

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tekanan darah adalah salah satu indikator vital kesehatan kardiovaskular dan sering digunakan sebagai parameter untuk mendeteksi hipertensi atau risiko penyakit jantung. Pengukuran tekanan darah secara tradisional menggunakan manset (*cuff*) pada lengan, meskipun akurat, memiliki keterbatasan: memerlukan alat khusus, pengaturan yang hati-hati, dan tidak nyaman untuk pemantauan kontinu. Oleh karena itu, penelitian terkini mengarahkan perhatian pada metode non-invasif tanpa manset (*cuffless*) yang dapat memberikan estimasi tekanan darah secara praktis dan mudah.

Salah satu pendekatan baru yang menjanjikan adalah penggunaan *remote photoplethysmography* (rPPG)—teknik yang memanfaatkan kamera untuk mendeteksi perubahan cahaya kulit akibat fluktuasi aliran darah kapiler—tanpa kontak fisik pada pengguna. Metode ini memungkinkan ekstraksi sinyal fisiologis hanya dari video wajah, sehingga menjadi solusi ideal untuk sistem pemantauan tekanan darah di rumah atau perangkat portable (Hwang & Lee, 2024). Dengan rPPG, perubahan warna kulit yang sangat halus karena aliran darah dapat diubah menjadi sinyal digital, diproses, kemudian dipetakan menjadi estimasi tekanan darah.

Penelitian ReViSe oleh (Qiao et al., 2022) membuktikan bahwa rPPG dari video wajah smartphone dapat menghasilkan estimasi tekanan darah (SBP dan DBP) dengan *mean absolute error* (MAE) sekitar 6,7 mmHg dan 9,6 mmHg dalam kondisi lingkungan yang lebih realistis (*daily living*)

dibandingkan kondisi laboratorium. Temuan ini membuka pintu bagi aplikasi keseharian di mana pengguna dapat melakukan pengukuran tekanan darah hanya dengan kamera ponsel.

Namun, metode rPPG menghadapi berbagai tantangan nyata: variasi pencahayaan, gerakan wajah, kualitas kamera, dan noise sinyal. Beberapa penelitian mencoba mengatasi ini dengan melakukan pemrosesan sinyal yang intensif, penggunaan fitur frekuensi dan morfologi, serta model *deep learning* (Akamatsu et al., 2024). Model *Bayesian Ensemble* dalam *U-FaceBP*, misalnya, mempertimbangkan ketidakpastian prediksi untuk meningkatkan keandalan output. Meskipun demikian, banyak penelitian publik masih mengandalkan dataset besar dan kondisi ideal, yang menyisakan tantangan untuk penerapan nyata di perangkat sederhana.

Berangkat dari peluang dan tantangan tersebut, penelitian ini hadir untuk membangun sistem estimasi tekanan darah non-invasif dari video wajah berbasis rPPG dan *deep learning*, dengan arsitektur *Multi-Layer Perceptron* (MLP) yang relatif ringan dan dapat dijalankan pada perangkat standar seperti laptop atau smartphone. Sistem ini dilengkapi dengan antarmuka pengguna (GUI) berbasis *Streamlit* dan modul penyimpanan riwayat prediksi ke dalam database. Dengan demikian sistem ini tidak hanya sebagai model eksperimen, melainkan aplikasi siap pakai untuk pemantauan tekanan darah harian.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pendeteksi tekanan darah berbasis analisis wajah menggunakan *deep learning* yang dapat memberikan estimasi tekanan darah secara non-invasif, praktis, dan akurat. Sistem ini diharapkan dapat mendukung

pemantauan kesehatan secara mandiri, meningkatkan deteksi dini risiko hipertensi, serta memperluas akses layanan kesehatan terutama di daerah yang sulit dijangkau fasilitas medis.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini memiliki kebaruan yang membedakannya dari studi-studi sebelumnya. Sebagian besar penelitian terdahulu yang berfokus pada estimasi tekanan darah berbasis rPPG dilakukan di lingkungan laboratorium dengan perangkat kamera khusus beresolusi tinggi serta pencahayaan yang sangat terkontrol. Sebaliknya, penelitian ini secara eksplisit memanfaatkan perangkat sederhana berupa kamera ponsel dan webcam, sehingga lebih representatif terhadap kondisi nyata penggunaan sehari-hari.

Selain itu, penelitian ini tidak hanya menghasilkan model prediksi, tetapi juga mengintegrasikan seluruh proses ke dalam sebuah aplikasi berbasis *Streamlit* dengan antarmuka yang ramah pengguna. Fitur penyimpanan hasil ke dalam database *SQLite* menambah keunggulan, karena hasil prediksi dapat ditinjau ulang secara historis, mendukung pemantauan kesehatan jangka panjang. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan kontribusi baru berupa implementasi sistem *end-to-end* yang modular, otomatis, dan siap digunakan pada perangkat standar, bukan sekadar uji model di lingkungan riset.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apakah sinyal rPPG yang diekstraksi dari video wajah dapat dimodelkan secara akurat untuk memperkirakan tekanan darah sistolik dan diastolik pada manusia?
2. Apakah model MLP sederhana dari fitur statistik dan spektral rPPG dapat memberikan performa yang lebih baik dibanding model linear (baseline)?
3. Bagaimana pengaruh kondisi nyata—seperti variasi pencahayaan atau gerakan wajah—terhadap akurasi sistem estimasi tekanan darah?
4. Dapatkah sistem yang dihasilkan diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis *Streamlit* yang user-friendly, lengkap dengan penyimpanan database riwayat prediksi?

Dengan merumuskan masalah-masalah tersebut, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam pengembangan sistem pendeteksi kondisi kesehatan yang inovatif dan efektif.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, untuk menjaga fokus dan kejelasan, beberapa batasan masalah yang akan ditetapkan adalah sebagai berikut:

1. Video wajah yang digunakan direkam dengan kamera ponsel atau webcam beresolusi standar (480p–1080p).
2. Ekstraksi sinyal rPPG difokuskan pada kanal hijau, dan fitur yang digunakan terbatas pada 12 fitur statistik dan spektral.

3. Model *deep learning* yang digunakan terbatas pada arsitektur MLP (tidak menggunakan CNN, LSTM, atau *Transformer*).
4. Pengujian kondisi terbatas pada pencahayaan standar (≥ 300 lux) dan gerakan ringan wajah; tidak diuji dalam kondisi ekstrem seperti cahaya sangat rendah atau gerakan cepat.
5. Validasi terhadap alat konvensional terbatas pada tensimeter digital otomatis sebagai referensi (belum studi klinis skala besar).

Dengan batasan-batasan ini, diharapkan penelitian dapat lebih terfokus dan memberikan hasil yang lebih mendalam serta relevan dalam pengembangan sistem pendeteksi kondisi kesehatan menggunakan analisis wajah berbasis *deep learning*

D. Tujuan Penelitian

Adapun penelitian ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem estimasi tekanan darah non-invasif berdasarkan video wajah menggunakan rPPG.
2. Mengembangkan model MLP untuk memprediksi tekanan darah sistolik dan diastolik dari fitur rPPG yang diekstraksi.
3. Mengevaluasi performa model (*baseline linear* dan MLP) dalam berbagai kondisi (pencahayaan, sedikit gerakan) dan menganalisis faktor kesalahan.
4. Membangun aplikasi *Streamlit* yang memungkinkan pengguna Mengunggah video wajah, menampilkan hasil prediksi SBP dan DBP, serta menyimpan hasil prediksi ke database sebagai riwayat.

Dengan tujuan-tujuan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan sistem kesehatan yang lebih efisien dan inovatif.

E. Manfaat Penelitian

Berdasarkan uraian yang sudah ditinjau dari latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah serta tujuan maka dapat disimpulkan manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Menambah literatur mengenai penerapan *remote photoplethysmography (rPPG)* dalam estimasi tekanan darah serta menilai performa *Multi-Layer Perceptron (MLP)* pada dataset video wajah.
2. Menyediakan sistem estimasi tekanan darah non-invasif yang dapat digunakan masyarakat tanpa alat manset, sehingga lebih mudah diakses untuk pemantauan rutin.
3. Mendorong kesadaran masyarakat untuk melakukan pemantauan kesehatan mandiri (*self-monitoring*) sekaligus membuka peluang integrasi ke dalam layanan *telehealth* dan kesehatan digital.
4. Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut untuk integrasi dengan aplikasi kesehatan cerdas, *mobile health (mHealth)*, maupun sistem *wearable*.

Dengan manfaat-manfaat ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan dampak positif dalam bidang kesehatan dan teknologi, serta mendorong pengembangan sistem kesehatan yang lebih efisien dan efektif.