

IMPLEMENTASI DETEKSI KOMPLEKS QRS ECG DENGAN ALGORITMA PAN-TOMPKINS PADA PERANGKAT FPGA

Ahmad Zaky Ramdani¹, Achmad Rizal², Iswahyudi Hidayat³

¹Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Serangan dan gangguan jantung merupakan penyebab kematian nomor satu di dunia. Dalam menanggulangi terjadinya serangan serta gangguan pada jantung, maka monitoring terhadap kondisi jantung sangatlah penting. ECG merupakan sinyal hasil aktivitas kelistrikan jantung yang dapat memberikan informasi kondisi fisik dari pasien dan dapat mengindikasikan sebuah penyakit. Suatu sinyal ECG memiliki komponen utama berupa kompleks QRS. Sehingga pendeteksian nilai kompleks QRS memegang peranan yang sangat penting pada sistem pengolahan sinyal ECG. Salah satu metode yang menjadi referensi untuk perhitungan sebuah kompleks QRS secara real time adalah dengan metode Pan- Tompkins.

Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat sebuah hardware yang diimplementasikan untuk menghitung nilai dari QRS kompleks. Hardware yang akan direalisasikan mengambil masukan berupa sinyal ECG realtime yang telah mengalami konversi menjadi sinyal digital melalui perangkat Analog to Digital Converter (ADC). Operasi pada sinyal digital keluaran ADC adalah penghitungan nilai kompleks QRS dengan bantuan FPGA yang akan menjalankan sistem sesuai dengan metode Pan-Tompkins. Penggunaan FPGA digunakan karena perangkatnya yang relatif lebih murah dan mudah untuk dimodifikasi dibandingkan dengan perangkat yang biasa digunakan saat ini.

Pada metode yang akan digunakan ini sinyal kompleks ECG akan mengalami beberapa blok pengolahan, yaitu blok B andpass filter , blok Differensiasi, blok Squaring Operation (pengkuadratan), blok integrasi, blok terakhir yaitu Thresholding. Blok-blok tersebut diimplementasikan pada perangkat FPGA sebagai sistem operasi perhitungan yang terdiri dari blok logika adder, resister, address loader, register, memory serta control unit. Hasil implementasi sistem ini didapatkan perangkat pendeteksi kompleks QRS dengan tingkat ketepatan sebesar 92% dengan total waktu pemrosesan sebesar 245 ns untuk clock 2 ms.

Kata Kunci : Electrocardiograf, Pan-Tompkins, QRS kompleks, ADC, FPGA Electrocardiograf, Pan-Tompkins, QRS kompleks, ADC, FPGA

Telkom
University

Abstract

Heart attack is number one cause of human dead in the world. In purpose of controlling the number of death caused by heart attack monitoring the condition of heart is very important. ECG is an interpretation of the electrical activity of the heart over time captured and externally recorded that can detect the condition of heart and trouble on it. An ECG signal has QRS complex as it main component. So, detecting the value of QRS complex is very important in the way get the information of heart conditions. Pan-Tompkins method is the most wide common use in hardware implementation of QRS complex detector.

This research's goal is to implement the hardware that can be use in detecting the value of QRS complex. The future implemented hardware will be supplied by ECG signal that has been converted to digital signal before by an Analog to Digital Converter (ADC). Operation to ADC output signal will be handled by programmed FPGA that run the operating as the Pan-Tompkins method. This research implement in FPGA due to its flexibility in programmed and also the price is relative cheaper than other hardwares that commonly use nowadays.

In Pan-Tompkins method the implemented system will be consist by several block, they are band pass filter block, derivation block, squaring operation block, integration block and decision block. The blocks will be implemented on FPGA as calculating operation blocks system that consists of adder, resister, address loader, memory and also control unit.

As the result, this project successfully produces QRS detection system with 92% accuracy ang 245 ms processing time delay within clock of 5 ms.

Keywords : Electrocardiograph, Pan-Tompkins, complex QRS, ADC, FPGA

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Biomedis merupakan salah satu cabang ilmu elektronika yang mempelajari kaitan antara ilmu elektro dengan ilmu medis, sehingga ikut membantu perkembangan teknologi di bidang medis saat ini. Salah satu teknologi yang berhasil dikembangkan oleh dunia biomedis adalah sinyal *electrocardiograf* (ECG). ECG merupakan suatu sinyal yang dihasilkan dari aktivitas kelistrikan dari jantung manusia yang memiliki informasi medik mengenai kondisi kesehatan manusia yang bersangkutan.

Suatu sinyal ECG memiliki komponen utama berupa kompleks QRS. Kompleks QRS adalah bentuk umum dari sinyal ECG yang normal dan berhubungan dengan deplarisasi ventrikel. Karena ventrikel mengandung lebih banyak massa otot daripada atrium, kompleks QRS lebih besar daripada gelombang P. Dengan demikian deteksi QRS dapat mendeteksi kelainan frekuensi, keteraturan, tempat asal atau konduksi impuls listrik pada jantung.

Sehingga pendeteksian nilai kompleks QRS memegang peranan yang sangat penting pada sistem pengolahan sinyal ECG. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk perhitungan sebuah kompleks QRS secara *real time* adalah dengan metode Pan-Tompkins. Metode yang diperkenalkan oleh Jianpu Pan dan Willi Tompkins pada 1987 ini memiliki tingkat ketepatan deteksi hingga 98% dan merupakan metode yang paling umum digunakan pada implementasi perangkat keras sistem pendeksi QRS realtime. Selain metode ini terdapat pula metode lainnya seperti wavelet dan metode yang diperkenalkan Timo Bragge, Mika P. Tarvainen, and Pasi A. Karjalainen.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan sebuah *hardware* yang diimplementasikan untuk menghitung nilai dari QRS kompleks. Penggunaan FPGA (*Field Programmable Gate Array*) digunakan karena perangkatnya yang relatif lebih murah dan mudah untuk dimodifikasi dibandingkan dengan perangkat yang biasa digunakan saat ini.

Perangkat yang akan dirancang merupakan penggabungan dari tiga buah blok perangkat yang terdiri dari ECG analog yang berfungsi untuk mengambil sinyal ECG dari penyadapan pada tubuh manusia. Blok selanjutnya adalah ADC yang berfungsi untuk mengubah sinyal ECG hasil penyadapan menjadi urutan bit digital. Tahap paling akhir dari hardware ini adalah pengolahan sinyal ECG untuk deteksi kompleks QRS dengan perangkat FPGA yang mengambil input bit biner hasil keluaran ADC.

Pada tugas akhir ini, sistem pendeteksi QRS diimplementasikan pada perangkat FPGA dengan membangun arsitektur sistem yang dapat mewakili kinerja dari sistem secara optimal. Pembangunan arsitektur sistem ini didefinisikan dengan bahasa pemrograman VHDL (*VHSIC Hardware Description Language*) dengan perangkat implementasi FPGA (Field Programmable Gate Array) Virtex 4 XC4VLX. Masukan sistem ini adalah keluaran konversi 8 bit dari sinyal ECG analog. Sinyal ECG yang diujikan berasal dari perangkat PS400 yang merupakan pembangkit sinyal sebagai pengganti tubuh manusia.

1.2 Rumusan masalah

Sistem deteksi QRS dapat digunakan sebagai pendeteksi gangguan jantung terutama yang menjadikan keteraturan dan frekuensi dari detak jantung sebagai parameternya. Dengan perancangan sistem deteksi pada perangkat FPGA akan memudahkan pengembangan sistem selanjutnya karena kompatibilitas FPGA yang tinggi. Selain itu implementasi sistem pada FPGA akan memberikan keuntungan secara ekonomi apabila akan dilakukan industrialisasi perangkat. Namun dengan pendefinisian sistem pada bahasa VHDL maka membutuhkan arsitektur sistem yang berbasiskan pada komponen logika. Secara garis besar, rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

- a. Bagaimana cara untuk melakukan perhitungan terhadap nilai kompleks QRS ECG pada masing jenis kondisi jantung.
- b. Bagaimana proses pengimplementasian sistem perhitungan nilai kompleks QRS dengan pembangunan arsitektur pada bahasa VHDL yang pendefinisian berdasar pada komponen logika.
- c. Bagaimana performansi sistem ditinjau dari ketepatan sistem dalam mendeteksi nilai kompleks QRS serta *processing time* dari sistem dimulai dari mulai kemunculan sinyal hingga dapat dideteksi sistem.

1.3 Tujuan

Tugas akhir ini bertujuan untuk mengimplementasikan sistem pendeteksi kompleks QRS secara real time yang memiliki kinerja yang baik sehingga layak untuk dipergunakan. Kelayakan sistem pada hal ini ditinjau dari parameter kemampuan sistem untuk mendeteksi secara tepat serta waktu yang dibutuhkan untuk sistem melakukan pendeksian karena sistem yang dirancang untuk keperluan penganalisisan real time. Secara kualitas, sistem ini diharapkan dapat mendeksi pada berbagai macam kondisi jantung. Secara garis besar Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

- a. Merancang suatu perangkat keras pendeteksi kompleks QRS pada sinyal ECG.

- b. Merealisasikan sistem blok operasi Pan-Tompkins pada perangkat FPGA yang memiliki kecepatan dan akurasi yang tinggi dengan delay yang rendah.
- c. Menganalisa performansi sistem dengan parameter tingkat akurasi pada berbagai kondisi jantung.

1.4 Batasan Masalah

Batasan dari masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

- a. Sinyal ECG yang menjadi inputan sistem deteksi QRS merupakan hasil konversi ADC beresolusi 8 bit.
- b. Pemrosesan sinyal pada perangkat FPGA digunakan data dengan lebar 10 bit.
- c. Implementasi hardware menggunakan Xilinx Virtex4 Xc4vlx25
- d. Sistem diimplementasikan bersifat real time dengan menggunakan algoritma Pan-Tompkins dengan frekuensi sampling 200 Hz.
- e. Masukan dari ECG analog yang diujikan berasal dari *Patient Simulator* PS400.
- f. Untuk tingkat akurasi, pengujian dilakukan pada program VHDL yang dirancang dengan masukan hasil sampling ECG dari www.physonet.org.
- g. Parameter yang diujikan hanya tingkat akurasi dan waktu proses yang dibutuhkan sedangkan untuk tingkat presisi tidak dilakukan.

1.5 Metodologi Penelitian

- a. Identifikasi masalah
Pada tahap identifikasi ini ditentukan latar belakang masalah yang mendasari penelitian ini, tujuan dilakukan penelitian, serta rumusan dan batasan masalah.
- b. Studi Literatur
Melakukan studi literatur serta pengumpulan data tentang beberapa materi yang berkaitan dengan implementasi *hardware* ini, seperti karakteristik kompleks QRS, *signal processing*, FPGA dan materi yang berkaitan lainnya. Studi literatur dilakukan melalui internet, makalah-makalah, buku-buku, serta melalui diskusi dan konsultasi dengan dosen pembimbing.
- c. Analisis Sistem
Menganalisa deskripsi dan kebutuhan sistem berdasarkan batasan masalah dan ketersediaan data.

- d. Desain
Pada tahap ini, penulis melakukan pemodelan sistem pendeteksi nilai kompleks QRS.
- e. Implementasi
Mengimplementasi sebuah aplikasi perangkat keras yang mampu mendeteksi nilai kompleks QRS hasil keluaran ADC melalui metode Pan-Tompkins.
- f. Pengujian
Menguji sistem untuk melihat performansi kerja perangkat tersebut, evaluasi keberhasilan metode dan menganalisa faktor-faktor yang mempengaruhi performansinya.
- g. Penyusunan laporan
Dilakukan analisa hasil implementasi dan pengujian sistem yang telah dilakukan dan kemudian disusun ke dalam sebuah laporan tugas akhir yang dapat dipergunakan untuk media penyebaran pengetahuan dan untuk kepentingan pengembangan lebih lanjut.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum keseluruhan Tugas Akhir ini dibagi menjadi enam bab bahasan, ditambah dengan lampiran dan daftar istilah yang diperlukan. Penjelasan masing - masing bab adalah sebagai berikut:

BAB 1 : PENDAHULUAN

Bab ini berisi gambaran umum dari percobaan yang dilakukan. Tercakup di dalamnya yaitu latar belakang, perumusan masalah, tujuan, batasan masalah, metode penelitian serta sistematika penulisan.

BAB 2 : DASAR TEORI

Pada bab ini berisi paparan umum mengenai karakteristik sinyal ECG dan kompleks QRSnya, algoritma pendeteksi yang digunakan serta permasalahannya termasuk di dalamnya dasar-dasar teori yang digunakan pada proses pengimplementasian sistem ini.

BAB 3 : PERANCANGAN SISTEM DETEKSI KOMPLEKS QRS

Bab ini membahas mengenai spesifikasi sistem deteksi kompleks QRS dan model sistem yang dirancang. Tahap perancangan untuk masing-masing blok sistem dan integrasi keseluruhan blok.

BAB 4 : PENGUJIAN DAN ANALISA SISTEM DETEKSI KOMPLEKS QRS

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini akan dilakukan pengujian pada masing-masing blok sistem yang telah dirancang pada bahasa VHDL. Sistem diujikan untuk tiap-tiap bloknnya untuk kemudian dianalisa mengenai kesesuaian dari keluaran sistem dengan keluaran yang diharapkan. Selajutnya dilakuakn pula pengujian ketepatan sistem mendeteksi kompleks QRS pada beberapa masukan ECG.

BAB 5 : IMPLEMENTASI PERANGKAT KERAS SISTEM DETEKSI QRS PADA FPGA

Bab ini dilakuakn implementasi sistem pada perangkat FPGA serta dilakukan pengujian dari sistem secara realtime.

BAB 6 : KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini merupakan bab terakhir dari laporan tugas akhir yaitu berupa kesimpulan untuk sistem yang penulis kerjakan, serta saran untuk pengembangan sistem ini selajutnya.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil implementasi yang didapat adalah :

1. Implementasi sistem pada bahasa VHDL berbeda dengan implementasi pada bahasa C karena sifat pemrosesannya yang sesuai flow data sehingga diperlukan arsitektur khusus yang berorientasikan rangkaian logika.
2. Perancangan sistem pada perangkat FPGA memudahkan pengembangan lebih lanjut karena kompatibilitas sistem FPGA yang mudah untuk diintegrasikan dengan perangkat lain.
3. Sistem deteksi QRS yang diimplementasikan pada tugas akhir ini memiliki *delay* sebesar 49 clock (245 ms) dihitung dari mulai kemunculan QRS. Sehingga alat dapat dikatakan cukup baik karena QRS terdeteksi sebelum kedatangan QRS berikutnya yang rata-rata jarak R-R adalah 660 ms (80 detak per menit)
4. Untuk memproses sinyal analog pada FPGA dibutuhkan perangkat ADC tambahan karena keterbatasan FPGA yang hanya dapat mengolah sinyal digital.
5. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat ketepatan mendeteksi sebesar 92%.

6.2 Saran

Beberapa saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan sistem deteksi QRS ini adalah :

1. Untuk pengembangan selanjutnya, hasil keluaran dari sistem ini dapat diolah lebih lanjut terutama untuk sistem control digital yang berdasar pada detak jantung.
2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dilakukan dengan melakukan pengukuran tingkat presisi dari sistem deteksi QRS.

3. Perancangan sistem yang serupa diharapkan dapat diimplementasikan pada programmable logic device yang lebih sederhana seperti CPLD, PAL, dan GAL.
4. Untuk pengembangan selanjutnya dapat dicoba implementasi dengan algoritma yang berbeda pada device yang sama atau algoritma yang sama dengan device yang sama.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pan J., and Tompkins W. J. 1985. *A Real-Time QRS Detection Algorithm*, IEEE Trans. Biomed. Eng.
- [2] Pavlatos C., Dimopoulos., dan Manis G., 2003. *Hardware Implementation of Pan & Tompkins QRS Detection Algorithm*. National Technical University of Athens.
- [3] Tompkins W. J., 1993. *Biomedical Digital Signal Processing*. Prentice Hall.
- [4] Ludeman L.C., 1987. *Fundamental of Digital Signal Processing*. John Wiley and Sons
- [5] Eugene N. B., 2001. *Biomedical Signal Processing and Signal Modeling*. John Wiley and Sons
- [6] Brown S., and Vranesic Z., 2008. *Fundamentals of Digital Logic with VHDL Design*. McGraw-Hill.
- [7] Meyer-Bease U., 2001 *Digital Signal Processing with Field Programmable Gate Array*. Springle-Verlag.
- [8] Hadiyoso S., 2008. *Sistem Monitoring Photoplethysmograph Digital dengan Wireless LAN (802.11b) sebagai Pengirim Data*. IT Telkom: Tidak Diterbitkan
- [9] Bragge T., Tarvainen M.P., Karjalainen P. A. 2004. High-Resolution QRS Detection Algorithm for Sparsely Sampled ECG Recordings. University of Kuopio.
- [10] PTB diagnostic ECG Databse: patient001/s0010, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [11] MIT BIH Arrhythmia Database: 100, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [12] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I74 <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>

- [13] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I02
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [14] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I01
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [15] MIT BIH Arrhythmia Database: 232, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [16] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I25
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [17] Intracardiac Atrial Fibrillation Database : iaf2tva,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [18] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu19,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [19] BIDMC Congestive Heart Failure Database: chf04
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [20] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu20,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [21] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu23,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [22] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu25,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [23] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu26,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [24] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu29,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [25] CU Ventricular Tachyarrhythmia Database: cu16,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [26] BIDMC Congestive Heart Failure Database: chf01
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [27] BIDMC Congestive Heart Failure Database: chf02
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>

- [28] BIDMC Congestive Heart Failure Database: chf07
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [29] Intracardiac Atrial Fibrillation Database : iaf8tva,
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [30] European ST-T Database: e0104, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [31] European ST-T Database: e0105, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [32] European ST-T Database: e0106, <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [33] MIT-BIH Atrial Fibrillation Database : 08405 <http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [34] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I60
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [35] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I64
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [36] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I65
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [37] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I67
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [38] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I74
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [39] St. Petersburg INCART 12-lead Arrhythmia Database: I12
<http://www.physionet.org/cgi-bin/atm/ATM>
- [40] non-personal article , 12 December 2010, *Electrocardiography*, International Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrocardiography>, access on 14 December 2010
- [41] Sujatmiko, W. 2011. *Perancangan dan Implementasi MIMO Encoder Decoder STBC Alamouti 2x2 Berbasis FPGA*. IT Telkom: Tidak diterbitkan.