

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sinyal elektrokardiogram (EKG) merupakan metode utama dalam mendeteksi dan menganalisis aktivitas elektrik pada jantung manusia [1]. Aritmia, yang mengacu pada ketidakaturan detak jantung, dimana detak jantung dapat berfluktuasi antara takikardia dan bradikardia. Penyakit kardiovaskular, termasuk aritmia merupakan masalah kesehatan utama. Penyakit ini menyebabkan sekitar 17,9 juta kematian secara global setiap tahun. Hal ini menyoroti pentingnya ritme dalam detak jantung [2]. Sektor perawatan kesehatan menghadapi tantangan signifikan. Terutama dengan populasi yang menua dan pergeseran perawatan dari rumah sakit ke lingkungan rumah tangga [3].

Transisi ini memerlukan solusi pemantauan jarak jauh yang ditingkatkan. Contohnya, seperti sistem EKG nirkabel, untuk mengelola kondisi aritmia secara efektif. Jika aritmia tidak ditangani, pasien akan mengalami komplikasi kesehatan yang parah. Kurangnya pemantauan tepat waktu dapat menyebabkan penanganan yang tertunda. Pengembangan sistem EKG nirkabel bertujuan untuk memfasilitasi pemantauan tanda-tanda vital secara signifikan untuk meningkatkan kualitas perawatan kesehatan. Masih ada ruang yang cukup besar untuk perbaikan dalam sistem EKG nirkabel [3]. Ketidakmampuan dalam mendeteksi aritmia secara efektif, juga dapat merusak kepercayaan masyarakat terhadap sistem perawatan kesehatan yang ada. Oleh karena itu, sangat penting untuk meningkatkan kemampuan pengendalian dan prediksi penyakit ini demi mencegah resiko yang lebih besar di masa depan baik bagi kesehatan individu maupun masyarakat luas [4].

Berbagai metode *machine learning* digunakan untuk deteksi aritmia pada sinyal EKG, masing-masing dengan keunggulan dan keterbatasannya. *Support Vector Machine* (SVM) memiliki akurasi tinggi hingga 96% [5]. *K-Nearest Neighbors* (KNN) efektif menangani data multi-dimensi [6]. Meskipun *Decision Tree* mudah diinterpretasi, metode ini memiliki keterbatasan pada data kompleks [7]. *Artificial Neural Network* (ANN) dapat mengenali pola rumit, namun membutuhkan data dan komputasi yang besar [8]. Pendekatan probabilistik cepat ditawarkan oleh *Naive Bayes* [9]. Metode *Random Forest* menjadi pilihan andal dengan menggabungkan beberapa *Decision Tree* [10]. Terakhir, *Convolutional Neural Network* (CNN) unggul dalam mempelajari fitur hierarkis dari sinyal EKG melalui struktur berlapis [11].

Kombinasi dari berbagai pendekatan ini penting untuk mengoptimalkan diagnosis aritmia [12]. Untuk deteksi aritmia dan autentikasi biometrik menggunakan sinyal EKG, beberapa metode machine learning telah diterapkan. Metode *Chi-square* digunakan karena kemampuannya menangani data kategorikal. Dengan cara jarak *chi-square* dihitung untuk mengklasifikasi dataset yang telah dibagi menjadi data latih dan data uji [13]. Sementara itu, sistem *Long Short Term Memory* (LSTM) digunakan sebagai biometrik unik untuk autentikasi. Dengan cara mengekstrak fitur penting melalui lapisan konvolusi, lalu menganalisis pola temporal sinyal EKG menggunakan jaringan LSTM [14]. Model ini dilatih pada dataset yang besar dan dievaluasi berdasarkan akurasi, sensitivitas, dan spesifisitas [14]. Secara konvensional, metode lain juga melibatkan ekstraksi fitur dari sinyal EKG seperti durasi dan amplitudo gelombang P, QRS, dan T [15].

Interval yang terkait, kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi kelainan jantung. Di sisi lain, pendekatan *machine learning* menggunakan algoritma menggunakan SVM, KNN, dan *Random Forest* untuk mengklasifikasikan kondisi jantung berdasarkan fitur [15]. Deteksi kompleks QRS sinyal dalam EKG menggunakan algoritma berbasis SVM. Metode ini dimulai dengan pengolahan sinyal digital untuk menghilangkan gangguan seperti interferensi dari jaringan listrik dan variasi garis dasar. Setelah itu, SVM digunakan sebagai pengklasifikasi untuk membedakan antara area QRS dan non-QRS [16]. Metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Interface System* (ANFIS) juga sebagai salah satu metode untuk klasifikasi EKG. Sinyal EKG yang terpengaruh oleh *noise* diambil dan diproses untuk menghilangkan *noise* menggunakan filter *median*. Setelahnya, fitur penting di ekstraksi menggunakan metode *Chopped Displacement Gaussian* [17].

Lalu, dimensinya akan di perkecil dengan analisis diskriminan fisher. Fitur – fitur ini kemudian digunakan dalam klasifikasi menggunakan ANFIS yang dioptimalkan dengan algoritma *grasshopper*. Selain itu, metode ini juga memprediksi ketidakstabilan interval QT pada objek menggunakan algoritma prediksi *Least Mean Square* [17]. Metode *Fast Ant Colony Clustering Algorithm* juga pernah digunakan. Metode ini mengintegrasikan penggunaan algoritma LSTM untuk menentukan pusat kluster dan menggabungkan jarak *euclidean* dengan *Dynamic Time Warping* [18]. Metode klasifikasi aritmia EKG yang diusulkan, yaitu penggunaan peta skor detak. Metode ini mampu mengatasi tantangan yang dihadapi dalam mendeteksi aritmia. Terutama pada kasus dimana *R-peak* tidak terlihat, seperti pada *flutter ventrikel* [19].

Metode hibrida dalam penelitian ini dirancang untuk meningkatkan kinerja dalam mendiagnosis kondisi jantung melalui sinyal EKG, dengan mengekstrak 11 fitur penting untuk mengidentifikasi karakteristik utama yang relevan. Setelah membandingkan beberapa algoritma klasifikasi utama yang relevan. Setelah

membandingkan beberapa algoritma klasifikasi, jaringan saraf dipilih sebagai model yang paling efektif, yang berhasil meningkatkan akurasi klasifikasi EKG secara signifikan dibandingkan dengan metode konvensional [20]. Selain itu, metode Histogram Gradien Berorientasi (HOG) diterapkan dengan mengubah sinyal EKG menjadi representasi gambar untuk dianalisis lebih lanjut, memungkinkan HOG mengekstrak fitur penting yang membedakan berbagai kondisi jantung. Fitur yang diekstrak digunakan untuk melatih model klasifikasi yang lebih akurat, dan hasilnya menunjukkan bahwa penggunaan fungsi kernel yang tepat memberikan akurasi yang sangat baik dalam mengklasifikasikan kondisi jantung [21].

Metode dan teknologi terkini dalam deteksi aritmia telah berkembang pesat dengan memanfaatkan kemajuan di bidang machine learning dan analisis data besar. Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan adalah penggunaan jaringan saraf dalam (*deep neural networks*), yang dapat mengenali pola kompleks dari sinyal EKG secara otomatis, sehingga meningkatkan akurasi deteksi aritmia [22]. Pengambilan data EKG dilakukan menggunakan sistem akuisi data digital dengan spesifikasi teknis yang memenuhi standar internasional. Sinyal EKG direkam pada 12 *lead* standar menggunakan mesin *NORAV Medical 1200S Classic PC-EKG*. Untuk memastikan akuisi interpretasi, data dianalisis secara berlapis. Hasil analisis menunjukkan adanya variasi regional dalam prevalensi beberapa kelainan jantung. Data EKG yang diperoleh melalui akuisi digital menggunakan sistem yang memenuhi standar internasional, memastikan kualitas data yang optimal untuk analisis lebih lanjut. Parameter akuisi, seperti rentang frekuensi dan laju pengambilan sampel harus disesuaikan [23].

Setelah proses perekaman, data EKG kemudian menjalani evaluasi multi-tahap. Tahap awal melibatkan peninjauan oleh teknisi jantung. Tahap sebelumnya diikuti interpretasi mendalam oleh ahli kardiologi yang mengacu pada *Minnesota Coding* (MC). Pendekatan ini menjamin reliabilitas hasil interpretasi melalui penerapan kriteria yang terstandarisasi. Analisis terhadap data EKG dilakukan dengan membandingkan prevalensi berbagai aritmia dan kelainan EKG berdasarkan karakteristik demografis. Lalu, dilakukanlah analisis statistik yang bertujuan untuk mengidentifikasi pola dan tren yang signifikan. Hal ini memberikan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai manifestasi EKG pada berbagai populasi. EKG 12 *lead* menangkap aktivitas listrik dari berbagai sudut di sekitar area jantung. Pandangan komprehensif ini memungkinkan penilaian fungsi jantung yang lebih menyeluruh [23].

Metode KNN adaptif dalam mendeteksi aritmia pada sinyal EKG. Dengan cara kerja yang sederhana, KNN mencari tetangga terdekat dari data yang belum terklasifikasi, sehingga dapat mengidentifikasi pola abnormal dengan efektif. Salah

satu keunggulan utama KNN adalah fleksibilitasnya dalam menangani data multidimensi, yang sangat penting mengingat kompleksitas sinyal jantung yang bervariasi antar individu. Berbeda dengan metode lain yang sering kali mengandalkan asumsi distribusi tertentu, KNN lebih responsif terhadap karakteristik unik setiap pasien. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa KNN dapat mengungguli teknik klasifikasi lain dalam hal akurasi deteksi aritmia. Selain itu, kemajuan dalam teknologi wearable juga mendukung pengumpulan data yang lebih baik, meningkatkan efektivitas model KNN dalam praktik klinis. Dengan kemampuannya untuk beradaptasi berdasarkan data yang tersedia, KNN tidak hanya meningkatkan akurasi diagnosis, tetapi juga menawarkan pendekatan yang lebih personal dalam pengelolaan aritmia. Hal ini menjadikannya pilihan ideal untuk menghadapi tantangan yang terus berkembang di bidang kesehatan masyarakat [22, 23].

KNN dengan rata-rata Bonferroni terbukti meningkatkan akurasi klasifikasi signifikan dibandingkan dengan KNN tradisional. Selain itu, KNN juga berperan penting dalam pemilihan fitur dan evaluasi kinerja algoritma pembelajaran mesin, meningkatkan efektivitasnya dalam berbagai aplikasi [24]. Salah satu penelitian menggunakan KNN membandingkan kinerja EKG 3-lead dan 12-lead dalam mendeteksi aritmia, dengan menganalisis perubahan pada segmen ST antara kedua jenis EKG tersebut untuk mendeteksi perbedaan dalam kondisi jantung [25]. KNN juga dapat diterapkan untuk masalah medis spesifik, dan kinerjanya dalam mengklasifikasikan data EKG dinilai menggunakan metrik akurasi, presisi, dan *recall* [26]. Meskipun efektif, KNN memiliki keterbatasan, seperti kompleksitas komputasi tinggi dan sensitivitas terhadap pemilihan fitur yang tidak tepat. Oleh karena itu, pemilihan fitur yang tepat sangat penting untuk meningkatkan kinerja KNN dalam menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat dan efisien [27].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, maka rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana memastikan kualitas dan keandalan data EKG yang dikumpulkandari berbagai sumber, termasuk rumah sakit dan perangkat EKG *3-lead*, agar dapat digunakan secara optimal dalam proses pelatihan model KNN.
2. Bagaimana mengoptimalkan proses *preprocessing data* EKG, termasuk penyaringan *noise* dan ekstraksi fitur, untuk meningkatkan akurasi klasifikasi aritmia menggunakan metode KNN.
3. Bagaimana meningkatkan efisiensi dan ketepatan klasifikasi aritmia menggunakan kombinasi metode KNN dan teknik validasi berbasis *confidence score* agar hasil prediksi lebih akurat.

4. Bagaimana dampak penggunaan fitur temporal dan morfologi, seperti interval RR, PR, QT, dan kompleks QRS, terhadap kinerja klasifikasi aritmia berbasis KNN.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini hanya menggunakan sinyal EKG dari perangkat *3-lead EKG* dan tidak mencakup data dari sistem multi-lead (misalnya *12-lead EKG*) yang lebih kompleks.
2. Model klasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini hanya berbasis *K-Nearest Neighbors* (KNN) dan tidak membandingkannya secara langsung dengan metode lain seperti SVM, CNN, atau LSTM.
3. Pemilihan nilai k dalam algoritma KNN hanya dilakukan dalam rentang tertentu yang ditentukan berdasarkan uji validasi, tanpa eksplorasi parameter yang lebih luas.
4. Hanya fitur tertentu seperti interval PQRST, RR, PR, QT, dan kompleks QRS yang diekstraksi untuk analisis, tanpa mempertimbangkan fitur lain yang lebih kompleks.
5. Pengambilan data EKG menggunakan *simulator* dan elektroda standar, tanpa mempertimbangkan variasi posisi elektroda atau artefak gerakan yang dapat mempengaruhi kualitas sinyal.
6. Sistem EKG yang dikembangkan hanya digunakan untuk menganalisis dan mengklasifikasikan aritmia, bukan untuk diagnosis medis secara langsung.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi aritmia berbasis *K-Nearest Neighbors* (KNN) menggunakan data EKG *3-lead* serta menganalisis pengaruh *preprocessing* data terhadap akurasi klasifikasi. Selain itu, penelitian ini juga mengevaluasi efektivitas pemilihan parameter KNN, mengintegrasikan sistem berbasis ESP32 dan *Raspberry Pi* untuk pemantauan EKG *real-time*, serta mengukur performa sistem dalam mendeteksi aritmia.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan sistem klasifikasi aritmia berbasis KNN yang akurat dan efisien.
2. Mempermudah deteksi dini aritmia melalui pemantauan EKG *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT).
3. Meningkatkan aksesibilitas teknologi kesehatan yang lebih praktis dan terjangkau bagi masyarakat.