JCEMTY Journal of Community Empowerment for Multidisciplinary (JCEMTY)
Volume 04 Number 02 (November 2026)
e-ISSN: 2987-5080; p-ISSN: 2987-5072

Implementation of an artificial intelligence-based peripheral perfusion screening system for early detection of diabetic foot complications

Implementasi sistem skrining perfusi perifer berbasis kecerdasan buatan untuk deteksi dini komplikasi kaki diabetik

Heri Kristianto[1,4], Rulli Rosandi[2], Rezdy Tofan Bhaskara[3], Viera Wardhani[3], Ilmi Roudlotun Nafi'ah[1], Melvi Melani Putri[1]

[1]Departemen Keperawatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
[2]Department Ilmu Penyakit Dalam, Fakultas Kedokteran, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
[3]Rumah Sakit Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia
[4]Poli Perawatan Kaki dan Luka RSUB & Kelompok Kajian Metabolik Sindrom, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

Korespondensi: Heri Kristianto, heri.kristianto@ub.ac.id

Check for updates

Disubmit: 22-05-2026 Direvisi: 15-09-2026 Diterima: 17-09-2026 Dipublikasikan: 02-11-2026

ABSTRACT

Peripheral perfusion disorders caused by DM and hypertension synergistically exacerbate lower extremity vascular damage, worsening quality of life. However, limited access to practical, fast, and objective screening instruments at the Foot and Wound Clinic of Universitas Brawijaya Hospital hinders optimal early detection and delays preventive education. This community service program aimed to implement and evaluate an artificial intelligence (AI)-based screening system to facilitate early detection of peripheral perfusion disorders while simultaneously empowering examiners and patients through targeted personalized education. The activities at the RSUB Foot and Wound Clinic during April and May 2026, involving 27 patients using participatory action research (PAR), included: partner problem identification, determining solutions, training 4 examiners, implementing the tool during waiting times, and patient education based on AI output. The developed AI-based screening innovation combines macrovascular and microvascular condition detection. This AI-based screening tool functions not only as an early detection instrument but also as a personalized educational medium for 92.5% of patients unexposed to foot care education, aligning with 18.5% having ulcer histories. Post-implementation, the AI system successfully became a personalized educational medium that visually improved patients' vascular understanding. Additionally, the program effectively increased healthcare workers' screening service capacity without disrupting services. As an evaluation, the system showed acceptable agreement with experts (ABI kappa=0.65; capillary kappa=0.69). In conclusion, this AI system is effective solely as a screening and educational aid, not a standalone diagnostic tool. This innovation was successfully integrated but requires external validation before widespread implementation.

Keywords: *ankle brachial index, artificial intelligence, capillary, peripheral perfusion, screening*

ABSTRAK

Gangguan perfusi perifer dapat disebabkan karena riwayat DM dan hipertensi yang secara sinergis memperparah kerusakan sistem vaskular ekstremitas bawah dan memperburuk kualitas hidup. Namun, terbatasnya akses terhadap instrumen skrining yang praktis, cepat, dan objektif di Klinik Kaki dan Luka RS Universitas Brawijaya menghambat deteksi dini yang optimal serta menunda pemberian edukasi preventif. Program pengabdian masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem skrining berbasis *artificial intelligence* (AI) untuk memfasilitasi deteksi dini gangguan perfusi perifer sekaligus memberdayakan tenaga pemeriksa dan pasien melalui edukasi personal yang tepat sasaran. Pelaksanaan kegiatan di Poli Kaki dan Luka RSUB selama bulan April dan Mei 2026 dengan jumlah 27 pasien dengan *participatory action research* (PAR) meliputi: identifikasi masalah mitra, penentuan solusi, pelatihan 4 tenaga pemeriksa, implementasi alat di sela waktu tunggu, dan edukasi kepada pasien berdasarkan *output* AI. Inovasi skrining berbasis AI

yang dikembangkan merupakan perpaduan deteksi kondisi makrovaskuler dan mikrovaskuler. Alat skrining berbasis AI ini tidak hanya berfungsi sebagai instrumen deteksi dini, tetapi menjadi media edukasi personal bagi 92,5% pasien yang belum terpapar edukasi perawatan kaki, sejalan dengan 18,5% pasien yang memiliki riwayat ulkus. Pasca implementasi, sistem AI berhasil menjadi media edukasi personal yang secara visual meningkatkan pemahaman vaskular pasien. Selain itu, program efektif meningkatkan kapasitas layanan skrining tenaga kesehatan tanpa mengganggu pelayanan. Sebagai evaluasi, sistem menunjukkan tingkat kesesuaian dengan pakar (kappa ABI=0,65; kappa kapiler=0,69). Kesimpulannya, sistem AI ini efektif sebatas sebagai alat bantu skrining dan edukasi, bukan alat diagnosis mandiri. Inovasi teknologi ini berhasil diintegrasikan, namun tetap memerlukan validasi eksternal sebelum diterapkan secara luas.

Kata kunci: ankle brachial index, artificial intelligence, kapiler, perfusi perifer, skrining

https://doi.org/10.53713/jcemty.v4i2.741

This work is licensed under CC BY-SA License.

PENDAHULUAN

Gangguan perfusi perifer dapat disebabkan oleh riwayat diabetes mellitus (DM) dan hipertensi (Li et al., 2023). Kedua kondisi ini dapat muncul secara bersamaan dan secara sinergis memperparah kerusakan sistem vaskular (Mahé et al., 2024). Prevalensi DM tipe 2 secara global mencapai lebih dari 500 juta jiwa pada 2022, dengan proyeksi akan terus meningkat hingga 2045. Pada populasi Indonesia, survei nasional menunjukkan bahwa prevalensi DM terus meningkat, yang diperburuk oleh gaya hidup sedentari dan perubahan pola makan (Nasution et al., 2021). Kondisi hiperglikemia kronis pada DM yang disertai tekanan darah tinggi secara signifikan mempercepat kerusakan pembuluh darah (Singh & Dokun, 2023). Kombinasi DM dan hipertensi meningkatkan risiko komplikasi kardiovaskular dan mikrovaskular secara signifikan dibandingkan dengan ketika pasien hanya menderita salah satu kondisi tersebut (You et al., 2025). Prevalensi penyakit arteri perifer (84,8%) dan neuropati perifer (93,9%) tertinggi pada pasien dengan kaki diabetik terinfeksi (Pratiwi et al., 2025).

Komplikasi mikrovaskular dan makrovaskular yang paling berdampak pada kualitas hidup pasien DM dan hipertensi adalah gangguan sirkulasi perifer, terutama pada ekstremitas bawah (Verma et al., 2024). Hipertensi memicu disfungsi endotel dan mempercepat aterosklerosis, sementara DM menginduksi neuropati perifer (kerusakan serat saraf) dan angiopati (kerusakan pembuluh darah kecil dan besar) (Shah et al., 2022). Kedua mekanisme tersebut berujung pada penyakit arteri perifer (PAP) dan iskemia jaringan. Data terkini menunjukkan prevalensi PAP mencapai 84,8% dan neuropati perifer 93,9% pada pasien dengan kaki diabetik terinfeksi (Pratiwi et al., 2025). Penurunan perfusi pada kaki menyebabkan luka sulit sembuh, meningkatkan risiko infeksi, hingga amputasi ekstremitas bawah non-traumatik yang secara langsung menurunkan kualitas hidup dan meningkatkan angka mortalitas pasien (Gallagher et al., 2024).

Deteksi dini gangguan sirkulasi kaki sangat krusial, namun metode yang tersedia masih memiliki berbagai keterbatasan praktis. Pemeriksaan fisik, seperti palpasi denyut arteri dorsalis pedis, bersifat subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman klinisi, sementara metode yang lebih objektif, seperti Ankle-Brachial Index (ABI) atau ultrasonografi Doppler, memerlukan peralatan khusus, waktu pemeriksaan yang lebih lama, serta tenaga medis yang terlatih (Aboyans et al., 2022). Implementasi pemeriksaan vaskular berbasis fasilitas kesehatan juga masih menghadapi hambatan dalam skrining populasi berisiko karena keterbatasan akses terhadap perangkat diagnostik dan variasi kompetensi tenaga kesehatan (Watson et al., 2022). Akibatnya, sebagian pasien sering terdiagnosis ketika gangguan sirkulasi telah berkembang ke tahap lanjut, termasuk munculnya iskemia ekstremitas kronis dan risiko nekrosis jaringan pada kaki (Rodway et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kebutuhan deteksi dini gangguan vaskular perifer dan kapasitas layanan kesehatan untuk melakukan skrining secara luas.

Kesenjangan antara kebutuhan deteksi dini dan kapasitas yang ada pada layanan kesehatan ini juga dialami oleh mitra sasaran pada pengabdian kali ini, yaitu Rumah Sakit Universitas Brawijaya (RSUB), terutama di Poli Kaki dan Luka. Sebelum program ini dilaksanakan, fasilitas yang digunakan untuk skrining awal perfusi perifer masih terbatas dan belum terintegrasi dengan teknologi yang efisien. Di sisi lain, tenaga kesehatan dihadapkan pada tingginya volume kunjungan pasien berisiko tinggi setiap hari, sehingga memunculkan kebutuhan mendesak akan ketersediaan alat bantu deteksi yang praktis dan cepat tanpa mengganggu alur pelayanan. Keterbatasan ketersediaan fasilitas ini berdampak langsung pada pelayanan pasien, sehingga edukasi pencegahan menjadi terlambat diberikan karena banyak pasien baru terdeteksi mengalami gangguan sirkulasi ketika luka atau ulkus sudah mulai terbentuk. Kondisi tersebut sejalan dengan temuan bahwa pemeriksaan vaskular noninvasif di tingkat layanan awal berperan penting dalam stratifikasi risiko pasien dengan luka kaki diabetik, karena gangguan perfusi perifer berhubungan erat dengan hambatan penyembuhan luka dan peningkatan risiko komplikasi pada ekstremitas bawah (Chuter et al., 2024).

Seiring dengan perkembangan teknologi kecerdasan buatan atau artificial intelligence (AI), terbuka peluang inovatif untuk mengatasi keterbatasan skrining konvensional. AI dapat dilatih untuk mengenali pola-pola patologis secara dini melalui analisis multivariat terhadap data klinis yang kompleks (Lekadir et al., 2025). Khususnya dalam konteks kaki diabetik, AI berbasis citra telah digunakan untuk deteksi luka (Yap et al., 2021) dan prediksi risiko amputasi (Li et al., 2023). Pendekatan berbasis AI untuk skrining sirkulasi kaki dapat memanfaatkan dua modalitas utama: analisis data komposisi tubuh dan metabolisme untuk evaluasi makrovaskular, serta analisis citra kapiloskopi untuk evaluasi mikrovaskular. Kombinasi kedua pendekatan ini menawarkan

penilaian komprehensif yang bersifat non-invasif, cepat, dan berpotensi dilakukan oleh tenaga kesehatan non-spesialis (Ozturk et al., 2025). Sehingga, AI dapat digunakan sebagai instrumen guna menyelesaikan permasalahan pelayanan kesehatan di rumah sakit mitra. Pemberdayaan tenaga kesehatan dan pasien menjadi landasan fundamental dalam kegiatan ini (Winarsih et al., 2025). Melalui transfer inovasi teknologi, tenaga kesehatan diberdayakan agar lebih mandiri dan presisi dalam melakukan skrining, sementara pasien diberdayakan melalui edukasi vaskular berbasis hasil deteksi dari alat tersebut.

Bagi Poli Kaki dan Luka di RSUB, inovasi tersebut menawarkan solusi langsung terhadap masalah efisiensi waktu dan keterbatasan tenaga spesialis. Karena dirancang agar praktis dan user-friendly, perawat atau tenaga kesehatan non-spesialis dapat mengoperasikan alat ini dengan mudah di sela-sela waktu tunggu antrean pasien. Implementasi AI dalam konteks pengabdian ini tidak berfokus pada pengujian algoritma, melainkan pada pemanfaatannya sebagai alat bantu (decision support system) yang memberdayakan tenaga kesehatan untuk melakukan deteksi dini secara masif dan akurat (Garces et al., 2024). Lebih jauh, *interface* sistem AI ini menampilkan visualisasi kondisi vaskular yang sangat berguna sebagai media komunikasi terapeutik. Hasil deteksi alat tersebut langsung digunakan oleh tenaga kesehatan sebagai instrumen edukasi personal bagi pasien. Pasien diberdayakan untuk melihat dan memahami tingkat risiko mereka sendiri, sehingga memicu kesadaran untuk mematuhi upaya preventif seperti senam kaki diabetik.

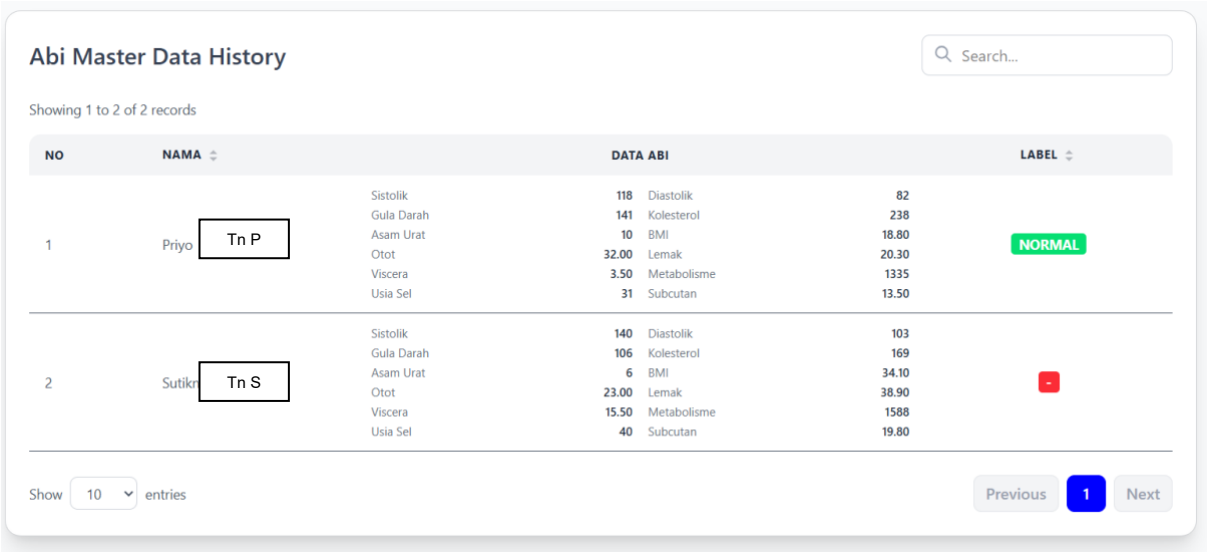
Meskipun penerapan AI di bidang medis telah berkembang pesat, penelitian yang secara spesifik mengintegrasikan parameter klinis pasien dengan komorbid DM dan hipertensi untuk menilai gangguan perfusi perifer menggunakan AI masih sangat terbatas, khususnya dalam konteks implementasi klinis berbasis populasi (Khatimah et al., 2025). Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan tim peneliti, inovasi skrining gangguan perfusi perifer berbasis AI menunjukkan akurasi di atas 75% sehingga dinilai layak untuk diaplikasikan dalam program deteksi dini. Pengembangan sistem berbasis AI pada kaki diabetik telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan deteksi dini komplikasi, melakukan stratifikasi risiko, serta mendukung pengambilan keputusan klinis guna mencegah perkembangan ulkus dan komplikasi berat seperti amputasi (Cassidy et al., 2023). Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk mengimplementasikan dan mengevaluasi sistem skrining berbasis AI tersebut di Poli Kaki dan Luka Rumah Sakit Universitas Brawijaya (RSUB), sebagai upaya konkret untuk meningkatkan kapasitas layanan skrining vaskular serta memberdayakan tenaga kesehatan setempat. Pelaksanaan program ini dilakukan dengan harapan dapat memfasilitasi deteksi dini gangguan perfusi perifer, memandu intervensi yang tepat melalui pendekatan preventif dan edukatif, serta

berkontribusi pada penurunan angka kejadian ulkus dan amputasi kaki pada populasi berisiko tinggi.

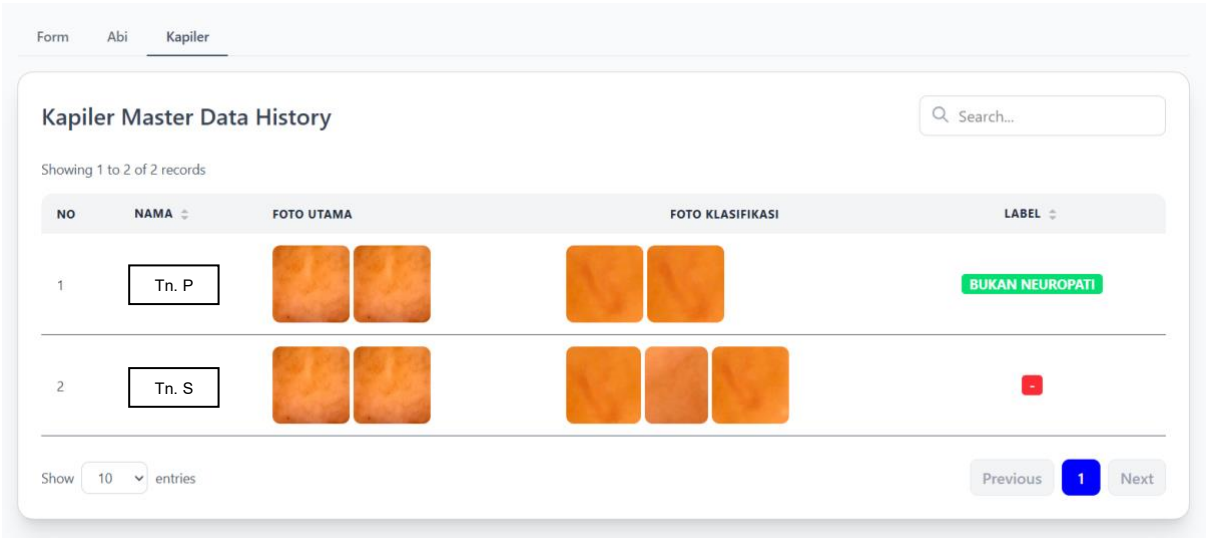
METODE PELAKSANAAN

Kegiatan dilaksanakan dengan pendekatan partisipasi aktif dari pelaksana program, mitra, dan sasaran, mulai dari skrining perfusi kaki hingga evaluasi hasil pemeriksaan menggunakan kecerdasan buatan. Penggunaan metode *Participatory Action Research* (PAR) dalam kegiatan ini didasarkan pada kemampuannya menjembatani inovasi teknologi kecerdasan buatan (AI) dengan realitas klinis di lapangan (Rosella et al., 2025). Pendekatan kolaboratif semacam ini terbukti meningkatkan akseptabilitas dan relevansi klinis alat berbasis AI di fasilitas layanan kesehatan (Abràmoff et al., 2023).

Kegiatan dilaksanakan di poli kaki dan luka serta poli penyakit dalam Rumah Sakit Universitas Brawijaya (RSUB) Kota Malang, Jawa Timur, selama 2 minggu pada bulan April dan Mei 2026. Mitra kegiatan adalah RSUB sebagai pemilik fasilitas pelayanan poli kaki dan luka serta poli penyakit dalam, dengan sasaran pasien DM dan hipertensi yang secara aktif rutin kontrol setiap bulan, berjumlah 27 pasien. Pelaksanaan pengabdian ini disusun melalui alur yang sistematis. Kegiatan diawali dengan identifikasi pengkajian kebutuhan mitra terhadap pelayanan skrining perfusi perifer dalam rangka mencegah komplikasi pada kelompok pasien DM dan hipertensi, Hasil pengkajian menunjukkan bahwa kebutuhan pelayanan ini sangat diperlukan karena belum tersedianya peralatan yang memadai. Selanjutnya, dilakukan diskusi kelompok dengan bagian diklat, dokter penanggung jawab pasien (DPJP) penyakit dalam, serta ners spesialis KMB untuk merumuskan program skrining bagi pasien sebagai solusi atas permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Hasil diskusi ini disepakati bahwa skrining gangguan perfusi perifer dengan pendekatan kecerdasan buatan pada pasien diabetes melitus dan hipertensi dapat dilakukan di RSUB setelah pasien kontrol di poli penyakit dalam sambil menunggu antrean pengambilan obat. Sebelum pelaksanaan program skrining, dilakukan uji fungsi alat dan pelatihan bagi tenaga pemeriksa. Pelatihan ini diikuti oleh 4 orang yang nantinya akan berpartisipasi dalam pelaksanaan program skrining. Bentuk materi pelatihan yang diberikan mencakup pengenalan konsep skrining AI, Standar Operasional Prosedur (SOP) pengoperasian alat (citra kapiler dan input data klinis), serta cara menginterpretasikan hasil deteksi untuk disampaikan kepada pasien. Evaluasi kemampuan peserta pascapelatihan dilakukan melalui metode demonstrasi ulang (*return demonstration*), di mana setiap peserta yang dilatih diminta mempraktikkan kembali penggunaan alat secara langsung untuk menilai apakah langkah-langkah yang dilakukan sudah sesuai dan memenuhi standar kompetensi mandiri.



(a)

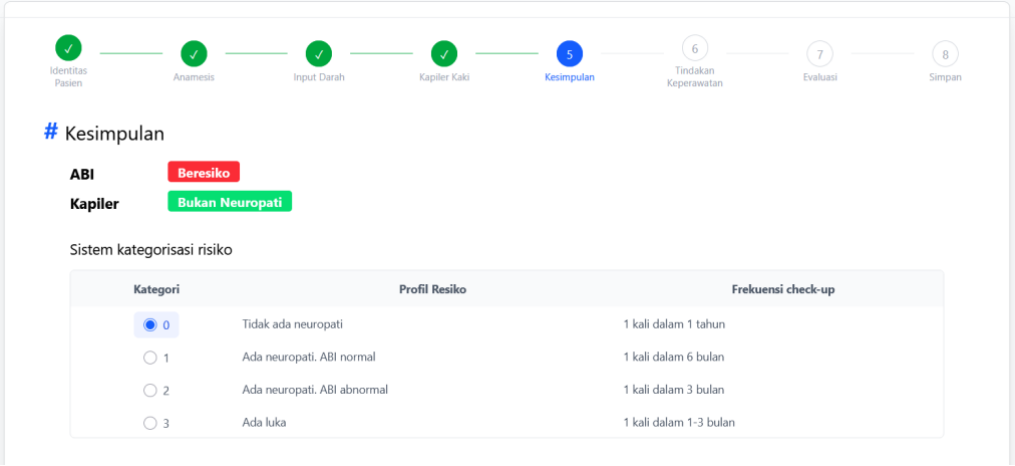


(b)

Gambar 1. Prediksi Kecerdasan Buatan dengan (a) Analisis Makrovaskuler dan (b) Analisis Mikrovaskuler

Inovasi skrining yang dikembangkan merupakan perpaduan untuk deteksi kondisi makrovaskuler dan mikrovaskuler. Pendekatan makrovaskuler dilakukan dengan memanfaatkan pengenalan pola data untuk mendiagnosis pasien berdasarkan data komposisi tubuh dan metabolisme, yaitu usia, jenis kelamin, kadar gula darah, tekanan darah, kadar asam urat, kadar kolesterol, indeks massa tubuh, usia sel, persentase lemak dan otot, laju metabolisme, serta lemak bawah kulit (Gambar 1a). Hasil diagnosis makrovaskuler dengan kecerdasan buatan akan mengelompokkan pasien ke dalam dua kelas, yaitu ABI normal dan ABI abnormal. Pendekatan mikrovaskuler menggunakan citra kapiler yang dianalisis dengan pendekatan AI untuk

pemodelan diagnosis dini (Gambar 1b). Akusisi citra foto kapiler menggunakan alat Dino-Lite CapillaryScope pada ujung jari kaki kanan dan kiri (Wijnand et al., 2022). Hasil diagnosis mikrovaskuler berupa neuropati dan bukan neuropati. Sebelum pelaksanaan program skrining, dilakukan uji fungsi alat dan pelatihan bagi tenaga pemeriksa. Hasil akhir kegiatan berupa rekomendasi klasifikasi risiko, profil risiko dan frekuensi *check-up* (Gambar 2). Output visual dari AI ini kemudian dapat digunakan oleh tenaga kesehatan sebagai media edukasi interaktif bagi pasien. Pasien diberikan penjelasan mengenai kondisi pembuluh darah mereka dan edukasi preventif terkait perawatan kaki diabetik secara personal berdasarkan profil risiko tersebut. Sebagai bentuk evaluasi keberhasilan program, penilaian difokuskan pada efektivitas implementasi alat dan capaian edukasi selama periode pelaksanaan selama dua minggu. Evaluasi program juga diukur melalui tingkat kesesuaian deteksi AI dengan diagnosis ahli klinis.



Gambar 2. Output Skrining Perfusi Perifer berbasis AI

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan di Poli Kaki dan Luka RSUB selama bulan April dan Mei 2026 dengan jumlah 27 pasien terlibat. Metode *participatory action research* (PAR) digunakan sebagai sarana untuk menerapkan alat berbasis AI dalam situasi klinis, sehingga membantu program hilirisasi riset. PAR tidak hanya menjamin kegunaan dan akurasi model AI dalam melakukan skrining gangguan perfusi perifer, tetapi juga memberdayakan pasien untuk mengenali kondisi klinis secara mandiri dengan melibatkan tenaga kesehatan dan pasien secara aktif. Metode PAR telah digunakan dalam uji alat berbasis AI seperti pencegahan dan prediksi DM (Rosella et al., 2025). Sebagai capaian awal program, kegiatan standardisasi dan implementasi ini telah berhasil meningkatkan kapasitas 4 tenaga pemeriksa yang berpartisipasi dalam kegiatan skrining di

fasilitas mitra. Tingkat penerimaan mitra terhadap teknologi AI ini sangat positif, yang ditunjukkan oleh keberhasilan integrasi alat ini ke dalam alur pelayanan rutin tanpa menambah waktu tunggu antrean secara signifikan.

Tabel 1. Karakteristik Pasien

Karakteristik Pasien		Jumlah (n=27)	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Laki-laki	8	29.6%
	Perempuan	19	70.4%
Usia	18-44 tahun	4	14.8%
	45-59 tahun	11	40.7%
	>59 tahun	12	44.5%
Tipe Diabetes	Tipe 1	0	0%
	Tipe 2	25	92.5%
	Tidak DM	2	7.5%
Riwayat Merokok	Ya	4	14.9%
	Tidak	23	85.1%
Riwayat Aktivitas Fisik	Ya	19	70.4%
	Tidak	8	29.6%
Riwayat Edukasi Kaki DM	Ya	2	7.5%
	Tidak	25	92.5%
Riwayat luka/ulkus kaki	Ya	5	18.5%
	Tidak	22	81.5%

Berdasarkan tabel karakteristik pasien (n=27), mayoritas pasien dalam kegiatan ini adalah perempuan (70,4%) dengan rentang usia di atas 45 tahun (85,2%), di mana kelompok usia >59 tahun mendominasi (44,5%). Dari segi kondisi klinis, hampir seluruh pasien menderita diabetes melitus tipe 2 (92,5%), sedangkan sebagian kecil (7,5%) tidak memiliki riwayat DM. Terkait gaya hidup, sebagian besar pasien memiliki profil risiko yang relatif rendah pada faktor-faktor tertentu: 85,1% tidak merokok dan 70,4% rutin melakukan aktivitas fisik. Namun, terdapat temuan kritis terkait pencegahan komplikasi. Mayoritas pasien (92,5%) belum pernah mendapatkan edukasi perawatan kaki pada DM. Sebanyak 18,5% pasien memiliki riwayat luka atau ulkus kaki.

Dominasi perempuan dan kelompok usia lanjut (>45 tahun) dalam data ini sejalan dengan prevalensi diabetes melitus tipe 2 pada populasi umum. Penuaan merupakan faktor risiko utama sejalan dengan penurunan progresif fungsi sel beta pankreas dan peningkatan resistensi insulin yang menyertai proses penuaan, yang secara kolektif meningkatkan kerentanan terhadap DM tipe 2 (Sawami et al., 2025). Dari perspektif jenis kelamin, data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) juga mencatat prevalensi DM yang lebih tinggi pada perempuan di Indonesia, yang dikaitkan dengan perubahan hormonal pasca-menopause dan kecenderungan akumulasi lemak viseral (Nasution et al., 2021).

Tingginya angka pasien yang tidak merokok (85,1%) dan aktif secara fisik (70,4%) merupakan temuan yang positif. Aktivitas fisik diketahui dapat meningkatkan sensitivitas insulin dan memperbaiki perfusi perifer. Gaya hidup sehat ini tampaknya belum cukup untuk mencegah komplikasi ulkus kaki, sehingga menunjukkan perlunya skrining yang lebih spesifik selain modifikasi gaya hidup secara umum. Temuan paling krusial dari data ini adalah rendahnya paparan edukasi kaki DM (7,5%), yang sejalan dengan 18,5% pasien yang memiliki riwayat ulkus kaki. Menurut American Diabetes Association, edukasi perawatan kaki yang komprehensif, yang mencakup inspeksi kaki harian, pemilihan alas kaki yang tepat, dan penanganan kalus, merupakan intervensi lini pertama untuk mencegah ulkus diabetik dan amputasi (Bus et al., 2024). Selain itu, pendekatan pencegahan modern menekankan pentingnya identifikasi faktor risiko neuropati, gangguan vaskular perifer, serta intervensi edukatif terintegrasi untuk menurunkan kejadian kaki diabetik (Schaper et al., 2024). Defisit pengetahuan ini membuat pasien rentan terhadap trauma minor yang tidak disadari akibat neuropati perifer, yang kemudian dapat berkembang menjadi ulkus. Dengan demikian, alat skrining berbasis AI yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai instrumen deteksi dini gangguan aliran darah, tetapi juga berpeluang menjadi media edukasi yang efektif dan personal bagi 92,5% pasien yang belum terpapar informasi mengenai perawatan kaki. Berdasarkan evaluasi pascaedukasi, penggunaan visualisasi secara nyata mendorong perubahan pengetahuan pasien (Arini et al., 2021). Pasien yang sebelumnya tidak menyadari bahaya komplikasi, menunjukkan peningkatan pemahaman terhadap urgensi perawatan kaki setelah melihat langsung representasi visual aliran darah dan kondisi kapiler mereka di layar.

Tabel 2. Hasil Uji Kappa

Pengukuran	Pakar*		p-value	Skor Kappa
	Normal	Abnormal		
Ankle Brachial Index AI			0.001	0.65
Normal	7	0		
Abnormal	4	13		
Kapiler AI			0.000	0.69
Bukan Neuropati	16	3		
Neuropati	0	5		

*Penilaian Pakar: ABI normal (0.9-1.2); ABI abnormal (≤0.9; ≥1.2); Pengamatan kapiler berdasarkan perubahan bentuk morfologi

Sebagai bentuk evaluasi keberhasilan penerapan teknologi di fasilitas mitra, dilakukan uji kesesuaian (Kappa) antara hasil deteksi sistem AI dan diagnosis oleh pakar klinis. Nilai kappa ABI sebesar 0.65 dan nilai kappa kapiler sebesar 0.69 berada dalam rentang 0.61–0.80 (Tabel

2). Ini menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian antara hasil deteksi AI dan pakar termasuk kategori baik atau kuat. Secara keseluruhan, model AI memiliki tingkat persetujuan yang kuat dengan pakar pada kedua jenis pengukuran (ABI dan kapiler). Pengukuran kapiler (0.69) memiliki tingkat kesesuaian yang sedikit lebih baik dibandingkan dengan pengukuran ABI (0.65) dengan nilai $p < 0.05$.

Berdasarkan hasil analisis di atas, model AI yang dikembangkan menunjukkan performa yang menjanjikan sebagai alat bantu skrining gangguan perfusi perifer, baik untuk pengukuran ABI maupun deteksi neuropati melalui pengukuran kapiler. Namun, ada beberapa catatan penting terkait distribusi data. Pengukuran ABI dengan AI cenderung membaca hasil lebih parah (4 kasus normal menurut pakar diklasifikasikan abnormal oleh AI). Dalam konteks skrining, *false positive* seperti ini lebih dapat diterima daripada *false negative*, karena pasien akan dirujuk ke pakar untuk pemeriksaan lebih lanjut sehingga risiko gangguan dapat dideteksi tanpa membahayakan keselamatan pasien. Sebaliknya, pada pengukuran kapiler dengan AI, 3 kasus yang oleh pakar didiagnosis sebagai abnormal/neuropati terlewat (AI mengklasifikasikannya sebagai bukan neuropati). Ini adalah false negative yang perlu dievaluasi dalam pengembangan AI selanjutnya. Dalam bidang kesehatan, mengabaikan diagnosis gangguan perfusi perifer akibat neuropati diabetik dapat membahayakan penanganan pasien. Oleh karena itu, pasien mendapatkan edukasi senam kaki sebagai upaya preventif dan promotif untuk mengendalikan risiko komplikasi (Gambar 3). Walaupun nilai Kappa menunjukkan kesepakatan yang kuat, untuk implementasi dilapangan yang ideal diharapkan nilai Kappa mencapai tingkat hampir sempurna (>0.80). Untuk mencapai hal ini, diperlukan perluasan pelatihan dengan variasi kasus yang lebih beragam, penyesuaian klasifikasi berdasarkan analisis serta validasi eksternal di fasilitas kesehatan lain dengan karakteristik populasi yang berbeda (Abràmoff et al., 2023). Penting untuk ditekankan bahwa pendekatan AI dalam program ini dirancang sebagai alat bantu, bukan sebagai pengganti penilaian klinis oleh tenaga kesehatan. Hal ini sejalan dengan prinsip implementasi AI di bidang medis.

Penerapan metode PAR dalam program ini mampu memfasilitasi integrasi teknologi AI ke dalam alur kerja klinis yang sudah berjalan. Partisipasi aktif DPJP, ners spesialis, dan pasien sejak tahap perencanaan memastikan bahwa protokol skrining yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan. Metode PAR sebelumnya telah berhasil digunakan dalam implementasi alat berbasis AI untuk pencegahan dan prediksi DM (Rosella et al., 2025). Inovasi ini terbukti mampu menyelesaikan masalah mitra dengan memangkas waktu skrining awal yang sebelumnya bergantung sepenuhnya pada metode konvensional yang memakan waktu. Perubahan proses pelayanan terjadi secara positif, Perawat kini memiliki alat bantu cepat yang objektif untuk menyeleksi pasien mana yang memerlukan intervensi lanjutan. Hal ini membuktikan

relevansinya dalam konteks layanan kesehatan yang berorientasi pada komunitas. Sebagai komponen integral program, setiap pasien yang teridentifikasi berisiko mendapatkan edukasi senam kaki diabetik (Gambar 3). Intervensi ini bersifat promotif dan preventif, bertujuan untuk meningkatkan sirkulasi perifer dan sensitivitas kaki melalui latihan terstruktur. Edukasi senam kaki diabetik telah terbukti secara klinis dapat meningkatkan skor sensasi kaki, memperbaiki perfusi, dan menurunkan risiko ulkus pada pasien DM dengan neuropati perifer (Pelliccia et al., 2021). Dengan demikian, program ini tidak hanya berfungsi sebagai instrumen deteksi, tetapi juga sebagai pintu masuk untuk intervensi kesehatan yang holistik.



Gambar 3. Media Edukasi Senam Kaki

Mengingat kemudahan operasionalnya, model pemberdayaan layanan skrining vaskular ini memiliki potensi untuk direplikasi di fasilitas kesehatan tingkat pertama maupun rumah sakit lain guna memperluas jangkauan deteksi dini secara nasional. Namun, pengabdian berbasis AI ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, jumlah peserta (sasaran pasien) relatif kecil (n=27). Kedua, pelaksanaan kegiatan terbatas pada satu lokasi fasilitas kesehatan, sehingga validitas eksternalnya perlu dieksplorasi lebih lanjut. Ketiga, mengingat program ini merupakan *pilot project* berdurasi pendek, evaluasi terhadap dampak klinis jangka panjang pasca-edukasi pasien belum dapat dilakukan. Terakhir, belum ada analisis efektivitas biaya (*cost-effectiveness*)

untuk mengukur efisiensi ekonomi penerapan alat skrining ini secara menyeluruh pada skala rumah sakit.

SIMPULAN DAN SARAN

Program pengabdian berhasil mengimplementasikan sistem skrining perfusi perifer berbasis AI sebagai alat bantu pelayanan di RSUB. Aplikasi berbasis AI mampu mendeteksi gangguan perfusi perifer pada sebagian besar pasien, sekaligus mendukung deteksi dini dan memperkuat edukasi preventif bagi pasien berisiko tinggi. Saran selanjutnya adalah meningkatkan akurasi dan reliabilitas model AI sebelum diimplementasikan secara luas. Perlu dilakukan perbaikan teknis, seperti penentuan jenis dan jumlah kasus, penyesuaian dataset, penentuan ambang batas, serta validasi eksternal di fasilitas kesehatan lainnya. Rekomendasi terkait implementasi klinis mencakup penggunaan alat bantu skrining gangguan perfusi perifer berbasis AI sebagai skrining awal untuk membantu tenaga kesehatan dalam pengambilan keputusan terkait intervensi klinis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada DIKST UB yang memberikan dukungan dana untuk program inovasi riset dengan nomor kontrak 01731.9/UN10.A0501/B/PT.01.03.2/2025, serta RSUB sebagai mitra dalam penerapan hasil penelitian berupa program skrining gangguan perfusi perifer pada kaki di Poli Kaki dan Luka.

REFERENSI

Aboyans, V., Bauersachs, R., Mazzolai, L., Brodmann, M., Cacoub, P., De Carlo, M. (2022). Antithrombotic therapies in aortic and peripheral arterial diseases in 2021: A consensus document from the European Society of Cardiology Working Group on Aortic and Peripheral Vascular Diseases. *European Heart Journal*, *43*(9), 779–800 https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab390

Abràmoff, M. D., Tarver, M. E., Loyo-Berrios, N., Trujillo, S., Char, D., Obermeyer, Z. (2023). Considerations for addressing bias in artificial intelligence for health equity. *NPJ Digital Medicine*, *6*(1), 170 https://doi.org/10.1038/s41746-023-00913-9

Arini, M., Hidayah, F. N., & Prakoso, D. A. (2021). Pemberdayaan pasien kelompok prolanis DM melalui edukasi pencegahan dan deteksi dini komorbiditas Tuberculosis-Diabetes Melitus

(TB-DM). *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *27*(4), 339–345 https://doi.org/10.24114/jpkm.v27i4.23377

Bus, S. A., Armstrong, D. G., Crews, R. T., Gooday, C., Jarl, G., Kirketerp-Moller, K. (2024). Guidelines on offloading foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *40*(3), e3647 https://doi.org/10.1002/dmrr.3647

Cassidy, B., Yap, M. H., Pappachan, J. M., Ahmad, N., Haycocks, S., O'Shea, C. (2023). Artificial intelligence for automated detection of diabetic foot ulcers: A real-world proof-of-concept clinical evaluation. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *205*, 110951 https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110951

Chuter, V., Schaper, N., Hinchliffe, R., Mills, J., Azuma, N., Behrendt, C. A., Boyko, E. J., Conte, M. S., Humphries, M., Kirksey, L., McGinigle, K. C., Nikol, S., Nordanstig, J., Rowe, V., David, R., van den Berg, J. C., Venermo, M., & Fitridge, R. (2024). Performance of non-invasive bedside vascular testing in the prediction of wound healing or amputation among people with foot ulcers in diabetes: A systematic review. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *40*(3), e3701 https://doi.org/10.1002/dmrr.3701

Gallagher, K. A., Mills, J. L., Armstrong, D. G., Conte, M. S., Hiatt, W. R., Humphries, M. D., & American Heart Association Council on Peripheral Vascular Disease. (2024). Current status and principles for the treatment and prevention of diabetic foot ulcers in the cardiovascular patient population: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*, *149*(4), e256–e268 https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001192

Garces, T. S., Araújo, A. L. de, Sousa, G. J. B., Cestari, V. R. F., Florêncio, R. S., Mattos, S. M., Damasceno, L. L. V., Santiago, J. C. dos S., Pessoa, V. L. M. P., Pereira, M. L. D., & Moreira, T. M. M. (2024). Clinical decision support systems for diabetic foot ulcers: A scoping review. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*, *57*, e20230218 https://doi.org/10.1590/1980-220X-REEUSP-2023-0218pt

Khathimah, H., Farahany, S., & Purba, S. H. (2025). Tantangan dan peluang dalam transformasi digital kesehatan di rumah sakit. Abdi Putra: *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *5*(1), 16–23 https://doi.org/10.52005/abdiputra.v5i1.347

Lekadir, K., Frangi, A. F., Porras, A. R., Glocker, B., Cintas, C., Langlotz, C. P. (2025). FUTURE-AI: International consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare. *BMJ*, *388* https://doi.org/10.1136/bmj-2024-081554

Li, Y., Liu, Y., Liu, S., Gao, M., Wang, W., Chen, K. (2023). Diabetic vascular diseases: Molecular mechanisms and therapeutic strategies. *Signal Transduction and Targeted Therapy*, *8*, Article 152 https://doi.org/10.1038/s41392-023-01400-z

Liu, Z., Wei, D., Wang, J., & Gao, L. (2025). Predicting major amputation risk in diabetic foot ulcers using comparative machine learning models for enhanced clinical decision-making. *Scientific Reports*, *15*(1), 28103 https://doi.org/10.1038/s41598-025-13534-x

Mahé, G., Aboyans, V., Cosson, E., Mohammedi, K., Sarlon-Bartoli, G., Lanéelle, D. (2024). Challenges and opportunities in the management of type 2 diabetes in patients with lower extremity peripheral artery disease: A tailored diagnosis and treatment review. *Cardiovascular Diabetology*, *23*, Article 220 https://doi.org/10.1186/s12933-024-02325-9

Nasution, F., Andilala, A., & Siregar, A. A. (2021). Faktor risiko kejadian diabetes mellitus. *Jurnal Ilmu Kesehatan*, *9*(2), 94–102 https://doi.org/10.32831/jik.v9i2.304

Ozturk, L., Laclau, C., Boulon, C., Mangin, M., Braz-Ma, E., Constans, J. (2025). Analysis of nailfold capillaroscopy images with artificial intelligence: Data from literature and performance of machine learning and deep learning from images acquired in the SCLEROCAP study. *Microvascular Research*, *157*, 104753 https://doi.org/10.1016/j.mvr.2024.104753

Pelliccia, A., Sharma, S., Gati, S., Bäck, M., Börjesson, M., Caselli, S. (2021). 2020 ESC Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *European Heart Journal*, *42*(1), 17–96 https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehaa605

Pratiwi, A. P. H., Umar, H., Mappangara, I., Bakri, S., Rasyid, H., & Zainuddin, A. A. (2025). Prevalence of peripheral arterial disease and peripheral neuropathy in diabetic foot infection in Makassar, Indonesia: A cross-sectional study. *Romanian Medical Journal*, *72*(1) https://doi.org/10.37897/RMJ.2025.1.4

Rodway, A. D., Cheal, D., & Allan, C. (2023). Ankle Doppler for cuffless Ankle Brachial Index estimation and peripheral artery disease diagnosis independent of diabetes. *Journal of Clinical Medicine*, *12*(1), 97 https://doi.org/10.3390/jcm12010097

Rosella, L. C., Shaw, J., Guha, S., Abejirinde, I. O., Gibson, J. L., Lipscombe, L. (2025). A participatory approach to deploy responsible artificial intelligence for diabetes prediction and prevention. *Digital Health*, *11*, 20552076251358541 https://doi.org/10.1177/20552076251358541

Sawami, K., Tanaka, A., & Node, K. (2025). Risk management of cardiovascular disease in older patients with diabetes. *Hypertension Research*, *48*(12), 3179–3186 https://doi.org/10.1038/s41440-025-02424-4

Schaper, N. C., van Netten, J. J., Apelqvist, J., Bus, S. A., Fitridge, R., Game, F. (2024). Practical guidelines on the prevention and management of diabetes-related foot disease (IWGDF 2023 update). *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *40*(3), e3657 https://doi.org/10.1002/dmrr.3657

Shah, A., Isath, A., & Aronow, W. S. (2022). Cardiovascular complications of diabetes. *Expert Review of Endocrinology & Metabolism*, *17*(5), 383–388 https://doi.org/10.1080/17446651.2022.2099838

Singh, M. V., & Dokun, A. O. (2023). Diabetes mellitus in peripheral artery disease: Beyond a risk factor. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, *10* https://doi.org/10.3389/fcvm.2023.1148040

Verma, S., Leiter, L. A., Mangla, K. K., Nielsen, N. F., Hansen, Y., & Bonaca, M. P. (2024). Epidemiology and burden of peripheral artery disease in people with type 2 diabetes: A systematic literature review. *Diabetes Therapy*, *15*(9), 1893–1961 https://doi.org/10.1007/s13300-024-01606-6

Watson, E. L., Patel, B., Katsogridakis, E., Pepper, C. J., Messeder, S. J., Saratzis, A. (2022). Selecting portable ankle/toe brachial pressure index systems for a peripheral arterial disease population screening programme: A systematic review, clinical evaluation exercise, and consensus process. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, *64*(6), 693–702 https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.08.008

Wijnand, J. G. J., van Rhijn-Brouwer, F. C. C., Spierings, J., Teraa, M., de Borst, G. J., & Verhaar, M. C. (2022). Nailfold capillaroscopy in patients with peripheral artery disease of the lower limb (CAPAD study). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, *63*(6), 900–901 https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.02.013

Winarsih, B. D., Lestari, D. T., & Prasetyo, E. (2025). Optimalisasi kapasitas kader dalam implementasi integrasi layanan primer untuk mendukung transformasi pelayanan kesehatan di Posyandu. *Jurnal Abdimas Indonesia*, *7*(2), 274–283 https://doi.org/10.26751/jai.v7i2.3160

Yap, M. H., Hachiuma, R., Alavi, A., Brüngel, R., Cassidy, B., Goyal, M. (2021). Deep learning in diabetic foot ulcers detection: A comprehensive evaluation. *Computers in Biology and Medicine*, *135*, 104596 https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104596

You, S., Zheng, D., Wang, Y., Nguyen, T. N., Li, Q., Peters, R. (2025). Healthy lifestyle factors and combined macrovascular and microvascular events in diabetes patients with high cardiovascular risk: Results from ADVANCE. *BMC Medicine*, *23*, Article 87 https://doi.org/10.1186/s12916-025-03932-3