

*Literature Review***Hambatan Etis, Kultural, dan Implementasi AI pada Masyarakat dalam Perawatan Kaki Diabetik: *Scoping Review*****Kristina Ayu Wulandari¹, Miftahul Marfu'ah², Queen Jasmine Vebruarita Hari³, Jessica Ringga Retnaning Aji⁴, Heri Kristianto⁵**¹Program Studi Ilmu Keperawatan, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Brawijaya, Jl. Puncak Dieng, Malang, Jawa Timur, Indonesia**ABSTRACT**

Background: Diabetic foot ulcer is a major complication of diabetes that contributes significantly to morbidity and healthcare burden worldwide. Although artificial intelligence (AI) has shown promising potential in diabetic foot care, existing studies mainly focus on technical performance rather than implementation challenges. This study aimed to explore AI applications in diabetic foot care, including ethical barriers, cultural considerations, and nursing implications.

Methods: A scoping review was conducted following the PRISMA-ScR guidelines. Literature searches were performed in Scopus, PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, Wiley Online Library, ProQuest, and Google Scholar for articles published between 2021-2026.

Results: Four major themes were identified: AI applications in diabetic foot care, AI implementation in healthcare services, ethical and cultural barriers, and nursing implications. The findings showed that AI supports early detection, monitoring, and clinical decision-making through image analysis, telehealth, mobile applications, and wearable technologies. Key challenges included data privacy concerns, algorithmic bias, digital literacy gaps, and the risk of dehumanization in healthcare delivery.

Conclusion: AI can improve diabetic foot care, but successful implementation requires ethical governance, cultural adaptation, and active nursing involvement to ensure patient-centered and equitable care.

KEYWORDS

diabetic foot, artificial intelligence, digital health, ethics, cultural barrier

ARTICLE HISTORY

Received : 25 June 2026

Revised : 04 July 2026

Accepted : 14 July 2026

Corresponding Author:

Kristina Ayu Wulandari

kristinaayu20@student.ub.ac.id

Universitas Brawijaya

INTRODUCTION

International Diabetes Federation (IDF) Atlas menyatakan lebih dari 537 juta orang di seluruh dunia menderita diabetes (Sun *et al.*, 2022). Indonesia menduduki peringkat kelima di Asia Tenggara dengan prevalensi kasus diabetes sebanyak 19,5 juta pada tahun 2021 dan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Tingginya prevalensi diabetes dikaitkan dengan banyaknya komplikasi termasuk ulkus kaki diabetik (Sakul dan Andrianni, 2025). Pasien diabetes sering mengalami gangguan yang berhubungan dengan kaki seperti infeksi, gangren, dan ulserasi. *Federasi Diabetes Internasional* telah memperkirakan bahwa 9,1-26,1 juta penderita diabetes akan mengembangkan ulkus kaki diabetik setiap tahunnya. Ulkus kaki diabetik diketahui dapat menyebabkan mortalitas

5% dalam 12 bulan pertama dan mortalitas 42% pada 5 tahun setelah kejadian pertama (Stanchu *et al.*, 2022). Meskipun demikian, sistem perawatan kesehatan konvensional yang bergantung pada tenaga kesehatan, reaktif, dan tidak merata mengakibatkan keterlambatan deteksi dini dan intervensi yang tepat waktu terhadap ulkus kaki diabetik (Blanchette *et al.*, 2025). Kesenjangan ini membuka peluang bagi pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) sebagai alat bantu yang potensial. Berbagai studi literatur yang ada menyatakan bahwa penerapan AI dalam perawatan kaki diabetik telah berkembang pesat, akan tetapi pembahasan masih sangat terfokus pada validasi akurasi teknis algoritma. Penelitian oleh Hermanto *et al.* (2026) menunjukkan tingkat akurasi sistem deteksi berbasis *deep learning* dengan arsitektur Mobile Net V2 mempunyai sensitivitas 96,8% dan akurasi 92,4% dalam mendeteksi dini ulkus derajat 2-3. Ulasan Pappachan *et al.* (2022) juga menyoroti perkembangan aplikasi mobile berbasis AI untuk pemantauan kaki diabetik secara real time terhadap ulkus kaki diabetik. Sementara itu, penelitian oleh Putri dan Yuliyana (2025) mengakui adanya tantangan dalam penerapan AI terkait privasi data, validasi klinis dan literasi digital tenaga kesehatan, namun belum menjelaskan lebih dalam bagaimana implikasi spesifiknya terhadap praktik keperawatan. Hidayat *et al.* (2022) juga membahas potensi *telemedicine* berbasis AI dapat memberikan layanan konsultasi dan edukasi perawatan kaki selama 24 jam tanpa batasan geografis. Akan tetapi, secara substantif kajian ini masih bersifat dan belum memaparkan hambatan implementasinya. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan yang ada pada literatur-literatur sebelumnya. Gap pertama menegaskan bahwa secara umum teknologi AI dalam perawatan kaki diabetik divalidasi dan dikembangkan di negara-negara maju, sementara validasi di negara berkembang seperti Indonesia masih sangat terbatas. Padahal berdasarkan infrastruktur kesehatan, karakteristik populasi, dan akses teknologi di negara berkembang berbeda secara signifikan dengan negara berpenghasilan tinggi (Chemello *et al.*, 2022; Lin *et al.*, 2025). Gap kedua yaitu belum ada studi yang secara terpadu membahas tentang hambatan etis, pertimbangan kultural, dan implikasi langsung bagi praktik keperawatan dalam satu kerangka analisis. Mayoritas studi menyebutkan hambatan implementasi bukan sebagai objek kajian utama, melainkan hanya sebagai catatan penutup. Berdasarkan kesenjangan tersebut, studi literatur ini menawarkan pembahasan komprehensif terhadap empat aspek yang meliputi penerapan AI dalam perawatan kaki diabetik, hambatan etis, pertimbangan kultural, dan implikasi keperawatan dalam satu kerangka analisis terintegrasi khususnya untuk negara berkembang.

MATERIALS AND METHOD

Penulisan artikel ini menggunakan metode scoping review. Pelaksanaan review mengacu pada pedoman PRISMA-ScR. Pencarian literatur dilakukan melalui database Scopus, PubMed, IEEE Xplore, ScienceDirect, Wiley Online Library, ProQuest, dan Google Scholar. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci: “*diabetic foot*” AND “*artificial intelligence*”; “*diabetic foot*” AND “*digital health*” AND “*implementation*”; “*diabetic foot*” AND (“*ethics*” OR “*ethical issues*”); “*diabetic foot*” AND (“*cultural barrier*” OR “*cultural factors*”); serta “*diabetic foot*” AND “*nursing*” AND “*technology*”. Kata kunci disesuaikan dengan karakteristik masing-masing database. Kriteria inklusi meliputi artikel penelitian primer tahun 2021-2026, tersedia full text, berbahasa Inggris atau Indonesia, serta membahas teknologi digital dalam perawatan kaki diabetik, termasuk aspek implementasi, etika, budaya, atau implikasi keperawatan.

Kriteria eksklusi meliputi artikel yang hanya membahas aspek teknis bukan klinis, editorial, komentar, surat kepada editor, artikel non-ilmiah, artikel yang tidak relevan, dan artikel yang tidak dapat diakses penuh. Seleksi artikel dilakukan sesuai pedoman PRISMA-ScR. Penulisan menggunakan data sekunder dari publikasi ilmiah sehingga tidak memerlukan persetujuan etik namun tetap menjunjung integritas akademik dan transparansi ilmiah.

RESULTS

Hasil kajian literatur mengenai penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam perawatan kaki diabetik disajikan berdasarkan empat fokus utama: penerapan AI, Implementasi AI di Layanan Kesehatan, Hambatan Etis dan Kultural, serta Implikasi Positif bagi Perawat.

Penerapan AI dalam Perawatan Kaki Diabetik

Berdasarkan literatur, kecerdasan buatan (AI), khususnya pada model *convolutional neural network* (CNN) dan *machine learning* (ML), terbukti efektif dalam mendeteksi ulkus pada tahap awal, memprediksi risiko amputasi, serta memantau progresi luka

Tabel 1. Penerapan AI dalam Pemantauan Kaki Diabetik

Penulis	Judul artikel	Jenis AI	Fokus dan temuan utama
Anggreni, <i>et al.</i> , 2025	Artificial Intelligence for Diabetic Foot Screening Based on Digital Image Analysis: A Systematic Review	CNN, Deep Learning, Analisis Citra Digital	Skrining kaki diabetik menggunakan analisis citra digital dan citra termal plantar dengan memantau perubahan risiko luka secara <i>real time</i> .
Purnama, <i>et al.</i> , 2025	Screening Diabetic Foot Ulcer using Artificial Intelligence Modelling based on Digital Image Analysis: A Systematic Review	ANN, CNN	Segmentasi warna jaringan dan area ulkus, memungkinkan deteksi dini, pemantauan otomatis, dan peningkatan akurasi skrining.
Teoh, <i>et al.</i> , 2026	Validation of a Trained AI Imaging Model for Detecting Diabetic Foot Deformities	YOLOv5, DenseNet 201	Deteksi deformitas (kalus, hallux, valgus, hammer toe) dengan akurasi keseluruhan 85,2%, akurasi klasifikasi anomali 88,57%, precision 90,47%, F1 score 86,11%.
Alkhalefah, <i>et al.</i> , 2025	Advancing Diabetic Foot Ulcer Care: AI and Generative AI Approaches for Classification, Prediction, Segmentation, and Detection	AI, Generative AI, Aplikasi Smartphone	Temuan utama GAN mengatasi keterbatasan dataset. Aplikasi smartphone AI meningkatkan akurasi diagnostik dan monitoring jarak jauh.
Chemello, <i>et al.</i> , 2022	Artificial Intelligence Methodologies Applied to Technologies for Screening, Diagnosis and Care of the Diabetic Foot:	AI multi-modalitas	Skrining, diagnosis, dan perawatan kaki diabetik. AI pada data sensor memberikan hasil menjanjikan.

	A Narrative Review		
Pappachan, <i>et al.</i> , 2022	The role of artificial intelligence technology in the care of diabetic foot ulcers: the past, the present, and the future.	AI fotografi, Machine Learning	Monitoring luka DFU melalui virtual clinic & foto digital. AI memungkinkan pemantauan jarak jauh DFU.

Implementasi AI di Layanan Kesehatan

Kecerdasan buatan (AI) mendukung praktik klinis dan layanan jarak jauh dengan menyediakan *decision support*, pemantauan waktu nyata, serta rekomendasi berbasis data pasien.

Tabel 2. Implementasi AI di Layanan Kesehatan

Penulis	Judul Artikel	Sistem	Hasil
Anggreni, <i>et al.</i> , 2025	Artificial Intelligence for Diabetic Foot Screening Based on Digital Image Analysis: A Systematic Review	CNN, Deep Learning, Analisis Citra Digital	AI berbasis CNN efektif untuk skrining DFU. Deep learning mendukung deteksi dini komplikasi kaki diabetik.
Purnama, <i>et al.</i> , 2025	Screening Diabetic Foot Ulcer using Artificial Intelligence Modelling based on Digital Image Analysis: A Systematic Review	ANN, CNN, Analisis Citra Digital 2D	Segmentasi warna jaringan DFU efektif untuk skrining. CNN dapat menyediakan sistem otomatis penilaian dan pemantauan DFU.
Teoh, <i>et al.</i> , 2026	Validation of a Trained AI Imaging Model for Detecting Diabetic Foot Deformities	YOLOv5, Convolutional Autoencoder, DenseNet 201	Akurasi keseluruhan 85,2% dengan model berhasil penanda risiko ulserasi.
Alkhalefah, <i>et al.</i> , 2025	Advancing Diabetic Foot Ulcer Care: AI and Generative AI Approaches for Classification, Prediction, Segmentation, and Detection	ML, Deep Learning, Generative AI	AI meningkatkan akurasi klasifikasi DFU, deteksi dini, dan pemodelan prediktif. Generative AI mengatasi keterbatasan dataset.
Pappachan, <i>et al.</i> , 2022	The role of artificial intelligence technology in the care of diabetic foot ulcers: the past, the present, and the future.	AI berbasis fotografi digital, ML, Aplikasi Mobile	AI dan fotografi digital merevolusi pemantauan DFU dengan monitoring luka jarak jauh via mobile app.
Putri & Yuliyana, 2025	Transformasi Perawatan Kaki Diabetik: Integrasi Teknologi Digital dan Artificial Intelligence untuk Masa Depan Keperawatan	Mobile apps, Telehealth, Machine Learning, Wearable devices	Inovasi digital (ML, telehealth, wearable, mobile apps) memperbaiki kualitas perawatan, mempercepat penyembuhan, dan mengurangi komplikasi serta amputasi.

Kusumaningrum, <i>et al.</i> , 2025	Pelatihan Deteksi Diabetic Foot Ulcer (DFU) Berbasis Citra Digital Menggunakan Deep Learning untuk Tenaga Kesehatan di Puskesmas	Deep Learning berbasis citra digital, CNN	Peningkatan kompetensi deteksi dini DFU menggunakan teknologi citra digital.
Hermanto, <i>et al.</i> , 2026	Implementasi <i>deep learning</i> dalam sistem deteksi mandiri berbasis mobile untuk luka diabetik guna mendukung kesehatan masyarakat.	Deep Learning, CNN, Aplikasi Mobile lintas platform	Sistem deteksi mandiri berbasis smartphone dapat mengidentifikasi DFU di wilayah terpencil, dilengkapi fitur riwayat diagnosis, konten edukatif, dan integrasi layanan kesehatan.
Chan, <i>et al.</i> , 2021	Clinical validation of an artificial intelligence-enabled wound imaging mobile application in diabetic foot ulcers	Aplikasi mobile imaging berbasis AI (C4W)	Reliabilitas yang sangat baik (ICC >0,9) dalam mengukur panjang dan lebar luka, mendukung monitoring luka DFU secara digital yang akurat dan efisien.
Ardelean, <i>et al.</i> , 2024	Personalized and predictive strategies for diabetic foot ulcer prevention and therapeutic management: potential improvements through introducing Artificial Intelligence and wearable technology	AI prediktif, Wearable technology, IoT	AI prediktif mampu mengidentifikasi tanda awal DFU secara dini. Wearable menyediakan monitoring real time dan peringatan dini.
Chemello, <i>et al.</i> , 2022	Artificial Intelligence Methodologies Applied to Technologies for Screening, Diagnosis and Care of the Diabetic Foot: A Narrative Review	AI multi modalitas	Memberikan hasil menjanjikan untuk skrining, diagnosis, dan perawatan kaki diabetik.
El Arab, <i>et al.</i> , 2025	Economic, ethical, and regulatory dimensions of artificial intelligence in healthcare: an integrative review	Analisis kebijakan AI	AI diproyeksikan menghasilkan penghematan biaya signifikan

Hambatan Etis dan Kultural

Beberapa studi menyoroti tantangan yang berkaitan dengan privasi data, bias algoritma, literasi digital, serta penerimaan kultural terhadap penerapan kecerdasan buatan (AI).

Tabel 3. Hambatan Etis dan Kultural

Penulis	Judul Artikel	Jenis Hambatan
---------	---------------	----------------

Alhammad, <i>et al.</i> , 2024	Patients' Perspectives on the Data Confidentiality, Privacy, and Security of mHealth Apps: Systematic Review	Kekhawatiran pasien terhadap kerahasiaan, privasi dan keamanan data. Pasien lansia maupun yang berpenghasilan tinggi lebih rentan menolak adopsi teknologi.
Roupa, <i>et al.</i> , 2024	Measurement of Dehumanization, Self-Dehumanization, and Empathy as Mediating Factors Among Healthcare Professionals	Dehumanisasi di kalangan profesional kesehatan, lingkungan kerja yang terstruktur secara mekanis memfasilitasi berkurangnya sifat manusiawi dalam interaksi klinis.
Alkhalefah, <i>et al.</i> , 2025	Advancing Diabetic Foot Ulcer Care: AI and Generative AI Approaches for Classification, Prediction, Segmentation, and Detection	Keterbatasan dataset dan bias data merupakan hambatan utama pengembangan model AI untuk DFU.
Cangelosi, <i>et al.</i> , 2025	Barriers and Facilitators to Artificial Intelligence Implementation in Diabetes Management from Healthcare Workers' Perspective: A Scoping Review	Hambatan implementasi AI oleh tenaga kesehatan: performa klinis yang dianggap tidak memuaskan, biaya tinggi, keamanan data, kurangnya transparansi dalam pengambilan keputusan AI dan keterbatasan pelatihan.
Putri & Yuliyana, (2025)	Transformasi Perawatan Kaki Diabetik: Integrasi Teknologi Digital dan Artificial Intelligence untuk Masa Depan Keperawatan	Disparitas akses digital antar wilayah khususnya di daerah terpencil, keterbatasan kesiapan tenaga kesehatan, dan rendahnya literasi digital masyarakat.
Mennella, <i>et al.</i> , 2024	Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review	Tantangan utama terkait privasi data, bias algoritmik, kurangnya transparansi, dan akuntabilitas keputusan AI.
Badawy, <i>et al.</i> , 2024	Navigating ethical considerations in the use of artificial intelligence for patient care: A systematic review	Tantangan kritis bagi perawat terkait privasi dan keamanan data, akuntabilitas keputusan berbasis AI, dan mempertahankan <i>human touch</i> .
El Arab, <i>et al.</i> , 2025	Economic, ethical, and regulatory dimensions of artificial intelligence in healthcare: an integrative review	Keterbatasan otonomi pasien, disparitas ekuitas klinis, underrepresentasi populasi marginal dalam dataset pelatihan AI.
Witkowski, <i>et al.</i> , 2024	Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: ethical concerns and opportunities for patient-centered care	Kekhawatiran jika AI mengancam elemen perawatan berpusat pada pasien terkait hubungan personal dengan tenaga kesehatan.

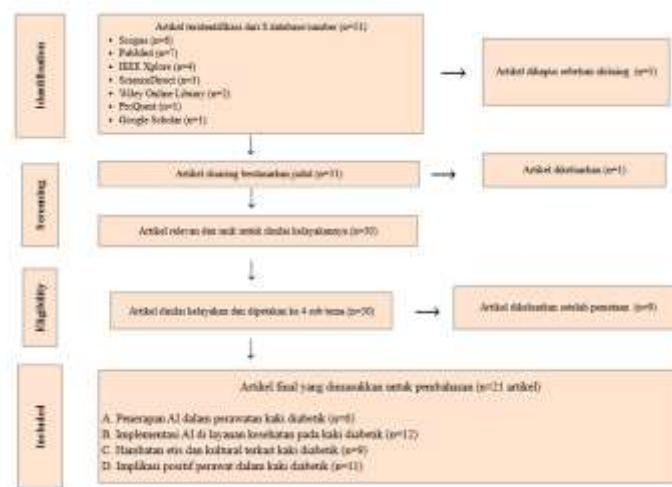
Implikasi Positif bagi Perawat

Kecerdasan buatan (AI) berperan dalam penilaian risiko, triase, edukasi pasien, pemantauan luka, serta pengambilan keputusan berbasis data, sehingga berkontribusi pada peningkatan efisiensi kerja perawat dan kualitas hasil klinis.

Tabel 4. Implikasi Positif bagi Perawat

Penulis	Judul Artikel	Hasil
Anggreni, <i>et al.</i> , 2025	Artificial Intelligence for Diabetic Foot Screening Based on Digital Image Analysis: A Systematic Review	AI sebagai instrumen perawat dalam melakukan perawatan primer dengan pencitraan dan meminimalisir keparahan.
Roupa, <i>et al.</i> , 2024	Measurement of Dehumanization, Self-Dehumanization, and Empathy as Mediating Factors Among Healthcare Professionals	Kualitas kinerja perawat yang memperlakukan pasien dengan bermartabat dan hormat dapat menurunkan dehumanisasi pelayanan kesehatan.
Kusumaningrum, <i>et al.</i> , 2025	Pelatihan Deteksi Diabetic Foot Ulcer (DFU) Berbasis Citra Digital Menggunakan Deep Learning untuk Tenaga Kesehatan di Puskesmas	Meningkatkan kompetensi tenaga kesehatan di Puskesmas dalam mendeteksi DFU secara dini menggunakan citra digital.
Herman, <i>et al.</i> , 2026	Implementasi <i>deep learning</i> dalam sistem deteksi mandiri berbasis mobile untuk luka diabetik guna mendukung kesehatan masyarakat.	Sistem deteksi mandiri memungkinkan perawat dan tenaga kesehatan untuk mendeteksi DFU di wilayah terpencil.
Chan, <i>et al.</i> , 2021	Clinical validation of an artificial intelligence-enabled wound imaging mobile application in diabetic foot ulcers	Perawat dapat melakukan pemantauan dan dokumentasi luka secara digital yang akurat.
Ardelean, <i>et al.</i> , 2024	Personalized and predictive strategies for diabetic foot ulcer prevention and therapeutic management: potential improvements through introducing Artificial Intelligence and wearable technology	Perawat menyusun rencana perawatan personal berbasis data real time, peringatan dini otomatis membantu perawat mengidentifikasi risiko DFU sebelum luka berkembang.
Dias de Oliveira, <i>et al.</i> , 2025	Digital Health Technologies for Diabetic Foot Ulcers: A Systematic Review of Clinical Evidence, Access Inequities, and Public Health Integration	Aplikasi mobile meningkatkan efikasi diri pasien dan kepatuhan perawatan kaki. Perawat dapat memperluas jangkauan asuhan keperawatan komunitas.
Tang, <i>et al.</i> , 2026	User-Centered Development of a Digital Health Service for Diabetic Foot Ulcer Risk Stratification: Usability Study	CDSS prinsip human computer interaction untuk mendukung perawat dalam penilaian kaki dan penentuan risiko DFU.

Badaw y, <i>et al.</i> , 2024	Navigating ethical considerations in the use of artificial intelligence for patient care: A systematic review	Peningkatan akurasi pengambilan keputusan dan kualitas dokumentasi yang berpusat pada pasien.
Arab, <i>et al.</i> , 2025	Economic, ethical, and regulatory dimensions of artificial intelligence in healthcare: an integrative review	Memastikan AI diimplementasikan secara inklusif dan keterlibatan dalam tata kelola AI.
Witkowski, <i>et al.</i> , 2024	Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: ethical concerns and opportunities for patient-centered care	Perawat sebagai penghubung antara teknologi AI dan pendekatan perawatan yang berpusat pada pasien.



Gambar 1. Diagram Alur Seleksi Studi (PRISMA)

DISCUSSION

Penerapan AI dalam Perawatan Kaki Diabetik

Setelah mengkaji tujuh studi yang di inklusi, ditemukan bahwa penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam perawatan kaki diabetik sudah berkembang pesat tidak hanya dari sisi arsitektur model, tetapi juga cakupan aplikasi klinis. Temuan utama seperti analisis citra digital dua dimensi termasuk citra termal plantar didominasi oleh penggunaan *Convolutional Neural Network* (CNN); menunjukkan fungsi AI tidak terbatas untuk mendeteksi ulkus yang telah terbentuk, namun juga dapat digunakan dalam mendeteksi deformitas struktural pre-ulseratif; aplikasi smartphone berbasis AI memungkinkan triasi klinis secara virtual dan pemantauan jarak jauh; serta ditemukan bahwa AI sudah dimanfaatkan untuk mengatasi keterbatasan dataset medis melalui generative AI. Ulkus kaki diabetik mempunyai ciri visual yang beragam seperti variasi kondisi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar. Purnama *et al.* (2025) dan Anggreni *et al.* (2025) mengemukakan representasi fitur secara otomatis dan adaptif terhadap variasi data dengan mengamati piksel gambar, mengidentifikasi fitur sederhana yang selanjutnya dikombinasikan menjadi fitur yang lebih kompleks sehingga menciptakan klasifikasi luka yang akurat. Keberhasilan performa CNN di praktik klinik tetap bergantung pada kualitas dataset, variasi gambar luka, serta validasi model pada populasi yang lebih luas dan dapat diaplikasikan secara aman dalam pelayanan kesehatan. Hal ini sejalan dengan Santos *et*

al. (2025) dan Syahputra *et al.* (2025) bahwa dataset harus meliputi variasi spektrum luka yang luas seperti perbedaan pencahayaan, skala tingkat keparahan, serta warna kulit pasien karena jika AI hanya dilatih pada data terbatas dapat memicu *overfitting* sehingga gagal mendeteksi luka pada pasien sebenarnya.

Integrasi teknologi AI ke dalam aplikasi *smartphone* memungkinkan transisi dari klinik tatap muka ke *virtual clinic* yang berfokus pada deteksi dini ulkus menuju identifikasi deformitas pre-ulseratif sebagai faktor risiko. Teknologi ini memungkinkan pasien atau tenaga kesehatan mengambil foto luka melalui ponsel, lalu dianalisis oleh AI mengenai lokasi, ukuran, jenis jaringan, dan progres penyembuhan secara otomatis sehingga keputusan tindak lanjut dapat dilakukan lebih cepat dan lebih objektif. Panduan *International Working Group on the Diabetic Foot* (IWGDF) telah merekomendasikan skrining rutin dan manajemen tanda pra ulkus yang berkaitan dengan patofisiologi ulkus kaki diabetik. Pada neuropati perifer, tekanan berulang menyebabkan kerusakan jaringan secara bertahap. Dengan mendeteksi deformitas sejak dini, intervensi preventif primer dapat dilaksanakan sebelum terbentuknya ulkus. Pendekatan ini lebih efektif karena bersifat mencegah, bukan sekadar penanganan komplikasi yang telah terjadi, sehingga berpotensi menurunkan risiko infeksi, amputasi, serta beban biaya kesehatan akibat DFU (Chemello *et al.*, 2022). Namun, keberhasilan implementasinya tetap memerlukan kesiapan infrastruktur digital, literasi teknologi pengguna, serta keterlibatan tenaga kesehatan untuk memastikan bahwa keputusan klinis yang dihasilkan tetap aman dan sesuai dengan kondisi pasien. Sehingga AI sebaiknya diposisikan sebagai alat pendukung keputusan klinis (*clinical decision support tool*) dan bukan sebagai pengganti tenaga kesehatan.

Temuan Alkhalefah *et al.* (2025) mengidentifikasi penggunaan *generative AI* untuk mensintesis gambar DFU yang realistis dapat memperkaya dataset pelatihan, dan mengurangi hambatan terkait keterbatasan jumlah citra medis. Pendekatan ini efektif dalam mengurangi ketergantungan pengumpulan data *real-world* yang mahal dan memakan waktu, sehingga pengembangan model DFU dapat berlangsung lebih inklusif dan harus divalidasi secara klinis. Hal ini senada dengan Sun *et al.* (2023) yang menegaskan bahwa proses pembuatan data sintesis berisiko menghilangkan fitur klinis yang langka namun penting sehingga tetap membutuhkan validitas dan generalisabilitas.

Implementasi AI di Layanan Kesehatan

Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi kecerdasan buatan dalam perawatan kaki diabetik berkembang melalui pemanfaatan teknologi, seperti analisis citra digital, machine learning, deep learning, aplikasi mobile, telehealth, dan perangkat wearable. Anggreni *et al.* (2025), Purnama *et al.* (2025), dan Teoh *et al.* (2026) menemukan bahwa teknologi berbasis AI mampu mendukung proses skrining dan mendeteksi komplikasi kaki diabetik sejak dini dengan lebih cepat dan objektif serta diperkuat oleh Pappachan *et al.* (2022) dan Chemello *et al.* (2022) yang menjelaskan bahwa AI tidak lagi hanya digunakan sebagai alat bantu penelitian, tetapi mulai dapat diintegrasikan dalam pelayanan kesehatan. Teknologi berbasis citra digital menunjukkan bahwa identifikasi kondisi kaki diabetik sangat bergantung pada karakteristik visual luka. Menurut Anggreni *et al.* (2025) dan Purnama *et al.* (2025), CNN mampu membantu skrining ulkus kaki diabetik secara otomatis dengan akurasi tinggi. Model deep learning mampu mendeteksi berbagai deformitas kaki yang dapat meningkatkan risiko ulkus (Teoh *et al.*, 2026).
Temuan-

temuan tersebut mengindikasikan bahwa AI dapat mengurangi subjektivitas dalam proses observasi klinis dan meningkatkan ketepatan identifikasi risiko komplikasi. Selain mendukung proses diagnosis, implementasi AI juga berkembang ke arah pemantauan pasien secara berkelanjutan melalui aplikasi mobile, telehealth, dan perangkat wearable. Integrasi AI dengan fotografi digital dan aplikasi mobile memungkinkan pemantauan luka jarak jauh sehingga mempermudah triase dan tindak lanjut. Pengembangan aplikasi telemedicine berbasis AI pendukung penanganan kaki diabetik, serta temuan sistem deteksi mandiri berbasis smartphone, berpotensi meningkatkan akses layanan bagi masyarakat di wilayah dengan fasilitas kesehatan terbatas. Transformasi digital dalam perawatan kaki diabetik tidak hanya berfokus pada peningkatan akurasi diagnosis, tetapi juga pada perluasan akses pelayanan kesehatan. Kajian ini juga menunjukkan adanya pergeseran fungsi AI dari pendekatan diagnostik menuju pendekatan prediktif dan preventif. Ardelean *et al.* (2024) menjelaskan bahwa integrasi AI dengan perangkat wearable, sensor suhu, dan smart insoles memungkinkan identifikasi faktor risiko sebelum munculnya ulkus yang lebih berat. Sejalan dengan hal tersebut, Lin *et al.* (2025) menyatakan tren pengembangan AI dalam perawatan kaki diabetik semakin mengarah pada kemampuan prediksi risiko dan dukungan keputusan klinis personal. Pendekatan ini penting karena komplikasi kaki diabetik merupakan salah satu penyebab utama morbiditas pada pasien diabetes dan sering kali berujung pada tindakan amputasi. Oleh karena itu, pemanfaatan AI berpotensi mendukung upaya pencegahan komplikasi melalui intervensi yang lebih cepat dan tepat sasaran. Arab *et al.* (2025) menyoroti bahwa aspek ekonomi, regulasi, dan tata kelola data masih menjadi hambatan dalam penerapan teknologi AI di berbagai sistem kesehatan. Blanchette *et al.* (2025) menegaskan keberhasilan implementasi program skrining kaki diabetik berbasis teknologi tidak hanya ditentukan oleh performa sistem, tetapi juga oleh kesiapan organisasi, infrastruktur digital, dan penerimaan pengguna. Kondisi ini menunjukkan tingginya akurasi teknologi belum tentu menjamin keberhasilan implementasi jika lingkungan pelayanan tidak memadai. Dari perspektif keperawatan, perkembangan AI membuka peluang untuk meningkatkan kualitas pelayanan melalui deteksi dini, pemantauan berkelanjutan, dan edukasi pasien yang lebih efektif. Putri dan Yuliyana (2025) menjelaskan bahwa integrasi teknologi digital dalam praktik keperawatan berpotensi meningkatkan kualitas perawatan sekaligus mempercepat proses penyembuhan pasien dan didukung oleh Hermanto *et al.* (2026) yang menunjukkan bahwa teknologi berbasis AI dapat membantu tenaga kesehatan melakukan identifikasi risiko secara lebih cepat dan sistematis. Namun demikian, penggunaan AI tetap perlu diimbangi dengan pendekatan yang berpusat pada pasien agar pelayanan yang diberikan tidak hanya berorientasi pada efisiensi teknologi, tetapi juga tetap memperhatikan kebutuhan dan kondisi individu pasien. Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan. Sebagian besar penelitian yang ditemukan masih berfokus pada pengembangan dan validasi teknologi dibandingkan evaluasi implementasi jangka panjang dalam praktik klinis. Selain itu, mayoritas studi berasal dari negara dengan tingkat kesiapan digital yang relatif tinggi sehingga hasilnya belum sepenuhnya dapat digeneralisasikan ke negara berkembang, termasuk Indonesia. Oleh karena itu, selanjutnya perlu dievaluasi efektivitas implementasi AI dalam berbagai konteks pelayanan kesehatan dan populasi yang lebih beragam guna memperoleh gambaran mengenai manfaat teknologi tersebut dalam perawatan kaki diabetik.

Hambatan Etis dan Kultural

Hasil studi literatur menunjukkan bahwa ada dua hambatan utama yang secara munculan dalam penerapan AI terhadap perawatan kaki diabetik yaitu hambatan etis yang berkaitan dengan privasi data, bias algoritmik, transparansi, dan akuntabilitas; serta hambatan kultural yang mencakup disparitas akses digital, resistensi tenaga kesehatan, dan kekhawatiran terhadap dehumanisasi layanan. Ditinjau dari aspek etis, keamanan data dan privasi menjadi tantangan utama yang paling banyak dikeluhkan. Sebagaimana ditegaskan oleh Mennella *et al.* (2024), perlu adanya transparansi dan regulasi yang kuat untuk meningkatkan kepercayaan publik terhadap AI dalam pelayanan kesehatan. AI tidak dapat mereplikasi dimensi empati, relasi terapeutik, dan otonomi penilaian klinis. Akibatnya, sistem AI berpotensi mengikis *human touch* dalam asuhan keperawatan jika digunakan secara berlebihan. Kurangnya empati yang dimiliki tenaga kesehatan dapat memicu hubungan yang kurang baik antara pasien dan perawat. Pasien rentan merasa frustrasi, diabaikan, dan tidak nyaman, sehingga komunikasi terapeutik akan terhambat dan memicu ketegangan. Selain itu, Cangelosi *et al.* (2025) menyoroti bahwa tenaga kesehatan yang cenderung resisten terhadap AI bukan hanya memperlmasalahkan terkait teknis, melainkan juga kurang puas dengan performa klinis AI, biaya implementasi yang mahal, pengambilan keputusan berbasis AI yang kurang transparansi, serta akses pelatihan yang kurang memadai dan masih terbatas. Jika resistensi tersebut tidak ditangani secara sistematis, hambatan institusional dapat jauh lebih sulit diatasi. Sementara itu, dari aspek kultural, menurut Witkowski *et al.* (2024) kekhawatiran publik terhadap AI juga mencerminkan nilai-nilai kolektif tentang perawatan yang berpusat pada manusia. Selain itu, Putri dan Yuliyana (2025) mencatat bahwa masih terdapat kesenjangan akses digital antara wilayah perkotaan dan daerah terpencil, rendahnya literasi digital masyarakat, serta keterbatasan kesiapan tenaga kesehatan. Hal ini mengakibatkan potensi AI dapat kurang maksimal, terjadi kesenjangan layanan kesehatan. Dengan demikian, kajian ini mempunyai keterbatasan dalam hal mayoritas studi masih terfokus pada negara maju. Penelitian selanjutnya perlu mengembangkan kerangka implementasi AI yang secara eksplisit mengintegrasikan dimensi etika lokal, menguji model pendekatan berbasis komunitas yang adaptif terhadap lingkup budaya dan kapasitas infrastruktur digital daerah serta melibatkan perawat dan pasien sebagai pemangku kepentingan aktif dalam perancangan sistem.

Implikasi Positif Bagi Perawat

Hasil tinjauan kedua belas artikel membuktikan integrasi AI dalam praktik keperawatan bukan sebagai pengganti perawatan, melainkan sebagai peningkatan kapabilitas praktik keperawatan lebih adaptif dan berbasis bukti di era digital. AI berbasis CNN mempercepat proses pencitraan kaki diabetik untuk mendapatkan perawatan yang intensif. Hermanto *et al.*, (2026) mengelompokkan DFU dalam lima tingkat keparahan sehingga mendukung kemandirian klinis khususnya di wilayah terpencil dengan keterbatasan akses layanan kesehatan. Selain itu, penerapan *Clinical Decision Support System* (DSS) berbasis *human-computer interaction* berperan dalam mengembangkan kemampuan perawat terhadap pengambilan keputusan klinis secara objektif (Tang *et al.*, 2026). Temuan ini selaras dengan penelitian Tehsin, *et al.*, (2023) bahwa penggabungan pengetahuan, upaya, dan kemajuan teknologi menunjukkan keberhasilan dalam diagnosis, prognosis, dan pengobatan penyakit. Ditinjau dari hasil deteksi dini DFU berbasis AI seperti Computer Aided Diagnosis (CAD) menunjukkan pencegahan dan

perlindungan luka serta memfasilitasi intervensi tepat waktu untuk meminimalisir risiko amputasi dan komorbiditas (Tehsin, *et al.*, 2023). Integrasi AI prediktif dengan teknologi wearable memungkinkan perawat dalam menyusun rencana perawatan yang secara real-time mendeteksi risiko DFU secara dini, sehingga perawatan bergeser dari pendekatan reaktif menuju preventif. Dampaknya meluas pada edukasi pasien, kepatuhan perawatan kaki, kontrol glikemik, dan perluasan jangkauan asuhan berbasis komunitas. Hal ini sejalan dengan pandangan bahwa AI sedang mengkatalisasi pergeseran paradigma keperawatan yang menuntut adanya kompetensi baru dalam analitik data, literasi digital, dan pengambilan keputusan berbasis AI (Park *et al.*, 2025). Perawat harus berada di garda terdepan sepanjang proses implementasi dengan meningkatkan pengambilan keputusan, mengotomatisasi dan mempercepat proses, serta menghemat biaya secara keseluruhan dalam praktiknya (Khatib & Ndiaye, 2025).

CONCLUSION

Integrasi AI dalam perawatan kaki diabetik terbukti membantu perawat dalam melakukan pendekatan preventif, pemantauan luka secara *real-time* dan dalam pengambilan keputusan berdasarkan bukti. Namun, dalam implementasi nya terdapat hambatan privasi data, disparitas akses, resistensi tenaga kesehatan, dan kekhawatiran terhadap dehumanisasi layanan. Oleh sebab itu, penelitian selanjutnya perlu mengoptimalkan implementasi AI berbasis komunitas adaptif serta melibatkan perawat dan pasien dalam perancangan sistem.

ACKNOWLEDGEMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Kesehatan, Prodi Ilmu Keperawatan, Universitas Brawijaya atas dukungan akademik yang diberikan selama proses penyusunan karya tulis ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ns. Heri Kristianto, M.Kep., Sp.Kep.MB selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan artikel ini. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Akademi Keperawatan Patria Husada Surakarta sebagai penyelenggara PHONSIC yang telah memberikan wadah bagi mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan akademik dan penelitian melalui kompetisi ilmiah ini

REFERENCES

- Alhammad, N., Alajlani, M., Abd-Alrazaq, A., Epiphaniou, G., & Arvanitis, T. (2024). Patients' perspectives on the data confidentiality, privacy, and security of mHealth apps: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*, 26, e50715. <https://doi.org/10.2196/50715>
- Alkhalefah, S., AlTuraiki, I., & Altwaijry, N. (2025). Advancing Diabetic Foot Ulcer Care: AI and Generative AI Approaches for Classification, Prediction, Segmentation, and Detection. *Healthcare*, 13(6), 648. <https://doi.org/10.3390/healthcare13060648>
- Anggreni, N. K. I. S., Kristianto, H., Handayani, D., Yueniwati, Y., Irawan, P. L. T., Rosandi, R., Kapti, R. E., & Purnama, A. D. (2025). Artificial intelligence for diabetic foot screening based on digital image analysis: A systematic review. *Journal of Diabetes Science and Technology*, 1–8. <https://doi.org/10.1177/19322968251317521>

- Ardelean, A., Balta, D. F., Neamtu, C., Neamtu, A. A., Rosu, M., & Totolici, B. (2024). Personalized and predictive strategies for diabetic foot ulcer prevention and therapeutic management: Potential improvements through introducing artificial intelligence and wearable technology. *Medical and Pharmaceutical Reports*, 97(4), 419–428. <https://doi.org/10.15386/mpr-2818>
- Badawy, W., Zinhom, H. & Shaban, M. (2025). Navigating ethical considerations in the use of artificial intelligence for patient care: A systematic review. *International Nursing Review*, 72, 1-14. <https://doi.org/10.1111/inr.13059>
- Blanchette, V., Fakhfakh, M., Andoulsi, Y., Brousseau-Foley, M., Pallin, J. A., Buckley, C., Drudi, L. M., de Mestral, C., Kuhnke, J. L., & McIntosh, C. (2025). Exploring diabetic foot screening programs with integrated consolidated framework for implementation: Rapid review protocol. *HRB open research*, 8, 49. <https://doi.org/10.12688/hrbopenres.14119.1>
- Cangelosi, G., Conti, A., Caggianelli, G., Panella, M., Petrelli, F., Mancin, S., Ratti, M., & Masini, A. (2025). Barriers and facilitators to artificial intelligence implementation in diabetes management from healthcare workers' perspective: A scoping review. *Medicina*, 61(8), 1403. <https://doi.org/10.3390/medicina61081403>
- Chan, K. S., Chan, Y. M., Tan, A. H. M., Liang, S., Cho, Y. T., Hong, Q., Yong, E., Chong, L. R. C., Zhang, L., Tan, G. W. L., Chandrasekar, S., & Lo, Z. J. (2022). Clinical validation of an artificial intelligence-enabled wound imaging mobile application in diabetic foot ulcers. *International Wound Journal*, 19(1), 114–124. <https://doi.org/10.1111/iwj.13603>
- Chemello, G., Salvatori, B., Morettini, M., & Tura, A. (2022). Artificial intelligence methodologies applied to technologies for screening, diagnosis and care of the diabetic foot: A narrative review. *Biosensors*, 12(11), 985.
- Dias de Oliveira, T. C., de Oliveira, A. F., Araújo, L. C., Moreira de Sena, M. P., Fagundes, V. C., Rabelo Paixão, P. A., Bastos Dornas, S. G., Sales, C. A., Simões Castro, A. P., de Mendonça Cavalcante, P. A., & Pereira de Sena, L. W. (2025). Digital health technologies for diabetic foot ulcers: A systematic review of clinical evidence, access inequities, and public health integration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(9), 1430. <https://doi.org/10.3390/ijerph22091430>
- El Arab, R. A., Al Moosa, O. A., & Sagbakken, M. (2025). Economic, ethical, and regulatory dimensions of artificial intelligence in healthcare: An integrative review. *Frontiers in Public Health*, 13, 1617138. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1617138>
- Hermanto, Prasetya, I. A., Dzulqarnain, M. F., Wulandari, M., Sujatmiko, W., & Habibi, M. (2026). Implementasi deep learning dalam sistem deteksi mandiri berbasis mobile untuk luka diabetik guna mendukung kesehatan masyarakat. *Jurnal Keperawatan dan Kesehatan (JKK)*, 16(1), 333-344.
- Hidayat, N. A., Sebayang, A. N. O., Shofia, A., & Aldharma, S. A. (2022). Development of telemedicine application based on artificial intelligence in the handling of diabetic foot. *Jurnal Layanan Masyarakat (Journal of Public Service)*, 6(1), 205-211. <https://doi.org/10.20473/jlm.v6i1.2022.205-211>
- Kusumaningrum, S. A. W., Soleh, O., & Apriani, D. (2025). Pelatihan Deteksi Diabetic Foot Ulcer (DFU) Berbasis Citra Digital Menggunakan Deep Learning untuk Tenaga Kesehatan di Puskesmas. *ABDINE: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 358–371.
- Khatib, I.A., & Ndiaye, M. (2025). Examining the role of AI in changing the role of nurses

in patient care: Systematic review. *JMIR Nursing*, 8(19).

- Mennella, C., Maniscalco, U., De Pietro, G., & Esposito, M. (2024). Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review. *Heliyon*, 10(4), e26297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26297>
- Pappachan, J. M., Cassidy, B., Fernandez, C. J., Chandrabalan, V., & Yap, M. H. (2022). The role of artificial intelligence technology in the care of diabetic foot ulcers: The past, the present, and the future. *World Journal of Diabetes*, 13(12), 1131-1139. <https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i12.1131>
- Park, C. S., Kim, M. G., & Han, H. W. (2025). Transforming nursing practice through cutting-edge AI in healthcare: Opportunities, challenges, and ethical implications. *Contemporary Nurse*, 61(1), 1-6.
- Purnama, A. D., Yueniwati, Y., Dina Dewi SLI, Kristianto, H., Irawan, P. L. T., Rosandi, R., ... Ni Kadek Indah Sunar A. (2025). Screening Diabetic Foot Ulcer using Artificial Intelligence Modelling based on Digital Image Analysis: A Systematic Review. *Indonesian Contemporary Nursing Journal (ICON Journal)*, 10(1), 117–134. <https://doi.org/10.20956/icon.v10i1.43631>
- Putri, R. N., & Yuliyana, R. (2025). Transformasi perawatan kaki diabetik: Integrasi teknologi digital dan artificial intelligence untuk masa depan keperawatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, 5(2), 53-57.
- Sakul, W.P., dan Andriani, H. (2025). Prevalensi Global Diabetes Melitus: Tinjauan Sistematis Negara-negara dengan Beban Tinggi dan Strategi Penanganannya. *Jurnal Ners*, 9(3), 5150-5158.
- Santos, E. S. D., Veras, R. M. S., Santos, F. D. C. T. D., Ito, M., Bianchi, A. G. C., Aires, K. R. T., & Tavares, J. M. R. S. (2025). Enhancing diabetic foot ulcer classification through fine-tuned multilevel CNN. *IEEE Access*, 13, 113702-113717. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3583111>
- Stancu, B., Ilyés, T., Farcas, M., Coman, H. F., Chiş, B. A., & Andercou, O. A. (2022). Diabetic Foot Complications: A Retrospective Cohort Study. *International journal of environmental research and public health*, 20(1), 187. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010187>
- Sun, H., Saeedi, P., Karuranga, S., Pinkepank, M., Ogurtsova, K., Duncan, B.B., Stein, C., Basit, A., Chan, J.C.N., Mbanya, J.C., Pavkov, M.E., Ramachandaran, A., Wild, S.H., James, S., Herman, W.H., Zhang, P., Bommer, C., Kuo, S., Boyko, E.J., Magliano, D.J. (2022). IDF Diabetes Atlas: Global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 183, 109119. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2021.109119>
- Sun, S., Goldgof, G. M., Butte, A., & Alaa, A. M. (2023). Aligning Synthetic Medical Images with Clinical Knowledge using Human Feedback. *arXiv*.
- Syahputra, R. A., Firmantara, W., Rosyad, S. F., & Muttaqin, F. (2025). Klasifikasi citra diabetic foot ulcer menggunakan ResNet50 dengan evaluasi confusion matrix pada dataset validasi. *Prosiding Seminar Implementasi Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 4(1), 387-393.
- Tang, H. U., Ravichandran, S., Candefjord, S., Sathyapalan, D., & Lakshmanan, V. (2026). User-centered development of a digital health service for diabetic foot ulcer risk stratification: Usability study. *JMIR Diabetes*, 11, e83287. <https://doi.org/10.2196/83287>
- Tehsin, S., Kausar, S. & Jameel, A. (2023). Diabetic wounds and artificial intelligence: A mini-review. *World Journal of Clinical Cases*, 11(1), 84-91.
- Teoh, K. L., Hari, K. S., Ng, L. L., & Lo, Z. J. (2026). Validation of a trained AI imaging model for detecting diabetic foot deformities. *International Wound Journal*, 23(2),

e70821. <https://doi.org/10.1111/iwj.70821>

Witkowski, K., Dougherty, R. B., & Neely, S. R. (2024). Public perceptions of artificial intelligence in healthcare: Ethical concerns and opportunities for patient-centered care. *BMC Medical Ethics*, 25, 74. <https://doi.org/10.1186/s12910-024-01066-4>