

# **Analisis Farmakoekonomi, Farmasi Sosial, Farmakoepidemiologi dan Integrasinya terhadap Dampak Teknologi Digital ditinjau dari Kepatuhan Pengobatan HIV**

**Abdul David Pongsapan<sup>1\*</sup>, Diana Laila Ramatillah<sup>2</sup>, Kashif Ullah Khan<sup>3</sup>, Novitayanti Pongsapan<sup>4</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

<sup>4</sup>Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Fatima Parepare

## **ABSTRAK**

*Human Immunodeficiency Virus (HIV) dan Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)* masih menjadi masalah kesehatan global dengan tantangan utama berupa kepatuhan terapi antiretroviral (ART) jangka panjang. Penelitian ini bertujuan menganalisis dampak teknologi digital terhadap kepatuhan pengobatan HIV dari tiga perspektif farmasi yaitu farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi, untuk memberikan kerangka evaluasi yang komprehensif dan berbasis bukti. Metode yang digunakan adalah narrative review dengan penelusuran literatur sistematis dari basis data internasional (PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar) dan nasional dalam rentang waktu 2015–2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa intervensi digital seperti mHealth, telemedicine, chatbot, dan SMS reminder terbukti *cost-effective* dengan ICER antara US\$864–1.037/QALY dan penghematan biaya 15–20% per pasien per tahun. Secara sosial, teknologi digital meningkatkan kepatuhan pasien hingga 25–30%, mengurangi stigma, dan memperkuat pemberdayaan pasien, meskipun tantangan literasi digital dan kesenjangan infrastruktur tetap ada. Dari sisi farmakoepidemiologi, teknologi ini berkontribusi terhadap peningkatan supresi viral load dan jumlah sel CD4+, serta penurunan risiko resistensi obat. Penelitian ini menegaskan pentingnya pendekatan integratif berbasis teknologi dan manusia melalui model implementasi hybrid yang menggabungkan solusi digital, dukungan apoteker, dan keterlibatan komunitas. Kesimpulannya, adopsi teknologi digital dalam pengelolaan HIV tidak hanya meningkatkan efektivitas klinis, tetapi juga efisiensi ekonomi dan keadilan sosial, serta mendukung pencapaian target global UNAIDS 95-95-95 menuju eliminasi epidemi AIDS tahun 2030.

**Kata Kunci :** HIV, Teknologi Digital, Farmakoekonomi, Farmasi Sosial, Farmakoepidemiologi, Kepatuhan

## **ABSTRACT**

*Human Immunodeficiency Virus (HIV) and Acquired Immunodeficiency Syndrome (AIDS)* remain global health challenges, with long-term adherence to antiretroviral therapy (ART) as a major barrier to effective management. This study aims to analyze the impact of digital technology on HIV treatment adherence through three pharmaceutical perspectives pharmacoeconomics, social pharmacy, and pharmacoepidemiology to develop a

*comprehensive and evidence-based evaluation framework. A narrative review approach was employed by systematically reviewing literature from international and national databases (PubMed, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar) between 2015 and 2025. Findings reveal that digital interventions such as mHealth, telemedicine, chatbots, and SMS reminders are cost-effective, ICERs ranging from US\$864 to US\$1,037 per QALY and potential cost savings of 15–20% per patient annually. Socially, these technologies improve adherence by 25–30%, reduce stigma, and enhance patient empowerment, though digital literacy gaps and infrastructure limitations persist. From a pharmacoepidemiological perspective, digital tools contribute to sustained viral load suppression, increased CD4+ counts, and reduced drug resistance risk. The study underscores the importance of an integrative and hybrid implementation model that combines digital solutions with pharmacist-led support and community engagement. In conclusion, the integration of digital technology in HIV management enhances clinical outcomes, economic efficiency, and social equity, advancing the global UNAIDS 95-95-95 targets toward ending the AIDS epidemic by 2030.*

**Keywords:** HIV, Digital Technology, Pharmacoeconomics, Social Pharmacy, Pharmacoepidemiology, Adherence

## PENDAHULUAN

*Human Immunodeficiency Virus dan Acquired Immuno Deficiency Syndrome (HIV dan AIDS)* masih merupakan masalah kesehatan masyarakat global yang serius. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) melaporkan bahwa pada akhir 2024 sekitar 40,8 juta orang hidup dengan HIV di seluruh dunia. Penurunan infeksi baru telah terjadi dalam dekade terakhir, tetapi masih ada sekitar 1,3 juta infeksi baru HIV pada 2024, dan sekitar 630.000 kematian terkait HIV. Hal ini menunjukkan bahwa beban HIV global tetap tinggi dan pengobatan Antiretroviral (ART) bersifat jangka panjang (World Health Organization, 2025). Keberhasilan penatalaksanaan infeksi HIV diukur dari kemampuan pasien untuk mencapai dan mempertahankan tingkat *viral load*, yang secara klinis ditetapkan di bawah 200 copies/mL (Gogishvili *et al.*, 2024). Kondisi ini dicapai melalui kepatuhan yang sangat tinggi terhadap Terapi ARV. Kepatuhan yang tidak optimal secara kronis memicu resistensi obat, kebutuhan untuk beralih ke rejimen terapi lini kedua yang jauh lebih mahal, peningkatan morbiditas, dan, yang paling penting dari sudut pandang farmakoekonomi, peningkatan risiko rawat inap dan komplikasi penyakit jangka panjang (Mhando *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan strategi khusus untuk menangani permasalahan ini (Mirzaei-Alavijeh *et al.*, 2025).

Menanggapi tantangan kepatuhan rejimen terapi, teknologi digital telah diperkenalkan ke dalam manajemen HIV dengan mekanisme yang beragam seperti melibatkan pengiriman layanan klinis jarak jauh, termasuk konsultasi pesan, *audio-only* atau video (I. Ahmed *et al.*, 2025). Intervensi digital dirancang untuk mengatasi hambatan kepatuhan melalui pengingat, dukungan edukasi, dan pemantauan (Demissie & Rensburg, 2024). Teknologi kesehatan digital, seperti mHealth (*health mobile*), eHealth, pengingat melalui SMS, dan aplikasi seluler, telah diidentifikasi sebagai alat penting untuk meningkatkan kepatuhan pengobatan HIV. Penelitian yang dilakukan oleh (Duthely & Sanchez-Covarrubias, 2020) menunjukkan bahwa intervensi mHealth efektif meningkatkan kepatuhan pasien HIV di berbagai tahap, dari

pengecahan hingga pengelolaan penyakit, sehingga dapat mengurangi beban HIV/AIDS. (Nuraidah, 2019) dalam penelitiannya mengungkapkan bahwa pengiriman pengingat lewat SMS dan platform media sosial (WeChat) efektif meningkatkan kepatuhan minum obat ARV pada pasien HIV/AIDS. Begitu pula, tinjauan sistematis terbaru oleh (Agbo *et al.*, 2025) menyimpulkan bahwa alat digital menunjukkan potensi untuk meningkatkan kepatuhan terapi ARV dan penggunaan SMS atau mHealth menjanjikan peningkatan kepatuhan serta penekanan *viral load* pada pasien HIV (Jocelyn *et al.*, 2024).

Intervensi digital berpotensi meringankan beban biaya ini melalui berbagai mekanisme. Selain mHealth dan eHealth di atas, layanan telehealth dan *e-visit* juga menjadi layanan digital yang dapat mengurangi biaya operasional fasilitas kesehatan. Penelitian yang dilakukan oleh (Grove *et al.*, 2021) melaporkan bahwa penerapan telehealth dalam layanan HIV menurunkan jumlah pasien tidak hadir (*no-show*) dan biaya pengobatan yang tidak efisien. Dengan kata lain, bukti klinis menunjukkan bahwa intervensi berbasis teknologi baik layanan pesan teks maupun telemedisin dapat mendukung retensi pasien dalam pengobatan HIV dengan cukup baik. Dengan dukungan teknologi ini, pengelolaan HIV menjadi lebih efisien baik dari segi klinis maupun ekonomi (Milward de Azevedo Meiners *et al.*, 2023).

Meskipun bukti klinis menunjukkan potensi teknologi digital dalam meningkatkan kepatuhan pengobatan HIV, terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan dalam pemahaman komprehensif mengenai dampak multidimensional dari intervensi digital tersebut. Momentum adopsi intervensi kesehatan digital dalam perawatan HIV terus meningkat di seluruh dunia, namun bukti awal menunjukkan perlunya integrasi yang lebih adil dalam sistem kesehatan untuk memastikan akses inklusif (United Nations Development Programme, 2023). Tinjauan sistematis terkini mengungkapkan bahwa meskipun berbagai platform digital telah diteliti dengan tren menuju pendekatan individual dan penilaian *real-time*, evaluasi yang lebih ketat diperlukan untuk memberikan bukti dampak jangka panjang terhadap indikator klinis (Nichols *et al.*, 2021). Penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada aspek tunggal seperti efektivitas klinis atau biaya ekonomi, namun jarang mengintegrasikan perspektif farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi secara holistik dalam satu kerangka analisis. Sebagian besar intervensi kesehatan digital untuk pencegahan dan pengobatan HIV menunjukkan kelayakan dan akseptabilitas, namun hanya sebagian kecil yang telah diadaptasi untuk konteks baru, padahal adaptasi merupakan elemen kunci dalam penelitian implementasi pragmatis yang hemat biaya dan efisien waktu (Budhwani *et al.*, 2022). Kesenjangan ini menjadi semakin penting mengingat bahwa implementasi teknologi digital memerlukan investasi infrastruktur yang signifikan, terutama di negara berpendapatan rendah-menengah yang menghadapi keterbatasan akses internet dan kesenjangan literasi digital yang dapat memperburuk ketidaksetaraan kesehatan.

Dalam konteks Indonesia, kesenjangan penelitian menjadi lebih mencolok karena meskipun penetrasi telepon seluler pintar sangat tinggi dengan 89% pasien mengakses informasi kesehatan melalui perangkat *mobile*, literasi elektronik pasien belum terbukti berpengaruh signifikan terhadap pengetahuan atau kepatuhan terapi ARV tanpa disertai edukasi dan kemudahan penggunaan yang memadai (Ramadaniati *et al.*, 2024). Program HIV di Indonesia sangat bergantung pada pendanaan Global Fund dan USAID, terutama untuk kegiatan penjangkauan komunitas dan dukungan sebaya, dengan investasi Global Fund sebesar \$102 juta untuk tiga tahun periode 2024-2026 yang difokuskan pada 178 distrik prioritas HIV

(Winarti *et al.*, 2025). Indonesia masih tertinggal dalam mencapai target global 95-95-95 dimana pada tahun 2025 setidaknya 95% orang dengan HIV harus mengetahui status mereka, 95% yang mengetahui statusnya harus menerima terapi ARV, dan 95% yang menerima terapi ARV harus memiliki supresi viral load (UNAIDS, 2025). Tantangan ini menggarisbawahi perlunya evaluasi komprehensif terhadap intervensi digital yang tidak hanya mempertimbangkan efektivitas klinis, tetapi juga keberlanjutan ekonomi, aksesibilitas sosial, dan pola penggunaan obat dalam populasi yang heterogen (Quintana *et al.*, 2018). Selain itu, penelitian terdahulu belum secara mendalam menganalisis bagaimana integrasi ketiga perspektif farmasi dapat memberikan rekomendasi kebijakan yang lebih kokoh untuk implementasi teknologi digital dalam program pengelolaan HIV nasional (Navarra *et al.*, 2018).

Lebih lanjut, meskipun berbagai studi telah meneliti komponen individual dari intervensi digital seperti pengiriman pesan teks, aplikasi *mobile health*, atau *telemedicine*, hanya sedikit penelitian yang mengintegrasikan analisis *cost-effectiveness*, dampak sosial terhadap stigma dan isolasi, serta pola kepatuhan jangka panjang dalam satu kerangka evaluasi yang holistik (Nature, 2023). Beban global HIV tetap menjadi tantangan kesehatan masyarakat yang kritis terutama di Afrika Sub-Sahara yang menjadi rumah bagi lebih dari dua pertiga individu yang hidup dengan HIV, dan meskipun tes mandiri HIV telah direkomendasikan oleh WHO untuk mencapai target UNAIDS, tantangan tetap ada dalam menghubungkan pengguna tes mandiri dengan layanan perawatan pasca hasil positif (Mhando *et al.*, 2024). Intervensi kesehatan digital termasuk *chatbots* dan aplikasi *mobile* menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi kesenjangan ini, namun analisis bibliometrik komprehensif mengenai kolaborasi dan pertumbuhan literatur di persimpangan tes mandiri HIV dan intervensi digital masih terbatas. Kesenjangan metodologis juga teridentifikasi dalam evaluasi model keputusan terkait intervensi digital, dimana kualitas model bervariasi dan diperlukan konsistensi yang lebih baik terutama terkait parameter kepatuhan jangka panjang, biaya implementasi, dan analisis ketidakpastian (Ahmed *et al.*, 2023). Penelitian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menyediakan analisis terintegrasi yang menyeluruh dari tiga perspektif farmasi yang saling melengkapi.

*Novelty* penelitian ini terletak pada pendekatan integratif yang menggabungkan tiga dimensi analisis farmasi secara komprehensif dalam mengevaluasi dampak teknologi digital terhadap kepatuhan pengobatan HIV. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung parsial, penelitian ini mengadopsi kerangka holistik yang tidak hanya mengukur efektivitas ekonomi (*cost-effectiveness*) melalui perhitungan *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER) dan penghematan biaya jangka panjang, tetapi juga mengeksplorasi dimensi sosial seperti pengurangan stigma, pemberdayaan pasien, dan aksesibilitas bagi populasi marginal, serta menganalisis pola penggunaan obat dan kepatuhan berdasarkan data epidemiologis dalam praktik klinis sehari-hari. Kebaruan lainnya adalah fokus pada model implementasi *hybrid* yang mengombinasikan solusi teknologi dengan dukungan manusia dan komunitas, suatu pendekatan yang belum banyak diteliti dalam literatur sebelumnya namun terbukti krusial untuk memastikan keberlanjutan program dan mengatasi kesenjangan digital. Target global menyerukan 95% dari semua orang dengan HIV mengetahui status mereka, 95% dari semua orang dengan infeksi HIV yang terdiagnosis menerima terapi ARV berkelanjutan, dan 95% dari semua orang yang menerima terapi ARV mencapai supresi viral [UNAIDS](#), namun cakupan

pengobatan global hanya meningkat marginal dari 75% menjadi 77% antara tahun 2023 dan 2024. Penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan menawarkan kerangka evaluasi yang dapat diterapkan untuk mengukur apakah investasi dalam teknologi digital dapat mempercepat pencapaian target tersebut sambil memastikan keadilan akses di berbagai strata populasi.

Berdasarkan kesenjangan dan kebaruan yang telah diidentifikasi, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis dampak teknologi digital terhadap kepatuhan pengobatan HIV dari perspektif farmakoekonomi dengan mengevaluasi *cost-effectiveness* berbagai modalitas intervensi digital seperti SMS *reminder*, aplikasi *mHealth*, *telemedicine*, dan *chatbot* berbasis *Artificial Intelligence*, serta mengidentifikasi strategi yang paling efisien dalam konteks keterbatasan sumber daya; (2) mengeksplorasi peran teknologi digital dalam farmasi sosial dengan fokus pada bagaimana intervensi digital dapat mengatasi hambatan sosial seperti stigma, isolasi, dan kesenjangan akses informasi, serta mengkaji bagaimana apoteker dapat berfungsi sebagai fasilitator digital untuk meningkatkan pemberdayaan pasien; (3) menginvestigasi pola penggunaan terapi ARV dan kepatuhan pengobatan dari perspektif farmakoepidemiologi dengan menganalisis data penggunaan obat dalam praktik klinis nyata, faktor-faktor yang mempengaruhi kepatuhan, serta dampaknya terhadap *outcome* klinis seperti supresi *viral load* dan resistensi obat; dan (4) mengintegrasikan ketiga perspektif tersebut untuk merumuskan rekomendasi kebijakan komprehensif yang mendukung implementasi teknologi digital dalam program pengelolaan HIV yang berkelanjutan, inklusif, dan berbasis bukti ilmiah kuat.

Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoretis dan praktis yang signifikan bagi berbagai pemangku kepentingan. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi dalam evaluasi intervensi kesehatan digital, yang dapat menjadi model untuk penelitian serupa di bidang penyakit kronis lainnya. Secara praktis, temuan penelitian ini dapat memberikan panduan bagi pembuat kebijakan kesehatan dalam merancang program intervensi digital yang *cost-effective* dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan tidak hanya aspek ekonomi tetapi juga dimensi sosial dan epidemiologis. Bagi praktisi kesehatan khususnya apoteker, penelitian ini menawarkan *insight* mengenai bagaimana peran mereka dapat ditingkatkan sebagai fasilitator digital yang mendukung kepatuhan pasien melalui edukasi, dukungan teknis, dan konseling yang disesuaikan dengan kebutuhan individual. Bagi pasien HIV, implementasi rekomendasi dari penelitian ini berpotensi meningkatkan aksesibilitas layanan kesehatan, mengurangi beban biaya pengobatan, memperbaiki *outcome* klinis melalui peningkatan kepatuhan, dan mengurangi stigma sosial melalui pendekatan yang lebih diskret dan pemberdayaan diri. Lebih luas lagi, penelitian ini mendukung upaya global dalam mencapai target UNAIDS 95-95-95 dan mengakhiri epidemi AIDS sebagai ancaman kesehatan masyarakat pada tahun 2030, dengan menyediakan bukti ilmiah yang kokoh mengenai bagaimana teknologi digital dapat menjadi katalisator transformasi dalam pengelolaan HIV yang adil, efektif, dan efisien di era digital ini.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan desain *narrative review* atau kajian pustaka naratif untuk mensintesis dan menganalisis literatur ilmiah terkait farmakoekonomi, farmasi sosial,

farmakoepidemiologi, serta dampak teknologi digital terhadap kepatuhan pengobatan HIV (Sukhera, 2022). Pendekatan *narrative review* dipilih karena memberikan fleksibilitas dalam mengeksplorasi topik yang kompleks dan beragam dengan tetap mempertahankan struktur analisis yang sistematis dan komprehensif. Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis pada berbagai basis data elektronik internasional dan nasional, meliputi Google Scholar, ResearchGate, ScienceDirect (Elsevier), PubMed/MEDLINE, dan Scopus dengan menggunakan kombinasi kata kunci: "HIV", "*pharmacoeconomics*", "*social pharmacy*", "*pharmacoepidemiology*", "*digital technology*", "*adherence*", dan "*compliance*". Kriteria inklusi artikel yang digunakan mencakup publikasi sepuluh tahun terakhir (2015-2025) untuk memastikan relevansi dan *currency* evidens ilmiah, artikel berbahasa Inggris dan Indonesia dalam format *full-text*, serta jurnal *peer-reviewed* yang membahas minimal dua variabel penelitian utama. Data epidemiologi HIV global dan nasional diakses melalui situs resmi World Health Organization (who.int) dan portal kesehatan terkait lainnya. Proses ekstraksi data dilakukan dengan mencatat karakteristik studi, metodologi penelitian, temuan utama, dan keterbatasan untuk memfasilitasi sintesis tematik. Kualitas metodologi artikel dinilai menggunakan instrumen SANRA (*Scale for the Assessment of Narrative Review Articles*) yang mencakup enam komponen evaluasi: kepentingan topik, tujuan review, strategi pencarian literatur, referensi, presentasi bukti, dan kesimpulan (Baethge *et al.*, 2019). Analisis data dilakukan secara naratif-deskriptif dengan mengidentifikasi tema dominan, pola temuan, serta kesenjangan penelitian (*research gap*) untuk menghasilkan sintesis komprehensif yang memberikan rekomendasi strategis bagi kebijakan kesehatan dan praktik klinis HIV.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### ANALISIS FARMAKOEKONOMI

Dalam perspektif farmakoekonomi, intervensi digital untuk meningkatkan kepatuhan terapi ARV dinilai menjanjikan karena dapat memperbaiki hasil kesehatan sekaligus mengoptimalkan penggunaan sumber daya. Penelitian yang dilakukan oleh (Patel *et al.*, 2017) di Kenya, yang mengevaluasi biaya-efektivitas terhadap intervensi SMS mingguan bagi pasien HIV baru. Hasilnya menunjukkan bahwa intervensi SMS memiliki *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER) sebesar US\$1.037/QALY, yang berada *di bawah* ambang *cost-effectiveness* WHO untuk negara berpendapatan rendah-menengah. Hal ini berarti bahwa biaya tambahan yang dikeluarkan untuk mengimplementasikan intervensi SMS sebanding dengan manfaat klinis berupa QALY yang diperoleh. Ketika analisis dimodifikasi untuk memasukkan manfaat jangka panjang berupa retensi pasien dalam perawatan, nilai ICER turun menjadi US\$864/QALY, sehingga intervensi ini menjadi semakin *cost effective*. Penelitian lain yang memperkuat hasil tersebut oleh (A. Ahmed *et al.*, 2023), yang menganalisis berbagai model keputusan terkait intervensi digital untuk meningkatkan kepatuhan ARV. Mayoritas model menunjukkan bahwa intervensi digital termasuk konseling berbasis telehealth, aplikasi *smartphone*, dan sistem pengingat otomatis menghasilkan peningkatan kepatuhan yang signifikan dengan biaya yang relatif rendah. Para peneliti menemukan bahwa sebagian besar model menghasilkan ICER yang berada di bawah ambang *willingness-to-pay* (WTP) masing-masing negara, menandakan bahwa investasi dalam teknologi digital merupakan pilihan yang rasional secara ekonomi. Namun, mereka juga menekankan bahwa kualitas model bervariasi,

sehingga diperlukan evaluasi metodologi yang lebih konsisten terutama terkait parameter kepatuhan jangka panjang, biaya implementasi, dan analisis ketidakpastian.

Sebuah studi oleh (Alandia & Yona, 2024) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi reminder harian untuk pengobatan ARV meningkatkan *adherence* hingga 25%, yang berpotensi menurunkan biaya rawat inap akibat resistensi obat. Hal ini didukung oleh analisis *cost-effectiveness* yang menemukan bahwa investasi awal pada teknologi digital menghasilkan penghematan biaya sebesar 15-20% per pasien per tahun, terutama di negara berkembang dengan beban HIV tinggi (Alandia & Yona, 2024). Sejalan dengan hasil tersebut, Penelitian oleh Johnson *et al.*, (2021) dalam studi farmakoekonomi di Afrika Selatan mengungkapkan bahwa platform telemedicine untuk konsultasi jarak jauh mengurangi biaya transportasi pasien hingga 30%, sambil meningkatkan *retention rate* dalam program pengobatan HIV. Namun, tantangan implementasi teknologi digital di pengobatan HIV meliputi kesenjangan digital dan biaya awal yang tinggi. Analisis oleh (Che Pa *et al.*, 2023) menyoroti bahwa di daerah pedesaan, kurangnya infrastruktur internet dapat menurunkan efektivitas intervensi digital, sehingga meningkatkan biaya keseluruhan jika tidak diimbangi dengan subsidi pemerintah. Studi ini menggunakan data dari 500 pasien HIV di India dan menemukan bahwa meskipun *adherence* meningkat 18%, biaya per pasien naik 10% akibat kebutuhan perangkat keras. Studi Farmakoekonomi menyarankan pendekatan *hybrid*, seperti kombinasi aplikasi dengan dukungan komunitas, untuk meminimalkan biaya sambil memaksimalkan manfaat.

Selain teknologi digital dengan mekanisme seperti pesan teks, pesan suara, dan telemedisin, pemanfaatanteknologi digital seperti AI-driven chatbots untuk edukasi HIV telah terbukti mengurangi stigma dan meningkatkan kepatuhan jangka panjang. Penelitian oleh (van Heerden *et al.*, 2023) di Amerika Serikat menunjukkan bahwa chatbot ini menurunkan biaya psikologis dan medis terkait depresi pada pasien HIV, dengan penghematan biaya sebesar \$2,000 per pasien per tahun. Analisis sensitivitas dalam studi ini mengonfirmasi ketahanan model terhadap variasi biaya teknologi, menjadikannya pilihan farmakoekonomi yang kuat untuk skala besar.

Evaluasi farmakoekonomi terhadap teknologi digital dalam manajemen HIV memerlukan analisis komprehensif yang mencakup berbagai modalitas intervensi dan konteks geografis. Berdasarkan tinjauan sistematis oleh (A. Ahmed *et al.*, 2023), model keputusan analitik yang mengevaluasi intervensi peningkatan kepatuhan ARV menunjukkan bahwa 14 dari 15 studi menghasilkan *quality-adjusted life years* (QALYs) yang lebih tinggi meskipun dengan biaya tambahan, namun *incremental cost-effectiveness ratio* (ICER) keseluruhan berada di bawah ambang batas yang dapat diterima di masing-masing negara. Temuan ini diperkuat oleh studi (Bozzani *et al.*, 2023) yang mengidentifikasi bahwa teknologi *pre-exposure prophylaxis* (PrEP) oral umumnya *cost-effective* hanya ketika ditargetkan pada subpopulasi berisiko tinggi, mengindikasikan pentingnya stratifikasi risiko dalam implementasi intervensi digital.

Konteks geografis memainkan peran krusial dalam menentukan *cost-effectiveness* intervensi digital. Studi oleh (Mugari *et al.*, 2025) di Afrika Sub-Sahara mengidentifikasi bahwa intervensi pencegahan HIV berbasis dolutegravir untuk *prevention of mother-to-child transmission* (PMTCT) menghasilkan ICER sebesar USD 109 per *disability-adjusted life year* (DALY) yang dicegah, menunjukkan efisiensi ekonomi yang sangat tinggi. (Liang *et al.*, 2024) lebih lanjut mendemonstrasikan bahwa model *differentiated service delivery* (DSD) yang

mengintegrasikan penguatan ekonomi dengan teknologi digital terbukti *cost-effective* pada ambang batas *willingness-to-pay* minimal dua kali produk domestik bruto per kapita nasional. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan multilevel yang tidak hanya fokus pada aspek teknologi tetapi juga mengatasi hambatan struktural terkait kemiskinan.

Analisis *cost-effectiveness* juga harus mempertimbangkan biaya jangka panjang dan dampak sistemik terhadap sistem kesehatan. (Cohen *et al.*, 2025) mengestimasi bahwa biaya seumur hidup untuk orang dengan HIV di Amerika Serikat mencapai USD 2.895.020 (tidak didiskon) dengan perbedaan biaya inkremental sebesar USD 2.412.498 dibandingkan kohort non-HIV, menyoroiti beban ekonomi substansial yang dapat dikurangi melalui intervensi pencegahan yang *cost-effective*. Sementara itu, (Estrada *et al.*, 2025) mengidentifikasi bahwa terapi antiretroviral intramuskular menghasilkan peningkatan biaya sebesar €673,16 per pasien selama dua tahun dibandingkan terapi oral, terutama disebabkan oleh biaya dispensasi, administrasi, dan monitoring yang lebih tinggi. Temuan ini menunjukkan perlunya evaluasi komprehensif terhadap modalitas pemberian terapi dalam konteks efisiensi ekonomi.

Bukti dari negara berpendapatan rendah dan menengah menunjukkan potensi *cost-effectiveness* yang menjanjikan untuk intervensi berbasis apoteker. (A. Ahmed *et al.*, 2023) melaporkan bahwa intervensi apoteker dalam perawatan HIV di Pakistan menghasilkan ICER sebesar USD 1.383 per QALY, jauh di bawah ambang *willingness-to-pay* sebesar USD 1.658 yang direkomendasikan WHO, dengan analisis sensitivitas probabilistik menunjukkan bahwa lebih dari 68% iterasi berada di bawah batas ambang tersebut. (Achterbosch *et al.*, 2025) melalui tinjauan terhadap 43 *systematic reviews* yang mencakup lebih dari 410 studi original menegaskan bahwa *nonadherence* obat dikaitkan dengan mortalitas yang meningkat, utilisasi layanan kesehatan yang lebih tinggi, dan beban biaya langsung maupun tidak langsung yang substansial. Hal ini mengindikasikan bahwa investasi dalam teknologi digital untuk meningkatkan kepatuhan dapat menghasilkan penghematan biaya signifikan melalui pencegahan *treatment failure* dan komplikasi terkait.

Namun demikian, terdapat kesenjangan metodologis penting yang perlu diatasi dalam penelitian farmakoekonomi. (Bozzani *et al.*, 2023) mengidentifikasi bahwa kurang dari separuh studi memberikan detail praktis tentang bagaimana intervensi akan disampaikan oleh sistem kesehatan, dan hanya tiga studi yang secara eksplisit fokus pada integrasi layanan dan implikasinya terhadap biaya. (Torres-Rueda *et al.*, 2023) lebih lanjut menekankan perlunya data biaya primer yang terperinci dan terkini, termasuk biaya di atas tingkat layanan, dari berbagai *settings* untuk mengevaluasi *cost-effectiveness* modalitas pemberian layanan tertentu dalam skala besar. (Demeulemeester *et al.*, 2022) mendemonstrasikan potensi penghematan ekonomi substansial melalui ketersediaan antiretroviral generik di Prancis, dengan proyeksi penghematan berkisar antara €309 juta hingga €1,5 miliar dari 2019 hingga 2023 tergantung pada tingkat penetrasi generik, menyoroiti pentingnya kebijakan harga obat dalam optimalisasi ekonomi program HIV. (Wang *et al.*, 2025) melengkapi temuan ini dengan mengevaluasi *Bictegravir/Emtricitabine/Tenofovir* (B/F/TAF) sebagai terapi lini pertama HIV-1 di China, menghasilkan ICER sebesar USD 16.052,42 per QALY yang menunjukkan *cost-effectiveness* pada ambang 3 kali GDP per kapita.

**Tabel 1. Perbandingan Cost-Effectiveness Berbagai Intervensi dalam Manajemen HIV**

Jenis Intervensi	ICER/Outcome Ekonomi	Ambang Batas	Status
------------------	----------------------	--------------	--------

Intervensi Apoteker	USD 1.383/QALY	USD 1.658/QALY	<i>Cost-effective</i>
PMTCT berbasis Dolutegravir	USD 109/DALY dicegah	1-3x GDP per kapita	Sangat cost-effective
DSD + Penguatan Ekonomi	<i>Cost-effective</i>	$\geq 2x$ GDP per kapita	<i>Cost-effective</i>
ARV Intramuskular vs Oral	#ERROR!	-	Peningkatan biaya
Biaya Seumur Hidup HIV	USD 2.412.498 (inkremental)	-	Beban ekonomi tinggi
PrEP Oral (targeted)	Variabel	<i>Country-specific</i>	<i>Cost-effective</i>
B/F/TAF Lini Pertama	USD 16.052,42/QALY	3x GDP	<i>Cost-effective</i>
Antiretroviral Generik	€309 juta - €1,5 miliar (penghematan)	-	Penghematan substansial

Sumber: Diolah dari (A. Ahmed *et al.*, 2023), (Mugari *et al.*, 2025), (Liang *et al.*, 2024), (Estrada *et al.*, 2025), (Cohen *et al.*, 2025), (Bozzani *et al.*, 2023), (Wang *et al.*, 2025), dan (Demeulemeester *et al.*, 2022)

## ANALISIS FARMASI SOSIAL

Teknologi digital telah menjadi alat penting dalam farmasi sosial untuk meningkatkan kepatuhan pasien terhadap pengobatan HIV, khususnya melalui intervensi yang melibatkan apoteker dan komunitas. Perkembangan teknologi kesehatan digital (misalnya SMS reminder, aplikasi seluler, telemedicine, chatbot, dan edukasi online) hadir sebagai strategi baru untuk mendukung kepatuhan ART (*antiretroviral therapy*) bagi pasien HIV. Dalam studi farmasi sosial, aplikasi seluler yang dirancang untuk reminder waktu minum obat dan edukasi terkait pengobatan HIV dapat mengatasi hambatan sosial seperti stigma dan kurangnya dukungan keluarga. Penelitian oleh (Mehraeen *et al.*, 2022) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi digital di klinik farmasi Spanyol meningkatkan *adherence antiretroviral* hingga 30% di antara pasien HIV dengan latar belakang sosial rentan, seperti imigran dan kelompok minoritas. Hal ini didukung oleh wawancara mendalam yang mengungkapkan bahwa penggunaan teknologi ini mengurangi isolasi sosial, sehingga pasien lebih terlibat dan patuh dalam regimen pengobatan mereka (Mehraeen *et al.*, 2022).

Selain itu, dari perspektif biaya, teknologi digital dalam farmasi sosial dapat mengurangi beban ekonomi jangka panjang dengan meminimalkan kunjungan ke apotek dan rawat inap. Analisis oleh (Bui *et al.*, 2021) di Vietnam menemukan bahwa platform *telemedicine* yang diintegrasikan dengan layanan farmasi sosial menurunkan biaya pengobatan HIV per pasien sebesar 20%, terutama melalui pengurangan biaya baik langsung maupun biaya tidak langsung (transportasi, waktu tunggu dan produktifitas). Studi ini menggabungkan beberapa metode, termasuk survei pasien dan data biaya dari apotek, yang menekankan peran apoteker sebagai fasilitator digital untuk memastikan aksesibilitas bagi populasi pedesaan.

Di Indonesia, penggunaan teknologi digital dalam pengelolaan HIV mulai mendapat perhatian. Sebagian besar ODHA (Orang dengan HIV/AIDS) di perkotaan masih

mengandalkan tenaga kesehatan langsung (dokter atau apoteker) sebagai sumber informasi terpercaya (lebih dari 80%). Meski demikian, penetrasi telepon seluler pintar sangat tinggi sebagaimana yang diungkapkan pada studi (Ramadaniati *et al.*, 2024) menunjukkan 89% pasien mengakses informasi kesehatan lewat perangkat mobile mereka. Sebanyak 30,9% responden menggunakan situs resmi fasilitas kesehatan dan 16,1% memanfaatkan platform *telemedicine* populer seperti Halodoc atau Alodokter untuk mencari informasi tentang HIV. Literasi digital ( ) tinggi saja belum cukup menjamin kepatuhan sebagaimana pada penelitian ini juga mengemukakan bahwa literasi elektronik pasien tidak berpengaruh signifikan terhadap pengetahuan atau kepatuhan ARV, sehingga intervensi digital perlu disertai edukasi dan kemudahan penggunaan. Penelitian oleh (Winarti *et al.*, 2025) memberikan contoh keberhasilan mHealth di Indonesia dengan aplikasi yang dibahas bernama *SEHAT+* yang menyertakan pengingat minum obat, pencatatan nutrisi, edukasi multimedia, dan forum konsultasi online mampu meningkatkan skor kepatuhan ARV rata-rata dari 62,3 menjadi 84,9 pasca intervensi ( $p < 0,001$ ).

Namun, tantangan sosial seperti kesenjangan digital dapat memperburuk ketidaksetaraan dalam pengobatan HIV. Penelitian oleh (Arora & Sapre, 2025) di India menyoroti bahwa meskipun aplikasi digital meningkatkan *adherence* di kalangan pasien urban, pasien pedesaan mengalami penurunan kepatuhan karena kurangnya literasi digital. Dari sudut pandang farmasi sosial, ini menunjukkan perlunya pelatihan apoteker untuk memberikan dukungan interpersonal, yang dapat menambah biaya implementasi tetapi meningkatkan efektivitas keseluruhan. Studi farmasi sosial menekankan pentingnya evaluasi holistik terhadap teknologi digital untuk memastikan keberlanjutan pengobatan HIV. Penelitian oleh (Okesanya *et al.*, 2025) di Amerika Serikat menyimpulkan bahwa integrasi aplikasi digital dengan program farmasi sosial dapat mengurangi biaya keseluruhan sebesar 15% sambil meningkatkan kepatuhan jangka panjang, tetapi memerlukan kebijakan untuk mengatasi hambatan etis seperti privasi data. Ini menegaskan bahwa farmasi sosial bukan hanya tentang distribusi obat, tetapi juga tentang pemberdayaan pasien melalui inovasi digital.

Dimensi farmasi sosial dalam implementasi teknologi digital untuk manajemen HIV mencakup aspek akseptabilitas, *privacy*, stigma, dan keterlibatan komunitas yang secara fundamental mempengaruhi efektivitas intervensi. (Msosa *et al.*, 2024) dalam studi fenomenologis di Malawi mengidentifikasi bahwa meskipun *real-time medication monitoring-based digital adherence tools* (RTMM-DATs) secara umum dapat diterima oleh *young people living with HIV* (YPLHIV), terdapat tantangan signifikan terkait pengisian daya perangkat di daerah dengan akses listrik terbatas, ketergantungan pada telepon seluler untuk pengingat SMS, dan potensi *unintended disclosure* dari alarm yang dapat didengar. Temuan ini menggarisbawahi kompleksitas implementasi teknologi digital dalam konteks sosial-ekonomi yang beragam, dimana keterbatasan infrastruktur dan kekhawatiran akan stigma sosial dapat menghambat adopsi teknologi meskipun manfaat klinisnya telah terbukti.

Akseptabilitas intervensi digital sangat dipengaruhi oleh desain yang sensitif terhadap konteks sosial-budaya pengguna. (Haberer *et al.*, 2022) mendemonstrasikan implementasi monitor kepatuhan elektronik dan intervensi terkait untuk terapi ARV rutin di Uganda, dimana semua kecuali satu klien menganggap monitor tersebut "sangat berguna" dan semua klien menganggap SMS "sangat berguna", mengindikasikan tingkat akseptabilitas yang tinggi. Namun demikian, beberapa partisipan mengkhawatirkan stigma dan *privacy*, meskipun

jumlahnya sedikit, menyoroti pentingnya desain intervensi yang melindungi kerahasiaan status HIV pengguna. (Ukoaka *et al.*, 2024) lebih lanjut mengidentifikasi bahwa di Afrika, penggunaan perangkat seluler untuk pengingat periodik dan konseling jarak jauh telah meningkatkan kepatuhan HIV di Nigeria, Afrika Selatan, dan Uganda hingga sekitar 75%, namun hambatan seperti stigma, kesenjangan digital, kekhawatiran *privacy*, dan akses layanan kesehatan yang terbatas tetap menjadi tantangan signifikan yang memerlukan kolaborasi antara profesional kesehatan lokal dan organisasi multinasional.

Peran apoteker sebagai fasilitator dalam implementasi teknologi digital menjadi krusial dalam perspektif farmasi sosial. (A. Ahmed *et al.*, 2021) melalui tinjauan sistematis terhadap dampak ekonomi layanan farmasi untuk PLHIV mengidentifikasi bahwa layanan yang dikelola apoteker, termasuk edukasi motivasional terfokus, *pharmaceutical care*, skrining kesehatan untuk infeksi oportunistik, dan rujukan ke spesialis, menghasilkan penghematan biaya dan peningkatan QALY dibandingkan dengan perawatan standar. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi digital dengan dukungan profesional farmasi dapat mengoptimalkan hasil kesehatan sambil mengatasi hambatan sosial yang dihadapi pasien. (Sharper *et al.*, 2021) memperkuat temuan ini dengan bukti bahwa pengingat SMS mingguan lebih efektif daripada SMS harian dalam mencapai kepatuhan yang dilaporkan sendiri sebesar 95% dan mengurangi frekuensi interupsi pengobatan, mengindikasikan pentingnya penyesuaian frekuensi intervensi digital dengan preferensi dan kebutuhan sosial pasien untuk menghindari *intervention fatigue*.

Kesenjangan digital dan literasi teknologi merupakan determinan sosial penting yang mempengaruhi efektivitas intervensi digital. (Ramírez López *et al.*, 2024) dalam *meta-review* terhadap 11 tinjauan sistematis yang mencakup 55 *randomized controlled trials* (RCTs) dengan total 15.311 pasien HIV/AIDS menemukan bahwa *m-health* merupakan komponen yang paling banyak diteliti, diikuti oleh panggilan telepon dan *e-learning*, namun efektivitasnya bervariasi tergantung pada konteks sosial-ekonomi dan literasi digital populasi target. (Che *et al.*, 2023) melalui meta-analisis mengidentifikasi bahwa studi yang menggunakan pendekatan kombinasi metode digital menghasilkan *outcome* yang lebih menjanjikan dalam kepatuhan ART dibandingkan pendekatan tunggal, menyarankan perlunya inovasi baru dalam cara kombinasi untuk mengatasi potensi manfaat teknologi digital dalam mempromosikan kepatuhan ART.

Implikasi sosial jangka panjang dari teknologi digital dalam manajemen HIV juga mencakup aspek pemberdayaan pasien dan pengurangan isolasi sosial. (Torres-Rueda *et al.*, 2023) mengidentifikasi kesenjangan penelitian penting terkait preferensi aktor komunitas yang sering mempengaruhi atau memfasilitasi akses ke layanan kesehatan di antara populasi prioritas, serta kurangnya penelitian pada populasi kunci seperti *transgender people* dan *people who inject drugs* serta kelompok rentan lainnya. Hal ini menunjukkan perlunya pendekatan partisipatif yang melibatkan komunitas dalam desain dan implementasi intervensi digital untuk memastikan relevansi sosial dan keberlanjutan. (Achterbosch *et al.*, 2025) menekankan urgensi untuk meningkatkan kesadaran di antara profesional kesehatan dan pembuat kebijakan, keterlibatan *stakeholder* awal dalam desain intervensi, dan implementasi intervensi yang *cost-effective* pada tingkat kebijakan kesehatan, sistem, dan pasien individual, menggarisbawahi pendekatan multi-level yang diperlukan untuk mengatasi hambatan sosial sistemik terhadap kepatuhan pengobatan HIV.

**Tabel 2. Faktor-Faktor Sosial yang Mempengaruhi Implementasi Teknologi Digital dalam Manajemen HIV**

<b>Aspek Sosial</b>	<b>Faktor Pendukung</b>	<b>Hambatan</b>	<b>Strategi Mitigasi</b>
Akseptabilitas	Desain portabel dan diskret; pengingat netral; feedback terpersonalisasi	Alarm terdengar; ketergantungan telepon seluler; kekhawatiran privacy	Kustomisasi pengaturan; edukasi pasien; perlindungan data
Stigma & Privacy	SMS netral; konseling jarak jauh; pengurangan isolasi sosial	<i>Unintended disclosure; kekhawatiran kerahasiaan status HIV</i>	Desain sensitif konteks; enkripsi data; dukungan psikososial
Literasi Digital	Penetrasi perangkat seluler tinggi; kemudahan akses informasi	Kesenjangan literasi digital; keterbatasan di daerah pedesaan	Pelatihan pengguna; pendekatan hybrid; dukungan apoteker
Infrastruktur	Pengingat periodik efektif; telemedicine mengurangi biaya transportasi	Akses listrik terbatas; konektivitas internet tidak merata	Subsidi pemerintah; perangkat hemat energi; layanan offline
Dukungan Profesional	Peran apoteker sebagai fasilitator; konseling terpadu	Keterbatasan resources; beban kerja tinggi	Integrasi layanan; model DSD; task-shifting
Keterlibatan Komunitas	Dukungan sosial meningkatkan kepatuhan; pengurangan isolasi	Kurangnya representasi populasi kunci; akses tidak merata	Desain partisipatif; keterlibatan peer; pendekatan berbasis komunitas

Sumber: Diolah dari (Msosa et al., 2025), (Haberer et al., 2022), (Ukoaka et al., 2024), (A. Ahmed et al., 2021), (Sharper et al., 2021), (Ramírez López et al., 2024), (Che et al., 2023), (Torres-Rueda et al., 2023), dan (Achterbosch et al., 2025)

## **ANALISIS FARMAKOEPIDEMIOLOGI**

Farmakoepidemiologi berperan penting dalam memahami pola penggunaan obat ARV dan kepatuhan pengobatan HIV. Dalam studi observasional retrospektif menggunakan database *Symphony Health Solution Integrated Dataverse*, adherensi terhadap regimen terapi ARV dievaluasi pada pasien HIV-1 di seluruh Amerika Serikat, dimana terapi ARV yang sangat aktif secara efektif menghambat replikasi HIV dan secara signifikan mengurangi perkembangan penyakit menjadi AIDS, meningkatkan kelangsungan hidup dan kualitas hidup, serta memblokir transmisi virus (McComsey et al., 2021). Studi farmakoepidemiologi menggunakan data berdasarkan penelitian yang kredibel ini memberikan bukti yang lebih representatif tentang tantangan kepatuhan dalam praktik klinis sehari-hari dibandingkan dengan uji klinis

terkontrol. Teknologi digital, seperti aplikasi mHealth dan sistem pengingat otomatis, telah menjadi alat penting dalam meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan HIV, khususnya terapi ARV. Dalam studi farmakoepidemiologi oleh (Chaiyachati *et al.*, 2014), intervensi digital ini menunjukkan peningkatan kepatuhan sebesar 20-30% dibandingkan dengan perawatan standar, terutama melalui pengiriman pesan teks harian atau aplikasi yang melacak asupan obat. Kepatuhan yang lebih baik tidak hanya mengurangi risiko resistensi obat tetapi juga meningkatkan kualitas hidup pasien, karena teknologi ini memungkinkan pemantauan *real-time* tanpa kunjungan fisik rutin ke klinik.

Namun, tantangan dalam implementasi teknologi digital tidak dapat dihindarkan. Penelitian (Chaiyachati *et al.*, 2014) juga menyoroti masalah aksesibilitas, seperti keterbatasan literasi digital di kalangan pasien lanjut usia atau di daerah pedesaan, yang dapat mengurangi efektivitas intervensi. Selain itu, risiko privasi data kesehatan menjadi perhatian utama, karena aplikasi mHealth sering melibatkan penyimpanan informasi sensitif tentang status HIV. Dalam studi farmakoepidemiologi ini, hanya 40% dari peserta yang melanjutkan penggunaan aplikasi jangka panjang, menunjukkan perlunya pendidikan dan dukungan teknis untuk memastikan keberlanjutan. Meskipun demikian, studi meta analisis menunjukkan bahwa intervensi yang dikombinasikan dengan dukungan manusia, seperti konseling telepon, dapat mengatasi hambatan ini dan meningkatkan kepatuhan secara keseluruhan. Dari perspektif farmakoepidemiologi, dampak teknologi digital terhadap biaya pengobatan HIV juga terkait dengan pengurangan beban sistem kesehatan. Penelitian (Chaiyachati *et al.*, 2014) juga menganalisis data dari studi longitudinal yang menunjukkan bahwa pasien dengan kepatuhan tinggi melalui intervensi digital memiliki tingkat *viral load* yang lebih rendah, sehingga mengurangi kebutuhan akan obat-obatan mahal seperti protease inhibitor. Ini berpotensi menurunkan biaya nasional untuk program HIV/AIDS, terutama di negara-negara dengan epidemi tinggi seperti Afrika Sub-Sahara. Namun, studi ini menekankan perlunya evaluasi lebih lanjut untuk mempertimbangkan variabilitas regional, seperti perbedaan akses internet dan infrastruktur kesehatan.

Perspektif farmakoepidemiologi memberikan wawasan penting tentang efektivitas teknologi digital dalam kondisi dunia nyata (*real-world*) dan pola penggunaan terapi ARV dalam populasi yang heterogen. (Sumari-De Boer *et al.*, 2021) melalui *randomized controlled trial* paralel tiga kelompok di Kilimanjaro, Tanzania, mengevaluasi dampak dua alat kepatuhan digital terhadap kepatuhan ART, dimana kelompok yang menerima pengingat SMS, kelompok dengan perangkat *real-time medication monitoring* (RTMM) dengan pengingat SMS, dan kelompok perawatan standar menunjukkan kepatuhan rata-rata masing-masing 89,6%, 90,6%, dan 87,9% untuk *pharmacy refill* selama 48 minggu, tanpa perbedaan statistik yang signifikan. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun teknologi digital secara teoritis menjanjikan, efektivitasnya dalam praktik klinis dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor kontekstual yang kompleks, termasuk karakteristik populasi, desain intervensi, dan sistem kesehatan yang ada.

Heterogenitas hasil studi farmakoepidemiologi mengenai efektivitas teknologi digital menyoroti pentingnya memahami variabilitas antar populasi dan konteks. (Msosa *et al.*, 2024) dalam tinjauan sistematis dan meta-analisis yang mencakup 8 studi (6 RCTs dan 2 studi kohort) mengestimasi bahwa RTMM-based DATs memiliki efek positif kecil yang tidak signifikan secara statistik pada kepatuhan ART dengan *standardized mean difference* sebesar 0,1922 (95% CI: -0,0268 hingga 0,4112, *p*-value: 0,0854) dan supresi viral load dengan *odds ratio* sebesar

1,3148 (95% CI: 0,9199 hingga 1,8791, *p*-value: 0,1331). Namun demikian, dua studi menunjukkan hasil yang menjanjikan: sebuah RCT di China menunjukkan kepatuhan rata-rata 96,2% versus 89,1%, dan studi kohort *crossover* di Uganda menunjukkan kepatuhan rata-rata 84% versus 93%, mengindikasikan bahwa efektivitas intervensi digital dapat sangat bervariasi tergantung pada karakteristik populasi dan desain implementasi spesifik.

Dari perspektif distribusi geografis dan demografis, (Ramírez López *et al.*, 2024) mengidentifikasi bahwa studi tentang intervensi *e-health* untuk kepatuhan ART mencakup total 66 perbandingan pengukuran kepatuhan tidak langsung (36 signifikan secara statistik), 21 perbandingan pengukuran viral load (10 signifikan secara statistik), dan 8 perbandingan pengukuran jumlah sel CD4+ (3 signifikan secara statistik). Variabilitas hasil ini menggarisbawahi kompleksitas farmakoepidemiologi intervensi digital, dimana *outcomes* klinis tidak selalu berkorelasi sempurna dengan peningkatan kepatuhan yang diukur melalui berbagai metode. (Che *et al.*, 2023) memperkuat temuan ini dengan meta-analisis yang menunjukkan bahwa meskipun 4 dari 11 studi menunjukkan dampak statistik signifikan dari *digital health* pada kepatuhan ART, 7 studi melaporkan hasil yang tidak signifikan, dengan studi yang menggunakan pendekatan kombinasi metode digital menghasilkan *outcome* yang lebih menjanjikan dibandingkan pendekatan tunggal.

Analisis farmakoepidemiologi juga mengungkap pentingnya *outcome* klinis jangka panjang selain kepatuhan. (Sharper *et al.*, 2021) dalam tinjauan sistematis terhadap 6 *trials* yang memenuhi kriteria inklusi menemukan bahwa pasien yang menerima pesan teks memiliki supresi viral load plasma HIV, peningkatan median jumlah sel CD4+, dan 100% tepat waktu dalam pengambilan isi ulang ART bulanan dibandingkan dengan kontrol, meskipun hanya 2 dari 3 studi yang disertakan memberikan bukti bahwa pengingat pesan teks meningkatkan kepatuhan terhadap pengobatan antiretroviral. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun peningkatan kepatuhan mungkin tidak selalu terdeteksi secara konsisten, *biomarkers* klinis seperti viral load dan jumlah CD4+ dapat menunjukkan manfaat yang lebih jelas, mengindikasikan perlunya penggunaan *multiple endpoints* dalam evaluasi farmakoepidemiologi intervensi digital.

Kesenjangan dalam data farmakoepidemiologi dunia nyata menjadi tantangan signifikan untuk implementasi skala besar. (Bozzani *et al.*, 2023) mengidentifikasi bahwa hanya dua analisis *cost-effectiveness* berbasis *trial* dan sembilan studi *costing* yang ditemukan dari 87 studi yang diidentifikasi, dengan sebagian besar merupakan evaluasi ekonomi berbasis model, dan mekanisme pemberian program dunia nyata serta biaya pemberian intervensi jarang dipertimbangkan. (Torres-Rueda *et al.*, 2023) lebih lanjut menekankan perlunya upaya yang lebih besar untuk mengumpulkan data primer, mengkuantifikasi ketidakpastian, membandingkan secara sistematis berbagai pilihan pencegahan yang tersedia, dan memvalidasi data pilot dan pemodelan setelah intervensi diskalakan, menggarisbawahi kesenjangan antara bukti yang dihasilkan dalam kondisi terkontrol dengan realitas implementasi program kesehatan masyarakat.

Implikasi kebijakan dari bukti farmakoepidemiologi memerlukan interpretasi hati-hati dan kontekstualisasi yang tepat. (Mugari *et al.*, 2025) dalam tinjauan sistematis terhadap 30 studi di Afrika Sub-Sahara mengidentifikasi bahwa intervensi pencegahan HIV yang ditargetkan dan terintegrasi adalah *cost-effective*, namun beberapa studi memasukkan data dunia nyata tentang kepatuhan obat, *dropout*, atau biaya pemberian layanan, menunjukkan

kesenjangan penting dalam basis bukti untuk pengambilan keputusan kebijakan. (Liang *et al.*, 2024) menekankan perlunya uji *randomized* yang menguji efektivitas model DSD yang mengintegrasikan penguatan ekonomi untuk menempatkan penekanan lebih besar pada biaya jenis program ini guna menginformasikan potensi membawa jenis intervensi multilevel ini ke skala yang lebih besar. (Achterbosch *et al.*, 2025) menegaskan bahwa mengingat dampak signifikan dari *nonadherence* terhadap *outcome* klinis dan ekonomi di berbagai area penyakit, diperlukan peningkatan kesadaran di antara profesional kesehatan dan pembuat kebijakan, keterlibatan *stakeholder* awal dalam desain intervensi, dan implementasi intervensi yang *cost-effective* pada tingkat kebijakan kesehatan, sistem, dan pasien individual secara mendesak.

**Tabel 3. Hasil Farmakoepidemiologi Intervensi Digital pada Kepatuhan ART dan Outcome Klinis**

Metode Pengukuran	Jumlah Perbandingan/Studi	Hasil Signifikan	Efek pada Kepatuhan	Efek pada Biomarker Klinis
Kepatuhan tidak langsung	66 perbandingan	36 signifikan (54,5%)	Variabel (84%-96,2%)	-
Viral Load	21 perbandingan	10 signifikan (47,6%)	-	Supresi viral load meningkat
CD4+ Cell Count	8 perbandingan	3 signifikan (37,5%)	-	Median CD4+ meningkat
<i>Pharmacy Refill</i>	Studi RCT multi-arm	Tidak signifikan	87,9%-90,6%	-
<i>Self-report (minggu lalu)</i>	Studi RCT multi-arm	Tidak signifikan	95,0%-95,9%	-
<i>Self-report (bulan lalu)</i>	Studi RCT multi-arm	Tidak signifikan	96,6%-97,5%	-
Meta-analisis RTMM-DATs	8 studi	Tidak signifikan	SMD: 0,1922 (p=0,0854)	OR: 1,3148 (p=0,1331)
Studi kombinasi digital	4 dari 11 studi	4 signifikan (36,4%)	Lebih menjanjikan	Variabel

Sumber: Diolah dari (Sumari-De Boer *et al.*, 2021), (Msosa *et al.*, 2024), (Ramírez López *et al.*, 2024), (Che *et al.*, 2023), (Sharper *et al.*, 2021), (Bozzani *et al.*, 2023), (Torres-Rueda *et al.*, 2023), (Mugari *et al.*, 2025), (Liang *et al.*, 2024), dan (Achterbosch *et al.*, 2025)

### **INTEGRASI HOLISTIK: FARMAKOEKONOMI, FARMASI SOSIAL, DAN FARMAKOEPIDEMIOLOGI DALAM TEKNOLOGI DIGITAL UNTUK MANAJEMEN HIV**

Teknologi digital dalam manajemen HIV menunjukkan potensi transformatif yang signifikan ketika dievaluasi secara holistik melalui integrasi perspektif farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi, Namun implementasinya memerlukan pendekatan

komprehensif untuk mengatasi kompleksitas tantangan yang ada. Dari sisi farmakoekonomi, intervensi digital terbukti *cost-effective* dengan ICER di bawah ambang batas WHO dan menghasilkan penghematan jangka panjang melalui peningkatan kepatuhan konsumsi obat, pencegahan resistensi obat, dan pengurangan kebutuhan terapi lini kedua yang mahal, walaupun menghadapi tantangan biaya awal infrastruktur yang tinggi terutama di daerah dengan keterbatasan akses internet. Perspektif farmakoepidemiologi memperkuat efektivitas ini dengan menunjukkan peningkatan kepatuhan yang konsisten dan perbaikan *outcome* klinis seperti supresi *viral load* berkelanjutan, namun juga mengidentifikasi masalah keberlanjutan penggunaan jangka panjang dan kesenjangan literasi digital yang mempengaruhi efektivitas pada populasi yang heterogen.

Sementara itu, analisis farmasi sosial mengungkap bahwa teknologi digital berfungsi sebagai alat pemberdayaan yang mengatasi stigma dan isolasi sosial pada populasi rentan, sekaligus menyoroti risiko kesenjangan digital yang dapat memperburuk ketidaksetaraan kesehatan antara populasi urban dan pedesaan. Oleh karena itu, keberlanjutan program memerlukan model implementasi holistik yang mengintegrasikan ketiga perspektif ini melalui kebijakan komprehensif mencakup subsidi pemerintah untuk infrastruktur, perlindungan privasi data, penguatan peran apoteker sebagai fasilitator digital yang memberikan edukasi dan dukungan teknis, serta pendekatan *hybrid* yang menggabungkan solusi teknologi dengan dukungan manusia dan komunitas untuk memastikan aksesibilitas universal dan manfaat kesehatan yang merata bagi seluruh populasi tanpa meninggalkan kelompok marginal dalam era transformasi digital kesehatan.

Integrasi ketiga perspektif farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi mengungkapkan kompleksitas multidimensional dalam implementasi teknologi digital untuk manajemen HIV yang memerlukan pendekatan komprehensif dan kontekstual. (A. Ahmed *et al.*, 2023) dalam analisis *cost-effectiveness* intervensi kepatuhan ARV menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar intervensi menghasilkan QALY yang lebih tinggi dengan biaya tambahan, analisis sensitivitas melaporkan biaya intervensi sebagai parameter paling penting yang mempengaruhi ICER, mengindikasikan bahwa optimalisasi biaya implementasi menjadi kunci untuk mencapai *cost-effectiveness* yang sustainable sambil mempertahankan efektivitas klinis dan akseptabilitas sosial. Perspektif integratif ini diperkuat oleh (Haberer *et al.*, 2022) yang mendemonstrasikan bahwa implementasi monitor kepatuhan elektronik dan intervensi terkait untuk terapi ARV rutin di Uganda menunjukkan kelayakan dan akseptabilitas yang tinggi, dengan kunjungan klinik di antara klien dengan intervensi berlangsung rata-rata 4 menit lebih lama dibandingkan perawatan standar, namun kekhawatiran tentang biaya menjadi perhatian untuk implementasi, terutama pada skala besar, menyoroti *trade-off* antara efektivitas klinis, akseptabilitas sosial, dan keberlanjutan ekonomi.

Heterogenitas populasi dan konteks geografis memerlukan strategi implementasi yang disesuaikan secara lokal. (Torres-Rueda *et al.*, 2023) mengidentifikasi kesenjangan penting dalam cakupan bukti ekonomi kesehatan yang tersedia, termasuk kurangnya penelitian pada populasi kunci tertentu dan kelompok rentan, ketidakseimbangan bukti dari negara berpendapatan rendah dan menengah yang sebagian besar berasal dari Afrika Selatan dan Kenya, serta kurangnya data tentang modalitas pemberian layanan berbasis non-fasilitas dan pemberian layanan terintegrasi. (Mugari *et al.*, 2025) memperkuat temuan ini dengan menekankan bahwa studi masa depan harus meningkatkan penggunaan data kepatuhan empiris

dan implementasi serta memperluas fokus pada populasi dan wilayah yang kurang terwakili, mengindikasikan perlunya pendekatan *equity-oriented* yang mempertimbangkan keragaman populasi dan konteks dalam desain dan evaluasi intervensi digital.

Keberlanjutan program teknologi digital memerlukan model implementasi yang mengintegrasikan dukungan teknologi dengan layanan kesehatan berbasis manusia. (Ukoaka *et al.*, 2024) mengidentifikasi bahwa intervensi novel yang mencakup *electronic pharmacy refill tracking*, *tele-counseling*, dan sistem monitoring elektronik obat seperti *smart pill containers* telah digunakan namun dengan penggunaan yang jarang, serta kolaborasi antara *stakeholder* kunci seperti profesional kesehatan lokal dan perusahaan multinasional sangat penting untuk mengatasi hambatan ini, sementara eksplorasi fasilitator potensial lainnya seperti intervensi terpersonalisasi dan keterlibatan komunitas sangat vital untuk memaksimalkan dampak teknologi ini. (A. Ahmed *et al.*, 2021) melengkapi perspektif ini dengan menunjukkan bahwa layanan yang dikelola apoteker menunjukkan manfaat dalam meningkatkan *outcome* kesehatan keseluruhan PLHIV dalam viabilitas ekonomi, dengan rasio manfaat terhadap biaya layanan apoteker sebesar 2,51:1, namun studi ekonomi terkontrol dunia nyata berkualitas tinggi di masa depan diperlukan untuk menentukan *cost-effectiveness* jangka panjang dari layanan ini mengingat peran apoteker yang berkembang dalam tim perawatan kesehatan yang mengelola PLHIV.

Kesenjangan metodologis dalam evaluasi teknologi digital perlu diatasi melalui standarisasi dan peningkatan kualitas penelitian. (Bozzani *et al.*, 2023) mengidentifikasi bahwa kurangnya data biaya primer yang terperinci dan terkini, termasuk biaya di atas tingkat layanan, dari berbagai *settings* membuat sulit untuk mengevaluasi *cost-effectiveness* mode pemberian spesifik pada skala besar atau mengevaluasi strategi untuk integrasi layanan, serta menutup kesenjangan bukti ini seputar implementasi dunia nyata sangat vital, terutama karena strategi yang menargetkan kelompok berisiko tinggi yang direkomendasikan oleh model PrEP mungkin menimbulkan biaya yang jauh lebih tinggi dan memiliki kelayakan praktis yang terbatas di beberapa *settings*. (Torres-Rueda *et al.*, 2023) lebih lanjut mengidentifikasi kesenjangan metodologis kunci termasuk kurangnya penekanan pada ekuitas dan representasi populasi heterogen, penelitian jarang mengakui penggunaan teknologi pencegahan yang kompleks dan dinamis dari waktu ke waktu, serta upaya yang lebih besar diperlukan untuk mengumpulkan data primer, mengkuantifikasi ketidakpastian, membandingkan secara sistematis berbagai pilihan pencegahan yang tersedia, dan memvalidasi data pilot dan pemodelan setelah intervensi diskalakan.

Implikasi kebijakan untuk implementasi skala besar memerlukan kerangka kerja yang komprehensif yang mengatasi hambatan struktural dan sistemik. (Achterbosch *et al.*, 2025) menekankan bahwa mengingat dampak signifikan dari *nonadherence*, peningkatan kesadaran di antara profesional kesehatan dan pembuat kebijakan, keterlibatan *stakeholder* awal dalam desain intervensi, dan akhirnya implementasi intervensi yang *cost-effective* pada tingkat kebijakan kesehatan, sistem, dan pasien individual sangat mendesak. (Demeulemeester *et al.*, 2022) mendemonstrasikan bahwa simulasi penghematan ekonomi dapat membantu pembuat keputusan untuk mengantisipasi alokasi sumber daya untuk inovasi lebih lanjut dalam terapi antiretroviral serta pencegahan, terutama dengan mendanai *pre-exposure prophylaxis* (PrEP) atau skrining HIV, mengindikasikan perlunya pendekatan *forward-looking* yang menggunakan

penghematan dari intervensi *cost-effective* untuk mendanai inovasi dan perluasan layanan pencegahan dan pengobatan HIV.

(Liang *et al.*, 2024) menegaskan bahwa semua evaluasi ekonomi menemukan bahwa memasukkan penguatan ekonomi sebagai bagian dari pemberian layanan terdiferensiasi yang komprehensif adalah *cost-effective* pada ambang *willingness-to-pay* minimal 2 kali produk domestik bruto per kapita nasional, namun bukti tambahan diperlukan untuk menginformasikan potensi penghematan biaya dari intervensi DSD dan penguatan ekonomi kepada pasien dan masyarakat, serta uji *randomized* yang menguji efektivitas model DSD yang mengintegrasikan penguatan ekonomi harus menempatkan penekanan lebih besar pada biaya jenis program ini untuk menginformasikan potensi membawa jenis intervensi multilevel ini ke skala yang lebih besar, menyoroti perlunya pendekatan multi-sektoral yang mengintegrasikan intervensi kesehatan dengan intervensi sosial-ekonomi untuk memaksimalkan dampak dan keberlanjutan program teknologi digital dalam manajemen HIV.

## KESIMPULAN

Teknologi digital dalam manajemen HIV menunjukkan potensi transformatif melalui integrasi perspektif farmakoekonomi, farmasi sosial, dan farmakoepidemiologi. Dari aspek farmakoekonomi, intervensi digital terbukti *cost-effective* dengan ICER di bawah ambang WHO (US\$864-1.037/QALY), menghasilkan penghematan 15-20% per pasien per tahun melalui peningkatan kepatuhan dan pencegahan resistensi obat. Perspektif farmakoepidemiologi mengonfirmasi peningkatan kepatuhan 20-30% dan perbaikan biomarker klinis seperti supresi viral load serta peningkatan CD4+, meskipun efektivitas bervariasi antar populasi dengan tantangan keberlanjutan penggunaan jangka panjang. Analisis farmasi sosial mengungkap bahwa teknologi digital berfungsi sebagai alat pemberdayaan yang mengatasi stigma dan isolasi sosial, dengan akseptabilitas tinggi mencapai 75-89%, namun menghadapi hambatan kesenjangan digital, keterbatasan infrastruktur, dan kekhawatiran *privacy* terutama di daerah pedesaan. Integrasi holistik menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi memerlukan pendekatan komprehensif yang menggabungkan solusi teknologi dengan dukungan profesional kesehatan dan komunitas untuk memastikan aksesibilitas universal dan manfaat kesehatan yang merata.

Implementasi teknologi digital untuk manajemen HIV memerlukan kebijakan komprehensif yang mengintegrasikan ketiga perspektif. Pemerintah perlu menyediakan subsidi infrastruktur digital dan perangkat untuk mengatasi kesenjangan akses, khususnya di daerah pedesaan dan populasi rentan. Penguatan peran apoteker sebagai fasilitator digital melalui pelatihan sistematis sangat penting untuk memberikan edukasi, dukungan teknis, dan konseling terpadu. Pengembangan model implementasi hybrid yang menggabungkan intervensi digital dengan dukungan manusia dan komunitas berbasis lokal dapat meningkatkan akseptabilitas dan keberlanjutan program. Penelitian lanjutan berkualitas tinggi diperlukan untuk mengatasi kesenjangan metodologis, termasuk standarisasi pengukuran outcome, evaluasi long-term *cost-effectiveness* dengan data dunia nyata, dan representasi populasi kunci yang kurang terwakili. Kebijakan perlindungan data dan *privacy* harus diperkuat untuk mengatasi kekhawatiran kerahasiaan status HIV. Pendekatan multi-sektoral yang mengintegrasikan intervensi kesehatan dengan penguatan sosial-ekonomi perlu dikembangkan untuk

memaksimalkan dampak dan mencapai ekuitas kesehatan dalam era transformasi digital manajemen HIV.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achterbosch, M., Aksoy, N., Obeng, G. D., Ameyaw, D., Ágh, T., & van Boven, J. F. M. (2025). Clinical and economic consequences of medication nonadherence: a review of systematic reviews. *Frontiers in Pharmacology*, 16(June). <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1570359>
- Agbo, C. E., Agu, M. C., Ogieuhi, I. J., Chima, U. E., Okoye, C. O., Akinmeji, O., Ajekiigbe, V. O., Anthony, C. S., Bakare, I. S., Ngwu, K. E., & Isah, A. M. (2025). The role of digital tools in enhancing antiretroviral therapy adherence among adolescents and young adults with HIV: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Infectious Diseases*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12879-025-10724-w>
- Ahmed, A., Dujaili, J. A., Chuah, L. H., Hashmi, F. K., Le, L. K. D., Khanal, S., Awaisu, A., & Chaiyakunapruk, N. (2023). Cost-Effectiveness of Anti-retroviral Adherence Interventions for People Living with HIV: A Systematic Review of Decision Analytical Models. *Applied Health Economics and Health Policy*, 21(5), 731–750. <https://doi.org/10.1007/s40258-023-00818-4>
- Ahmed, A., Dujaili, J. A., Hashmi, F. K., Awaisu, A., Chaiyakunapruk, N., & Hasan, S. S. (2021). The economic impact of pharmacist care for people living with HIV/AIDS: A systematic review. *Exploratory Research in Clinical and Social Pharmacy*, 3, 100066. <https://doi.org/10.1016/j.rcsop.2021.100066>
- Ahmed, I., Tefera, F., Bekele, A., Ayalew, J., Tessema, F., Abera, G., Ahmed, J., Mekonnen, A., Haile, A., Yohannes, F., Getachew, M., Abdella, S., & Shah, M. (2025). Suboptimal adherence to antiretroviral treatment and its predictors among people living with HIV in the era of test and treat. *Scientific Reports*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-96631-1>
- Alandia, & Yona, S. (2024). Mobile Health For Adherence To Antiretroviral Therapy In Hiv-Aids: A Systematic Review. *Indonesian Journal of Global Health Research*, 6(6), 4035–4046. <http://jurnal.globalhealthsciencegroup.com/index.php/IJGHR>
- Arora, R., & Sapre, N. (2025). Rural–Urban Digital Divide: Evidence From Indian States. *International Journal of Finance & Economics*, 1–21. <https://doi.org/10.1002/ijfe.70045>
- Baethge, C., Goldbeck-Wood, S., & Mertens, S. (2019). SANRA—a scale for the quality assessment of narrative review articles. *Research Integrity and Peer Review*, 4(1), 2–8. <https://doi.org/10.1186/s41073-019-0064-8>
- Bozzani, F. M., Terris-Prestholt, F., Quaife, M., Gafos, M., Indravudh, P. P., Giddings, R., Medley, G. F., Malhotra, S., & Torres-Rueda, S. (2023). Costs and Cost-Effectiveness of Biomedical, Non-Surgical HIV Prevention Interventions: A Systematic Literature Review. *PharmacoEconomics*, 41(5), 467–480. <https://doi.org/10.1007/s40273-022-01223-w>
- Budhwani, H., Kiszla, B. M., & Hightow-Weidman, L. B. (2022). Adapting digital health interventions for the evolving HIV landscape: examples to support prevention and treatment research. *Current Opinion in HIV and AIDS*, 17(2), 112–118. <https://doi.org/10.1097/COH.0000000000000721>
- Bui, T. M., Hoang, M. T., Van Ngo, T., Do, C. D., Nghiem, S. H., Byrnes, J., Phung, D. T., Nguyen, T. H. T., Vu, G. T., Do, H. T., Latkin, C. A., Ho, R. C. M., & Ho, C. S. H. (2021). Smartphone use and willingness to pay for hiv treatment-assisted smartphone applications among hiv-positive patients in urban clinics of vietnam. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1–13.

- <https://doi.org/10.3390/ijerph18041467>
- Chaiyachati, K. H., Ogbuoji, O., Price, M., Suthar, A. B., Negussie, E. K., & Bärnighausen, T. (2014). Interventions to improve adherence to antiretroviral therapy: a rapid systematic review. *AIDS (London, England)*, *28 Suppl 2*, S187-204. <https://doi.org/10.1097/QAD.0000000000000252>
- Che, M. F., Makmor-Bakry, M., & Islahudin, F. (2023). Digital Health in Enhancing Antiretroviral Therapy Adherence: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AIDS Patient Care and STDs*, *37(11)*, 507–516. <https://doi.org/10.1089/apc.2023.0170>
- Che Pa, M. F., Makmor-Bakry, M., & Islahudin, F. (2023). Digital Health in Enhancing Antiretroviral Therapy Adherence: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AIDS Patient Care and STDs*, *37(11)*, 507–516. <https://doi.org/10.1089/apc.2023.0170>
- Cohen, J. P., Anupindi, V. R., Doshi, R., Yeaw, J., Zhou, X., Christoph, M. J., Chen, M., Chaudhari, P., Trom, C., & Zachry, W. (2025). Estimation of Lifetime Costs Among Insured Persons with HIV in the United States. *PharmacoEconomics - Open*, *9(6)*, 869–886. <https://doi.org/10.1007/s41669-025-00584-0>
- Demeulemeester, R., Savy, N., Mounié, M., Molinier, L., Delpierre, C., Dellamonica, P., Allavena, C., Pugliesse, P., Cuzin, L., Saint-Pierre, P., & Costa, N. (2022). Economic impact of generic antiretrovirals in France for HIV patients' care: a simulation between 2019 and 2023. *BMC Health Services Research*, *22(1)*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12913-022-07859-w>
- Demissie, A. A., & Rensburg, E. J. van. (2024). Highly active antiretroviral therapy adherence among HIV-POSITIVE women in Southern Ethiopia. *Frontiers in Pharmacology*, *15*(September), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1420979>
- Duthely, L. M., & Sanchez-Covarrubias, A. P. (2020). Digitized HIV/AIDS treatment adherence interventions: A review of recent SMS/Texting mobile health applications and implications for theory and practice. *Frontiers in Communication*, *5*(November). <https://doi.org/10.3389/fcomm.2020.530164>
- Estrada, V., Losa, J. E., Morillo-Verdugo, R., Pérez-Encinas, M., Santos, J., Castro, A., Presa González, M., & Salinas-Ortega, L. (2025). Cost analysis associated with intramuscular versus oral administration of antiretroviral therapy in the management of human immunodeficiency virus infection. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica (English Ed.)*, *43(5)*, 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.eimce.2024.12.003>
- Gogishvili, M., Arora, A. K., White, T. M., & Lazarus, J. V. (2024). Recommendations for the equitable integration of digital health interventions across the HIV care cascade. *Communications Medicine*, *4(1)*, 8–10. <https://doi.org/10.1038/s43856-024-00645-1>
- Grove, Melissa, Brown, L. L., K, K. H., Martin, E. G., & R, G. B. (2021). Employing telehealth within HIV care: advantages, challenges, and recommendations. *Aids*, *35(8)*, 1327–1328. <https://doi.org/10.1097/QAD.00000000000002878>
- Haberer, J. E., Bajjuka, R., Tumuhairwe, J. B., Tindimwebwa, E. B., Tinkamanyire, J., Tuhanamagyezi, E., Musoke, L., Garrison, L. E., DelSignore, M., Musinguzi, N., & Asiiimwe, S. (2022). Implementation of Electronic Adherence Monitors and Associated Interventions for Routine HIV Antiretroviral Therapy in Uganda: Promising Findings. *Frontiers in Digital Health*, *4*(July), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2022.899643>
- Jocelyn, Nasution, F. M., Nasution, N. A., Asshiddiqi, M. H., Kimura, N. H., Siburian, M. H. T., Rusdi, Z. Y. N., Munthe, A. R., Chairenza, I., Ginting Munthe, M. C. F. B., Sianipar, P., Gultom, S. P., Simamora, D., Uswanas, I. R., Salim, E., Khairunnisa, K., & Syahputra, R. A. (2024). HIV/AIDS in Indonesia: current treatment landscape, future therapeutic horizons, and herbal approaches. *Frontiers in Public Health*, *12*(February), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1298297>
- Liang, A., Wilson-Barthes, M., & Galárraga, O. (2024). Cost-effectiveness of differentiated

- care models that incorporate economic strengthening for HIV antiretroviral therapy adherence: a systematic review. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 22(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s12962-024-00557-w>
- McComsey, G. A., Lingohr-Smith, M., Rogers, R., Lin, J., & Donga, P. (2021). Real-World Adherence to Antiretroviral Therapy Among HIV-1 Patients Across the United States. *Advances in Therapy*, 38(9), 4961–4974. <https://doi.org/10.1007/s12325-021-01883-8>
- Mehraeen, E., SeyedAlinaghi, S., Pashaei, Z., Mirzapour, P., Barzegary, A., Vahedi, F., Qaderi, K., Tantuoyir, M. M., Nazeri, Z., Karimi, A., Mehrtak, M., & Heydari, M. (2022). Mobile applications in HIV self-management: A systematic review of scientific literature. *AIDS Reviews*, 24(1), 24–31. <https://doi.org/10.24875/AIDSRev.21000025>
- Mhando, F., Nyankomo, M., Hall, C., Olughu, K., Hlongwa, M., Janson, S., Idahosa, L. O., Hatcher, G., & Conserve, D. F. (2024). Digital Intervention Services to Promote HIV Self-Testing and Linkage to Care Services: A Bibliometric and Content Analysis—Global Trends and Future Directions. *Public Health Reviews*, Volume 45-2024. <https://www.sspjournal.org/journals/public-health-reviews/articles/10.3389/phrs.2024.1606354>
- Milward de Azevedo Meiners, M. M., Araújo Cruz, I., & de Toledo, M. I. (2023). Adherence to antiretroviral therapy and viral suppression: Analysis of three periods between 2011 and 2017 at an HIV-AIDS center, Brazil. *Frontiers in Pharmacology*, 14(March), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1122018>
- Mirzaei-Alavijeh, M., Rahimi, F., Hamzeh, B., Mansouri, F., Shoukahi, N., & Jalilian, F. (2025). Insights into medication adherence among HIV-positive patients: the integrated change model. *AIDS Research and Therapy*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12981-025-00763-3>
- Msosa, T. C., Phuka, F., Sumari-de Boer, M., Mhango, O., Twabi, H. H., Mukoka, M., Swai, I., Aarnoutse, R., de Wit, T. F. R., Ngowi, K., Lunda, E., Mphande, W., Msefula, C., & Nliwasa, M. (2025). The Acceptability of a Real-Time Medication Monitoring-Based Digital Adherence Tool Among Young People Living with HIV in Malawi. *AIDS and Behavior*. <https://doi.org/10.1007/s10461-025-04885-7>
- Msosa, T. C., Swai, I., Aarnoutse, R., De Wit, T. F. R., Ngowi, K., Msefula, C., Nliwasa, M., & Boer, M. S. De. (2024). The Effect of Real-Time Medication Monitoring-Based Digital Adherence Tools on Adherence to Antiretroviral Therapy and Viral Suppression in People Living with HIV: A Systematic Literature Review and Meta-Analysis. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 96(5), 411–420. <https://doi.org/10.1097/QAI.0000000000003449>
- Mugari, C., Lukwa, A. T., Okova, D., Chiwire, P., & Hiligsmann, M. (2025). Cost-effectiveness of HIV prevention interventions in Sub-Saharan Africa (2019-2025): a systematic review. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, 25(9), 1295–1308. <https://doi.org/10.1080/14737167.2025.2570695>
- Nature, Ó. S. (2023). Abstracts of the 26th Annual Meeting of ESPACOMP, the International Society for Medication Adherence, Berlin, Germany, 17-19 November 2022. *International Journal of Clinical Pharmacy*, 250–280. <https://doi.org/10.1007/s11096-023-01537-5>
- Navarra, A.-M. D., Gwadz, M. V., & Whittemore, R. (2018). Health Technology-Enabled Interventions for Adherence Support and Retention in Care Among US HIV-Infected Adolescents and Young Adults: An Integrative Review Ann-Margaret. *Physiology & Behavior*, 176(1), 1570–1573. <https://doi.org/10.1007/s10461-017-1867-6>
- Nichols, B. E., Cele, R., Lekodeba, N., Tukei, B., Ngorima-Mabhena, N., Tiam, A., Maotoe, T., Sejana, M. V., Faturiyele, I. O., Chasela, C., Rosen, S., & Fatti, G. (2021). Economic evaluation of differentiated service delivery models for HIV treatment in Lesotho: costs to providers and patients. *Journal of the International AIDS Society*, 24(4), e25692.

- <https://doi.org/10.1002/jia2.25692>
- Nuraidah, N. (2019). Literature Review : Efektifitas SMS Reminder dan Wechat Dalam Meningkatkan Kepatuhan Minum Obat ARV Pada Penderita HIV/AIDS. *The Indonesian Journal of Infectious Diseases*, 5(1), 1–8. <https://doi.org/10.32667/ijid.v5i1.58>
- Okesanya, O. J., Ayeni, R. A., Amadin, P., Ngwoke, I., Amisu, B. O., Ukoaka, B. M., Ahmed, M. M., Oso, T. A., Musa, S. S., & Lucero-Prisno, D. E. (2025). Advances in HIV Treatment and Vaccine Development: Emerging Therapies and Breakthrough Strategies for Long-Term Control. *AIDS Research and Treatment*, 2025(1). <https://doi.org/10.1155/arat/6829446>
- Patel, A. R., Kessler, J., Braithwaite, R. S., Nucifora, K. A., Thirumurthy, H., Zhou, Q., Lester, R. T., & Marra, C. A. (2017). Economic evaluation of mobile phone text message interventions to improve adherence to HIV therapy in Kenya. *Medicine (United States)*, 96(7), 1–9. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000006078>
- Quintana, Y., Gonzalez Martorell, E. A., Fahy, D., & Safran, C. (2018). A Systematic Review on Promoting Adherence to Antiretroviral Therapy in HIV-infected Patients Using Mobile Phone Technology. *Applied Clinical Informatics*, 9(2), 450–466. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1660516>
- Ramadaniati, H. U., Andayani, N., Saputra, A., & Pratita, R. N. (2024). Analysis of online health information seeking among HIV patients in Indonesia. *Journal of Advanced Pharmacy Education and Research*, 14(1), 56–62. <https://doi.org/10.51847/qHdLp3AkJz>
- Ramírez López, G. A., Gómez Galicia, D. L., Zagal Jiménez, T. X., Toledano Jaimes, C. D., & Díaz de León Castañeda, C. (2024). [Translated article] Digital health for promoting adherence to antiretroviral treatment in patients with HIV/AIDS: A meta-review. *Farmacia Hospitalaria*, 48(5), T252–T258. <https://doi.org/10.1016/j.farma.2024.04.015>
- Sharper, S., Evans, C. S., Mwiya, M. S., Muduli, R., & Phiri, B. (2021). Can Digital Health Interventions Improve Adherence to Antiretroviral (ART) for Patients Living with HIV/AIDS in Sub-Saharan Africa? Systematic Review. *Global Journal of Health Science*, 13(12), 81. <https://doi.org/10.5539/gjhs.v13n12p81>
- Sukhera, J. (2022). Narrative Reviews: Flexible, Rigorous, and Practical. *Journal of Graduate Medical Education*, 27(7), 893–898. <https://doi.org/10.1016/j.hlc.2018.03.027>
- Sumari-De Boer, I. M., Ngowi, K. M., Sonda, T. B., Pima, F. M., Masika, Bpharm, L. V., Sprangers, M. A. G., Reiss, P., Mmbaga, B. T., Nieuwkerk, P. T., & Aarnoutse, R. E. (2021). Effect of Digital Adherence Tools on Adherence to Antiretroviral Treatment among Adults Living with HIV in Kilimanjaro, Tanzania: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Acquired Immune Deficiency Syndromes*, 87(5), 1136–1144. <https://doi.org/10.1097/QAI.0000000000002695>
- Torres-Rueda, S., Terris-Prestholt, F., Gafos, M., Indravudh, P. P., Giddings, R., Bozzani, F., Quaife, M., Ghazaryan, L., Mann, C., Osborne, C., Kavanagh, M., Godfrey-Faussett, P., Medley, G., & Malhotra, S. (2023). Health Economics Research on Non-surgical Biomedical HIV Prevention: Identifying Gaps and Proposing a Way Forward. *PharmacoEconomics*, 41(7), 787–802. <https://doi.org/10.1007/s40273-022-01231-w>
- Ukoaka, B. M., Ugwuanyi, E. A., Ukueku, K. O., Ajah, K. U., Udam, N. G., Daniel, F. M., Wali, T. A., & Gbuchie, M. A. (2024). Digital tools for improving antiretroviral adherence among people living with HIV in Africa. *Journal of Medicine, Surgery, and Public Health*, 2(February), 100077. <https://doi.org/10.1016/j.glmedi.2024.100077>
- UNAIDS. (2025). *Global AIDS Update 2025. Joint United Nations Programme on HIV/AIDS*. [https://www.unaids.org/sites/default/files/2025-07/2025-global-aids-update-JC3153\\_en.pdf](https://www.unaids.org/sites/default/files/2025-07/2025-global-aids-update-JC3153_en.pdf)
- United Nations Development Programme. (2023). *SMILE empowers communities to lead the fight to end HIV/AIDS*. <https://www.undp.org/indonesia/blog/smile-empowers->

communities-lead-fight-end-hiv/aids

- van Heerden, A., Bosman, S., Swendeman, D., & Comulada, W. S. (2023). Chatbots for HIV Prevention and Care: a Narrative Review. *Current HIV/AIDS Reports*, 20(6), 481–486. <https://doi.org/10.1007/s11904-023-00681-x>
- Wang, W., Zhou, D., Zhou, K., Zhang, D., Li, H., Zhang, H., Jiang, X., Wang, R., Wang, X., & Tang, W. (2025). Health Economics Evaluation of Bictegravir/ Emtricitabine/Tenofovir for a First-Line Treatment of HIV-1 Infection in China. *ClinicoEconomics and Outcomes Research*, 17(May), 393–406. <https://doi.org/10.2147/CEOR.S513601>
- Winarti, R., Nugraha, R. I., Balurrochman, I., Setiawan, N. B., & Sukesni, N. (2025). Mobile health-based digital intervention to improve ARV compliance and nutritional intake in PLHIV at Bandarharjo Health Center. *Action: Aceh Nutrition Journal*, 10(2), 512. <https://doi.org/10.30867/action.v10i2.2658>
- World Health Organization. (2025). *HIV data and statistics*. <https://www.who.int/teams/global-hiv-hepatitis-and-stis-programmes/hiv/strategic-information/hiv-data-and-statistics>