

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Jantung (*heart*) merupakan organ utama dalam sistem kardiovaskular, yang bertanggung jawab untuk menjaga kesehatan keseluruhan dengan memompa darah ke seluruh tubuh [1]. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), penyakit kardiovaskular (CVD) tetap menjadi sebagian besar penyebab kematian global, dengan jumlah sekitar 17,9 juta jiwa pada tahun 2021 [2]. Meskipun prevalensinya tinggi, deteksi dini penyakit jantung masih terhambat oleh kurangnya alat diagnostik yang praktis, terjangkau, dan adaptif [3]. Di banyak komunitas, akses ke sumber daya diagnostik kardiovaskular semakin dibatasi oleh faktor ekonomi, pendidikan, infrastruktur, dan kesadaran [4].

Elektrokardiografi (EKG) merupakan metode utama untuk mendeteksi penyakit jantung, terutama aritmia, karena kemampuannya merekam aktivitas listrik jantung secara real-time. Namun, sistem EKG konvensional seperti EKG 12-lead dan monitor Holter sering dibatasi oleh ketergantungan pada lingkungan klinis, durasi pemantauan yang singkat, dan ketidaknyamanan pasien. Batasan ini mengurangi efektivitasnya dalam menangkap peristiwa sporadis atau tanpa gejala dan membatasi aplikasinya untuk menghasilkan sistem EKG yang lebih canggih dan ramah pengguna. Solusi kontemporer mencakup perangkat ECG digital, aplikasi seluler, dan teknologi wearable yang memudahkan pemantauan jantung yang berkelanjutan. AliveCor, misalnya, adalah aplikasi seluler yang telah diverifikasi oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) yang memungkinkan pengguna mengirimkan sinyal ECG melalui smartphone dan menyimpan data di server online [5]. Demikian pula, Apple Watch dirancang untuk mengukur detak jantung menggunakan sensor terintegrasi, menawarkan metode pemantauan jantung yang nyaman dan non-invasif [6].

Meskipun teknologi seluler dan wearable ini menawarkan fleksibilitas dan kemudahan penggunaan, kinerja diagnostiknya dapat terganggu oleh keterbatasan kualitas dan akurasi sinyal. ECG seluler telah banyak digunakan untuk memantau berbagai masalah jantung [7], tetapi seringkali menunjukkan ketidakkonsistenan

saat menganalisis sinyal jantung. Untuk mengatasi hal ini, sistem yang lebih canggih seperti Wireless Monitoring Holter telah dikembangkan. Perangkat ini terhubung ke platform berbasis cloud dan memanfaatkan algoritma deep learning untuk analisis data secara real-time [8]. Sinyal EKG yang dikumpulkan dapat ditransmisikan secara terus-menerus, bahkan selama aktivitas sehari-hari atau tidur, dan dianalisis melalui aplikasi seperti Vigo menggunakan kecerdasan buatan (AI). Selain itu, studi telah mengeksplorasi penggabungan pemantauan Holter dengan pengumpulan sinyal fotoplethysmografi (PPG) secara terus-menerus [9]. Dalam kasus ini, subjek dilengkapi dengan pemantau Holter dan jam tangan pintar Garmin selama 24 jam. Kedua perangkat ini digunakan bersama untuk meningkatkan deteksi aritmia dengan menggabungkan sumber sinyal yang berbeda. Pendekatan ini mencerminkan tren yang berkembang menuju pemantauan multimodal untuk akurasi diagnostik yang lebih baik.

Bising sinyal tetap menjadi tantangan umum dalam pemantauan EKG, terutama di lingkungan ambulatori. Penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi beberapa algoritma untuk mengatasi masalah ini. Misalnya, metode K-Nearest Neighbors (KNN) dengan koefisien penyebaran wavelet dari sensor akselerometer tiga sumbu mampu mengurangi artefak gerak pada perangkat EKG yang dapat dikenakan [10], dan KNN juga telah diterapkan untuk menyaring sinyal abnormal pada EKG 12-lead [11]. Pendekatan deep learning seperti Jaringan Saraf Konvolusional (CNN) dan Bi-directional Gated Recurrent Unit (BiGRU) telah digunakan untuk mengklasifikasikan suara detak jantung pada individu lanjut usia [12], sementara Jaringan Saraf Dalam (DNN) semakin banyak digunakan untuk mendeteksi kondisi kardial spesifik dari data EKG [13]. Pendekatan lain meliputi Complex Support Vector Machine (CSVM) untuk deteksi aritmia [14], Analisis Varian (ANOVA) dengan pengambilan sampel entropi pada interval RR [15], Jaringan Saraf Tiruan Berlapis (ANNs) untuk deteksi aritmia [16], dan Naïve Bayes untuk identifikasi dini penyakit jantung [17].

Dalam penelitian sebelumnya, evaluasi dilakukan pada empat algoritma klasifikasi untuk mendeteksi penyakit jantung berdasarkan data klinis. Hasil menunjukkan bahwa Random Forest mencapai kinerja terbaik dengan akurasi 87,2%, presisi 85,9%, recall 86,4%, skor F1 86,1%, dan nilai ROC-AUC 0,90.

Sementara itu, algoritma SVM mencapai akurasi 85,7%, presisi 84%, recall 83,5%, skor F1 83,7%, dan ROC-AUC 0,88. Selain itu, KNN mencapai akurasi 81,4%, presisi 79,5%, recall 80,2%, skor F1 79,8%, dan ROC-AUC 0,84 [18]. Hasil tersebut memperjelas bahwa metode seperti Random Forest tidak hanya lebih baik dalam akurasi tetapi juga menawarkan keandalan dan konsistensi yang lebih besar dengan ketahanan yang ditingkatkan terhadap overfitting.

Integrasi Random Forest ke dalam sistem medis berbasis web telah menunjukkan manfaat praktis dalam deteksi dini aritmia, hal ini sangat penting karena tingginya tingkat kematian yang terkait dengan aritmia di Indonesia [20]. Selain keunggulan teoritisnya, Random Forest telah menunjukkan kinerja yang konsisten dalam aplikasi klinis. Ketika digabungkan dengan fitur morfologis yang diekstraksi dari sinyal EKG, klasifikasi aritmia dan kondisi kardiovaskular lainnya dapat ditingkatkan lebih lanjut [21]. Integrasi rekayasa fitur dengan pembelajaran mesin berkontribusi pada peningkatan ketepatan dan keandalan diagnostik. Random Forest memiliki beberapa keunggulan, termasuk kemampuan untuk menangkap hubungan non-linear yang kompleks, mengelola data yang hilang atau tidak sempurna secara efektif, dan mempertahankan tingkat interpretabilitas yang krusial dalam pengambilan keputusan klinis, karena memungkinkan tenaga medis memahami alasan di balik prediksi model [22].

Meskipun memiliki keunggulan ini, masih ada celah dalam penerapan Random Forest pada studi sebelumnya. Sebagian besar penelitian existing mengevaluasi kinerjanya terutama pada data EKG yang direkam dalam kondisi istirahat atau kondisi tunggal, tanpa mempertimbangkan variasi fisiologis yang diinduksi oleh aktivitas fisik yang berbeda. Kelalaian ini kritis, karena aktivitas fisik secara signifikan mempengaruhi karakteristik sinyal EKG dan dapat memengaruhi hasil diagnostik.

Untuk mengatasi celah ini, studi ini menyelidiki kinerja Random Forest dalam mengklasifikasikan aritmia menggunakan data EKG yang dikumpulkan di berbagai kondisi fisik, termasuk duduk, berjalan, dan berlari. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi apakah Random Forest dapat mempertahankan kinerja klasifikasi yang tinggi di bawah kondisi fisiologis yang bervariasi, sehingga menyediakan kerangka kerja diagnostik yang lebih realistis dan dapat diterapkan

secara umum.

Selain itu, penelitian ini menekankan peran pemrosesan sinyal yang tangguh dalam meningkatkan hasil klasifikasi. Dengan mengintegrasikan pemrosesan sinyal, ekstraksi fitur, dan klasifikasi Random Forest ke dalam sistem yang murah, portabel, dan berbasis web, studi ini bertujuan untuk mendukung deteksi dini aritmia dalam lingkungan praktis. Pendekatan ini khususnya ditujukan untuk penerapan di daerah terpencil atau kurang terlayani dengan akses terbatas ke diagnostik khusus, menawarkan alat yang dapat diakses untuk meningkatkan perawatan pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Dari data yang dijelaskan pada latar belakang maka fokus permasalahan yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah, antara lain:

1. Bagaimana cara penerapan algoritma Random Forest pada sinyal data elektrokardiogram yang direkam pada subjek yang melakukan aktivitas duduk, berjalan, dan berlari untuk mendeteksi aritmia?
2. Seberapa akurat penerapan algoritma Random Forest pada pengolahan data untuk mendeteksi aritmia?
3. Apakah terdapat perbedaan performa klasifikasi aritmia oleh Random Forest
4. di antara ketiga skenario aktivitas fisik tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Pembahasan dalam penelitian ini dibatasi dalam berbagai hal berikut:

1. 26 siswa SMK berusia 17–20 tahun
2. Sinyal EKG yang direkam selama 3 menit pada tiga kondisi, yaitu duduk, berjalan, dan berlari
3. Perancangan algoritma program pada software MATLAB.
4. Algoritma Random Forest sebagai teknik klasifikasi.
5. Interval RR, PR, QS, QT, ST, dan heart rate yang diekstraksi dari sinyal EKG.
6. Perekaman data hanya sekali untuk masing-masing skenario aktivitas.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mendeteksi aritmia pada manusia memanfaatkan penerapan klasifikasi *Random Forest* pada data elektrokardiogram yang telah direkam.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan selesainya penelitian ini, hasil yang didapatkan kiranya dapat membantu dalam banyak hal, terutama:

1. Memperkaya literatur tentang penerapan Random Forest pada data EKG dan klasifikasi aritmia.
2. Membantu tenaga medis dalam proses deteksi awal aritmia, dan potensi menurunkan tingkat kesalahan diagnosis dan mempercepat penanganan pasien