

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Diabetes melitus adalah penyakit kronis yang ditandai dengan kadar gula darah yang sangat tinggi, yang menyebabkan komplikasi serius dan terkadang mengancam jiwa seperti amputasi tungkai bawah, masalah kardiovaskular, kehilangan penglihatan, dan gangguan ginjal (Higginson dkk., 2020). Federasi Diabetes Internasional melaporkan bahwa sekitar 9,3% dari total populasi dunia terkena diabetes dan jumlahnya diprediksi akan meningkat hingga 10,2% pada tahun 2030 (Saeedi dkk., 2019). Di Indonesia, prevalensi ulkus kaki diabetik diperkirakan mencapai sekitar 15% pada penderita diabetes dengan angka amputasi sekitar 30%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa ulkus kaki diabetik masih menjadi komplikasi yang serius, sehingga deteksi dini diperlukan untuk mengurangi risiko komplikasi yang lebih berat, termasuk amputasi (Wahab dkk., 2021). Komplikasi utama diabetes adalah neuropati, terutama pada kaki, yang dapat menyebabkan infeksi yang tidak dapat disembuhkan. Penderita diabetes sering kesulitan menyembuhkan ulkus kaki karena gangguan sirkulasi darah (Noor dkk., 2020), (Killeen dkk., 2020) yang dapat memperburuk infeksi, berpotensi memerlukan amputasi dalam jangka panjang. Tingkat kekambuhan ulkus kaki diabetik (DFU) juga sangat tinggi, yaitu sekitar 40% setelah tahun pertama dan 60% dalam tiga tahun setelah timbulnya penyakit (Reyzelman dkk., 2021), (Armstrong dkk., 2020). Di Amerika Serikat saja, hampir satu juta orang dengan diabetes menjalani amputasi setiap tahunnya karena diagnosis dan penanganan DFU yang tidak memadai (Ananian dkk., 2021). Luka amputasi tersebut rentan terhadap komplikasi selain berdampak negatif pada kualitas hidup (Boutoille dkk., 2020). Perawatan dan pengobatan pasien DFU stadium lanjut sulit dan mahal (Cavanagh dkk., 2021). Pengobatan DFU yang efektif membutuhkan skrining dan dokumentasi yang cermat. Oleh karena itu, sangat penting untuk menemukan cara yang andal untuk deteksi dini dan skrining rutin DFU sehingga dapat diobati dengan cepat dan hemat biaya sebelum berkembang ke stadium selanjutnya.

Dalam beberapa tahun terakhir, diagnosis berbantuan komputer (CAD) berbasis kecerdasan buatan (AI) semakin populer untuk berbagai macam penyakit karena perkembangan dan efektivitas jaringan saraf tiruan (ANN) dan kerangka kerja pembelajaran mendalam (DL). Aplikasi berbasis AI merupakan alat penting dalam

membantu para profesional medis yang kewalahan untuk mempromosikan praktik yang lebih baik. Aplikasi ini mengotomatiskan prosedur berulang dengan menawarkan bantuan pengambilan keputusan di tempat perawatan dengan deteksi cepat dan pasti terhadap perubahan negatif selama proses penyembuhan luka. Telah ada beberapa upaya untuk mendiagnosis DFU dengan teknik berbasis kecerdasan buatan sejak tahun 2015 . Baik teknik pembelajaran mesin (ML) tradisional maupun visi komputer (CV) digunakan secara bersamaan untuk menganalisis gambar DFU (Yap dkk., 2020),(Yap dkk., 2022). Meskipun berbagai pendekatan berbasis kecerdasan buatan telah dikembangkan untuk analisis ulkus kaki diabetik, sebagian besar penelitian masih berfokus pada diagnosis klinis atau klasifikasi kondisi luka pada tahap lanjut, yang membutuhkan intervensi tenaga medis secara intensif dan sering kali dilakukan setelah luka berkembang cukup parah. Selain itu, banyak sistem yang diusulkan masih bergantung pada dataset terbatas, proses analisis yang tidak real-time, serta lingkungan pengambilan citra yang terkontrol, sehingga penerapannya dalam skrining rutin di lapangan atau pada fasilitas layanan kesehatan dengan sumber daya terbatas menjadi kurang optimal. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan sistem yang lebih sederhana, cepat, dan adaptif untuk skrining dini DFU sebelum mencapai tahap komplikasi berat.

Pendekatan berbasis citra digital dan visi komputer menawarkan potensi besar sebagai solusi non-invasif untuk mendukung proses skrining DFU. Melalui pemanfaatan kamera dan algoritma pembelajaran mendalam, sistem dapat membantu mengidentifikasi indikasi visual awal luka, seperti perubahan tekstur kulit, warna, dan pola luka, yang sering kali terlewatkan pada pemeriksaan konvensional tanpa dokumentasi visual yang konsisten. Sistem skrining berbasis citra ini diharapkan mampu berfungsi sebagai alat bantu bagi tenaga kesehatan, khususnya dalam

memprioritaskan pasien yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut, tanpa menggantikan peran diagnosis klinis oleh profesional medis.

Namun demikian, penerapan teknologi AI dalam konteks DFU juga menghadapi tantangan signifikan, antara lain variasi kondisi pencahayaan, perbedaan sudut pengambilan gambar, heterogenitas bentuk dan ukuran luka, serta ketidakseimbangan jumlah data antar kelas. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengekstraksi fitur visual secara robust dan memberikan hasil prediksi yang konsisten. Penggunaan algoritma deteksi objek berbasis pembelajaran mendalam menjadi relevan karena tidak hanya mampu melakukan klasifikasi, tetapi juga menentukan lokasi area luka secara visual, sehingga informasi yang dihasilkan lebih intuitif dan mudah dipahami oleh pengguna non-ahli.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengembangkan sistem skrining dini ulkus kaki diabetik berbasis citra digital dan kecerdasan buatan yang berfungsi sebagai alat bantu identifikasi awal kondisi luka. Sistem yang diusulkan difokuskan pada deteksi visual area yang berpotensi sebagai luka diabetik, disertai tingkat kepercayaan (confidence), sehingga dapat mendukung proses pengambilan keputusan awal secara cepat, objektif, dan terstandarisasi. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem dapat berkontribusi dalam meningkatkan efektivitas skrining rutin DFU, mengurangi keterlambatan penanganan, serta menekan risiko komplikasi lanjutan seperti infeksi berat dan amputasi.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dipaparkan, dapat diidentifikasi beberapa permasalahan utama yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Tingginya risiko komplikasi luka diabetes akibat keterlambatan deteksi dini, karena proses pemantauan luka belum dilakukan secara optimal dan berkelanjutan.

2. Pemeriksaan luka diabetes yang masih banyak dilakukan secara manual memiliki keterbatasan berupa subjektivitas penilaian, ketergantungan pada pengalaman tenaga medis, serta potensi perbedaan interpretasi antar pemeriksa.
3. Pemanfaatan teknologi *Artificial Intelligence* dan *computer vision* untuk *screening* dini luka diabetes masih belum optimal, khususnya dalam penerapan algoritma YOLO11 untuk mendeteksi dan melokalisasi area luka pada citra digital.
4. Belum tersedianya sistem *screening* dini luka diabetes berbasis citra digital yang mampu mendeteksi luka secara otomatis, menampilkan informasi hasil deteksi dan tingkat risiko awal, serta dievaluasi menggunakan metrik *precision*, *recall*, *F1-score*, *mAP50*, dan *mAP50-95*.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Mengembangkan aplikasi sistem kamera cerdas berbasis webcam untuk mendeteksi dan melokalisasi area luka diabetes pada citra digital menggunakan algoritma YOLO11.
2. Bagaimana kemampuan sistem dalam mendeteksi dan melokalisasi area luka diabetes pada citra digital yang diperoleh menggunakan webcam?
3. Bagaimana hasil validasi sistem deteksi luka diabetes dengan membandingkan hasil prediksi sistem terhadap foto luka asli yang disertai data kadar gula darah sebagai acuan (ground truth)?

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terfokus dan tidak melebar, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek Penelitian

Sistem hanya difokuskan untuk mendeteksi luka diabetes (*diabetic ulcer*) menggunakan algoritma YOLO11. Data *non diabetic* digunakan sebagai pembanding agar model dapat membedakan luka diabetes dengan luka non-diabetes.

2. Lingkungan Pengujian

Pengujian sistem dilakukan pada aplikasi desktop berbasis Windows menggunakan webcam sebagai media pengambilan citra dan dataset yang telah disiapkan. Pengujian belum dilakukan di fasilitas pelayanan kesehatan secara langsung karena keterbatasan akses, dan perizinan.

3. Model Deteksi dan Dataset

Model yang digunakan adalah YOLO11 yang dilatih menggunakan dataset citra luka yang telah dianotasi. Hasil deteksi dipengaruhi oleh kualitas dan variasi dataset yang digunakan dalam penelitian.

4. Proses Deteksi

Sistem hanya mendeteksi jenis luka berdasarkan citra dan tidak digunakan untuk menentukan tingkat keparahan luka maupun sebagai alat diagnosis medis.

5. Data Kadar Gula Darah

Data kadar gula darah bersifat opsional dan hanya digunakan sebagai informasi pendukung hasil deteksi, bukan sebagai masukan (input) model YOLO11.

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi luka diabetes berbasis webcam menggunakan algoritma YOLO11 pada aplikasi desktop.
2. Menganalisis kinerja algoritma YOLO11 dalam mendeteksi luka diabetes berdasarkan metrik evaluasi precision, recall, F1-score, mAP50, dan mAP50-95.
3. Mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendeteksi luka diabetes melalui perbandingan hasil deteksi terhadap *ground truth*, serta didukung oleh hasil pemeriksaan kadar glukosa darah acak (GDA) sebagai informasi pendukung,

dan menganalisis pengaruh perbedaan resolusi webcam 1080p terhadap hasil deteksi.

1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara akademis maupun praktis dalam pengembangan sistem deteksi luka diabetes berbasis kecerdasan buatan. Penerapan algoritma YOLO11 pada sistem deteksi luka diabetes berbasis citra digital diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemanfaatan teknologi *computer vision* dalam mendukung proses deteksi luka secara lebih cepat dan konsisten

1.6.1 Manfaat Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi mengenai penerapan algoritma YOLO11 dalam mendeteksi luka diabetes berbasis citra digital. Selain itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pembelajaran dan referensi bagi mahasiswa maupun peneliti yang ingin mengembangkan penelitian di bidang *computer vision*, *deep learning*, dan deteksi objek pada bidang kesehatan. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem deteksi luka diabetes pada penelitian selanjutnya.

1.6.2 Manfaat Praktis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif alat bantu untuk melakukan *screening* awal luka diabetes berbasis citra digital. Sistem yang dikembangkan dapat membantu pengguna memperoleh hasil deteksi secara lebih cepat dan konsisten, serta memberikan informasi pendukung bagi tenaga kesehatan dalam melakukan pemeriksaan awal. Namun, sistem ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan diagnosis maupun keputusan medis yang dilakukan oleh tenaga kesehatan.