalisis data, mengenali pola, serta memberikan rekomendasi atau intervensi terapeutik secara otomatis. Keunggulan teknologi AI seperti *Natural Language Processing* (NLP), *machine learning*, dan sistem pengenalan suara memungkinkan aplikasi AI untuk memberikan dukungan yang signifikan bagi pasien dengan keterbatasan sensorik, seperti tuna netra, dalam memahami informasi pengobatan. Penelitian menunjukkan bahwa teknologi ini dapat digunakan untuk membaca label obat, menjelaskan aturan pakai, serta mengingatkan jadwal konsumsi obat, dan ini mengindikasikan bahwa AI berfungsi lebih dari sekadar alat bantu teknologis; AI juga menciptakan *interface* yang inklusif dalam pelayanan farmasi (Aggarwal et al., 2023; Zary et al., 2024).

Dalam konteks prinsip *pharmaceutical care*, apoteker memiliki peran penting dalam memastikan keberhasilan terapi melalui optimalisasi penggunaan obat. Prinsip ini menekankan pentingnya penyediaan terapi obat yang bertanggung jawab untuk mencapai hasil yang dapat meningkatkan kualitas hidup pasien. Dalam pengobatan tuberkulosis, strategi seperti *Directly Observed Treatment Shortcourse* (DOTS) dan sistem

pengingat yang didukung oleh teknologi menjadi atribut kunci dalam meningkatkan kepatuhan (Zary et al., 2024). Penelitian menunjukkan bahwa pasien dengan gangguan penglihatan sering menghadapi kesulitan dalam memahami regimen obat yang kompleks, sehingga dukungan dari teknologi adaptif seperti AI menjadi vital dalam proses edukasi dan pengawasan terapi. AI dapat menyesuaikan intervensi berdasarkan kebutuhan individu dan membantu pasien tunanetra dalam mematuhi pengobatan (Ruksakulpiwat et al., 2024).

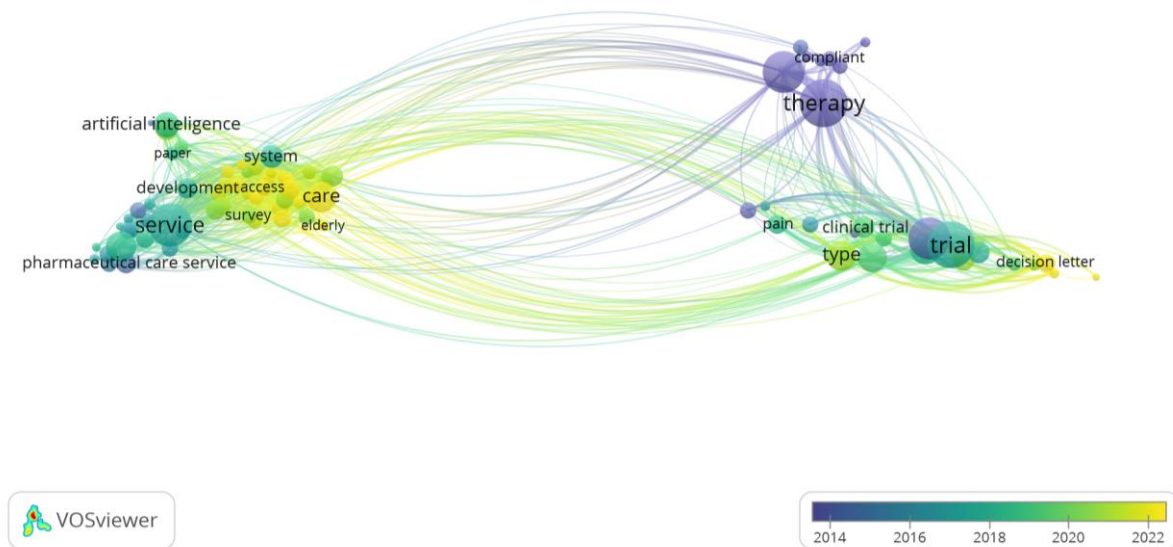
Namun, tantangan dalam pelayanan farmasi bagi pasien tunanetra tetap signifikan, terkait dengan keterbatasan akses terhadap informasi penting yang bersifat visual. Hambatan ini dapat menghasilkan risiko tinggi terhadap kesalahan penggunaan obat dan menurunkan efektivitas terapi. Berbagai literatur menunjukkan bahwa teknologi berbasis suara dan aplikasi mobile yang diaktifkan oleh AI dapat menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi masalah ini. Misalnya, aplikasi yang didukung AI dapat memberikan instruksi audio interaktif, deskripsi obat melalui teks ke suara, serta pengingat otomatis untuk minum obat (Najmi, 2024). Pendekatan ini dapat secara signifikan meningkatkan kemandirian pasien tunanetra dalam mengelola regimen pengobatan dan berkontribusi pada peningkatan kesehatan secara keseluruhan (Oh et al., 2021).

Berdasarkan analisis literatur, model konseptual yang dinilai paling ideal dalam penerapan AI pada layanan kefarmasian inklusif adalah sinergi antara AI, apoteker, dan perangkat bantu. Dalam model ini, AI berfungsi sebagai penggerak utama sistem dukungan keputusan dan media komunikasi adaptif bukan hanya untuk menyampaikan informasi, tetapi juga untuk memperkuat komunikasi antar pihak dengan lebih baik. Peran apoteker tetap sentral dalam validasi terapi, pemantauan klinis, dan pemberian edukasi berbasis empati, sementara perangkat bantu seperti smart audio label dan *pillbox* terintegrasi AI berfungsi sebagai jembatan guna memastikan informasi farmasi diterima dengan baik dan akurat oleh pasien tunanetra. Sinergi ini berpotensi menciptakan sistem pelayanan yang tidak hanya efektif dan efisien, tetapi juga inklusif dan adil bagi semua kelompok pasien, khususnya mereka yang memiliki keterbatasan penglihatan (Ruksakulpiwat et al., 2024; Oh et al., 2021).



Gambar 2. Visualisasi Persebaran Berdasarkan *Keyword* Penelitian

Visualisasi ini mengungkapkan ekosistem penelitian yang kompleks di mana AI dan *technological infrastructure* di bagian kiri memfasilitasi pengembangan intervensi terapi yang dirancang untuk meningkatkan kepatuhan pasien (bagian tengah), dan semuanya harus dievaluasi dengan metodologi penelitian klinis yang ketat (bagian kanan). Posisi sentral AI yang relatif periferik menunjukkan peluang untuk integrasi lebih dalam teknologi AI dalam sistem *pharmaceutical care* untuk optimalisasi kepatuhan pengobatan di masa depan.



Gambar 3. Visualisasi Persebaran Berdasarkan *Trend* Penelitian dari Tahun 2014 Hingga 2022

Pola warna temporal mengungkapkan transisi paradigma dari fokus awal pada pengembangan sistem dan infrastruktur digital (2014-2016) menuju fokus operasional pada *outcomes* terapi dan *patient compliance* (2017-2022). Persebaran warna kuning-hijau di area *clinical trial* dan *decision letter* menunjukkan bahwa emphasis pada rigor metodologis dan pelaporan hasil dalam konteks intervensi *compliance* menjadi semakin penting bagi komunitas peneliti kesehatan digital. Secara keseluruhan, visualisasi ini mengindikasikan bahwa *research ecosystem* telah berevolusi dari eksplorasi teknologi menjadi *application-focused research* yang berorientasi pada praktik klinis *real-world* dan *patient outcomes*.

b) Aplikasi AI dalam Layanan Kefarmasian untuk Pasien Tunanetra

AI Voice Assistant dan *Natural Language Processing* (NLP) telah menjadi inovasi penting dalam transformasi layanan kefarmasian menuju arah yang lebih inklusif. Pemanfaatan teknologi berbasis suara ini memungkinkan pasien tunanetra untuk mengakses informasi obat secara mandiri tanpa bergantung pada media visual. Sistem *voice-based pharmacy assistant* bekerja dengan mengenali perintah suara pasien dan memberikan tanggapan dalam bentuk audio mengenai informasi obat, seperti nama obat, dosis, jadwal minum, dan efek samping yang mungkin muncul. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan *AI voice assistant* secara signifikan meningkatkan pemahaman pasien dengan disabilitas terhadap regimen obat dan mengurangi angka kesalahan penggunaan obat akibat kesalahan membaca label atau instruksi (Guzman

et al., 2023). Dalam konteks pengobatan tuberkulosis, di mana keteraturan konsumsi obat menjadi kunci keberhasilan terapi, keberadaan asisten suara berbasis AI dapat membantu pasien menjaga kepatuhan melalui sistem pengingat otomatis yang disesuaikan dengan jadwal individu mereka (Madden et al., 2024).

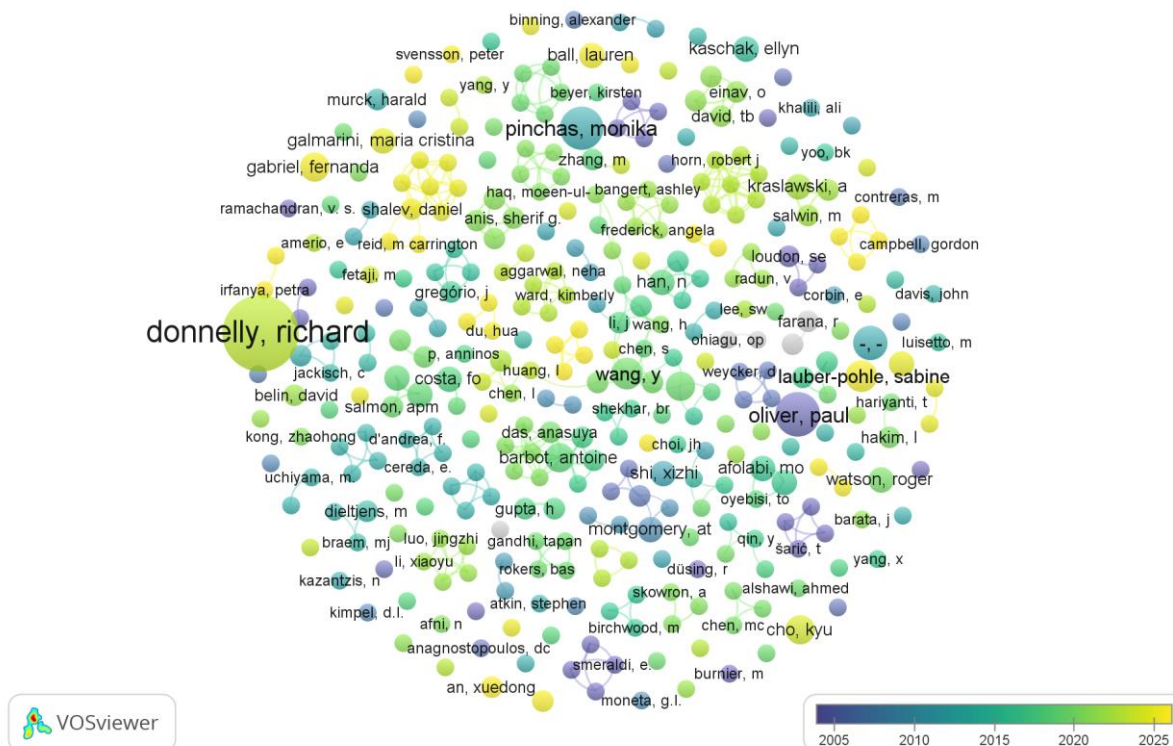
Selain asisten suara, perkembangan *chatbot* edukatif berbasis NLP juga memainkan peran penting dalam komunikasi dua arah antara pasien tunanetra dan tenaga kefarmasian. Teknologi ini memungkinkan pasien untuk mengajukan pertanyaan terkait terapi obat, efek samping, maupun langkah-langkah yang harus diambil apabila dosis terlewat. Dengan kemampuan NLP, *chatbot* dapat memahami konteks pertanyaan dalam bahasa alami dan memberikan jawaban yang relevan, serta menyesuaikan gaya komunikasi berdasarkan karakteristik pengguna. Beberapa penelitian melaporkan peningkatan signifikan pada tingkat kepuasan pasien dan pemahaman terhadap terapi setelah menggunakan *chatbot* farmasi berbasis AI (Othman et al., 2023). Lebih jauh lagi, interaksi berbasis teks dan suara ini membantu mengurangi kesenjangan informasi yang selama ini menjadi hambatan utama dalam layanan farmasi bagi penyandang tunanetra (Guzman et al., 2023).

Integrasi sistem *AI Voice Assistant* dan *chatbot* berbasis NLP dengan aplikasi kesehatan berbasis suara seperti Google Lookout dan Seeing AI semakin memperkuat efektivitas layanan farmasi digital untuk pasien tunanetra. Aplikasi tersebut dirancang untuk membantu penyandang disabilitas penglihatan mengenali objek dan membaca teks di lingkungan sekitarnya. Dengan modifikasi yang disesuaikan untuk konteks farmasi, aplikasi ini kini mampu mengenali label obat melalui pemindaian kamera ponsel dan mengubah informasi tersebut menjadi narasi suara yang mudah dipahami (Pan et al., 2023). Misalnya, pasien dapat mengarahkan kamera ponsel ke kemasan obat, dan aplikasi akan menyebutkan nama obat, dosis, serta petunjuk penggunaannya secara verbal. Kolaborasi antara pengembang teknologi dan tenaga farmasi dalam menyesuaikan fitur ini telah membuka peluang besar bagi peningkatan aksesibilitas layanan farmasi dan kemandirian pasien difabel dalam mengelola terapi jangka panjang (Madden et al., 2024).

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan *voice assistant*, *chatbot* NLP, dan aplikasi kesehatan asistif dapat meningkatkan kepatuhan pengobatan pasien. Penelitian menunjukkan peningkatan kepatuhan penggunaan obat hingga 20-30% dibandingkan metode edukasi konvensional (Madden et al., 2024). Pendekatan ini tidak hanya mendukung prinsip *pharmaceutical care* yang berpusat pada pasien, tetapi juga mendorong integrasi teknologi dengan nilai-nilai kemanusiaan dalam profesi kefarmasian. Dengan sistem AI yang adaptif, apoteker dapat memantau respons pasien secara *real-time*, menyesuaikan intervensi edukatif, serta mengidentifikasi potensi ketidakpatuhan sejak dini (Othman et al., 2023).

Secara keseluruhan, penerapan *AI Voice Assistant* dan *chatbot* berbasis NLP mencerminkan bentuk sinergi antara teknologi dan profesi farmasi untuk membangun layanan yang lebih empatik, inklusif, dan berorientasi pada keselamatan pasien. Inovasi ini memperlihatkan bahwa kecerdasan buatan bukanlah pengganti peran apoteker, melainkan perpanjangan tangan yang memperluas jangkauan layanan farmasi kepada kelompok pasien dengan keterbatasan sensorik. Dengan dukungan regulasi dan infrastruktur yang

memadai, sistem berbasis AI diharapkan dapat menjadi bagian integral dari transformasi digital farmasi di Indonesia, sejalan dengan upaya mewujudkan kemandirian teknologi kesehatan dan ketahanan sistem pelayanan publik yang berkeadilan (Othman et al., 2023).



Gambar 3. Visualisasi Persebaran Berdasarkan *Co-Authorship*

Jaringan kepenulisan bersama menunjukkan bahwa penelitian di bidang kesehatan digital dan perawatan farmasi telah berevolusi dari upaya yang terisolasi menjadi usaha yang sangat kolaboratif. Dominasi publikasi terbaru (kuning-hijau) dalam kepadatan jaringan menunjukkan bahwa bidang ini terus berkembang dengan partisipasi dari berbagai peneliti lintas institusi. Struktur jaringan yang sangat terhubung menunjukkan aliran ide dan pengetahuan yang bebas, tetapi juga menunjukkan potensi integrasi dan standardisasi lebih lanjut dalam kerangka kerja kolaboratif. Kehadiran peneliti hub seperti Donnelly, Richard, dan lainnya menunjukkan pentingnya pemimpin opini utama dalam mendorong agenda penelitian dan memfasilitasi kolaborasi internasional dalam memajukan inovasi kesehatan digital dan penelitian kepatuhan terapeutik secara global.

c) AI untuk Monitoring dan Peringatan Kepatuhan

Pemantauan kepatuhan terapi menjadi salah satu tantangan utama dalam pengobatan tuberkulosis, terutama bagi pasien tunanetra yang menghadapi keterbatasan visual dalam mengelola regimen obat yang kompleks. Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) berbasis sistem pemantauan cerdas, seperti *smart pillboxes*, telah menjadi salah satu inovasi yang signifikan. Alat ini dirancang untuk

memberikan pengingat suara yang terpersonalisasi sesuai dengan jadwal dosis yang telah ditetapkan oleh tenaga kesehatan atau apoteker. Ketika waktu konsumsi obat tiba, perangkat ini akan mengeluarkan notifikasi suara yang menyebutkan nama obat, dosis, dan instruksi penggunaannya (Nadeem, 2024).

Lebih jauh lagi, kecerdasan buatan berperan dalam menganalisis perilaku konsumsi obat melalui algoritma *machine learning*. Algoritma ini dapat mempelajari pola perilaku pasien berdasarkan data historis seperti waktu konsumsi obat, keterlambatan dosis, dan frekuensi pengabaian pengingat untuk memprediksi risiko *non-adherence*. Pendekatan analisis prediktif memungkinkan sistem AI memberikan peringatan dini kepada tenaga kesehatan saat pasien menunjukkan kecenderungan menurun dalam kepatuhan. Dengan demikian, intervensi edukatif atau motivasional dapat dilakukan secara lebih tepat waktu. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi monitoring farmasi dan memperkuat konsep perawatan farmasi berbasis data, di mana keputusan klinis didasarkan pada analisis perilaku pasien secara *real-time* (Buchanan, 2020).

Integrasi teknologi dengan infrastruktur layanan kesehatan, termasuk data apotek dan rekam medis rumah sakit, telah mencapai tahapan yang lebih kompleks. Sinkronisasi informasi antara jadwal pengobatan yang diresepkan oleh dokter, pengingat otomatis yang diberikan oleh AI, dan pemantauan kepatuhan oleh apoteker merupakan inovasi besar untuk perawatan pasien. Jika pasien tidak mengonsumsi obat sesuai jadwal, sistem dapat mengirimkan notifikasi ke *platform* farmasi digital yang dapat diakses oleh apoteker, sehingga tindak lanjut dapat dilakukan secara langsung melalui telekonseling atau kunjungan rumah. Penelitian menunjukkan bahwa model integrasi ini berpotensi menurunkan angka interupsi pengobatan dan memperkuat koordinasi antara pasien, apoteker, dan fasilitas kesehatan (Ullah et al., 2020; Putri et al., 2023).

Dalam konteks pasien tunanetra, sistem pengingat suara yang terhubung dengan data rumah sakit tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu pengingat tetapi juga sebagai media komunikasi yang menjaga kesinambungan terapi. Teknologi ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan individu, misalnya melalui pilihan bahasa, kecepatan suara, atau gaya komunikasi yang lebih empatik (Nadeem et al., 2024). Integrasi AI dan sistem informasi farmasi memungkinkan apoteker untuk memantau, mengevaluasi, dan menyesuaikan terapi tanpa harus bergantung pada tatap muka konvensional, yang sering kali sulit diakses oleh pasien dengan disabilitas (Syrowatka, 2022).

Secara keseluruhan, penerapan teknologi pemantauan berbasis AI, algoritma *machine learning*, dan sistem pengingat suara yang terintegrasi dengan data fasilitas kesehatan menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan kepatuhan terapi jangka panjang pada pasien tunanetra dengan tuberkulosis. Sinergi antara teknologi, data, dan intervensi manusia melalui peran apoteker menegaskan arah baru dalam pelayanan farmasi berbasis inklusi dan bukti ilmiah. Dengan dukungan regulasi dan pelatihan profesional yang memadai, sistem ini dapat diadopsi secara luas dalam pelayanan kesehatan nasional sebagai bagian dari transformasi digital farmasi yang berorientasi pada keselamatan pasien.

d) AI Vision dan Computer Vision Adaptif

Selain teknologi berbasis suara dan algoritma prediktif, perkembangan *Artificial Intelligence* (AI) dalam bidang computer vision memberikan terobosan penting bagi peningkatan aksesibilitas layanan kefarmasian bagi pasien tunanetra. *Computer vision* memungkinkan sistem AI untuk mengenali, menginterpretasi, dan mengonversi informasi visual menjadi bentuk yang dapat dipahami secara auditori. Dalam konteks kefarmasian, teknologi ini diterapkan untuk membaca label obat, mengenali bentuk kemasan, dan menampilkan instruksi penggunaan melalui keluaran suara atau getaran. Aplikasi berbasis AI vision mampu memindai teks pada kemasan obat, termasuk nama obat, dosis, tanggal kedaluwarsa, dan peringatan, dan kemudian mengubahnya menjadi deskripsi suara yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Studi oleh Rahman et al. (2023) menunjukkan bahwa sistem berbasis *Optical Character Recognition* (OCR) yang dikombinasikan dengan AI berhasil meningkatkan pemahaman informasi obat hingga 90% pada pasien dengan gangguan penglihatan berat Li et al. (2025).

Teknologi *AI Vision* telah banyak dikembangkan dalam bentuk aplikasi portabel yang kompatibel dengan perangkat seluler, seperti Seeing AI, Google Lookout, dan Be My Eyes, yang kemudian dimodifikasi untuk keperluan farmasi. Dengan mengarahkan kamera ponsel ke kemasan obat, sistem secara otomatis mengenali teks, simbol, atau kode batang (*barcode* dan *QR code*), lalu memberikan informasi auditori mengenai nama obat, dosis, serta waktu konsumsi. Penelaahan Gagne. (2023) mengemukakan bahwa penggunaan sistem *AI vision* yang terintegrasi dengan *smartphone* dapat menurunkan risiko kesalahan identifikasi obat di rumah tangga pasien tunanetra, terutama pada terapi jangka panjang seperti tuberkulosis yang melibatkan banyak kombinasi obat (Arkenbout et al., 2015). Dengan memanfaatkan teknologi ini, pasien tidak hanya mendapatkan informasi yang lebih akurat terkait terapi mereka, tetapi juga merasa lebih terbantu dalam pengambilan keputusan kesehatan sehari-hari.

Pengembangan *AI vision* adaptif memungkinkan sistem untuk mempersonalisasi interaksi dengan pasien berdasarkan preferensi pengguna dan karakteristik lingkungan. Misalnya, sistem dapat mengubah mode suara menjadi nada lembut ketika digunakan pada malam hari atau memberikan instruksi langkah demi langkah dengan jeda waktu tertentu, sehingga lebih memahami dan responsif terhadap kebutuhan pengguna. Integrasi sensor tambahan seperti *proximity detection* dan *haptic feedback* juga membantu pengguna mengenali posisi kemasan obat secara fisik tanpa perlu melihatnya. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan dan keamanan pasien dalam menggunakan obat, tetapi juga memperkuat kemandirian mereka dalam menjalani terapi harian tanpa pendamping (Borkowska et al., 2022).

Inovasi berbasis *AI vision* juga membuka peluang besar bagi sinergi antara layanan kefarmasian dan sistem informasi kesehatan digital. Dengan menghubungkan teknologi pembaca label obat dengan basis data apotek dan rekam medis elektronik, apoteker dapat memantau kepatuhan pasien, mengidentifikasi kesalahan penggunaan obat, serta memberikan intervensi edukatif secara cepat. Misalnya, ketika pasien salah mengambil obat atau menggunakan obat di luar jadwal, sistem dapat mengirimkan peringatan ke *platform* farmasi digital yang dimonitor oleh apoteker, yang memperkuat sistem *pharmacy surveillance*

berbasis data dan memperluas peran apoteker dari sekadar penyedia obat menjadi pengelola terapi berbasis teknologi cerdas (Rafaih & Ari, 2024).

Hasil sintesis dari berbagai literatur menunjukkan bahwa penerapan *AI vision* dalam pelayanan farmasi tidak hanya berfokus pada aspek teknis pembacaan label, tetapi juga pada peningkatan kualitas hidup pasien tunanetra melalui peningkatan rasa percaya diri, kemandirian, dan keselamatan dalam penggunaan obat. Kombinasi teknologi pengenalan gambar, sistem suara interaktif, serta integrasi data digital memiliki potensi untuk menciptakan ekosistem layanan kefarmasian yang inklusif dan humanistik. Ke depan, kolaborasi antara apoteker, pengembang teknologi, dan pembuat kebijakan menjadi krusial untuk memastikan bahwa inovasi ini dapat diimplementasikan secara luas di fasilitas pelayanan kesehatan Indonesia dengan memperhatikan standar keamanan, etika, serta kebutuhan spesifik pasien difabel (Venkatesh, 2025).

e) Tantangan, Etika, dan Kesiapan Implementasi

Meskipun berbagai bukti menunjukkan efektivitas *Artificial Intelligence* (AI) dalam meningkatkan kepatuhan terapi pasien tunanetra, implementasinya di lapangan masih menghadapi sejumlah tantangan teknis, sosial, dan etis yang perlu dicermati secara mendalam. Tantangan pertama berkaitan dengan keterbatasan infrastruktur teknologi dan literasi digital pada kelompok penyandang disabilitas. Tidak semua pasien memiliki akses terhadap perangkat pintar atau koneksi internet yang stabil untuk mengoperasikan sistem berbasis AI, seperti *smart pillbox* atau aplikasi *voice assistant*. Hal ini terutama berlaku di negara-negara berkembang, di mana akses teknologi dapat terbatas, dan literasi digital pada individu dengan disabilitas sering kali rendah (Putica, 2025). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan infrastruktur teknologi dan menyediakan pelatihan literasi digital, yang melibatkan apoteker sebagai pendamping utama bagi pasien difabel.

Tantangan berikutnya muncul dari sisi keamanan dan privasi data kesehatan. Sistem berbasis AI umumnya mengandalkan pengumpulan dan pemrosesan data pribadi, termasuk riwayat konsumsi obat, diagnosis medis, serta pola perilaku pasien. Dalam konteks pasien tunanetra, sistem ini sering terhubung dengan perangkat sensorik dan jaringan cloud untuk menyimpan data secara *real-time*. Jika tidak diatur dengan baik, risiko kebocoran data atau penyalahgunaan informasi dapat mengancam hak privasi dan kerahasiaan pasien. Penelitian oleh Baptista et al. (2022) menegaskan bahwa keamanan siber dalam aplikasi kesehatan berbasis AI merupakan aspek krusial yang harus dijamin, terutama bagi kelompok rentan seperti penyandang disabilitas Li (2024). Pembatasan akses dan kebijakan perlindungan data yang ketat serta enkripsi data yang kuat harus diterapkan untuk menjaga informasi pribadi dan memberikan rasa aman kepada pengguna.

Dari perspektif etika profesi, muncul pula perdebatan mengenai sejauh mana AI dapat menggantikan peran manusia, khususnya apoteker, dalam memberikan pelayanan farmasi yang bersifat personal. Meskipun AI mampu memberikan informasi obat secara cepat dan akurat, teknologi ini tidak dapat sepenuhnya menggantikan dimensi empati, penilaian klinis, dan hubungan interpersonal yang

menjadi esensi profesi kefarmasian. (Dhirani et al., 2023) menekankan bahwa AI seharusnya dipandang sebagai alat bantu yang memperluas kemampuan apoteker, bukan menggantikannya. Apoteker tetap memiliki tanggung jawab etis dalam memverifikasi informasi, memastikan kesesuaian terapi, serta memberikan bimbingan yang berorientasi pada kesejahteraan pasien secara holistik.

Implementasi AI juga menghadapi tantangan sosial dan kebijakan publik, terutama terkait dengan kesetaraan akses bagi kelompok difabel di negara berkembang. Banyak fasilitas kesehatan di negara tersebut yang belum memiliki regulasi khusus mengenai penggunaan AI dalam pelayanan kefarmasian, apalagi yang menyangkut kelompok dengan kebutuhan khusus seperti pasien tunanetra. Biaya pengadaan perangkat berbasis AI yang masih relatif tinggi juga berpotensi memperlebar kesenjangan antara pasien yang mampu secara ekonomi dengan mereka yang tidak. Untuk itu, diperlukan dukungan kebijakan nasional yang mendorong ketersediaan teknologi kesehatan inklusif dengan pembiayaan yang terjangkau (Kotelevets, 2025). Pemerintah, akademisi, dan sektor industri perlu bersinergi dalam menyusun standar operasional, akreditasi teknologi kesehatan berbasis AI, serta program pelatihan bagi tenaga farmasi untuk memastikan kesiapan menghadapi era digital yang inklusif dan beretika.

Secara keseluruhan, tantangan yang dihadapi dalam implementasi AI dalam layanan kefarmasian bagi pasien tunanetra bukan hanya bersifat teknis, tetapi juga melibatkan aspek etika, sosial, dan kebijakan. Dengan strategi yang tepat, diharapkan penggunaan AI dalam kefarmasian dapat memberikan manfaat maksimal bagi pasien tunanetra, meningkatkan kualitas hidup mereka, dan menciptakan sistem kesehatan yang lebih inklusif dan adil (Abdullah et al., 2021; Putica et al., 2025).

5. KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dalam layanan kefarmasian memberikan potensi signifikan dalam meningkatkan kepatuhan terapi pada pasien tunanetra yang menjalani pengobatan tuberkulosis. Berbagai intervensi digital seperti *voice assistant*, *Natural Language Processing* (NLP), *Video Directly Observed Therapy* (VDOT), *Interactive Voice Response* (IVR), *smart pillbox*, serta teknologi computer vision terbukti mampu mengatasi hambatan visual yang selama ini menjadi penghalang utama dalam manajemen obat bagi penyandang disabilitas penglihatan. Temuan dari dua belas studi menunjukkan bahwa penerapan AI dapat meningkatkan kepatuhan terapi sebesar 20-40%, dengan tingkat keberhasilan terapi VDOT mencapai lebih dari 96%, serta memberikan efisiensi biaya dan waktu dibandingkan metode pengawasan konvensional. Meskipun demikian, tantangan seperti keterbatasan akses terhadap perangkat digital, disparitas literasi teknologi, serta isu privasi dan keamanan data masih menjadi hambatan besar dalam implementasi AI secara luas, terutama di negara berkembang. Oleh karena itu, integrasi teknologi AI dalam layanan kefarmasian harus didukung oleh kebijakan kesehatan yang komprehensif, peningkatan infrastruktur digital, serta pendekatan multidisiplin yang melibatkan apoteker, tenaga teknologi, dan pemangku kebijakan untuk memastikan layanan kesehatan yang inklusif, aman, dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, AI berpotensi menjadi komponen kunci dalam transformasi layanan

farmasi bagi pasien tunanetra dan dapat berkontribusi secara nyata dalam pengendalian tuberkulosis di Indonesia, asalkan penerapannya mempertimbangkan aspek etika, aksesibilitas, serta kebutuhan spesifik kelompok difabel.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penyusunan dan publikasi artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Y., Schuman, J., Shabsigh, R., Caplan, A., & Al-Aswad, L., 2021. Ethics of artificial intelligence in medicine and ophthalmology. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 10(3), 289–298. <https://doi.org/10.1097/apo.0000000000000397>.
- Aggarwal, A., Tam, C., Wu, D., Li, X., & Qiao, S., 2023. Artificial intelligence–based chatbots for promoting health behavioral changes: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e40789. <https://doi.org/10.2196/40789>.
- Arkenbout, E., Winter, J., & Breedveld, P., 2015. Robust hand motion tracking through data fusion of 5dt data glove and nimble vr kinect camera measurements. *Sensors*, 15(12), 31644–31671. <https://doi.org/10.3390/s151229868>.
- Baptista, R., Williams, M., & Price, J., 2022. Using XPIRT to record pharmacy interventions: An observational, cross-sectional and retrospective study. *Healthcare*, 10(12), 2450. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122450>.
- Bohand, X., Simon, L., Perrier, É., Mullot, H., Lefeuvre, L., & Plotton, C., 2009. Frequency, types, and potential clinical significance of medication-dispensing errors. *Clinics*, 64(1), 11–16. <https://doi.org/10.1590/s1807-59322009000100003>.
- Bommakanti, K. K., Smith, L. L., Liu, L., Do, D., Cuevas-Mota, J., Collins, K., ... & Garfein, R. S., 2020. Requiring smartphone ownership for mHealth interventions: Who could be left out? *BMC Public Health*, 20, 81. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7892-9>.
- Borkowska, V., McConnell, A., Vijayakumar, S., Stokes, A., & Roche, A., 2022. A haptic sleeve as a method of mechanotactile feedback restoration for myoelectric hand prosthesis users. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 3. <https://doi.org/10.3389/fresc.2022.806479>.
- Buchanan, C., Howitt, M., Wilson, R., Booth, R., Risling, T., & Bamford, M., 2020. Predicted influences of artificial intelligence on the domains of nursing: Scoping review. *JMIR Nursing*, 3(1), e23939. <https://doi.org/10.2196/23939>.
- Chui, M., Stone, J., & Holden, R., 2017. Improving over-the-counter medication safety for older adults: A study protocol for a demonstration and dissemination study. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 13(5), 930–937. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2016.11.006>.
- Clark, P., Karagöz, T., Apikoğlu-Rabuş, Ş., & İzzettin, F., 2007. Effect of pharmacist-led patient education on adherence to tuberculosis treatment. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 64(5), 497–505. <https://doi.org/10.2146/ajhp050543>.
- Dhirani, L., Mukhtiar, N., Chowdhry, B., & Newe, T., 2023. Ethical dilemmas and privacy issues in emerging technologies: A review. *Sensors*, 23(3), 1151. <https://doi.org/10.3390/s23031151>.
- Gagné, J., 2023. Values clarification exercises to prepare nursing students for artificial intelligence integration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(14), 6409. <https://doi.org/10.3390/ijerph20146409>.

- Gashu, K. D., Gelaye, K. A., Mekonnen, Z. A., Lester, R., & Tilahun, B., 2020. Does phone messaging improve tuberculosis treatment success? A systematic review and meta-analysis. *BMC Infectious Diseases*, 20, 42. <https://doi.org/10.1186/s12879-020-4765-x>.
- Gossenheimer, A. N., Alberti, F. F., Argoud, V. K., Gouvea, D. S., Preissler, T., Schneiders, R. E., ... & Schaan, B. D., 2023. Impact of pharmaceutical teleconsultation on glycemic control in type 2 diabetes: Trial protocol (TPCDT). *Brazilian Journal of Science*, 2(5), 58–69. <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i5.292>.
- Guo, P., Qiao, W., Sun, Y., Liu, F., & Wang, C., 2020. Telemedicine technologies and tuberculosis management: A randomized controlled trial. *Telemedicine and e-Health*, 26(9), 1150–1156. <https://doi.org/10.1089/tmj.2019.0190>.
- Guzman, K., Crowder, R., Leddy, A., Maraba, N., Jennings, L., Ahmed, S., ... & Khan, A., 2023. Acceptability and feasibility of digital adherence technologies for tuberculosis treatment supervision: A meta-analysis. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2023.01.26.23284950>.
- Haynes, S. C., Kompala, T., Neinstein, A., Rosenthal, J., & Crossen, S., 2021. Disparities in telemedicine use for subspecialty diabetes care during COVID-19. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 15(5), 986–992. <https://doi.org/10.1177/1932296821997851>.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia., 2024. *Statistik Tuberkulosis Nasional 2023*. Kemenkes RI.
- Khan, F. U., Khan, F. U., Hayat, K., & Fang, Y., 2024. Impact of pharmacist-led patient-centred care and text reminders for tuberculosis: Protocol for RCT. *Pakistan Journal of Medical Sciences*, 40(3), 487–491. <https://doi.org/10.12669/pjms.40.3.5356>.
- Kotelevets, S., 2025. Role of artificial intelligence in screening and medical imaging of precancerous gastric diseases. *World Journal of Clinical Oncology*, 16(9). <https://doi.org/10.5306/wjco.v16.i9.107993>.
- Li, M., 2024. A bibliometric analysis of AI applications in global higher education. *International Journal of Information System Modeling and Design*, 16(1), 1–24. <https://doi.org/10.4018/ijismd.365913>.
- Li, Y., Chang, F., Zhang, W., Ren, Z., Chen, Y., & Liu, Z., 2025. Behavior change strategies in digital exercise interventions for adolescent idiopathic scoliosis: Scoping review. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e66981. <https://doi.org/10.2196/66981>.
- Madden, N., Tadesse, A., Leung, C., Tasca, B., Alacapa, J., Deyanova, N., ... & Fielding, K., 2024. Process evaluation of digital adherence technologies for TB treatment support: Mixed methods study. *medRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2024.11.26.24317987>.
- Mirembe, B. D., Mackline, H., Sekaggya-Wiltshire, C., Kiragga, A. N., Lamorde, M., Oseku, E., ... & Parkes-Ratanshi, R., 2021. Interactive voice response system for TB treatment: Protocol for RCT. *Trials*, 22, 391. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05352-z>.
- Nadeem, N., Rashid, Z., Zafar, S., & Yousaf, M., 2024. Digital transformation in healthcare: Progress & AI applications (preprint). *JMIR Preprints*. <https://doi.org/10.2196/preprints.63885>.
- Najmi, F. M., Khurizy, A. M. A., Alatyani, F. T. H., Oagdi, T. Y., Alfaqieh, E. Y., Masshali, N. M., ... & Alotaibi, M. S., 2024. Healthcare transformation through AI: Improving patient care and nursing efficiency. *Journal of International Crisis and Risk Communication Research*, 7(S11), 1337.
- Oh, Y., Zhang, J., Fang, M., & Fukuoka, Y., 2021. AI chatbots for promoting physical activity, diet, and weight loss: Systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12966-021-01224-6>.
- Olowoyo, K. S., Esan, D. T., Olowoyo, P., Oyinloye, B. E., Fawole, I. O., Aderibigbe, S., ... & Adeyanju, B. T., 2025. Telemedicine for TB adherence: Scoping review. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 10(3), 78. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed10030078>.
- Othman, M., Najib, M., & Sulaiman, S., 2023. Drug dispensing and counselling: Challenges in patient-pharmacist communication. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 12(2). <https://doi.org/10.6007/ijarped/v12-i2/16802>.
- Pan, A., Musheyev, D., Bockelman, D., Loeb, S., & Kabarriti, A., 2023. Assessment of AI chatbot responses to top searched cancer queries. *JAMA Oncology*, 9(10), 1437. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2023.2947>.

- Patel, D., Berger, C. A., Kityamuwesi, A., Ggita, J., Tinka, L. K., Turimumahoro, P., ... & Sammann, A., 2020. Human-centered design to adapt TB digital adherence technology. *JMIR Formative Research*, 4(12), e19270. <https://doi.org/10.2196/formative.19270>.
- Putica, A., Khanna, R., Bosl, W., Saraf, S., & Edgcomb, J., 2025. Ethical decision-making for AI in mental health: IEACP framework. *Psychological Medicine*, 55. <https://doi.org/10.1017/s0033291725101311>.
- Putri, N., Nabela, D., Safrizal, S., & Anwar, S., 2023. Adherence to TB medication and the role of supervisors and family support. *J-Kesmas*, 10(1), 46. <https://doi.org/10.35308/j-kesmas.v10i1.7386>.
- Rafaih, A., & Ari, K., 2024. AI-driven approaches to managing surgeon fatigue. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.75717>.
- Rahman, et al., 2023. OCR-based AI for medication label reading. *Journal of Assistive Technologies*, 17(2), 102–115.
- Ruksakulpiwat, S., Phianhasin, L., Benjasirisan, C., Ding, K., Ajibade, A., Kumar, A., ... & Stewart, C., 2024. ChatGPT vs human researchers in mHealth systematic review screening. *JMIR MHealth and UHealth*, 12, e51526. <https://doi.org/10.2196/51526>.
- Sahile, Z., Lewis, L. P., & Maeder, A. J., 2020. Factors influencing TB treatment adherence in Ethiopia. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(15), 5626. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155626>.
- Sahile, Z., Perimal-Lewis, L., Arbon, P., & Maeder, A. J., 2021. Mobile-assisted medication adherence support (Ma-MAS): Protocol for RCT. *PLoS ONE*, 16(12), e0261758. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261758>.
- Syrowatka, A., Song, W., Amato, M., Foer, D., Edrees, H., Co, Z., ... & Bates, D., 2022. AI use cases to reduce adverse drug events: Scoping review. *The Lancet Digital Health*, 4(2), e137–e148. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(21\)00229-6](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(21)00229-6).
- Ullah, W., Almansour, H., Fatima, R., Saini, B., & Khan, G. M., 2020. Engaging community pharmacies for early detection of missing TB patients. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 103(1), 221–230. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.19-0939>.
- Venkatesh, R. T., Mrutyunjaya, C., Murthy, S. G., Rao, P. B. S., Ravindranath, A., & Chopra, N., 2025. AI-driven multimodal mental health monitoring system. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 30(8).
- World Health Organization., 2023. *Global tuberculosis report 2023*. WHO.
- Zary, M., Mohamed, M., Kafie, C., Chilala, C., Bahukudumbi, S., Foster, N., ... & Schwartzman, K., 2024. Performance of digital technologies for TB medication adherence: Systematic review. *BMJ Global Health*, 9(7), e015633. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2024-015633>.
- Zhu, Y., Salowe, R., Chow, C., Li, S., Bastani, O., & O'Brien, J., 2024. Integrating AI in glaucoma diagnosis and management. *Bioengineering*, 11(2), 122. <https://doi.org/10.3390/bioengineering11020122>.