



Elin Hidayat¹
 Agnes Erlita Patade²
 Sisilia Ramang³
 Waode Fitrah Sari⁴

PENGUNAAN KECERDASAAN BUATAN DALAM DIAGNOSA DAN PENGELOLAAN LUKA AKUT DAN KRONIS

Abstrak

Latar Belakang: Luka akut maupun kronis membutuhkan waktu penyembuhan yang lama dan memiliki risiko komplikasi tinggi. Metode diagnosis konvensional masih mengandalkan evaluasi manual oleh tenaga medis, yang subjektif dan kurang akurat. Kecerdasan buatan (AI) menawarkan pendekatan inovatif dalam diagnosis dan pemantauan luka dengan meningkatkan akurasi serta efisiensi perawatan. Metode: Systematic review ini mengikuti pedoman PRISMA 2020, dengan pencarian literatur pada PubMed, Scopus, IEEE Xplore, Web of Science, dan Cochrane Library untuk studi yang dipublikasikan antara 2018–2024. Studi yang dipilih harus melibatkan AI dalam diagnosis atau manajemen luka akut dan kronis. Data yang diekstraksi mencakup jenis AI, populasi studi, dataset yang dianalisis, dan outcome utama, seperti akurasi diagnosis dan efektivitas terapi. Hasil: Sebanyak 17 studi memenuhi kriteria inklusi. AI yang digunakan mencakup machine learning, deep learning, dan computer vision, yang diterapkan dalam analisis gambar luka serta pemantauan penyembuhan luka. Studi menunjukkan bahwa AI memiliki akurasi tinggi (85–97%) dalam diagnosis luka dan dapat mempercepat penyembuhan luka dibandingkan metode manual. AI juga dibandingkan dengan metode konvensional, seperti Laser Doppler Imaging (LDI) dan skala manual (PUSH, BWAT), serta terbukti lebih akurat dalam penilaian luka. Kesimpulan: AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan diagnosis dan manajemen luka kronis dengan meningkatkan akurasi, mengurangi subjektivitas, dan mempercepat proses penyembuhan. Integrasi AI dengan telemedicine juga membuka peluang pemantauan jarak jauh, terutama di daerah dengan keterbatasan tenaga medis. Namun, tantangan seperti kebutuhan dataset berkualitas tinggi dan regulasi keamanan data masih perlu diatasi agar AI dapat diterapkan secara luas dalam praktik klinis.

Kata Kunci: Kecerdasan Buatan, Diagnosis Luka, Luka Kronis, Machine Learning, Deep Learning

Abstract

Background: Acute and chronic wounds require a long healing time and have a high risk of complications. Conventional diagnostic methods still rely on manual evaluation by medical personnel, which is subjective and less accurate. Artificial intelligence (AI) offers an innovative approach in wound diagnosis and monitoring by improving the accuracy and efficiency of treatment. Methods: This systematic review follows the PRISMA 2020 guidelines, with a literature search in PubMed, Scopus, IEEE Xplore, Web of Science, and Cochrane Library for studies published between 2018–2024. Selected studies must involve AI in the diagnosis or management of acute and chronic wounds. Extracted data included the type of AI, study population, analyzed dataset, and main outcomes, such as diagnostic accuracy and therapeutic effectiveness. Results: A total of 17 studies met the inclusion criteria. The AI used included machine learning, deep learning, and computer vision, which were applied in wound image analysis and wound healing monitoring. Studies show that AI has high accuracy (85–97%) in wound diagnosis and can accelerate wound healing compared to manual methods. AI was also compared with conventional methods, such as Laser Doppler Imaging (LDI) and manual scales (PUSH, BWAT), and was shown to be more accurate in wound assessment. Conclusion: AI has

^{1,2,3,4} Prodi Ners, Universitas Widya Nusantara
 email: elin.hidayat50@gmail.com

great potential in improving the diagnosis and management of chronic wounds by increasing accuracy, reducing subjectivity, and accelerating the healing process. The integration of AI with telemedicine also opens up opportunities for remote monitoring, especially in areas with limited medical personnel. However, challenges such as the need for high-quality datasets and data security regulations still need to be overcome for AI to be widely applied in clinical practice.

Keywords: Artificial Intelligence, Wound Diagnosis, Chronic Wounds, Machine Learning, Deep Learning

PENDAHULUAN

Luka akut maupun luka kronis merupakan salah satu tantangan utama dalam dunia medis karena membutuhkan waktu penyembuhan yang lama dan memiliki risiko komplikasi yang tinggi (Falanga et al., 2022). Kondisi ini sering terjadi pada pasien dengan penyakit komorbid seperti diabetes mellitus, insufisiensi vena kronis, dan luka tekan akibat imobilisasi (Jaul et al., 2018). Kesalahan dalam diagnosis dan pemantauan luka dapat menyebabkan perawatan yang tidak tepat, meningkatkan risiko infeksi, dan bahkan berujung pada amputasi (Ahmajärvi et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan metode yang lebih akurat dan efisien untuk menilai kondisi luka secara objektif dan sistematis (Hidayat et al., 2024).

Metode konvensional dalam diagnosis luka masih mengandalkan evaluasi manual oleh tenaga medis menggunakan penggaris dan dokumentasi visual, yang cenderung subjektif dan bervariasi antar individu (Wu et al., 2024). Keterbatasan ini menyebabkan kesalahan dalam penilaian progres penyembuhan luka, yang pada akhirnya berdampak pada efektivitas intervensi medis (Tottoli et al., 2020). Selain itu, tenaga medis juga menghadapi beban kerja yang tinggi, terutama di fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya (Lowe et al., 2021). Oleh karena itu, perlu adanya solusi inovatif yang dapat membantu meningkatkan akurasi diagnosis serta efisiensi tenaga kesehatan dalam menangani pasien dengan luka kronis (Li et al., 2021).

Prevalensi luka kronis terus meningkat secara global seiring dengan bertambahnya populasi lansia dan meningkatnya jumlah penderita penyakit kronis seperti diabetes mellitus (Sen, 2019). Berdasarkan data epidemiologi, luka diabetik menyumbang sekitar 85% dari kasus amputasi pada penderita diabetes, dengan tingkat kematian yang cukup tinggi dalam lima tahun setelah amputasi (Monge et al., 2020). Selain itu, luka kronis juga menjadi penyebab utama rawat inap yang berkepanjangan, meningkatkan beban biaya kesehatan bagi pasien maupun sistem layanan kesehatan secara keseluruhan (Olsson et al., 2019).

Di banyak negara, keterbatasan jumlah tenaga medis yang terlatih dalam perawatan luka menjadi kendala besar dalam menangani pasien dengan kondisi ini (Timmins et al., 2018). Variasi dalam keterampilan dan pengalaman tenaga kesehatan juga menyebabkan ketidakkonsistenan dalam evaluasi luka, sehingga meningkatkan risiko kesalahan dalam diagnosis dan pengambilan keputusan klinis (Isoherranen et al., 2019). Hal ini menunjukkan perlunya suatu sistem yang dapat membantu tenaga medis dalam melakukan penilaian yang lebih objektif dan berbasis data guna meningkatkan kualitas perawatan luka (Dabas et al., 2023).

Seiring dengan perkembangan teknologi digital, kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) mulai diterapkan dalam berbagai bidang kesehatan, termasuk dalam diagnosis dan pengelolaan luka (Bohr & Memarzadeh, 2020). Teknologi AI berbasis machine learning dan deep learning telah dikembangkan untuk menganalisis gambar luka secara otomatis, mengidentifikasi karakteristik jaringan luka, serta memprediksi waktu penyembuhan dengan tingkat akurasi yang tinggi (Ramachandram et al., 2022). Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa AI dapat memberikan hasil yang setara, bahkan lebih akurat dibandingkan dengan evaluasi manual oleh tenaga medis.

Implementasi AI dalam perawatan luka mulai berkembang pesat dalam satu dekade terakhir (Kolimi et al., 2022). Berbagai model AI telah diuji di berbagai negara, baik melalui studi retrospektif maupun eksperimental, untuk menilai efektivitasnya dalam diagnosis luka (Moura et al., 2021). Teknologi seperti Convolutional Neural Networks (CNN) dan algoritma berbasis Computer Vision telah diterapkan dalam berbagai aplikasi mobile dan sistem berbasis cloud, memungkinkan tenaga medis untuk melakukan pemantauan luka secara jarak jauh dengan lebih efisien (Rajasekaran et al., 2024). Perkembangan ini menunjukkan bahwa AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas manajemen luka di fasilitas kesehatan maupun dalam perawatan mandiri oleh pasien (Dankwa-Mullan et al., 2019).

Penggunaan kecerdasan buatan dalam diagnosis dan pengelolaan luka menawarkan solusi inovatif untuk meningkatkan kualitas perawatan pasien (Anisuzzaman et al., 2022). AI dapat membantu tenaga medis dalam menganalisis gambar luka secara otomatis, mengukur dimensi luka dengan akurasi tinggi, serta memberikan rekomendasi perawatan yang berbasis data (Griffa et al., 2024). Teknologi ini juga dapat diintegrasikan dengan sistem telemedicine, memungkinkan pasien untuk mendapatkan pemantauan luka tanpa harus sering datang ke fasilitas kesehatan (Sharma et al., 2023). Dengan demikian, AI dapat membantu mengurangi beban kerja tenaga kesehatan serta meningkatkan efisiensi layanan medis.

Selain itu, pemanfaatan AI dalam manajemen luka juga dapat meningkatkan akses terhadap layanan kesehatan yang lebih baik, terutama di daerah dengan keterbatasan tenaga medis spesialis. Dengan adanya sistem berbasis AI, pasien dapat memperoleh diagnosis yang lebih cepat dan akurat, sehingga tindakan medis yang diperlukan dapat segera dilakukan. Di masa depan, integrasi AI dengan perangkat mobile dan wearable diharapkan dapat semakin mempermudah pemantauan luka secara real-time, sehingga dapat mencegah komplikasi lebih lanjut dan meningkatkan kualitas hidup pasien.

METODE

Metode yang digunakan dalam systematic review ini mengikuti pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) 2020. Pencarian literatur dilakukan pada database PubMed, Scopus, IEEE Xplore, Web of Science, dan Cochrane Library dengan kata kunci yang menggabungkan istilah terkait kecerdasan buatan dan luka kronis, seperti "Artificial Intelligence" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" AND "Chronic Wound" OR "Diabetic Ulcer" OR "Pressure Ulcer" OR "Venous Ulcer" AND "Diagnosis" OR "Wound Management". Rentang tahun publikasi yang disertakan adalah 2018–2024, dengan artikel yang dipilih hanya dalam bahasa Inggris dan Indonesia.

Proses seleksi dilakukan melalui screening judul dan abstrak, dilanjutkan dengan review full-text untuk memastikan kecocokan dengan kriteria inklusi. Data yang diekstraksi mencakup jenis AI yang digunakan, populasi studi, dataset yang dianalisis, serta outcome utama seperti akurasi diagnosis dan efektivitas terapi. Hasil akhir disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis untuk mengidentifikasi tren, keunggulan, keterbatasan, serta tantangan implementasi AI dalam perawatan luka kronis.

Strategi Pencarian

Strategi pencarian untuk systematic review ini dirancang untuk mengidentifikasi studi-studi relevan yang membahas penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam diagnosis dan pengelolaan luka kronis. Pencarian dilakukan pada lima database utama, yaitu PubMed, Scopus, IEEE Xplore, Web of Science, dan Cochrane Library, yang mencakup literatur kesehatan dan teknologi. Kata kunci pencarian yang digunakan mencakup kombinasi istilah terkait dengan kecerdasan buatan seperti "Artificial Intelligence", "Machine Learning", dan "Deep Learning", serta istilah terkait luka kronis seperti "Chronic Wound", "Diabetic Ulcer", "Pressure Ulcer", dan "Venous Ulcer". Selain itu, pencarian juga mencakup istilah yang berhubungan dengan diagnosis dan pengelolaan luka seperti "Diagnosis", "Wound Management", dan "Treatment".

Pencarian dilakukan dalam rentang waktu 2018 hingga 2024, dengan batasan bahwa hanya artikel dalam bahasa Inggris dan Indonesia yang akan disertakan. Semua artikel yang relevan dengan topik ini disaring berdasarkan judul dan abstrak terlebih dahulu, untuk kemudian dilanjutkan dengan evaluasi full-text pada artikel yang memenuhi kriteria inklusi. Selain itu, untuk memperluas jangkauan pencarian, referensi dari artikel-artikel yang relevan juga diperiksa untuk menemukan studi tambahan yang mungkin belum teridentifikasi pada pencarian awal. Proses pencarian ini memastikan bahwa hanya studi dengan kualitas dan relevansi tinggi yang dimasukkan dalam review ini.

Seleksi Studi

Seleksi studi dalam systematic review ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang ketat untuk memastikan hanya penelitian yang relevan dan berkualitas tinggi yang disertakan dalam analisis. Tahapan pertama adalah screening judul dan abstrak, di mana artikel yang ditemukan dari pencarian literatur diperiksa untuk memastikan kesesuaian dengan topik penelitian, yaitu penggunaan kecerdasan buatan dalam diagnosis dan pengelolaan luka kronis. Artikel yang tidak relevan dengan tema, atau yang tidak menggunakan kecerdasan buatan dalam konteks tersebut, dikeluarkan dari seleksi.

Setelah tahapan screening judul dan abstrak, langkah berikutnya adalah review full-text. Pada tahap ini, artikel yang lolos dari tahap pertama diperiksa secara menyeluruh untuk memastikan bahwa mereka memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi meliputi: studi yang berfokus pada penggunaan AI dalam diagnosis atau pengelolaan luka kronis, dengan desain penelitian yang jelas (seperti uji klinis, studi eksperimental, atau review sistematis), serta menyediakan data kuantitatif yang dapat diukur terkait dengan keakuratan atau efektivitas AI dalam konteks luka kronis. Studi yang tidak menyediakan informasi yang memadai atau tidak memenuhi kriteria ini dikeluarkan. Semua data yang diekstraksi dari studi yang terpilih akan digunakan untuk analisis lebih lanjut dalam review ini.

Penilaian Resiko Bias

Penilaian kualitas studi dan risiko bias dalam systematic review ini dilakukan menggunakan JBI Critical Appraisal Checklist, yang merupakan alat standar untuk menilai kualitas metodologis studi dalam berbagai desain penelitian. JBI (Joanna Briggs Institute) memiliki beberapa checklist yang berbeda, yang disesuaikan dengan jenis penelitian, seperti uji klinis acak, studi kohort, studi kasus kontrol, dan studi deskriptif. Setiap studi yang disertakan dalam review ini dievaluasi berdasarkan beberapa kriteria penting, seperti validitas internal, prosedur seleksi sampel, pengendalian variabel confounding, serta kelengkapan dan transparansi laporan.

Setelah penilaian kualitas dan risiko bias dilakukan menggunakan JBI checklist, setiap studi diberi skor atau deskripsi tentang kualitas metodologinya dan kemungkinan adanya bias. Studi yang menunjukkan risiko bias tinggi atau kualitas metodologi yang rendah akan diberikan perhatian khusus dan dapat dikeluarkan dari analisis lebih lanjut, untuk memastikan bahwa hanya studi dengan kualitas tinggi yang dipertimbangkan dalam kesimpulan sistematik ini.

Ekstraksi dan Analisis Data

Proses ekstraksi data dilakukan untuk memperoleh informasi yang relevan dari studi yang telah dipilih, yang meliputi karakteristik studi, metode yang digunakan, populasi yang diteliti, serta outcome utama yang berkaitan dengan penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam diagnosis dan pengelolaan luka kronis. Data yang diekstraksi mencakup jenis AI yang digunakan (misalnya, pembelajaran mesin, pembelajaran mendalam), teknologi dan algoritma yang diterapkan, serta hasil yang diukur, seperti akurasi diagnosis, waktu penyembuhan luka, atau efektivitas pengelolaan luka. Selain itu, informasi terkait dengan ukuran sampel, desain penelitian, dan kriteria inklusi dan eksklusi juga dicatat untuk memastikan keterbandingan antar studi.

Setelah data diekstraksi, analisis dilakukan untuk menilai konsistensi dan heterogenitas temuan yang dilaporkan. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik umum dari studi yang disertakan, termasuk jenis kecerdasan buatan yang paling sering digunakan dan jenis luka kronis yang diteliti. Namun, jika terdapat heterogenitas yang tinggi antara studi (misalnya, perbedaan dalam metode yang digunakan, jenis AI, atau populasi yang diteliti), maka analisis subgroup akan dilakukan untuk menilai perbedaan hasil berdasarkan faktor-faktor ini. Semua data dianalisis secara sistematis untuk memberikan gambaran yang jelas tentang peran dan efektivitas AI dalam diagnosis dan pengelolaan luka kronis.

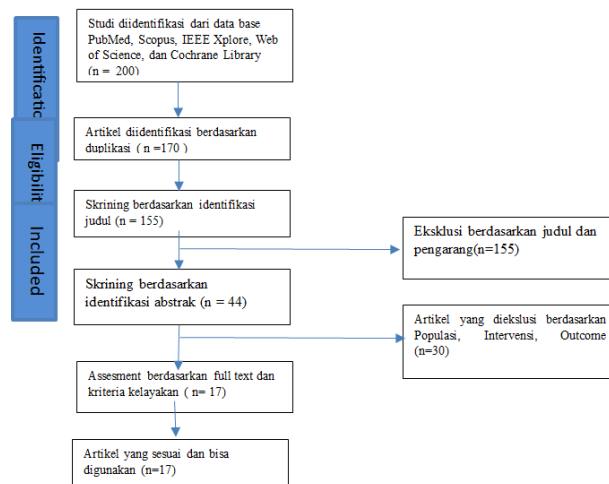
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Studi

Dalam systematic review ini, sebanyak 17 studi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dipilih untuk dianalisis. Studi-studi tersebut terdiri dari berbagai jenis desain penelitian, termasuk uji klinis acak, studi kohort, dan studi observasional, yang mengeksplorasi penggunaan kecerdasan buatan (AI) dalam diagnosis dan pengelolaan luka kronis. Secara umum, studi-studi ini dilakukan di berbagai negara dengan populasi yang bervariasi, yang mencakup pasien dengan luka diabetes, luka tekan, luka venosa, dan ulser lainnya (Maidal et al., 2023).

Mayoritas studi yang terpilih menggunakan algoritma pembelajaran mesin (machine learning) dan pembelajaran mendalam (deep learning) untuk menganalisis gambar medis, seperti foto luka atau hasil pencitraan medis lainnya, untuk mendeteksi dan memantau perkembangan luka. Beberapa studi juga meneliti aplikasi AI dalam merencanakan intervensi terapi atau dalam pemantauan penyembuhan luka secara real-time menggunakan perangkat digital.

Dari segi metode, data kuantitatif diambil dari hasil pengujian algoritma AI untuk mengukur akurasi diagnosis, waktu penyembuhan luka, dan penurunan beban perawatan. Selain itu, sebagian besar studi melaporkan hasil yang mengindikasikan efektivitas AI dalam mempercepat proses diagnosis dan memperbaiki pengelolaan luka, meskipun terdapat perbedaan dalam ukuran sampel dan desain penelitian yang digunakan. Studi-studi ini juga memberikan wawasan tentang tantangan teknis yang terkait dengan penerapan AI dalam perawatan luka, seperti kebutuhan akan data yang berkualitas tinggi dan validitas dalam pengumpulan data. Secara keseluruhan, karakteristik studi yang terpilih menunjukkan adanya potensi yang signifikan dalam penerapan kecerdasan buatan untuk meningkatkan diagnosis dan pengelolaan luka kronis, meskipun terdapat variasi dalam metodologi dan hasil yang diperoleh.



Gambar 1 : Diagram Flow PRISMA

Tabel 1. Tabel PICOS

PICOS	Kriteria Inklusi	Kriteria Ekskusi
Population	<ul style="list-style-type: none"> Pasien dewasa dengan luka akut dan kronis Pasien yang dirawat di rumah sakit atau klinik dengan luka akut dan kronis. 	<ul style="list-style-type: none"> Pasien dengan infeksi kulit. Pasien yang tidak dapat memberikan persetujuan untuk penelitian atau data
Intervention	<ul style="list-style-type: none"> Studi yang menggunakan AI dalam mendiagnosis, memantau, atau merencanakan perawatan luka akut dan kronis. Penggunaan teknologi AI untuk menganalisis gambar medis luka atau untuk pengelolaan terapi luka. 	<ul style="list-style-type: none"> Studi yang tidak menggunakan AI atau menggunakan metode diagnostik manual.
Comparators	<ul style="list-style-type: none"> Studi yang membandingkan AI dengan metode konvensional 	
Outcomes	<ul style="list-style-type: none"> Studi yang melaporkan outcome terkait dengan efektivitas AI dalam diagnosis luka atau 	<ul style="list-style-type: none"> Studi yang tidak melaporkan outcome yang relevan atau tidak cukup data untuk analisis

	penyembuhan luka.	
	<ul style="list-style-type: none">• Outcome yang meliputi pengurangan waktu penyembuhan luka atau peningkatan akurasi diagnosis luka menggunakan AI.	
Study Design and Publication Type	<ul style="list-style-type: none">• Studi dengan desain yang jelas dan metode yang transparan, seperti uji klinis acak, studi kohort, atau observasional yang relevan dengan penggunaan AI dalam luka akut dan kronis.	<ul style="list-style-type: none">• Studi yang tidak relevan atau tidak memberikan data yang valid

PEMBAHASAN

Peran Kecerdasan Buatan dalam Diagnosis dan Pengelolaan Luka akut dan Kronis

Berdasarkan hasil telaah artikel terlihat bahwa kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam diagnosis dan manajemen luka akut maupun kronis. AI digunakan dalam berbagai aspek, mulai dari segmentasi luka, klasifikasi jaringan, pemantauan penyembuhan, hingga prediksi prognosis pasien. Teknologi AI berbasis machine learning (ML) dan deep learning (DL) telah membuktikan keunggulannya dalam meningkatkan keakuratan dan efisiensi proses perawatan luka dibandingkan dengan metode konvensional yang masih mengandalkan pengukuran manual oleh tenaga medis (Gupta et al., 2024).

Akurasitas dan Efektivitas AI dalam Diagnosis Luka

Sejumlah studi dalam systematic review ini menunjukkan bahwa AI memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan luka. Sebagai contoh, studi yang dilakukan oleh Howell et al., (2021) menunjukkan bahwa sistem berbasis AI dapat menilai area luka dengan tingkat akurasi yang mendekati hasil evaluasi dokter spesialis luka. Sistem ini mampu mendeteksi tepi luka dan mengukur luas jaringan granulasi dengan hasil yang sebanding dengan metode konvensional. Demikian pula, studi oleh J Lee et al., (2024) membandingkan sistem AI dengan metode klinis dan Laser Doppler Imaging (LDI) dalam penilaian luka bakar. AI yang menggunakan algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) dan Boundary Attention Mapping (BAM) mampu mengklasifikasikan kedalaman luka dengan akurasi 85% dan sensitivitas sebesar 78,2%. Hasil ini menunjukkan bahwa AI dapat memberikan penilaian objektif yang dapat mengurangi bias subjektif dalam diagnosis luka.

Selain itu, studi oleh Reifs et al., (2023) menunjukkan bahwa model berbasis computer vision yang dikombinasikan dengan AI mampu mengidentifikasi batas luka dan mengklasifikasikan jenis jaringan (nekrotik, sloughy, granulasi) dengan akurasi yang tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa AI dapat membantu tenaga medis dalam mengambil keputusan perawatan luka yang lebih akurat dan berbasis bukti.

Keunggulan AI dalam Pemantauan dan Prediksi Penyembuhan Luka

Selain diagnosis, AI juga berperan dalam pemantauan penyembuhan luka. Studi oleh Gupta et al., (2024) menggunakan model hybrid AI untuk mengevaluasi penyembuhan luka berdasarkan data 2,1 juta evaluasi luka dari lebih dari 200.000 pasien. Model ini mampu memberikan prediksi hingga 22% lebih baik dibandingkan metode manual seperti PUSH (Pressure Ulcer Scale for Healing) dan BWAT (Bates-Jensen Wound Assessment Tool).

Studi lain oleh Kim et al., (2024) menunjukkan efektivitas AI dalam pemantauan luka pasca operasi flap rekonstruksi. Model FS-Net dan DenseNet121 yang digunakan dalam penelitian ini mampu mendeteksi insufisiensi vena dan arteri dengan sensitivitas tinggi, sehingga memungkinkan intervensi lebih cepat dan mengurangi komplikasi pascaoperasi.

Selain itu, studi oleh Barakat-Johnson et al., (2024) menunjukkan bahwa penggunaan aplikasi AI berbasis cloud untuk pemantauan luka kronis meningkatkan dokumentasi luka dari 8,3% menjadi 100% dan meningkatkan akurasi pengukuran luka. Studi ini menegaskan bahwa

AI dapat membantu dalam digitalisasi catatan medis dan memfasilitasi telemedicine bagi pasien dengan luka kronis.

Integrasi AI dengan Perawatan Kesehatan Berbasis Telemedicine

Beberapa studi juga menyoroti peran AI dalam mendukung telemedicine dan perawatan berbasis keluarga. Studi oleh Cassidy et al., (2023) menunjukkan bahwa AI yang diintegrasikan dalam smartphone dapat membantu deteksi ulkus kaki diabetik secara otomatis, dengan sensitivitas sebesar 91,57% dan spesifisitas 88,57%. Teknologi ini memungkinkan pasien melakukan pemantauan luka secara mandiri tanpa harus sering datang ke fasilitas kesehatan.

Selain itu, studi oleh Hao & Sun, (2023) menemukan bahwa penerapan AI dalam model perawatan berbasis keluarga mempercepat waktu penyembuhan luka pada anak-anak dari 33,94 hari menjadi 15,73 hari, sekaligus mengurangi tingkat nyeri pasien. Hasil ini menunjukkan bahwa AI tidak hanya meningkatkan akurasi diagnosis tetapi juga dapat meningkatkan pengalaman perawatan bagi pasien dan keluarga.

Tantangan dalam Implementasi AI untuk Perawatan Luka Kronis

Meskipun AI menawarkan berbagai manfaat dalam perawatan luka kronis, masih terdapat beberapa tantangan dalam implementasinya. Salah satu kendala utama adalah ketersediaan data berkualitas tinggi untuk melatih model AI. Beberapa studi, seperti yang dilakukan oleh Alabdulhafith et al., (2024) menunjukkan bahwa penggunaan data dari berbagai sumber dan metode pengolahan citra yang berbeda dapat memengaruhi akurasi model AI.

Selain itu, isu keamanan data dan privasi pasien juga menjadi perhatian utama dalam implementasi AI dalam layanan kesehatan. Penggunaan data medis yang bersifat sensitif memerlukan regulasi yang ketat untuk memastikan bahwa informasi pasien tetap aman dan tidak disalahgunakan. Tantangan lainnya adalah adopsi AI oleh tenaga medis. Studi oleh Jain et al., (2021) menunjukkan bahwa meskipun AI dapat meningkatkan akurasi diagnosis klinis, masih terdapat hambatan dalam penerapannya di lingkungan klinis, seperti kebutuhan akan pelatihan tambahan bagi tenaga medis dan resistensi terhadap teknologi baru.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah artikel, dapat disimpulkan bahwa AI memiliki potensi besar dalam meningkatkan akurasi diagnosis, efisiensi pemantauan, serta perencanaan terapi bagi pasien dengan luka kronis. Keunggulan AI dalam segmentasi luka, klasifikasi jaringan, dan prediksi penyembuhan luka telah terbukti dalam berbagai studi, dengan hasil yang menunjukkan peningkatan akurasi hingga 85–97% dibandingkan metode konvensional.

Integrasi AI dengan telemedicine juga membuka peluang untuk meningkatkan akses pasien terhadap layanan kesehatan yang lebih baik, terutama di daerah dengan keterbatasan tenaga medis. Namun, untuk mengoptimalkan implementasi AI dalam perawatan luka, diperlukan pendekatan yang komprehensif, termasuk peningkatan kualitas data, regulasi yang ketat mengenai keamanan data pasien, serta edukasi bagi tenaga medis dalam penggunaan teknologi ini. Ke depannya, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengatasi tantangan yang ada serta mengembangkan sistem AI yang lebih canggih dan dapat diterapkan secara luas dalam praktik klinis. Dengan pendekatan yang tepat, AI dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan kualitas perawatan luka kronis dan mengurangi beban tenaga kesehatan di berbagai fasilitas medis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmajärvi, K., Isoherranen, K., & Venermo, M. (2022). Cohort study of diagnostic delay in the clinical pathway of patients with chronic wounds in the primary care setting. *BMJ Open*, 12(11), e062673. <https://doi.org/10.1136/BMJOPEN-2022-062673>
- Alabdulhafith, M., Ba Mahel, A. S., Samee, N. A., Mahmoud, N. F., Talaat, R., Muthanna, M. S. A., & Nassef, T. M. (2024). Automated wound care by employing a reliable U-Net architecture combined with ResNet feature encoders for monitoring chronic wounds. *Frontiers in Medicine*, 11(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1310137>
- Anisuzzaman, D. M., Wang, C., Rostami, B., Gopalakrishnan, S., Niezgoda, J., & Yu, Z. (2022). Image-Based Artificial Intelligence in Wound Assessment: A Systematic Review. *https://Home.Liebertpub.Com/Wound*, 11(12), 687–709. <https://doi.org/10.1089/WOUND.2021.0091>

- Barakat-Johnson, M., Jones, A., Burger, M., Leong, T., Frotjold, A., Randall, S., Fethney, J., & Coyer, F. (2024). Reshaping Wound Care: Evaluation of an Artificial Intelligence App to Improve Wound Assessment and Management. *Studies in Health Technology and Informatics*, 310, 941–945. <https://doi.org/10.3233/SHTI231103>
- Berezo, M., Budman, J., Deutscher, D., Hess, C. T., Smith, K., & Hayes, D. (2022). Predicting Chronic Wound Healing Time Using Machine Learning. *Advances in Wound Care*, 11(6), 281–296. <https://doi.org/10.1089/wound.2021.0073>
- Bohr, A., & Memarzadeh, K. (2020). The rise of artificial intelligence in healthcare applications. *Artificial Intelligence in Healthcare*, 25–60. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00002-2>
- Budman, J., Keenahan, K., Acharya, S., & Brat, G. A. (2015). Design of A Smartphone Application for Automated Wound Measurements for Home Care. *Iproceedings*, 1(1), e16. <https://doi.org/10.2196/iproc.4703>
- Cao, Y., & Wang, Y. (2024). The Impact of Artificial Intelligence and Deep Learning-based Family-centered Care Interventions on the Healing of Chronic Lower Limb Wounds in Children. *IEEE Access*, 12(June), 125557–125570. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3454769>
- Cassidy, B., Hoon Yap, M., Pappachan, J. M., Ahmad, N., Haycocks, S., O'Shea, C., Fernandez, C. J., Chacko, E., Jacob, K., & Reeves, N. D. (2023). Artificial intelligence for automated detection of diabetic foot ulcers: A real-world proof-of-concept clinical evaluation. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 205(October), 110951. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2023.110951>
- Chairat, S., Chaichulee, S., Dissaneewate, T., & Wangkulangkul, P. (2023). AI-Assisted Assessment of Wound Tissue with Automatic Color and Measurement Calibration on Images Taken with a Smartphone. 1–22.
- 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>
- Dabas, M., Schwartz, D., Beeckman, D., & Gefen, A. (2023). Application of Artificial Intelligence Methodologies to Chronic Wound Care and Management: A Scoping Review. <https://Home.Liebertpub.Com/Wound>, 12(4), 205–240. <https://doi.org/10.1089/WOUND.2021.0144>
- Dankwa-Mullan, I., Rivo, M., Sepulveda, M., Park, Y., Snowdon, J., & Rhee, K. (2019). Transforming Diabetes Care Through Artificial Intelligence: The Future Is Here. *Population Health Management*, 22(3), 229–242. <https://doi.org/10.1089/POP.2018.0129>
- Falanga, V., Isseroff, R. R., Soulika, A. M., Romanelli, M., Margolis, D., Kapp, S., Granick, M., & Harding, K. (2022). Chronic wounds. *Nature Reviews Disease Primers* 2022 8:1, 8(1), 1–21. <https://doi.org/10.1038/s41572-022-00377-3>
- Griffa, D., Natale, A., Merli, Y., Starace, M., Curti, N., Mussi, M., Castellani, G., Melandri, D., Piraccini, B. M., & Zengarini, C. (2024). Artificial Intelligence in Wound Care: A Narrative Review of the Currently Available Mobile Apps for Automatic Ulcer Segmentation. *BioMedInformatics* 2024, Vol. 4, Pages 2321-2337, 4(4), 2321–2337. <https://doi.org/10.3390/BIOMEDINFORMATICS4040126>
- Gupta, R., Goldstone, L., Eisen, S., Ramachandram, D., Cassata, A., Fraser, R. D. J., Ramirez-Garcialuna, J. L., Bartlett, R., & Allport, J. (2024a). Towards an AI-Based Objective Prognostic Model for Quantifying Wound Healing. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 28(2), 666–677. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2023.3251901>
- Gupta, R., Goldstone, L., Eisen, S., Ramachandram, D., Cassata, A., Fraser, R. D. J., Ramirez-Garcialuna, J. L., Bartlett, R., & Allport, J. (2024b). Towards an AI-Based Objective Prognostic Model for Quantifying Wound Healing. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 28(2), 666–677. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2023.3251901>
- Hao, M., & Sun, J. (2023). Nursing Intervention of Children's Lower Limb Chronic Wound Healing Under Artificial Intelligence. *IEEE Access*, 11(November), 141090–141099. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3335192>
- Hidayat, E., Marhum, S. S., Lario, S. H. T., Safitri, R., Saranianingsi, U., Yenni, Y., Jayanti, A. I., Bianti, N., Safitri, R. A., & Saputra, A. D. (2024). Program Peningkatan Kognitif Tentang

- Perawatan Luka Sehari-Hari Pada Masyarakat Beresiko Di Lingkungan Martayasa. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(4), 7935–7938. <https://doi.org/10.31004/CDJ.V5I4.31532>
- Howell, R. S., Liu, H. H., Khan, A. A., Woods, J. S., Lin, L. J., Saxena, M., Saxena, H., Castellano, M., Petrone, P., Slone, E., Chiu, E. S., Gillette, B. M., & Gorenstein, S. A. (2021). Development of a Method for Clinical Evaluation of Artificial Intelligence-Based Digital Wound Assessment Tools. *JAMA Network Open*, 4(5), 1–12. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.7234>
- Isoherranen, K., O'Brien, J. J., Barker, J., Dissemond, J., Hafner, J., Jemec, G. B. E., Kamarachev, J., L  uchli, S., Montero, E. C., Nobbe, S., Sunderk  tter, C., & Velasco, M. L. (2019). Atypical wounds. Best clinical practice and challenges. <https://doi.org/10.12968/Jowc.2019.28.Sup6.S1>, 28, S1–S92. <https://doi.org/10.12968/JOWC.2019.28.SUP6.S1>
- Jain, A., Way, D., Gupta, V., Gao, Y., De Oliveira Marinho, G., Hartford, J., Sayres, R., Kanada, K., Eng, C., Nagpal, K., Desalvo, K. B., Corrado, G. S., Peng, L., Webster, D. R., Dunn, R. C., Coz, D., Huang, S. J., Liu, Y., Bui, P., & Liu, Y. (2021). Development and Assessment of an Artificial Intelligence-Based Tool for Skin Condition Diagnosis by Primary Care Physicians and Nurse Practitioners in Teledermatology Practices. *JAMA Network Open*, 4(4), 1–14. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.7249>
- Jaul, E., Barron, J., Rosenzweig, J. P., & Menczel, J. (2018). An overview of co-morbidities and the development of pressure ulcers among older adults. *BMC Geriatrics*, 18(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/S12877-018-0997-7/FIGURES/1>
- Kim, J., Lee, S. M., Kim, D. E., Kim, S., Chung, M. J., Kim, Z., Kim, T., & Lee, K. T. (2024). Development of an Automated Free Flap Monitoring System Based on Artificial Intelligence. *JAMA Network Open*, 7(7), e2424299. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.24299>
- Kolimi, P., Narala, S., Nyavanandi, D., Youssef, A. A. A., & Dudhipala, N. (2022). Innovative Treatment Strategies to Accelerate Wound Healing: Trajectory and Recent Advancements. *Cells* 2022, Vol. 11, Page 2439, 11(15), 2439. <https://doi.org/10.3390/CELLS11152439>
- Lee, J. J., Abdolhanejad, M., Morzycki, A., Freeman, T., Chan, H., Hong, C., Joshi, R., & Wong, J. N. (2024). Comparing Artificial Intelligence Guided Image Assessment to Current Methods of Burn Assessment. *Journal of Burn Care & Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1093/jbcr/irae121>
- Li, S., Renick, P., Senkowsky, J., Nair, A., & Tang, L. (2021). Diagnostics for Wound Infections. <https://Home.Liebertpub.Com/Wound>, 10(6), 317–327. <https://doi.org/10.1089/WOUND.2019.1103>
- Lowe, H., Woodd, S., Lange, I. L., Janjanin, S., Barnett, J., & Graham, W. (2021). Challenges and opportunities for infection prevention and control in hospitals in conflict-affected settings: a qualitative study. *Conflict and Health*, 15(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S13031-021-00428-8/METRICS>
- Maida¹, W. H., Hidayat², E., & Paundanan³, M. (2023). Faktor-Faktor yang Berhubungan dengan Resiliensi Pasien dengan Diabetes Melitus Tipe II yang Menjalani Perawatan di UPT RSUD Banggai. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 21240–21254. <https://doi.org/10.31004/JPTAM.V7I3.9871>
- Monge, L., Gnani, R., Carn  , P., Broglio, F., Boffano, G. M., & Giorda, C. B. (2020). Incidence of hospitalization and mortality in patients with diabetic foot regardless of amputation: a population study. *Acta Diabetologica*, 57(2), 221–228. <https://doi.org/10.1007/S00592-019-01412-8/METRICS>
- Moura, F. S. E., Amin, K., & Ekwobi, C. (2021). Artificial intelligence in the management and treatment of burns: a systematic review. *Burns & Trauma*, 9. <https://doi.org/10.1093/BURNST/TKAB022>
- Olsson, M., J  rbrink, K., Divakar, U., Bajpai, R., Upton, Z., Schmidtchen, A., & Car, J. (2019). The humanistic and economic burden of chronic wounds: A systematic review. *Wound Repair and Regeneration*, 27(1), 114–125. <https://doi.org/10.1111/WRR.12683>
- Park, M. W., & Sung, M. Y. (2024). Automated Surgical Wound Classification for Intelligent Emergency Care Applications. *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, 15(8), 663–673. <https://doi.org/10.32985/ijeces.15.8.4>

- Rajasekaran, M., Ranganathan, C. S., Manikandan, G., Bhuvaneswari, G., Ganeshbabu, T. R., & Rajmohan, M. (2024). Cloud-Based AI Solutions for Early Wound Infection Detection and Treatment Recommendations. 4th International Conference on Sustainable Expert Systems, ICSES 2024 - Proceedings, 591–596. <https://doi.org/10.1109/ICSES63445.2024.10763001>
- Ramachandram, D., Ramirez-GarciaLuna, J. L., Fraser, R. D. J., Martínez-Jiménez, M. A., Arriaga-Caballero, J. E., & Allport, J. (2022). Fully Automated Wound Tissue Segmentation Using Deep Learning on Mobile Devices: Cohort Study. *JMIR MHealth and UHealth*, 10(4), e36977. <https://doi.org/10.2196/36977>
- Reifs, D., Casanova-Lozano, L., Reig-Bolaño, R., & Grau-Carrion, S. (2023). Clinical Validation of Computer Vision and Artificial Intelligence Algorithms for Wound Measurement and Tissue Classification in Wound Care. *Informatics in Medicine Unlocked*, 37(December 2022). <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101185>
- Sen, C. K. (2019). Human Wounds and Its Burden: An Updated Compendium of Estimates. *Advances in Wound Care*, 8(2), 39–48. <https://doi.org/10.1089/WOUND.2019.0946/ASSET/IMAGES/LARGE/FIGURE1.JPEG>
- Sharma, S., Rawal, R., & Shah, D. (2023). Addressing the challenges of AI-based telemedicine: Best practices and lessons learned. *Journal of Education and Health Promotion*, 12(1). https://doi.org/10.4103/JEHP.JEHP_402_23
- Tanner, J., Rochon, M., Harris, R., Beckhelling, J., Jurkiewicz, J., Mason, L., Bouttell, J., Bolton, S., Dummer, J., Wilson, K., Dhoonmoon, L., & Cariaga, K. (2024). Digital wound monitoring with artificial intelligence to prioritise surgical wounds in cardiac surgery patients for priority or standard review: protocol for a randomised feasibility trial (WISDOM). *BMJ Open*, 14(9), e086486. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-086486>
- Timmins, B. A., Thomas Riché, C., Saint-Jean, M. W., Tuck, J., & Merry, L. (2018). Nursing wound care practices in Haiti: facilitators and barriers to quality care. *International Nursing Review*, 65(4), 542–549. <https://doi.org/10.1111/INR.12438>
- Tottoli, E. M., Dorati, R., Genta, I., Chiesa, E., Pisani, S., & Conti, B. (2020). Skin Wound Healing Process and New Emerging Technologies for Skin Wound Care and Regeneration. *Pharmaceutics* 2020, Vol. 12, Page 735, 12(8), 735. <https://doi.org/10.3390/PHARMACEUTICS12080735>
- Wu, Y., Wu, L., & Yu, M. (2024). The clinical value of intelligent wound measurement devices in patients with chronic wounds: A scoping review. *International Wound Journal*, 21(3), e14843. <https://doi.org/10.1111/IWJ.14843>