

Bab I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular (CVD) adalah penyebab utama kematian secara global, dengan aritmia jantung menjadi jenis yang paling umum, bertanggung jawab atas sekitar 80% kematian mendadak akibat jantung Mahmud, Nayan, Hasan and Taj (2022). Aritmia mengacu pada detak jantung yang tidak teratur, dan para ahli menggunakan sinyal elektrokardiogram (ECG) untuk mendiagnosis kondisi ini karena pola sinyal yang beragam dan kompleks. Meskipun sudah ada banyak aplikasi machine learning dan deep learning untuk klasifikasi aritmia, akurasi masih kurang memuaskan. Selain itu, adopsi model-model ini di bidang medis terbatas karena sifatnya yang dianggap sebagai "black-box" Mahmud et al. (2022), Ashfaq, Anjum, Ahmed and Masood (2022), Cheng, Zou and Zhao (2021). Tantangan interpretabilitas dan kepercayaan terhadap model yang kompleks ini tidak hanya unik di bidang kesehatan; kekhawatiran serupa juga ada di bidang seperti network routing, di mana kebutuhan akan pengambilan keputusan yang transparan sangat penting untuk mengoptimalkan packet switching dalam jaringan generasi berikutnya Amah, Kamat, Moreira, Bakar, Mandala and Batista (2016). Permintaan akan solusi yang dapat dijelaskan (explainable) juga terlihat di domain keamanan seperti Optical Burst Switching networks, di mana memahami mekanisme yang mendasari burst control schemes sangat penting untuk memastikan transmisi data yang aman Coulibaly, Al-Kilany, Latiff, Rouskas, Mandala and Razzaque (2015).

Hal ini telah menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan teknik XAI (eXplainable Artificial Intelligence). Penelitian telah mengusulkan metode XAI seperti SHAP, LIME, dan GRAD-CAM untuk klasifikasi aritmia berbasis ECG guna meningkatkan interpretabilitas model dan akurasi diagnostik M., Ravi, V., M., Ravi, V., E.A and K.P (2023), Singh and Sharma (2022), Abdullah, Zahid, Tang, Ali and Nasser (2022). Selain itu, penggunaan Layer-wise Relevance Propagation (LRP) dalam pemrosesan sinyal EEG telah menunjukkan potensi dalam meningkatkan interpretabilitas prediksi jaringan saraf, menunjukkan kesesuaiannya untuk model berbasis ECG Rathod, Bhalodiya and Naik (2022). Model kami memanfaatkan teknik-teknik ini, melatih pada berbagai

kelas aritmia untuk memberikan hasil yang dapat dijelaskan dan akurat secara diagnostik, sehingga berkontribusi pada pemahaman dan pengobatan aritmia jantung yang lebih baik. Dalam klasifikasi aritmia, ekstraksi fitur yang bermakna dari sinyal ECG sangat penting untuk prediksi yang akurat. Demikian juga, pengenalan ekspresi wajah (FER) sangat penting untuk memahami emosi dan perilaku manusia. Meskipun ada kemajuan signifikan dalam sistem FER otomatis selama dua dekade terakhir, tantangan tetap ada karena sifat kompleks dari fitur wajah Kommineni, Mandala, Sunar et al. (2021).

Berbagai studi tentang klasifikasi aritmia telah dilakukan, seperti karya Cheng et al. (2021), yang berfokus pada Atrial Fibrillation (AF) dengan menggabungkan Deep Convolutional Neural Network (DCNN) dengan BiLSTM. Model terbaik mereka mencapai akurasi 89,3% dan F1-score 89,1%. Namun, akurasi yang relatif rendah dan kurangnya interpretabilitas karena sifat model yang black-box menimbulkan tantangan signifikan dalam klasifikasi, yang menekankan kebutuhan akan model yang lebih transparan dan dapat dijelaskan, seperti yang ditekankan dalam penelitian tentang sistem IoT hemat energi untuk pemantauan kesehatan Mandala, Anggis, Mubarok and Shamila (2017). Studi lain oleh M. et al. (2023) mencapai akurasi 96,2%, hamming loss 0,037, presisi 0,986, dan recall 0,949, dengan F1-score 0,967 menggunakan pendekatan CNN. Selain itu, Talal A.A. Abdullah et al. Abdullah et al. (2022) menggunakan metode deep learning hibrida yang menggabungkan CNN dan GRU, mencapai akurasi 99% dengan Explainable AI (XAI). Namun, studi-studi ini tidak memberikan informasi tentang fitur mana yang memainkan peran paling krusial dalam mengklasifikasikan aritmia, melainkan mengandalkan plot visual dari sinyal ECG untuk explainability, sebuah keterbatasan yang mencerminkan tantangan yang dihadapi dalam memahami dampak serangan di jaringan ad hoc seluler nirkabel Mandala, Jenni, Ngadi, Kamat and Coulibaly (2014).

Untuk mengatasi masalah-masalah yang telah disebutkan, kami mengusulkan pendekatan komprehensif untuk klasifikasi aritmia menggunakan teknik deep learning yang canggih. Arsitektur model kami mengintegrasikan kombinasi Convolutional Neural Network (CNN), mekanisme Attention, dan Gated Recurrent Units (GRU), serta Long-Short Term Memory (LSTM) untuk secara efektif menangkap ketergantungan temporal dan fitur spasial dalam sinyal elektrokardiogram (ECG), yang terinspirasi dari tantangan serupa dalam optimisasi jaringan, di mana routing data yang efisien dan penghindaran kemacetan sangat penting, seperti yang dieksplorasi dalam penelitian terbaru tentang jaringan mesh nirkabel Pa, Mandala and Adiwijaya (2019). Model yang kami usulkan meluas ke klasifikasi multikelas, mengakomodasi beragam jenis aritmia yang diidentifikasi dalam praktik klinis, mirip dengan bagaimana protokol routing di pocket switched networks harus beradaptasi dengan pola lalu lintas dan kondisi jaringan yang beragam Yulianti, Mandala, Zainal, Nasien, Ngadi and Coulibaly (2016). Dengan memanfaatkan dataset yang

beragam yang mencakup berbagai pola aritmia, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel I, model kami bertujuan untuk memberikan dukungan diagnostik yang akurat dan komprehensif kepada para profesional kesehatan. Selain itu, kami mengintegrasikan Layer-wise Relevance Propagation (LRP) untuk meningkatkan interpretabilitas model kami, memungkinkan para klinisi untuk memahami fitur-fitur yang mendasari setiap keputusan klasifikasi.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana meningkatkan akurasi deteksi aritmia?
2. Bagaimana cara menginterpretasikan model aritmia yang efektif dan mudah dipahami?

1.3 Pernyataan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disimpulkan terdapat permasalahan pada algoritma klasifikasi dan deteksi yang sudah ada sebagai berikut:

1. Beberapa penelitian dari algoritma klasifikasi yang digunakan menghasilkan akurasi deteksi yang rendah
2. Belum banyak pengimplementasian XAI yang seharusnya dilakukan pada bidang medis.

1.4 Tujuan

Berikut adalah tujuan yang ingin dicapai pada penulisan Tugas Akhir ini:

1. Mendesain model *Hybrid Deep Learning* dari algoritma CNN+LSTM, CNN+GRU dan CNN+Attention+GRU untuk mendeteksi dini aritmia.
2. Melakukan studi Explainable Deep Learning menggunakan metode SHAP untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang keputusan yang diambil oleh model klasifikasi aritmia.

1.5 Batasan Masalah

Berikut adalah ruang lingkup yang ada pada penulisan tugas akhir ini :

1. Penelitian ini berfokus untuk menyelidiki dan membandingkan kinerja tiga algoritma *Hybrid Deep Learning* terbaik dalam mendeteksi secara dini 9 jenis aritmia dan sebagai pembanding jantung normal. Algoritma yang akan dievaluasi melibatkan Convolutional Neural Network (CNN)

yang dikombinasikan dengan Long Short Term Memory (LSTM), Convolutional Neural Network (CNN) yang dikombinasikan dengan Gated Recurrent Unit (GRU), dan Convolutional Neural Network (CNN) berbasis Attention yang dikombinasikan dengan Gated Recurrent Unit (GRU).

2. Pengujian hanya dilakukan pada data MIT-BIH Arrhythmia.

1.6 Hipotesis

Berikut adalah beberapa pernyataan hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini:

1. Penggunaan 3 Model *Hybrid Deep Learning* yang digunakan dalam penelitian ini dapat meningkatkan akurasi untuk mendeteksi aritmia menjadi lebih dari 95%.
2. Memudahkan pemahaman pengguna dari hasil klasifikasi pada model

1.7 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

- **BAB I Pendahuluan.** Bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, dan tujuan pengerjaan Tugas Akhir ini.
- **Bab II Kajian Pustaka.** Bab ini membahas fakta dan teori yang berkaitan dengan perancangan sistem untuk mendirikan landasan berfikir. Dengan menggunakan fakta dan teori yang dikemukakan pada bab ini penulis menganalisis kebutuhan akan rancangan arsitektur sistem yang dibangun.
- **BAB III Metodologi dan Desain Sistem.** Bab ini menjelaskan metode penelitian, rancangan sistem dan metode pengujian yang dilakukan dalam penelitian.