

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu penyebab kematian dan kecacatan di negara maju maupun negara berkembang adalah penyakit kardiovaskular [1]. Salah satu penyakit kardiovaskular yang umum sering terjadi adalah aritmia. Aritmia adalah bentuk gangguan irama jantung yang berbeda dari irama sinus normal [2]. Salah satu jenis aritmia adalah takiaritmia, yaitu kondisi di mana detak jantung berdetak lebih cepat dari biasanya. Faktor risiko penyakit jantung dipengaruhi oleh berbagai aspek, terutama gaya hidup yang kurang sehat seperti konsumsi makanan tinggi lemak dan karbohidrat, obesitas, kurangnya aktivitas fisik, kebiasaan merokok, serta adanya riwayat penyakit jantung dalam keluarga yang turut meningkatkan kemungkinan terjadinya gangguan kardiovaskular [3]. Gejala yang sering muncul meliputi gangguan irama jantung yang tidak normal, baik terlalu cepat maupun terlalu lambat, disertai rasa mudah lelah, nyeri pada area dada, serta pada kondisi tertentu dapat menyebabkan hilangnya kesadaran atau pingsan. [4].

Elektrokardiogram (EKG) merupakan alat diagnostik non-invasif yang berperan penting dalam mendeteksi kelainan fungsi jantung, khususnya aritmia. Dalam kondisi normal, sinyal Elektrokardiogram (EKG) terdiri dari tiga komponen utama, yaitu gelombang P, kompleks QRS, dan gelombang T yang merepresentasikan aktivitas listrik jantung. [5]. Pemanfaatan alat Elektrokardiogram (EKG) memungkinkan proses identifikasi kelainan jantung dan aritmia dilakukan secara lebih cepat serta memiliki tingkat ketepatan yang tinggi. Perangkat ini bekerja dengan merekam aktivitas listrik jantung melalui elektroda yang dipasang pada permukaan kulit untuk menangkap perubahan sinyal jantung. [6]. Meski begitu, masih jarang penelitian di Indonesia yang secara eksplisit menggunakan analisis sinyal EKG dengan pemanfaatan fitur Heart Rate Variability (HRV) sebagai parameter tambahan dalam klasifikasi penyakit [7]. Meskipun EKG dapat merekam aktivitas listrik jantung, interpretasi hasilnya tidaklah mudah. Untuk mengidentifikasi berbagai jenis aritmia, diperlukan pemahaman khusus karena setiap pola gelombang memiliki karakteristik yang berbeda [4]. Dalam upaya meningkatkan akurasi deteksi penyakit kardiovaskular, tidak cukup hanya mengandalkan sinyal EKG saja.

Variabilitas detak jantung atau heart rate variability (HRV) adalah variasi dari interval antar detak jantung (atau antara puncak R-R dalam data ECG) yang dihitung dalam satuan waktu [8]. Terdapat berbagai pendekatan dalam analisis Heart Rate Variability (HRV) pada sinyal EKG, di antaranya analisis domain waktu, analisis domain frekuensi, metode diferensial, serta visualisasi menggunakan *poincare plot*. [9]. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini berfokus pada analisis HRV pada domain waktu. Pendekatan domain waktu adalah metode dasar yang banyak diterapkan untuk menganalisis perubahan interval antar denyut jantung dengan melihat selang waktu antara satu detak dan detak berikutnya. [10].

Salah satu algoritma yang sering diterapkan dalam proses klasifikasi data medis adalah Extreme Gradient Boosting (XGBoost). Algoritma ini memiliki kemampuan yang baik dalam mengolah data dengan struktur kompleks, termasuk hubungan antar variabel yang bersifat non-linear, serta mampu menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dengan efisiensi komputasi yang optimal. Studi yang dilakukan oleh Sausana (2023) menunjukkan bahwa penggunaan XGBoost pada klasifikasi penyakit jantung mampu mencapai akurasi sebesar 93%, lebih tinggi dibandingkan metode decision tree yang memperoleh akurasi sebesar 90%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa XGBoost memiliki potensi yang kuat sebagai pendekatan yang efektif dalam mendukung proses diagnosis penyakit kardiovaskular secara lebih tepat dan efisien [11]. Penelitian lain oleh Soelistijadi et al (2023) juga mendukung efektifitas XGBoost [12]. Algoritma XGBoost menunjukkan tingkat kinerja yang stabil dan mampu menghasilkan prediksi yang seimbang antar kelas, sehingga dinilai efektif dan dapat diandalkan dalam proses klasifikasi pada data medis [13]. Kinerja algoritma dapat ditingkatkan melalui proses penyesuaian parameter yang adaptif, didukung oleh efisiensi komputasi yang tinggi selama proses pelatihan model [14]. Penerapan teknik pra-pemrosesan yang tepat dapat memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan kinerja model, khususnya dalam skenario pengolahan data dalam skala besar [15]. Tahapan pra-pemrosesan serta penanganan nilai kosong, interpolasi sinyal, dan normalisasi fitur berperan penting dalam meningkatkan stabilitas dan performa model klasifikasi.

Meskipun beberapa penelitian menunjukkan bahwa faktor gaya hidup dapat memengaruhi kesehatan jantung, penelitian ini berfokus pada analisis sinyal elektrokardiogram (EKG) dan fitur Heart Rate Variability (HRV) yang diperoleh dari dataset MIT-BIH Arrhythmia Database tanpa melibatkan variabel gaya hidup.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan pembahasan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki beberapa rumusan masalah yang disusun sebagai berikut :

1. Bagaimana pemanfaatan fitur Heart Rate Variability (HRV) berbasis domain waktu dalam membantu proses klasifikasi aritmia pada sinyal Elektrokardiogram (EKG)?
2. Bagaimana penerapan algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) dalam mengklasifikasikan sinyal EKG menjadi beberapa kelas aritmia?
3. Sejauh mana performa model dalam mengklasifikasikan aritmia berdasarkan fitur sinyal EKG dan HRV jika dievaluasi menggunakan nilai akurasi, presisi, recall, dan F1-Score?

## **1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

### *1.3.1 Tujuan Penelitian*

Tujuan utama dari pelaksanaan penelitian ini meliputi beberapa aspek yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Menganalisis pola sinyal Elektrokardiogram (EKG) untuk mengidentifikasi karakteristik irama jantung normal dan aritmia.

2. Mengekstraksi fitur Heart Rate Variability (HRV) berbasis domain waktu dari interval R-R sebagai fitur tambahan dalam proses klasifikasi.
3. Menerapkan algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) untuk mengklasifikasikan sinyal EKG berdasarkan kategori aritmia.
4. Mengevaluasi kinerja model klasifikasi menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, F1-score, dan confusion matrix.

### 1.3.2 Manfaat Penelitian

Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian yang dilakukan meliputi hal-hal berikut:

1. Memberikan kontribusi dalam pengembangan penelitian analisis sinyal Elektrokardiogram (EKG) dan Heart Rate Variability (HRV) untuk deteksi aritmia berbasis pembelajaran mesin.
2. Menjadi referensi akademik dalam penerapan algoritma machine learning, khususnya XGBoost, pada klasifikasi sinyal medis.
3. Mendukung pengembangan sistem deteksi dini gangguan irama jantung berbasis analisis sinyal EKG.

## 1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang diuraikan sebagai berikut:

1. Dataset yang digunakan adalah MIT-BIH Arrhythmia Database dari PhysioNet berupa sinyal EKG mentah satu kanal beserta anotasi denyut jantung yang telah melalui validasi medis.
2. Fitur penelitian terdiri dari sinyal EKG berbasis denyut dan parameter HRV domain waktu yang dihitung dari interval R-R.
3. Parameter HRV yang digunakan meliputi MeanRR, SDNN, RMSSD, dan pNN50 pada domain waktu.
4. Klasifikasi aritmia mengacu pada standar AAMI dengan empat kelas, yaitu Normal (N), Supraventricular (S), Ventricular (V), dan Fusion (F).
5. Model klasifikasi yang digunakan adalah Extreme Gradient Boosting (XGBoost) tanpa perbandingan dengan metode lain.

## 1.5 Keterbatasan Penelitian

Berikut akan dipaparkan keterbaruan penelitian ini melalui tinjauan Pustaka mengenai penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik ini adalah :

1. Penelitian yang dilakukan oleh **Unang Sunarya dan Lyra Vega Ugi (2022)** yang berjudul "*Analisis Fitur Domain Waktu ECG Heart Rate Variability Berdasarkan Gain Informasi*" membahas pemanfaatan fitur Heart Rate Variability (HRV) domain waktu dalam proses klasifikasi kondisi berbasis sinyal Elektrokardiogram (ECG). Penelitian tersebut mengekstraksi berbagai parameter HRV domain waktu yang dihitung dari interval R-R dan menerapkan

algoritma Random Forest untuk proses klasifikasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pemilihan parameter HRV yang relevan berkontribusi terhadap performa model dalam proses klasifikasi pola denyut jantung. Namun, penelitian tersebut berfokus pada proses seleksi fitur HRV domain waktu serta penggunaan satu jenis algoritma klasifikasi tanpa mengombinasikan fitur morfologi sinyal EKG berbasis denyut secara langsung dalam model pembelajaran mesin modern. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan dengan menggabungkan fitur sinyal EKG berbasis denyut dan fitur HRV domain waktu menggunakan algoritma Extreme Gradient Boosting (XGBoost) guna meningkatkan kemampuan model dalam melakukan klasifikasi aritmia secara lebih komprehensif dan adaptif terhadap variasi pola denyut jantung. [16]

2. Penelitian yang dilakukan oleh Badar Pradipta (2020) berjudul "*Prototipe Aplikasi Pengolahan Sinyal HRV Menggunakan MATLAB*" berfokus pada pengembangan aplikasi berbasis Graphical User Interface (GUI) untuk menghitung parameter Heart Rate Variability (HRV) dari sinyal Elektrokardiogram (EKG). Penelitian tersebut membahas analisis HRV domain waktu seperti Mean RR yang digunakan untuk memahami karakteristik variabilitas denyut jantung. Namun demikian, penelitian tersebut lebih menitikberatkan pada pengolahan sinyal dan visualisasi parameter HRV serta validasi perhitungan melalui perangkat lunak pembanding, tanpa mengimplementasikan metode klasifikasi berbasis machine learning untuk mendeteksi jenis aritmia. Selain itu, penelitian tersebut belum mengombinasikan fitur sinyal EKG berbasis denyut dengan fitur HRV sebagai input dalam model prediksi. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan yang berbeda dengan mengintegrasikan fitur sinyal EKG dan fitur HRV dalam proses klasifikasi aritmia menggunakan algoritma XGBoost guna meningkatkan kemampuan sistem dalam mengenali pola gangguan irama jantung secara otomatis [8].
3. Penelitian yang dilakukan oleh Junartha Halomoan (2013) berjudul "*Analisa Sinyal EKG dengan Metoda HRV pada Domain Waktu Aktivitas Berdiri dan Terlentang*" membahas pemanfaatan analisis Heart Rate Variability (HRV) domain waktu untuk mengamati perubahan aktivitas sistem saraf otonom melalui sinyal EKG. Parameter yang digunakan meliputi rata-rata interval RR, SDNN, NN50, dan pNN50 yang dihitung dari hasil deteksi puncak R. Penelitian tersebut berfokus pada analisis fisiologis perubahan kondisi tubuh dan belum menerapkan pendekatan klasifikasi berbasis machine learning untuk mendeteksi aritmia secara otomatis. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan pendekatan sebelumnya dengan mengombinasikan fitur sinyal EKG berbasis denyut dan HRV domain waktu serta menerapkan algoritma XGBoost untuk menghasilkan model klasifikasi aritmia yang lebih adaptif dan terotomatisasi [10].

4. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dimas Bagus Darmawan, Ibnu Rafli Azahwa, Rendy Wijaya Saputra, Robby Septiadi, Perani Rosyani (2025) dengan judul Klasifikasi Penyakit Jantung Menggunakan Extreme Gradient Boosting (XGBoost). Penelitian ini membandingkan performa XGBoost dengan beberapa metode lain seperti *random forest* dan *Majority Voting* menggunakan dataset Kliniks Hasilnya menunjukkan bahwa XGBoost unggul dalam hal akurasi dan efisiensi komputasi namun, penelitian tersebut belum menggunakan sinyal elektrokardiogram sebagai sumber data, melainkan data tabular seperti tekanan darah, kolesterol, dan usia pasien, Dengan demikian, penelitian ini memperluas penerapan XGBoost ke ranah sinyal biomedis nyata, yaitu EKG dan HRV [17].
  
5. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yosafat Vincent Saragih, Agus Wahyu Widodo, Muh. Arif Rahman (2019) dengan judul Pemilihan Fitur Berbasis Wavelet untuk Klasifikasi Denyut Jantung dari Rekaman Elektrokardiogram. Penelitian ini memanfaatkan transformasi wavelet untuk mengekstraksi fitur statistik sinyal EKG. Namun, penelitian ini masih terbatas pada ekstraksi fitur sinyal EKG dan menggunakan parameter HRV yang dapat mempresentasikan variasi detak jantung antar siklus. Selain itu, metode klasifikasi yang digunakan belum menerapkan pendekatan ensemble modern seperti XGBoost yang memiliki kemampuan lebih baik dalam mengelola data non-linear dan mencegah overfitting[18].