

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular (CVD) menjadi ancaman serius kesehatan global, dengan *World Health Organization* (WHO) melaporkan 17,9 juta kematian setiap tahunnya akibat kondisi ini. Di Amerika Serikat saja, lebih dari 840.000 jiwa melayang pada tahun 2016 karena CVD, menjadikannya penyebab kematian utama[1]. Oleh karena itu, deteksi dini dan diagnosis yang akurat sangat krusial untuk mencegah komplikasi fatal dan meningkatkan kualitas hidup pasien. Pengembangan metode yang efektif dan efisien untuk analisis kondisi jantung menjadi sangat mendesak.

Elektrokardiogram (EKG) telah lama diakui sebagai metode standar untuk menganalisis aktivitas Listrik jantung, menawarkan gambaran vital tentang fungsi jantung. Namun, interpretasi sinyal EKG secara manual seringkali dihadapkan pada berbagai tantangan, termasuk keberadaan gangguan (*noise*) yang dapat menyamarkan pola sinyal, variabilitas antar individu, serta kompleksitas dalam membedakan antara pola sinyal normal dan abnormal. Kesulitan ini dapat memperlambat respons medis yang cepat dan tepat. Akibatnya, diperlukan pendekatan otomatis yang mampu mengatasi hambatan ini untuk meningkatkan kecepatan dan akurasi analisis sinyal EKG.

Berbagai metode pemrosesan sinyal telah dieksplorasi untuk meningkatkan akurasi klasifikasi sinyal EKG otomatis. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penggunaan Parameter *Hjorth*, yaitu aktivitas (*activity*), mobilitas (*mobility*), dan kompleksitas (*complexity*). Parameter ini mampu mengekstraksi fitur-fitur penting dari sinyal EKG berbasis waktu dengan perhitungan yang relative sederhana. Penelitian ini sebelumnya menunjukkan bahwa Parameter *Hjorth* berhasil dalam mengekstraksi ciri sinyal EKG, yang kemudian dapat diintegrasikan sebagai input dalam algoritma klasifikasi seperti *Support Vector Machine* (SVM) dan *k-Nearest Neighbor* (k-NN) untuk identifikasi kondisi jantung. [2] Namun, Sebagian besar implementasi ini masih di dominasi oleh solusi berbasis perangkat

lunak yang mungkin kurang optimal dalam hal kecepatan pemrosesan dan efisiensi komputasi, terutama untuk aplikasi *real-time*.

Selain itu, implementasi system klasifikasi berbasis *Field Programmable Gate Array* (FPGA) memberikan keunggulan dalam hal kecepatan pemrosesan dan efisiensi komputasi dibandingkan dengan system berbasis perangkat lunak konvensional. Penelitian ini telah menunjukkan bahwa implementasi pemrosesan sinyal EKG pada FPGA memungkinkan pemantauan sinyal secara *real-time* dengan konsumsi daya yang rendah. Bahkan, studi terkait klasifikasi sinyal biologis seperti EEG epilepsi pada FPGA menggunakan *Hjorth descriptor* dan KNN telah berhasil mencapai akurasi hingga 90.74% dalam waktu pemrosesan yang cepat, hanya 0.015 detik, dengan penggunaan sumber daya Logika *Look-Up Table* (LUT) kurang dari 10%[3].

Dalam penelitian ini, klasifikasi sinyal *EKG* akan dilakukan dengan pendekatan *Parameter Hjorth* untuk ekstraksi fitur, yang kemudian digunakan sebagai input dalam algoritma klasifikasi *k-Nearest Neighbor* (KNN). Model yang dihasilkan akan diimplementasikan pada FPGA agar dapat berjalan secara *real-time* dan efisien. Namun, pengerjaan penelitian ini difokuskan hingga menghasilkan RTL (*Register Transfer Level*) yang dapat disimulasikan dan diverifikasi menggunakan perangkat lunak Quartus Prime. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan system klasifikasi sinyal EKG berbasis FPGA yang dapat mendeteksi kondisi jantung secara lebih cepat dan akurat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang medis, khususnya dalam meningkatkan efisiensi diagnosis penyakit jantung dengan sistem yang lebih cepat dan akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana metode ekstraksi fitur *Hjorth Parameters* dapat diterapkan pada sinyal EKG?
2. Bagaimana perancangan model klasifikasi sinyal EKG berbasis *Hjorth Parameters* menggunakan Bahasa pemrograman VHDL?
3. Bagaimana implementasi system klasifikasi sinyal ECG hingga level RTL menggunakan Modelsim dan Quartus?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini, sebagai berikut:

1. Menerapkan metode ekstraksi fitur *Hjorth Parameters* untuk memperoleh karakteristik penting dari sinyal EKG.
2. Merancang dan mengimplementasikan model klasifikasi sinyal EKG berbasis *Hjorth parameters* menggunakan Bahasa pemrograman VHDL.
3. Mengimplementasikan sistem klasifikasi sinyal EKG hingga level RTL melalui simulasi ModelSim dan realisasi pada Quartus Prime.

1.4 Cakupan Pengerjaan

Penelitian ini difokuskan pada pengembangan sistem klasifikasi sinyal ECG berbasis ekstraksi fitur *Hjorth Parameters* dengan implementasi VHDL. Perancangan dan pengujian dilakukan menggunakan MATLAB, ModelSim, dan Quartus Prime, tanpa realisasi fisik pada papan FPGA, serta dibatasi hingga tahap sintesis Register Transfer Level (RTL). Pada tahap implementasi, *Hjorth Parameters* berhasil direalisasikan di VHDL dan divalidasi melalui perbandingan dengan MATLAB, di mana hasilnya menunjukkan pola yang konsisten meskipun terdapat perbedaan skala nilai akibat faktor pengali. Pengujian algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dilakukan hanya pada nilai $K=5$, yang dipilih sebagai parameter awal sesuai praktik umum pada K NN serta untuk menjaga konsistensi proses implementasi di VHDL, mengingat perubahan nilai K memerlukan

modifikasi kode dan simulasi ulang. Dataset yang digunakan berupa sinyal ECG dalam format file MATLAB, kemudian dikonversi menjadi format 16-bit signed agar sesuai dengan kebutuhan pemrosesan pada VHDL.

1.5 Tahapan Pengerjaan

Tahapan pengerjaan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap ini diawali dengan studi literatur mendalam mengenai konsep matematis Shannon Entropy, termasuk menguraikan komponen komputasinya seperti perhitungan probabilitas dan operasi logaritma. Selanjutnya, dilakukan studi terhadap platform implementasi FPGA, dengan fokus pada teknik representasi bilangan fixed-point dan berbagai metode untuk pendekatan fungsi logaritma dalam logika digital.

2. Perancangan Arsitektur Sistem

Merancang arsitektur digital secara keseluruhan dalam bentuk diagram blok. Tahap ini mencakup perancangan detail untuk modul-modul fungsional utama yaitu modul penghitung probabilitas dan modul untuk pendekatan fungsi logaritma.

3. Implementasi Kode VHDL

Menerjemahkan hasil perancangan arsitektur dari tahap sebelumnya ke dalam bahasa deskripsi perangkat keras (Verilog). Proses ini meliputi penulisan kode untuk setiap modul sebelum diintegrasikan menjadi satu sistem yang utuh.

4. Verifikasi dan Validasi

Kode Verilog/VHDL dikembangkan untuk menghitung Hjorth Parameters berdasarkan data ECG yang telah disiapkan. Simulasi dilakukan menggunakan ModelSim untuk memastikan algoritma berjalan dengan benar. Selanjutnya, desain diimplementasikan dalam bentuk RTL menggunakan Quartus. Hasil perhitungan dari simulasi dibandingkan dengan perangkat lunak seperti MATLAB untuk mengevaluasi akurasi dan efisiensi sistem. Jika ditemukan ketidaksesuaian, dilakukan debugging dan optimasi desain.