

**IMPLEMENTASI PROTOKOL USB PADA PENGONTROL MIKRO
ATMEGA8 UNTUK AKUISISI DATA SINYAL
ELEKTROKARDIOGRAM**

Disusun Oleh :

Innocentio Aloysius Loe (0922045)

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik

Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri 65, Bandung 40164, Indonesia

ABSTRAK

Protokol USB diimplementasikan pada pengontrol mikro yang sesungguhnya tidak mendukung komunikasi dengan protokol USB untuk keperluan akuisisi data. Pengontrol mikro yang digunakan dalam rancangan sistem adalah Atmel AVR ATMEGA8 dengan basis *firmware* V-USB.

Pengujian dilakukan dengan instrumen elektrokardiogram (EKG) yang dirancang sendiri, dengan konfigurasi pengukuran *Limb Lead* (LL) II. Data yang didapat diolah untuk mengukur detak jantung menggunakan algoritma Pan-Tompkins. Sinyal EKG serta hasil pengukuran detak jantung ditampilkan pada suatu GUI (*Graphical User Interface*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pengontrol mikro dapat dideteksi sebagai USB *device*. Dari pengujian didapat kecepatan transmisi maksimum 24 kbps dengan *error rate* 0%. Keluaran sinyal EKG pada GUI sesuai dengan hasil keluaran instrumen serta memiliki bentuk yang sesuai dengan bentuk umum sinyal EKG LL II.

Kata kunci : EKG, Elektrokardiogram, ATMEGA8, USB, V-USB

**USB PROTOCOL IMPLEMENTATION ON ATMEGA8
MICROCONTROLLER FOR DATA ACQUISITION OF
ELECTROCARDIOGRAM SIGNAL**

Composed by :

Innocentio Aloysius Loe (0922045)

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Maranatha Christian University
Jl. Prof. Drg. Suria Sumantri 65, Bandung 40164, Indonesia

ABSTRACT

USB protocol is implemented on a microcontroller which actually does not support USB protocol communication. The microcontroller used in the system design is Atmel AVR ATMEGA8, where V-USB is used as the base *firmware*.

The test is done with self-designed electrocardiogram (ECG) instrument using *Limb Lead* (LL) II configuration. The acquired data is processed to measure heart rate using Pan-Tompkins algorithm. Both the ECG signal and the measured heart rate are displayed on a GUI (*Graphical User Interface*).

The result shows that the microcontroller is able to be detected as a USB device. The maximum transmission rate is approximately 24 kbps with 0% error rate. The displayed ECG signal on the GUI matched the instrument output with waveforms that correspond to the common form of LL II ECG signal.

Keywords : ECG, Electrocardiogram, ATMEGA8, USB, V-USB

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORISINALITAS LAPORAN PENELITIAN	
PERNYATAAN PUBLIKASI LAPORAN PENELITIAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
Kata Pengantar.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Pembahasan	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2 DASAR-DASAR UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)	5
2.1. Arsitektur Protokol USB	5
2.1.1. Topologi Jaringan.....	5
2.1.2. USB <i>Host</i>	6
2.1.3. USB <i>Device</i>	7
2.1.4. Tipe Aliran Data	8
2.2. Enumerasi USB <i>Device</i>	8
2.3. Klasifikasi USB <i>Device</i>	11
2.4. <i>Human Interface Device</i> (HID).....	12
2.4.1. Antarmuka HID.....	12
2.4.2. <i>Device Descriptor</i> HID	13
2.4.3. <i>HID Descriptor</i>	14
2.4.4. <i>Report Descriptor</i>	14

2.5. Dasar Komunikasi USB	14
2.5.1. Spesifikasi Elektrik Komunikasi USB	14
2.5.2. Sistem Transaksi Paket	16
2.5.3. HID USB Request.....	18
2.6. HID Control Transfer	19
2.6.1. Enumeration Control Transfer	20
2.6.2. HID Report Transfer	21
2.7. V-USB Driver API	22
 BAB 3 DASAR-DASAR ELEKTROKARDIOGRAM (EKG)	23
3.1. Terminologi Pokok.....	23
3.2. Fisiologi Jantung Manusia dalam Kaitannya dengan EKG.....	24
3.3. Cara Pengambilan Sinyal EKG	26
3.3.1. Mean-Electrical Axis	26
3.3.2. Aturan Pembacaan EKG	27
3.3.3. Sistem Limb Lead II.....	27
3.4. Pembacaan Sinyal EKG Limb Lead II.....	28
3.5. Masalah Umum dalam Perancangan Instrumen EKG	30
3.5.1. Tegangan Common Mode.....	30
3.5.2. Baseline Wander dan Motion Artifact.....	31
3.5.3. Sumber-sumber Noise	31
3.5.4. Grounding dan Right Leg Drive (RLD)	32
3.5.5. Isolasi Sistem Penguat	33
 BAB 4 PERANCANGAN DAN REALISASI	35
4.1. Rancangan Umum.....	35
4.1.1. Diagram Blok Sistem.....	35
4.1.2. Flowchart Sistem.....	36
4.2. Perancangan Instrumen Elektrokardiogram	37
4.2.1. Pemilihan Elektroda.....	37
4.2.2. Impedansi Elektroda EKG	38

4.2.3. Regulasi Arus dan <i>Prefiltering</i>	38
4.2.4. <i>Instrumentation Amplifier</i>	40
4.2.5. Penanggulangan <i>Baseline Wander</i>	41
4.2.6. <i>Right Leg Drive</i> dan <i>Shield Driver</i>	43
4.2.7. Penguat Tingkat Kedua	47
4.2.8. <i>Notch Filter</i>	48
4.3. Perancangan Protokol USB pada Pengontrol Mikro ATMEGA8	49
4.3.1. Spesifikasi yang Ingin Dicapai	49
4.3.2. Perancangan Perangkat Keras	50
4.3.3. <i>Device-Side Software</i>	51
4.4. <i>Host-side Software</i>	58
4.4.1. <i>Notch Filter Digital</i>	59
4.4.2. <i>Highpass Filter Digital</i>	62
4.4.3. Pengukuran Laju Detak Jantung	63
4.4.4. Transmisi Data	64
4.4.5. <i>Graphical User Interface (GUI)</i>	66
BAB 5 HASIL DAN ANALISIS	67
5.1. Hasil dan Analisis Protokol USB	67
5.1.1. Deteksi USB-ECG Sebagai HID	67
5.1.2. Laju Transmisi Data	68
5.1.3. Performansi Transmisi Data	69
5.2. Hasil dan Analisis Instrumen Elektrokardiogram	69
5.2.1. Rasio CMR	69
5.2.2. Respon Frekuensi Penguat	70
5.2.3. Impedansi Masukan Penguat	72
5.2.4. Sinyal EKG pada Keluaran Penguat	73
5.2.5. Sinyal Keluaran Filter Digital	77
5.2.6. Perhitungan Laju Detak Jantung	80
5.3. Tampilan pada GUI	82

BAB 6 PENUTUP.....	84
6.1. Kesimpulan	84
6.2. Saran.....	84

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A : USB *Device Descriptor*

LAMPIRAN B : *HID Report Descriptor*

LAMPIRAN C : Skematik dan PCB USB-ECG

LAMPIRAN D : *Listing Program*

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 2.1 Topologi Jaringan USB.....	6
2. Gambar 2.2 Skematik Konektor USB <i>host</i>	9
3. Gambar 2.3 Skema <i>Low Speed</i> dan <i>High Speed</i> USB Device	10
4. Gambar 2.4 Encoding NRZI	15
5. Gambar 2.5 Koneksi USB <i>Low Speed Device</i>	15
6. Gambar 3.1 Anatomi Jantung Manusia.....	25
7. Gambar 3.2 Sistem <i>mean-electrical axis</i>	26
8. Gambar 3.3 Contoh skema pemasangan elektroda sistem <i>Limb Lead II</i>	28
9. Gambar 3.4 Contoh umum sinyal EKG <i>Limb Lead II</i>	29
10. Gambar 3.5 Model pengaruh jala-jala listrik dan <i>stray capacitance</i>	33
11. Gambar 3.6 Rangkaian ekuivalen <i>common mode</i> sistem Gambar 3.5.....	34
12. Gambar 4.1 Diagram blok sistem analog.....	35
13. Gambar 4.2 Diagram blok sistem digital	36
14. Gambar 4.3 <i>Flowchart</i> sistem	36
15. Gambar 4.4 Elektroda 3M RedDot 2560	37
16. Gambar 4.5 Model elektronika elektroda EKG	38
17. Gambar 4.6 Realisasi rangkaian prefilter keseluruhan	39
18. Gambar 4.7 Skematik INA114	40
19. Gambar 4.8 Pengaturan penguatan pada INA114.....	41
20. Gambar 4.9 Penggunaan integrator sebagai umpanbalik.....	42
21. Gambar 4.10 Aplikasi tegangan <i>common mode</i> untuk <i>shield driver</i>	43
22. Gambar 4.11 Rangkaian ekuivalen <i>common mode</i> sistem RLD.....	44
23. Gambar 4.12 Sistem RLD <i>closed-loop</i>	44
24. Gambar 4.13 <i>Bode plot</i> sistem RLD	45
25. Gambar 4.14 Realisasi rangkaian RLD.....	46
26. Gambar 4.15 Sistem <i>closed-loop</i> RLD terkompensasi	46
27. Gambar 4.16 <i>Bode plot</i> sistem RLD terkompensasi	47
28. Gambar 4.17 Penguat tingkat kedua	47
29. Gambar 4.18 <i>Active Twin-T Notch filter</i>	48

30. Gambar 4.19 Skematik perangkat keras ATMEGA8	50
31. Gambar 4.20 <i>Flowchart</i> proses enumerasi USB device	55
32. Gambar 4.21 <i>Flowchart Interrupt Service Routine</i> INT0.....	56
33. Gambar 4.22 <i>Flowchart</i> fungsi usbPoll	57
34. Gambar 4.23 <i>Flowchart</i> program utama device-side software	58
35. Gambar 4.24 Pergeseran frekuensi <i>notch</i> dari <i>notch filter</i> digital	60
36. Gambar 4.25 <i>Notch filter</i> digital dengan kompensasi model analog.....	60
37. Gambar 4.26 Respon frekuensi <i>highpass filter</i> digital.....	62
38. Gambar 4.27 Ilustrasi pemrosesan sinyal algoritma Pan-Tompkins	64
39. Gambar 4.28 <i>Flowchart</i> program host-side software	65
40. Gambar 4.29 <i>Graphical User Interface</i> (GUI)	66
41. Gambar 5.1 Deteksi USB-ECG sebagai HID	67
42. Gambar 5.2 Grafik rasio CMR.....	70
43. Gambar 5.3 Respon frekuensi penguat	71
44. Gambar 5.4 Impedansi masukan penguat	73
45. Gambar 5.5 Sinyal EKG diukur pada kondisi (a)	74
46. Gambar 5.6 Sinyal EKG dengan <i>noise</i> 50 Hz.....	75
47. Gambar 5.7 Sinyal <i>noise</i> 50 Hz muncul pada kondisi (b)	75
48. Gambar 5.8 <i>Baseline wander</i> akibat pernapasan	76
49. Gambar 5.9 Sinyal pada pengukuran kondisi (d).....	76
50. Gambar 5.10 Respon frekuensi keseluruhan.....	77
51. Gambar 5.11 Pengaruh filter digital pada kondisi (a).....	78
52. Gambar 5.12 Pengaruh filter digital pada kondisi (b).....	78
53. Gambar 5.13 Pengaruh filter digital pada kondisi (c).....	79
54. Gambar 5.14 Pengaruh filter digital pada kondisi (d).....	80
55. Gambar 5.15 Hasil implementasi algoritma Pan-Tompkins.....	80
56. Gambar 5.16 Hasil pengukuran laju detak jantung dalam BPM.....	81
57. Gambar 5.17 Tampilan GUI keseluruhan pada pengambilan data	83

DAFTAR TABEL

1. Tabel 2.1 Klasifikasi USB <i>device</i> berdasarkan <i>device class</i>	11
2. Tabel 2.2 Contoh <i>Device Descriptor</i> HID	13
3. Tabel 2.3 Format <i>HID Descriptor</i>	14
4. Tabel 2.4 <i>PID Value</i> yang mungkin pada <i>Low-Speed USB Device</i>	16
5. Tabel 2.5 Penjelasan isi <i>USB Request</i>	18
6. Tabel 2.6 <i>USB Request GET_DESCRIPTOR</i>	19
7. Tabel 2.7 <i>USB Request GET_REPORT</i>	19
8. Tabel 4.1 <i>Device Descriptor</i> USB-ECG	51
9. Tabel 4.2 <i>Configuration Descriptor</i> USB-ECG	52
10. Tabel 4.3 <i>Interface Descriptor</i> USB-ECG.....	52
11. Tabel 4.4 <i>HID Descriptor</i> USB-ECG	53
12. Tabel 4.5 <i>Report Descriptor</i> USB-ECG	53
13. Tabel 5.1 Laju transmisi data USB-ECG.....	68
14. Tabel 5.2 Data pengukuran rasio CMR	69
15. Tabel 5.3 Data pengukuran respon frekuensi.....	71
16. Tabel 5.4 Data pengukuran impedansi masukan penguat.....	72
17. Tabel 5.5 Perbandingan hasil pengukuran laju detak jantung	82