

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Penyakit kardiovaskular adalah jenis penyakit yang menyerang bagian jantung dan pembuluh darah. Menurut World Health Organization, penyakit kardiovaskular menjadi penyebab utama sekitar 32% dari total kematian di seluruh dunia [1]. Salah satu kondisi serius yang sering terjadi akibat penyakit ini adalah aritmia [1]. Aritmia adalah gangguan kesehatan pada jantung yang ditandai dengan ritme detak jantung yang tidak teratur. Hal tersebut dapat mengakibatkan detak jantung menjadi terlalu cepat, terlalu lambat, atau tidak teratur sehingga dapat meningkatkan risiko medis yang tinggi [2], [3].

Metode yang umumnya digunakan untuk mendeteksi aritmia adalah elektrokardiogram (*electrocardiogram*/ECG). Elektrokardiogram digunakan untuk deteksi aritmia dengan menggunakan dua metode, yaitu pemantauan jangka pendek dan pemantauan dinamis 24 jam [4]. Akan tetapi, kedua metode tersebut memiliki keterbatasan, terutama untuk pasien dengan gejala aritmia yang singkat [4], [5]. Hal tersebut dikarenakan sinyal elektrokardiogram jangka pendek tidak dapat mewakili karakteristik signifikan terkait gejala aritmia dan metode jangka panjang memerlukan biaya yang tinggi [5], [6]. Oleh karena itu, elektrokardiogram kurang efektif untuk pemantauan deteksi aritmia secara *real-time*.

Keterbatasan yang ada pada elektrokardiogram memerlukan solusi alternatif untuk pemantauan dan deteksi gejala aritmia secara kontinu dan *real-time*. Salah satu solusi alternatif yang banyak digunakan adalah *photoplethysmography* (PPG) [5], [6]. PPG bekerja dengan mendeteksi perubahan volume darah melalui sensor optik, sehingga dapat digunakan untuk pemantauan ritme detak jantung secara kontinu dan berbiaya rendah [4]. Oleh karena itu, PPG dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk deteksi aritmia karena kemudahan penggunaan serta dapat digunakan untuk pemantauan jangka panjang dan *real-time*.

Beberapa penelitian terkait deteksi aritmia telah dilakukan dengan menggunakan pendekatan *Machine Learning* dan *Deep Learning*. Xiangyun Bai dkk melakukan penelitian menggunakan kombinasi *Convolutional Neural Network*

(CNN) dan *Bidirectional Gated Recurrent Unit* (BiGRU) dengan mekanisme *Attention* pada sinyal ECG [7]. Metode tersebut mencapai akurasi sebesar 99,41% pada data validasi dan 98,82% pada data evaluasi. Kemudian, Meghana Karri dkk melakukan penelitian dengan ekstraksi fitur menggunakan metode *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan *Delta Sigma Modulation* (DSM) serta klasifikasi dengan metode *Long Short-Term Memory* (LSTM) pada sinyal ECG [8]. Hasil penelitian tersebut mencapai akurasi 99,64%. Namun, jika hanya menggunakan DSM, akurasi menurun 3,54%, sedangkan jika hanya menggunakan DWT, akurasi menurun 3,06%. Kemudian, Qasem Qananwah dkk melakukan penelitian menggunakan metode berbasis *Machine Learning* dengan memanfaatkan teknik *cross-validation* untuk mengevaluasi performa model [3]. Dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbors* (KNN) pada dataset PPG, diperoleh akurasi sebesar 98,4%. Sementara itu, Duc Huy Nguyen dkk melakukan penelitian deteksi *atrial fibrillation* dengan menggunakan dataset sinyal PPG pada perangkat *wearable* [2]. Dengan menggunakan metode 2D-CNN, hasil penelitian tersebut mencapai akurasi 98,08%.

Meskipun berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan hasil yang menjanjikan, namun masih terdapat gap dalam pengolahan sinyal PPG untuk deteksi multi-aritmia secara *real-time*. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi aritmia menggunakan kombinasi *Discrete Wavelet Transform* (DWT) dan fitur morfologis sebagai ekstraksi fitur serta arsitektur CNN dan GRU sebagai metode klasifikasi.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana merancang ekstraksi fitur sinyal PPG untuk deteksi aritmia dengan mengkombinasikan *Discrete Wavelet Transform* dan fitur morfologi sinyal PPG?
2. Bagaimana merancang arsitektur CNN (*Convolutional Neural Network*) dan GRU (*Gated Recurrent Unit*) untuk mengklasifikasikan aritmia berdasarkan fitur yang telah diekstraksi?

3. Bagaimana mengimplementasikan dan menguji kinerja model deteksi aritmia pada perangkat mikrokontroler?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan dari penelitian yang dilakukan dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang ekstraksi fitur sinyal PPG untuk deteksi aritmia dengan mengkombinasikan *Discrete Wavelet Transform* dan fitur morfologi sinyal PPG.
2. Merancang arsitektur CNN (*Convolutional Neural Network*) dan GRU (*Gated Recurrent Unit*) untuk mengklasifikasikan aritmia berdasarkan fitur yang telah diekstraksi.
3. Mengimplementasikan dan menguji kinerja model deteksi aritmia pada perangkat mikrokontroler.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Berdasarkan tujuan yang akan dicapai dalam Tugas Akhir ini, manfaat yang diharapkan adalah sebagai berikut.

1. Algoritma deteksi aritmia berbasis sinyal PPG yang dikembangkan dapat meningkatkan efektivitas pemantauan kesehatan jantung melalui deteksi dini yang lebih akurat. Dengan kemampuan mengidentifikasi beberapa jenis aritmia secara langsung, algoritma ini diharapkan dapat mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan ECG konvensional yang membutuhkan biaya lebih besar.
2. Pengujian pada perangkat mikrokontroler diharapkan dapat memberikan gambaran awal tentang kinerja algoritma deteksi aritmia yang dikembangkan dalam pemantauan kesehatan jantung. Pengujian ini dapat digunakan untuk mengevaluasi efisiensi algoritma, ketepatan deteksi, serta responsivitas sistem dalam kondisi operasional pada aplikasi nyata. Selain itu, hasil dari pengujian ini dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut, termasuk optimasi algoritma maupun integrasi pada perangkat portabel atau *wearable*.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memperjelas ruang lingkup penelitian agar lebih fokus dan terarah, dalam penelitian Tugas Akhir ini ditetapkan batasan masalah sebagai berikut.

1. Dataset sinyal PPG yang digunakan dalam penelitian ini adalah PhysioNet/CinC 2015 Challenge Database dan MIMIC PERform AF.
2. Klasifikasi aritmia terbatas pada jenis *atrial fibrillation*, *bradycardia*, dan *tachycardia*, serta kondisi normal.
3. Sensor yang digunakan untuk mengukur perubahan volume darah adalah sensor MAX30102.
4. Mikrokontroler yang digunakan pada desain perangkat keras adalah Seeed XIAO ESP32S3.
5. Pemodelan algoritma deteksi aritmia menggunakan bahasa pemrograman Python, sedangkan pengujian pada mikrokontroler menggunakan bahasa C/C++.
6. Perancangan desain perangkat keras tidak mencakup ukuran perangkat keras dan daya tahan baterai.
7. Pengujian kinerja model deteksi pada perangkat keras dilakukan menggunakan dataset yang sudah ada.
8. Pengujian deteksi secara *real-time* hanya dilakukan pada kondisi detak jantung normal.

1.6. Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Studi Literatur

Tahap awal penelitian dilakukan dengan melakukan studi literatur terkait konsep dasar dan jenis aritmia, teknik pemrosesan sinyal PPG, serta implementasi metode *Deep Learning* untuk analisis sinyal biomedis. Literatur yang digunakan mencakup artikel, jurnal, dan buku yang berkaitan dengan metode deteksi aritmia dengan sinyal PPG dan algoritma *Deep Learning*.

2. Pemodelan

Pada tahap ini, dilakukan pemodelan algoritma deteksi aritmia menggunakan dataset sinyal PPG dari PhysioNet/CinC 2015 Challenge Database dan MIMIC PERform AF. Pemodelan algoritma deteksi aritmia dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman Python untuk melatih dan mengevaluasi performa model dalam mendeteksi jenis aritmia.

3. Perancangan dan Implementasi

Tahap ini mencakup perancangan sistem berbasis mikrokontroler untuk mendeteksi aritmia. Kemudian, implementasi model dilakukan pada perangkat mikrokontroler dengan memperhatikan keterbatasan daya komputasi untuk memastikan model dapat berfungsi dengan baik.

4. Pengujian Sistem

Tahap pengujian sistem dilakukan untuk mengevaluasi kinerja model deteksi pada perangkat mikrokontroler dalam mendeteksi aritmia. Selain itu, pengujian dilakukan untuk menguji kecepatan komputasi dalam deteksi aritmia pada perangkat mikrokontroler yang digunakan.

1.7. Proyeksi Pengguna

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan, dan manfaat hasil penelitian, proyeksi atau target pengguna yang dapat memanfaatkan hasil penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Industri Teknologi Kesehatan

Perusahaan yang bergerak dalam bidang teknologi kesehatan terutama yang berfokus pada pengembangan perangkat *wearable* dapat memanfaatkan algoritma deteksi aritmia. Dengan mengimplementasikan algoritma ini, perusahaan dapat meningkatkan kemampuan perangkat *wearable* untuk memantau kondisi kesehatan jantung penggunanya secara *real-time*.

2. Peneliti dan Akademisi

Hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi peneliti dan akademisi untuk penelitian berikutnya. Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penelitian dalam pengembangan algoritma deteksi berdasarkan sinyal PPG untuk klasifikasi jenis aritmia.

3. Layanan Kesehatan Jarak Jauh (*Telemedicine*)

Hasil penelitian ini dapat diimplementasikan dan diintegrasikan pada layanan *telemedicine* untuk memantau kondisi jantung pasien dari jarak jauh. Hal ini dapat membantu pasien untuk melakukan pemantauan kondisi kesehatan secara *real-time* tanpa harus rutin mengunjungi fasilitas kesehatan.