

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Hipertensi adalah salah satu faktor risiko utama penyakit kardiovaskular yang berkontribusi signifikan terhadap angka morbiditas dan mortalitas global. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memberitakan bahwa peningkatan tekanan darah berkaitan erat dengan kejadian penyakit jantung, stroke, serta komplikasi vaskular lainnya. Oleh karena itu, pemantauan tekanan darah secara berkala menjadi komponen penting dalam upaya pencegahan dan pengelolaan penyakit kardiovaskular [1].

Stakeholder pada penelitian ini mengacu pada penelitian Evdochim et al. (2022), yaitu tenaga medis dan peneliti di bidang kesehatan yang membutuhkan metode pemantauan tekanan darah secara non-invasif dan berkelanjutan menggunakan sinyal Photoplethysmography (PPG). Stakeholder tersebut menghadapi permasalahan bahwa metode klasifikasi hipertensi yang dikembangkan masih menghasilkan performa yang belum optimal sehingga berpotensi menurunkan keandalan sistem dalam membedakan pasien hipertensi dan normal.

Metrik utama yang menjadi perhatian stakeholder adalah *accuracy* klasifikasi hipertensi. Pada penelitian Evdochim et al. nilai *accuracy* terbaik yang diperoleh hanya sebesar 67,1%, sehingga masih terdapat kesalahan klasifikasi yang cukup tinggi. Nilai tersebut menunjukkan bahwa model masih memerlukan peningkatan performa agar dapat digunakan secara lebih andal sebagai sistem pendukung deteksi hipertensi.

Namun dengan demikian, metode pengukuran tekanan darah konvensional berbasis *cuff* masih memiliki keterbatasan, antara lain tidak bersifat kontinu, membutuhkan kondisi pengukuran tertentu, serta kurang praktis untuk pemantauan jangka panjang. Selain itu, prosedur pengukuran dapat memicu ketidaknyamanan dan tidak memungkinkan pengukuran selama aktivitas sehari-hari [2]. Pada perkembangan teknologi *wearable* mendorong kebutuhan akan pendekatan

alternatif yang lebih praktis, non-invasif, dan dapat digunakan secara mandiri oleh pengguna.

Pemantauan tekanan darah secara kontinu tidak dibutuhkan oleh seluruh masyarakat, namun sangat diperlukan pada pasien dengan hipertensi tidak terkontrol, pasien yang menjalani perawatan intensif (ICU), pasien pasca operasi, pasien dengan penyakit kardiovaskular, maupun pasien yang membutuhkan pemantauan perubahan tekanan darah akibat terapi tertentu. Pada kondisi tersebut perubahan tekanan darah dapat terjadi secara cepat sehingga pengukuran periodik menggunakan cuff kurang mampu menggambarkan kondisi pasien secara real-time.

Photoplethysmography (PPG) adalah teknologi optik yang semakin luas diimplementasikan pada perangkat *wearable* karena kemampuan dalam merekam sinyal fisiologis kardiovaskular secara non-invasif dengan biaya relatif rendah. Selain digunakan untuk estimasi denyut jantung dan saturasi oksigen, sinyal PPG juga mengandung informasi morfologi yang berkaitan dengan perubahan elastisitas pembuluh darah dan dinamika tekanan darah [3]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa karakteristik bentuk gelombang PPG, termasuk amplitudo, gradien, serta parameter turunan sinyal memiliki hubungan dengan kondisi hipertensi [4].

Penelitian menurut Evdochim et al. (2022) mengusulkan metode mendeteksi hipertensi berbasis analisis morfologi sinyal PPG melalui pendekatan ANC Test™. Pada metode ini mengklasifikasikan gelombang PPG ke dalam empat kelas morfologi yaitu *Anacrotic* (A), Normal (N), *Normal-Collapsing* (NC), dan *Collapsing* (C). Selain itu parameter kelas morfologi pada penelitian tersebut juga menggunakan fitur numerik *Diastolic-to-Systolic Gradient Ratio* (DtS) sebagai input model *machine learning* seperti *Support Vector Machine* (SVM), *K-Nearest Neighbors* (KNN), *Decision Tree*, *Logistic Regression*, dan *Ensemble Classifier* [5].

Hasil pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa kombinasi fitur morfologi tertentu mampu meningkatkan performa klasifikasi tekanan darah sistolik dengan akurasi terbaik mencapai 67,1% menggunakan *Quadratic* SVM. Meskipun demikian, pada penelitian tersebut juga melaporkan bahwa peningkatan performa model sangat dipengaruhi oleh pemilihan dan kombinasi fitur, sementara perubahan

algoritma pembelajaran mesin tidak selalu memberikan peningkatan signifikan apabila representasi fitur belum optimal [5].

Nilai akurasi sebesar 67,1% menunjukkan bahwa sekitar sepertiga data masih berpotensi mengalami kesalahan klasifikasi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pasien hipertensi diklasifikasikan sebagai normal ataupun sebaliknya sehingga menurunkan keandalan sistem apabila digunakan sebagai pendukung deteksi hipertensi.

Pada penelitian Evdochim, sistem yang dikembangkan memanfaatkan analisis morfologi sinyal PPG melalui ANC Test™ dan fitur *Diastolic-to-Systolic Gradient Ratio (DtS)* sebagai masukan algoritma *machine learning*. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pemilihan fitur memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap performa klasifikasi dibandingkan pemilihan algoritma.

Permasalahan pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan fitur yang masih terbatas, terlebih yang hanya berfokus pada morfologi domain waktu, belum sepenuhnya mampu merepresentasikan kompleksitas sinyal *Photoplethysmography* (PPG) secara menyeluruh. Pada sinyal PPG memiliki karakteristik *non-linear* serta mengandung informasi fisiologis yang tidak hanya terdapat pada domain waktu, tetapi juga pada domain frekuensi. Lalu mengakibatkan, penggunaan satu jenis fitur saja berpotensi menyebabkan keterbatasan model dalam membedakan karakteristik antara kondisi normal dan hipertensi, terutama ketika pola sinyal memiliki kemiripan atau distribusi data yang saling tumpang tindih (*overlapping*). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu mengkombinasikan informasi dari berbagai domain fitur, sehingga karakteristik sinyal PPG dapat direpresentasikan secara lebih komprehensif dan diharapkan mampu meningkatkan performa deteksi hipertensi[6].

Pendekatan yang dilakukan oleh González et al. yang menunjukkan bahwa kombinasi fitur domain waktu dan fitur domain frekuensi dapat meningkatkan akurasi klasifikasi dibandingkan penggunaan salah satu domain secara terpisah. Pada penelitian tersebut juga dilakukan perbandingan terhadap berbagai kombinasi fitur pada sinyal PPG untuk estimasi tekanan darah, yang dimana hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi kedua domain fitur mampu menangkap informasi

sinyal secara lebih lengkap sehingga dapat menghasilkan peningkatan performa model klasifikasi [7]. Selain itu, beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa fitur PSD memiliki korelasi dengan kondisi kekakuan pembuluh darah yang berkaitan dengan hipertensi, sehingga fitur frekuensi menjadi relevan untuk dikombinasikan dengan fitur morfologi dalam meningkatkan akurasi deteksi hipertensi

Pada penelitian akan diusulkan penggunaan kombinasi fitur domain waktu dan fitur domain frekuensi dari sinyal PPG agar meningkatkan kemampuan representasi karakteristik sinyal hipertensi. Fitur domain waktu yang digunakan akan meliputi *Systolic Peak* sebagai puncak utama akibat kontraksi jantung, *Diastolic Peak* sebagai refleksi gelombang darah, *Pulse Width* sebagai durasi satu siklus denyut jantung, serta *Pulse Area* sebagai luas area sinyal dalam satu siklus denyut. Sedangkan untuk fitur domain frekuensi yang digunakan adalah *Power Spectral Density* (PSD) untuk merepresentasikan distribusi energi sinyal pada spektrum frekuensi tertentu. Penggunaan kombinasi fitur ini diharapkan mampu merepresentasikan sinyal PPG secara lebih komprehensif, yang dimana fitur domain waktu menggambarkan karakteristik morfologi sinyal, sedangkan fitur domain frekuensi memberikan informasi tambahan mengenai pola distribusi energi sinyal yang berkaitan dengan kondisi fisiologis pembuluh darah.

Dengan begitu, penggunaan kombinasi fitur yang diusulkan penulis dalam penelitian ini diharapkan mampu mengatasi keterbatasan pada penelitian sebelumnya, khususnya dalam meningkatkan kemampuan model dalam membedakan kelas normal dan hipertensi. Selain itu, penggunaan algoritma *Random Forest* dipilih karena kemampuannya dalam menangani data non-linear serta *robust* terhadap *noise*, sehingga diharapkan dapat meningkatkan performa klasifikasi secara menyeluruh.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, maka identifikasi masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah fitur domain waktu berupa *systolic peak*, *diastolic peak*, *pulse width*, dan *pulse area* mampu merepresentasikan karakteristik sinyal PPG untuk klasifikasi hipertensi?

2. Apakah fitur domain frekuensi berupa *power spectral density* (PSD) mampu merepresentasikan karakteristik sinyal PPG untuk klasifikasi hipertensi?
3. Apakah kombinasi fitur domain waktu berupa *systolic peak*, *diastolic peak*, *pulse width*, dan *pulse area* dengan fitur domain frekuensi berupa *power spectral density* (PSD) mampu meningkatkan akurasi klasifikasi hipertensi pada sinyal *photoplethysmography* (PPG) Menggunakan model *Random Forest*?

1.3 Batasan Penelitian

Berdasarkan identifikasi masalah, maka batasan penelitian yang digunakan sebagai berikut:

1. *Preprocessing* sinyal PPG dilakukan menggunakan metode *bandpass* filter dengan rentang frekuensi 0.5-8 Hz.
2. Dataset yang digunakan pada penelitian ini merupakan China PPG-BP Database, yaitu dataset sinyal *photoplethysmography* (PPG) yang digunakan untuk analisis tekanan darah dan klasifikasi hipertensi.
3. Penelitian difokuskan pada penggunaan fitur domain waktu berupa *systolic peak*, *diastolic peak*, *pulse width*, dan *pulse area*, serta fitur domain frekuensi berupa *Power Spectral Density* (PSD).

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini untuk meningkatkan akurasi klasifikasi hipertensi berbasis sinyal *Photoplethysmography* (PPG) melalui pemanfaatan kombinasi fitur domain waktu dan fitur domain frekuensi menggunakan metode *random forest*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan alternatif metode non-invasif untuk deteksi hipertensi.
2. Mendukung pengembangan sistem monitoring kesehatan berbasis wearable.
3. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya di bidang biomedical *signal processing*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam sistematika pada tugas akhir ini disusun agar pembahasan penelitian menjadi lebih terstruktur dan mudah dipahami. Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari lima bab, sebagai berikut:

1.6.1 BAB I PENDAHULUAN

Bab 1 menjelaskan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, serta sistematika penulisan. Pada bab ini juga memberikan gambaran umum mengenai penelitian klasifikasi hipertensi berbasis sinyal *Photoplethysmography* (PPG) menggunakan fitur domain waktu, fitur domain frekuensi, dan kombinasi fitur *time domain*, *frequency domain* dengan algoritma *random forest*

1.6.2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini berisikan teori-teori yang mendukung penelitian, meliputi hipertensi, sinyal Photoplethysmography (PPG), preprocessing sinyal, bandpass filter, ekstraksi fitur domain waktu dan domain frekuensi, Power Spectral Density (PSD), algoritma Random Forest, serta penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi hipertensi menggunakan sinyal PPG.

1.6.3 BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Pada Bab III ini menjelaskan metode penelitian yang digunakan, meliputi pengumpulan data menggunakan China PPG-BP Database, tahapan preprocessing sinyal, ekstraksi fitur domain waktu dan domain frekuensi, pembentukan dataset, proses klasifikasi menggunakan algoritma random forest, serta metode evaluasi model menggunakan accuracy, precision, recall, F1-score, dan confusion matrix

1.6.4 BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Pada Bab IV ini menyajikan hasil implementasi penelitian yang meliputi proses preprocessing, hasil ekstraksi fitur, hasil klasifikasi menggunakan fitur domain waktu, hasil klasifikasi menggunakan fitur frekuensi domain, serta hasil klasifikasi menggunakan kombinasi kedua fitur tersebut. Selain itu dilakukan analisis terhadap performa model berdasarkan matrix evaluasi serta perbandingan dengan penelitian terdahulu.

1.6.5 BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab V ini berisi simpulan yang diperoleh penulis berdasarkan hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan sebagai pengembangan penelitian pada masa mendatang.



UMN

UNIVERSITAS
MULTIMEDIA
NUSANTARA