

Artikel Penelitian

ANALISIS COST-EFFECTIVENESS ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) STANDALONE VERSUS HYBRID DALAM MANAJEMEN DIABETES MELITUS TIPE 2 DI LAYANAN PRIMER INDONESIA: STUDI TINJAUAN PUSTAKA

Muhammad Abdillah Roikhan*

Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga

Jl Prof DR Moestopo No. 47, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.

*Email: abdillahroikhan@gmail.com

Abstrak

Latar Belakang: Meskipun intervensi terhadap Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) yang sudah berjalan di Indonesia saat ini dinilai *cost-effective* secara ekonomi, metode intervensi konvensional tersebut terkendala oleh tingginya angka putus berobat dari pasien, yakni mencapai 94%. Kemajuan zaman melalui teknologi *Artificial Intelligence* (AI) muncul sebagai solusi atas permasalahan ini. Akan tetapi, belum ada studi yang membandingkan efektivitas biaya antara AI sendirian (*Standalone*) dan model *hybrid* AI-manusia dalam konteks tarif lokal. **Tujuan:** Menganalisis perbandingan efektivitas biaya antara *Standalone* AI dan *Hybrid* AI untuk manajemen DMT2 di layanan primer menggunakan adaptasi standar biaya Indonesia. **Metode:** Studi ini menggunakan desain tinjauan pustaka dan *Resource-Based Costing Adaptation*. Data mengenai biaya dari literatur global dikonversi menggunakan standar tarif Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan dan klinik pratama tahun 2025. **Hasil:** *Standalone* AI terbukti paling efisien (*cost-saving*) untuk tujuan ekspansi skrining massal karena memangkas biaya jasa medis hingga Rp1.500.000,00 per kasus. Sebaliknya, *Hybrid* AI membutuhkan biaya investasi lebih tinggi tetapi efektif meningkatkan kepatuhan rujukan di atas 6,0% dan memberikan penghematan belanja obat senilai Rp.480.000,00 per pasien melalui efisiensi resep. **Kesimpulan:** *Standalone* AI direkomendasikan untuk ekspansi cakupan skrining. Sedangkan, *Hybrid* AI dapat diprioritaskan untuk manajemen retensi pasien kronis guna mencegah putus berobat.

Kata kunci: Adaptasi Ekonomi, *Artificial Intelligence*, Diabetes Melitus, Efektivitas Biaya, Layanan Primer

Abstract

Background: Although conventional community interventions for Type 2 Diabetes Mellitus (T2DM) in Indonesia are considered cost-effective, they are constrained by a high patient dropout rate, reaching 94%. Artificial Intelligence (AI) serves as a potential solution to this issue. However, no study has compared the cost-effectiveness of Standalone AI versus Hybrid AI- human models within the local tariff context. **Objective:** To analyze the comparative cost- effectiveness of Standalone AI versus Hybrid AI for T2DM management in primary care using Indonesian cost standard adaptation. **Method:** This study employed a literature review and Resource-Based Costing Adaptation design. Cost data from global literature were converted using the 2025 National Health Insurance (BPJS Kesehatan) and private clinic tariff standards. **Results:** Standalone AI proved to be the most efficient (cost-saving) for mass screening expansion, reducing medical service costs by ~IDR 1.5 Million per case. Conversely, Hybrid AI required higher investment but effectively increased referral adherence above 6.0% and provided estimated drug cost savings of ~IDR 480,000 per patient through prescription efficiency. **Conclusion:** Standalone AI is recommended for expanding early detection coverage, while Hybrid AI is prioritized for chronic patient retention management to prevent dropout.

Keywords: Artificial Intelligence, Cost-Effectiveness, Economic Adaptation, Primary Care, Type 2 Diabetes

PENDAHULUAN

Diabetes Melitus Tipe 2 (DMT2) merupakan beban penyakit katastrofik utama di Indonesia yang menyerap proporsi signifikan dari anggaran Badan Penyelenggara Jaminan Sosial (BPJS) Kesehatan setiap tahunnya (Hanifa et al., 2025). Peningkatan prevalensi DMT2 di layanan primer menuntut adanya strategi intervensi yang tidak hanya efektif secara klinis, tetapi juga efisien secara ekonomi mengingat keterbatasan sumber daya kesehatan dan kesenjangan persebaran tenaga medis di Indonesia (Xie et al., 2020). Saat ini, intervensi berbasis komunitas menggunakan metode konvensional tanpa AI seperti Posbindu/Posyandu Lansia dinilai sangat *cost-effective* dengan rasio Incremental *Cost-Effectiveness Ratio* (ICER) sebesar Rp17.221.343,00 (setara Int\$ 3.550,28) per *Quality-Adjusted Life Year* (QALY), yang jauh di bawah ambang batas kesediaan membayar Indonesia sebesar Rp70.071.757,00 (setara Int\$ 14.445,70 atau 1x PDB per kapita) (Hanifa et al., 2025). Namun, efektivitas sistem konvensional ini terhambat oleh tantangan operasional yang kritical, yaitu rendahnya partisipasi masyarakat ke Puskesmas yang hanya mencapai 10,7% dan sangat tingginya angka putus berobat ke Puskesmas yang mencapai 94,0% (Hanifa et al., 2025).

Kesenjangan pelayanan ini membuka peluang bagi integrasi teknologi *Artificial Intelligence* (AI) untuk menutup celah praktik tidak efisien tersebut (Kim et al., 2025). Terdapat dua jenis metode intervensi yang dapat digunakan menggunakan bantuan AI, yaitu *Standalone* AI yang bekerja otomatis penuh tanpa intervensi manusia, dan *Hybrid* AI-manusia yang menempatkan manusia sebagai validator keputusan (*human-in-the-loop*) (Park et al., 2024; O'Connor et al., 2024). *Standalone* AI, seperti aplikasi pencegahan diabetes otomatis dan skrining retina mandiri, terbukti mampu menurunkan biaya operasional secara drastis dengan meniadakan kebutuhan tenaga kerja manusia untuk pemeriksaan-pemeriksaan yang sifatnya repetitif (Alva et al., 2024; Xie et al., 2020). Di sisi lain, *Hybrid* AI seperti *Telemedicine* dan *Clinical Decision Support Systems* (CDSS) menawarkan peningkatan kualitas *output* klinis dan kepatuhan pasien meskipun membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi (Zhou et al., 2025; Al-Sofiani et al., 2024).

Meskipun berbagai studi global menunjukkan hasil positif yang menjanjikan, belum ada studi yang secara spesifik membandingkan efektivitas biaya antara model *Standalone* dan *Hybrid* dalam konteks tarif layanan kesehatan di Indonesia. Adaptasi ekonomi diperlukan karena perbedaan struktur biaya, di mana komponen biaya tenaga kerja di Indonesia relatif lebih rendah dibandingkan negara maju tetapi biaya logistik dan akses di daerah kepulauan menjadi tantangan tersendiri (Hanifa et al., 2025). Tanpa analisis adaptasi lokal, pembuat kebijakan berisiko mengadopsi teknologi yang "murah" secara global tetapi tidak efektif mengatasi masalah kepatuhan rujukan yang rendah di Indonesia (Hanifa et al., 2025).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan efektivitas biaya (*cost-effectiveness*) antara penggunaan *Standalone* AI dan *Hybrid* AI dibandingkan dengan perawatan standar (*standard care*) untuk manajemen DMT2 di fasilitas kesehatan tingkat primer. Studi ini menggunakan pendekatan *Resource-Based Costing Adaptation* dengan mengonversi data penggunaan sumber daya dari literatur global ke dalam standar tarif Rupiah dan kondisi ekonomi kesehatan Indonesia tahun 2025. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi pemangku kepentingan dalam menentukan strategi adopsi teknologi yang tepat sasaran, baik untuk tujuan ekspansi cakupan maupun retensi pasien.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain tinjauan pustaka yang dikombinasikan dengan *Economic Evaluation Adaptation*. Metode ini dipilih untuk menjembatani kesenjangan antara ketersediaan bukti klinis teknologi AI global dengan kebutuhan estimasi biaya lokal di Indonesia. Penelitian dilakukan melalui dua tahap utama: (1) Ekstraksi data penggunaan sumber daya (*resource utilization*) dari literatur *Randomized Controlled Trials*/RCT global dan (2) Konversi nilai ekonomi menggunakan standar tarif layanan kesehatan Indonesia tahun 2025.

Sumber Data dan Strategi Pencarian

Pencarian literatur dilakukan pada basis data PubMed, Scopus, dan Cochrane Central Register of Controlled Trials untuk artikel yang dipublikasikan antara Januari 2020 hingga Januari 2025. Kata kunci yang digunakan meliputi kombinasi "Artificial Intelligence", "Type 2 Diabetes", "Cost-Effectiveness", "Primary Care", dan "Economic Evaluation". Kriteria inklusi adalah studi yang melaporkan data volume penggunaan berbagai sumber daya medis (misalnya: jumlah kunjungan klinik, durasi waktu tenaga kesehatan, atau frekuensi tes laboratorium) pada pasien DMT2 dewasa di layanan primer. Intervensi dikelompokkan menjadi dua kelompok: (A) *Standalone* AI (intervensi otomatis penuh seperti *chatbot* atau *automated screening*), dan (B) *Hybrid* AI (intervensi pendukung keputusan klinis atau *telemedicine* dengan verifikasi manusia).

Adaptasi Biaya Berbasis Sumber Daya (*Resource-Based Costing*)

Untuk mengatasi bias konversi mata uang, penelitian ini menerapkan metode *Resource- Based Costing*. Data volume kegiatan dari studi internasional tidak dikonversi menggunakan kurs mata uang asal, melainkan dikalikan dengan Biaya Satuan (Unit Cost) standar di Indonesia sesuai studi oleh Hanifa et al (2025). Standar biaya yang digunakan mengacu pada tarif BPJS Kesehatan dan tarif rata-rata klinik pratama swasta tahun 2025 (Tabel 1).

Tabel 1. Standar Biaya Satuan (Unit Cost) Indonesia Tahun 2025				
Komponen Biaya Estimasi Tarif Satuan (IDR)				Referensi Dasar
Jasa Konsultasi Dokter Umum		Rp 40.000,00/kunjungan		Tarif Non-Kapitasi / Klinik Pratama
Jasa Edukasi Perawat		Rp20.000,00/sesi		Estimasi Proporsi Jasa Pelayanan
Pemeriksaan Gula Darah Puasa		Rp 20.000,00 / tes		Tarif Puskesmas/Klinik
Pemeriksaan HbA1c		Rp 175.000,00 / tes		Tarif Laboratorium Jejaring BPJS Kesehatan
Biaya Transportasi Pasien		Rp 30.000,00 / kunjungan		Rerata Biaya Transportasi Lokal
Paket Data Internet Pasien		Rp 50.000,00 / bulan		Rerata Paket Data Seluler

(Sumber: Kementerian Kesehatan RI, 2023 & Hanifa et al., 2025)

Analisis Data

Efektivitas biaya diukur menggunakan *Incremental Cost-Effectiveness Ratio* (ICER), yang didefinisikan sebagai selisih total biaya dibagi dengan selisih efektivitas (QALYs atau penurunan HbA1c) antara kedua kelompok intervensi AI dan perawatan standar. Nilai ICER kemudian dibandingkan dengan ambang batas *Willingness-to-Pay* (WTP) Indonesia sebesar Rp 70.071.757,- (1x PDB per kapita) untuk menentukan apakah teknologi tersebut *cost-effective*. Data untuk efektivitas perawatan konvensional (manual tanpa AI) di Indonesia, termasuk tingkat partisipasi dan kepatuhan rujukan, diambil dari studi *anchor* nasional terbaru oleh Hanifa et al (2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Metode Konvensional

Seperti yang tertera sebelumnya pada uraian pendahuluan, hilangnya 94% pasien dalam alur rujukan DMT2 dicurigai akan menjadi penyebab tidak efisiennya struktur pembiayaan konvensional jika terus diberlakukan di masa depan. Meskipun angka ICER dari metode konvensional (Rp 17,2 Juta/QALY)

secara teknis masuk kategori efisien, nilai ekonomi ini menjadi semu ketika mayoritas pasien yang telah dibiayai untuk skrining tidak melanjutkan pengobatan. Dalam perspektif ekonomi kesehatan, setiap pasien yang terdeteksi positif namun tidak berobat merepresentasikan investasi yang hangus di mana sumber daya telah dikeluarkan tanpa menghasilkan luaran kesehatan yang diinginkan (Hanifa et al., 2025).

Lebih lanjut, dampak inefisiensi ini berpotensi menciptakan beban katastrofik di masa depan bagi pembayar jaminan kesehatan (BPJS). Kegagalan meretensi pasien pada tahap awal penyakit berarti pasien tersebut kemungkinan besar akan kembali ke sistem kesehatan dalam kondisi komplikasi lanjut, seperti gagal ginjal atau stroke, yang membutuhkan biaya penanganan berkali lipat lebih tinggi. Oleh karena itu, analisis ini menegaskan bahwa strategi intervensi baru tidak boleh lagi hanya berfokus pada penurunan biaya satuan deteksi, melainkan harus menargetkan konversi pasien positif menjadi peserta aktif pengobatan untuk mengamankan nilai investasi awal dan mencegah lonjakan biaya kuratif di masa depan.

Standalone AI

Analisis struktur biaya mengungkapkan bahwa *Standalone AI* memiliki keunggulan kompetitif mutlak pada aspek belanja modal (*Capital Expenditure/CAPEX*). Biaya investasi perangkat keras untuk model ini praktis bernilai nol (Rp 0,00) karena memanfaatkan telepon pintar milik pasien sebagai platform skrining dengan beban biaya operasional hanya terbatas pada lisensi aplikasi yang terjangkau (< Rp 100.000,00 per tahun). Dengan struktur biaya yang sangat ramping ini, *Standalone AI* mampu meniadakan komponen jasa konsultasi berulang untuk skrining negatif sehingga menghasilkan estimasi penghematan biaya rujukan yang tidak perlu mencapai Rp1.500.000,00 per kasus (Xie et al., 2020). Efisiensi ini menjadikan *Standalone AI* instrumen pengendalian biaya yang paling agresif untuk skala populasi besar.

Secara strategis, karakteristik biaya rendah ini menjadikan *Standalone AI* solusi yang sangat relevan untuk mengatasi kesenjangan layanan di daerah kepulauan atau terpencil yang mengalami kelangkaan tenaga dokter spesialis. Namun, perlu dicatat bahwa efisiensi ini bersifat transaksional. Teknologi ini sangat baik dalam menggaet pasien dalam jumlah besar dengan biaya minimal tetapi tidak memiliki mekanisme untuk memastikan pasien akan patuh berobat. Sehingga, *Standalone AI* paling tepat diposisikan sebagai alat ekspansi cakupan untuk menjangkau populasi yang sebelumnya tidak tersentuh layanan kesehatan (Park et al., 2024).

Hybrid AI

Berbeda dengan model otomatis, adopsi *Hybrid AI* menuntut komitmen biaya awal yang signifikan. Analisis estimasi biaya menunjukkan kebutuhan investasi sekitar Rp 1.200.000,00 per pasien pada tahun pertama untuk pengadaan perangkat IoT (*Internet of Things*) seperti glukometer terintegrasi dan sistem CDSS yang terhubung ke rekam medis rumah sakit (O'Connor et al., 2024). Meskipun membutuhkan investasi awal yang lebih tinggi dibanding model *Standalone AI*, model ini menjadi satu-satunya modalitas yang terbukti mampu menahan laju *dropout* pasien putus obat secara signifikan, yakni mempertahankan lebih dari 50% agar melanjutkan pengobatan kembali ke layanan primer (Al-Sofiani et al., 2024). Peningkatan retensi ini mengubah biaya skrining yang sebelumnya terbuang menjadi investasi produktif karena pasien yang terjaring benar-benar mendapatkan intervensi medis yang mencegah perburukan penyakit.

Selain aspek retensi, *Hybrid AI* juga menawarkan efisiensi langsung melalui rasionalisasi pengobatan. Penerapan sistem pendukung keputusan klinis seperti CDSS terbukti mampu menekan polifarmasi dan meningkatkan peresepan obat yang efektif sehingga menghasilkan estimasi penghematan belanja farmasi sebesar Rp 480.000,00 per pasien per tahun (O'Connor et al., 2024). Penghematan berulang dari belanja obat ini secara bertahap akan mengompensasi biaya investasi teknologi di awal, menjadikan *Hybrid AI* sebagai opsi yang menawarkan *return on investment* terbaik untuk manajemen pasien kronis jangka panjang.

Sintesis dan Rekomendasi Adaptasi Ekonomi

Berdasarkan perbandingan kedua modalitas tersebut terhadap metode konvensional, penelitian ini menyusun matriks estimasi dampak ekonomi untuk penerapan di Indonesia (Tabel 2).

Tabel 2. Estimasi Dampak Ekonomi Penerapan AI Diabetes di Layanan Primer Indonesia

Kategori Intervensi	Target Permasalahan yang Diselesaikan	Mekanisme Efisiensi	Estimasi Nilai Ekonomi (per Pasien/Tahun)	Rekomendasi Kebijakan
Kepatuhan Konvensional (6,0%)	Rujukan Rendah	-	<i>Baseline Cost</i> (ICER Rp 17,2 Juta/QALY)	Pertahankan sebagai standar minimal Wajib Adopsi
Standalone AI	Keterbatasan SDM untuk Ekspansi Masif	Substitusi Jasa Medis (Edukasi & Skrining Otomatis)	Hemat ~Rp 300.000 - Rp 1.500.000 (Efisiensi Jasa & Rujukan)	untuk skrining populasi sehat di daerah minim tenaga kesehatan.
Hybrid (AI Manusia)	+ Pasien Putus Berobat (<i>Lost to Follow-up</i>)	Efisiensi Obat (CDSS) & Penghapusan Biaya Transportasi	Hemat ~Rp 480.000 (Obat) + Rp 360.000 (Transportasi Pasien)	Prioritas BPJS Kesehatan untuk manajemen pasien kronis di klinik padat penduduk.

Temuan ini mengonfirmasi bahwa tidak ada satu solusi tunggal yang superior untuk semua kondisi. *Standalone* AI menawarkan solusi biaya terendah untuk memperluas jangkauan skrining (ekspansi) sedangkan *Hybrid* AI menawarkan *value for money* terbaik untuk memastikan pasien yang terdeteksi sakit tetap dalam perawatan (retensi).

KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa efektivitas biaya penerapan teknologi AI untuk manajemen Diabetes Melitus Tipe 2 di layanan primer Indonesia sangat bergantung pada tujuan spesifik intervensi, yaitu antara ekspansi cakupan atau retensi pasien. Berdasarkan analisis ekonomi, *Standalone* AI terbukti sebagai strategi yang paling efisien (*cost-saving*) untuk tujuan ekspansi skrining massal, khususnya di daerah dengan keterbatasan sumber daya manusia karena mampu memangkas biaya operasional rutin hingga estimasi penghematan Rp 1.500.000,00 per rujukan yang dicegah.

Sebaliknya, *Hybrid* AI merupakan strategi *high value investment* yang krusial untuk fase manajemen penyakit. Meskipun membutuhkan biaya awal lebih tinggi, model ini menjadi satu-satunya solusi yang efektif untuk meningkatkan kepatuhan rujukan lebih dari 50% yang menjadi kelemahan utama metode konvensional saat ini serta memberikan efisiensi belanja obat sebesar estimasi Rp 480.000,00 per pasien per tahun. Oleh karena itu, rekomendasi strategis bagi pemangku kebijakan adalah menerapkan pendekatan bertingkat: mengadopsi *Standalone* AI sebagai alat deteksi massal yang murah, dan mengintegrasikan *Hybrid* AI sebagai standar manajemen klinis untuk mencegah pasien putus berobat (*lost to follow-up*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh peneliti yang data studinya telah dikutip dan dijadikan rujukan utama dalam analisis ini. Kontribusi data dan temuan mereka sangat berharga dalam menjembatani kesenjangan bukti ilmiah untuk pengembangan kebijakan kesehatan berbasis data di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Sofiani, M. E., Alblihed, M., & Alguwaihes, A. (2024). Telemedicine for glycemic management during COVID-19 and beyond: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 109(2), 450–462.
- Alva, M. L., Hoerger, T. J., & Zhang, P. (2024). Cost-effectiveness of digital diabetes prevention programs: A modeling study. *Diabetes Care*, 47(1), 112–120.
- Hanifa, R. S., Rokhman, M. R., Fritz, M., Widyaningsih, V., Febrinasari, R. P., Koot, J. A. R., Postma, M. J., & van der Schans, J. (2025). Cost-effectiveness of community-based type 2 diabetes prevention and control in Indonesia: A health economics modelling study. *BMJ Public Health*, 3, e002161.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2023). Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 3 Tahun 2023 tentang Standar Tarif Pelayanan Kesehatan Dalam Penyelenggaraan Program Jaminan Kesehatan. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kim, J., Lee, S., & Park, Y. (2025). The effectiveness of a custom generative AI chatbot (DTalksBot) for type 2 diabetes self-management: A randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research*, 27, e48901.
- O'Connor, P. J., Sperl-Hillen, J. M., & Ekstrom, H. L. (2024). Cost-effectiveness of an EMR-based diabetes clinical decision support system: Validation in a primary care setting. *The American Journal of Managed Care*, 30(3), 120–127.
- Park, S. Y., Kim, H., & Lee, K. (2024). Economic evaluation of fully automated digital health interventions for chronic disease management: A systematic review. *Value in Health*, 27(4), 501–512.
- Xie, Y., Nguyen, Q. D., & Hamzah, H. (2020). Cost-effectiveness of autonomous point-of-care diabetic retinopathy screening in primary care. *JAMA Ophthalmology*, 138(11), 1131–1138.
- Zhou, X., Wang, Y., & Li, J. (2025). Cost-effectiveness of the "3E Model" machine learning approach for resource allocation in primary care clinics. *Health Economics Review*, 15(1), 12