

Sistem Instrumentasi Akuisisi Data EKG 12 Lead Berbasis Komputer

Agustiawan, Arif Surtono & Gurum Ahmad Pauzi

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jln.Prof.Soemantri Brodjonegoro No.1 Bandar Lampung
E-mail: agustiawan.az@gmail.com, arif.surtono@unila.ac.id

Diterima (1 Oktober 2015), direvisi (30 Oktober 2015)

Abstract. The heart is an organ which functions to pump blood around the body and back again to the heart. If the process is interrupted, it is called a heart attack. To cope sudden heart problems, needed a tool called the Electrodiograf. ECG is a graph which shows the electrical recordings of heart in humans, electrical activity in humans is prototipe by electrical voltage to the input voltage range of 0 to 5 volts. In this research, researcher created instrumentation system of data acquisition of ECG 12 lead computer based. Draft acquisition using microcontroller ATmega16 as a main controller, a USB series RS232 as interfacing computer communication media. Signal analysis process starts from defining the input voltage of each of the 12 leads then communicated to serially and the data will be stored in the form of text and graphics with a maximum frequency of 50 Hz. In the prototipe carried out, researcher used frequency 30 Hz with voltage input 2.5 Volt and for frequency 50 Hz for voltage input 5 volts.

Keywords: ATmega16, Elektrodiograf (ECG), Frequency, Heart.

Abstrak. Jantung merupakan organ tubuh yang berfungsi memompa darah keseluruh tubuh dan kembali ke jantung. Apabila proses ini terganggu maka inilah yang disebut dengan sakit jantung, untuk mengatasi gangguan jantung secara tiba-tiba maka dibutuhkan alat yang disebut dengan *Elektrodiograf*. EKG merupakan sebuah grafik yang menunjukkan rekaman listrik jantung pada manusia, selain itu aktifitas kelistrikan jantung pada manusia dapat dibuat perangkat *prototipe* dengan kisaran masukan tegangan 0 s.d 5 Volt. Pada penelitian ini telah buat sebuah prototipe sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 lead berbasis komputer. Rancangan akuisisi menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengontrol utama, USB to serial RS232 sebagai media komunikasi *interfacing* komputer. Proses analisis sinyal dimulai dari menentukan tegangan masukan dari masing-masing 12 lead kemudian akan dikomunikasikan secara serial di simpan dalam bentuk data teks dan grafik dengan frekuensi maksimal 50 Hz. Pada *prototipe* ini mendapatkan keluaran frekuensi 30 Hz untuk tegangan masukan 2,5 Volt dan 50 Hz untuk tegangan 5 Volt.

Kata kunci: ATmega16, Elektrodiograf (EKG), Frekuensi, Jantung

PENDAHULUAN

Jantung merupakan salah satu rongga organ berotot yang memompa darah ke pembuluh darah secara teratur dan berulang. Letak jantung berada di sebelah kiri bagian dada diantara paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Massa jantung kurang

lebih 300 gram atau kira-kira sebesar kepalan tangan. Jantung berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh dan kemudian kembali ke jantung. Maka jika peredaran ini terganggu maka inilah yang disebut dengan sakit jantung (Jatmiko, 2013).

Penyakit jantung merupakan salah satu penyakit yang paling mematikan bagi

manusia. Ciri-ciri orang yang terkena penyakit jantung biasanya sering kelelahan, sering berkeringat, mual berlebihan, merasa cemas dan tegang, nyeri dada, denyut jantung tidak teratur, sakit kepala, sesak nafas, dan pembengkakan perut dan kaki, itulah yang disebut dengan sakit jantung (Harjana, 2004). Penyakit jantung dapat dideteksi secara dini melalui alat medis yang disebut *Elektrokardiografi* (EKG). EKG sangat efektif untuk merekam aktivitas kelistrikan jantung pada manusia (Knneth, 1998).

EKG merupakan alat yang mendeteksi perubahan-perubahan potensial listrik pada jantung manusia. Kegunaan EKG adalah untuk mengetahui kelainan-kelainan irama jantung (*aritmia*), kelainan *miokardium* (*infark*, *hipertrophy atrial* dan *ventrikel*), pengaruh atau efek obat-obat jantung, gangguan *elektrolit*, dan gangguan peradangan pada lapisan pelindung jantung (*perikarditis*).

Prinsip kerja dari EKG adalah merekam sinyal elektrik yang terkait dengan aktivitas jantung dan menghasilkan grafik rekaman tegangan listrik terhadap waktu. EKG yang normal menunjukkan pembelokan atau defleksi yang dihasilkan dari aktivitas *atrial* sebagai perubahan kecenderungan tegangan atau *Voltage* dan polaritas (positif dan negatif) terhadap waktu (Aston, 1991).

Pada penelitian ini telah dibuat sebuah sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 *lead* berbasis komputer. Namun masukan sinyal EKG 12 *lead* bukan berasal dari tubuh manusia, melainkan berasal dari pembangkit sinyal (sinyal generator). Realisasi *prototipe* menggunakan mikrokontroler *ATmega16* sebagai pengontrol utama, pembangkit sinyal 5 *Volt* sebagai masukan dengan dua input dan satu output yang dikemas dalam satu rangkaian terpadu, rangkaian pemilih 12 *lead* dengan menggunakan multiplexer 4052. Jaringan *wilson* bertujuan untuk mengurangi jumlah resistor yang berlebihan pada rangkaian. rangkaian

pengubah sinyal sandapan yang disebut dengan rangkaian pemilih *lead*.

Pembuatan simulasi alat dilakukan karena cukup fleksibel dengan sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 *lead* berbasis komputer melalui komunikasi *USB to serial RS232* konektor *DB9*. Konektor *DB9* merupakan salah satu sistem komunikasi serial dari *USB RS232* yang mampu mengirimkan data sebanyak satu bit dalam setiap satu waktu.

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak. Mikrokontroler memilih *channel* dari 12 *lead* yang akan dikomunikasikan ke komputer. Mikrokontroler berkomunikasi dengan komputer secara serial dengan menggunakan *USB RS232* kemudian akan dibaca kembali oleh komputer. Komputer membaca sinyal EKG 12 *lead* yang dikirim oleh mikrokontroler. Komputer hanya menampilkan *interfacing* EKG dari 12 *lead* dalam bentuk gelombang sesuai dengan masukan tegangan dari Pembangkit Sinyal (*signal generator*).

Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras terdiri dari rangkaian pemilih sandapan 12 *lead*, bit selektor, mikrokontroler *ATmega16*, *buffer* (penyangga), *USB to serial RS232*, dan komputer. **Gambar 1** merupakan blok diagram rancangan perangkat keras.

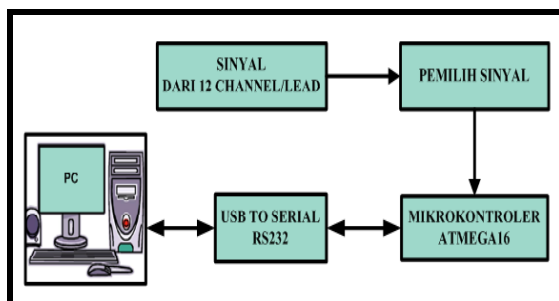
Secara garis besar prinsip kerja pengolahan data dalam bentuk tampilan gelombang ke komputer dengan sumber gelombang berasal dari pembangkit sinyal melalui komunikasi serial *RS232*. Masukan sinyal pada pemilih sandapan 12 *lead* terdiri dari 10 masukan tegangan yang berbeda. Sebelum masuk ke pemilih sandapan 12 *lead*, terlebih dahulu akan di proses oleh *buffer* (penyangga) supaya

keluaran *interfacing* pada komputer akan tetap sama dengan masukan.

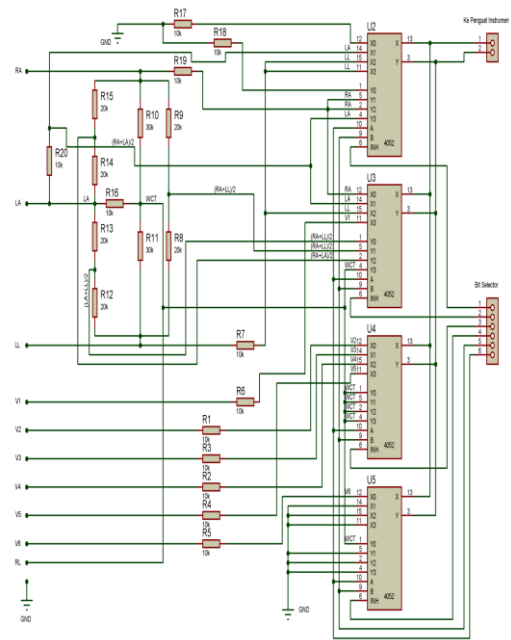
Seluruh masukan pembangkit sinyal akan melewati rangkaian *buffer*, namun yang membedakan masukan masing-masing *lead* tersebut adalah Lead I, II, III, AVR, AVF, dan AVL akan melewati rangkaian jaringan *wilson*, sedangkan masukan, $V_1, V_2, V_3, V_4, V_5, V_6$ setelah rangkaian *buffer* langsung diproses oleh rangkaian multiplexer atau pemilih sandapan 12 *lead*. Dari rangkaian pemilih sandapan 12 *lead* masuk ke rangkaian selektor, memilih *lead* yang akan di tampilkan pada proses *interfacing* komputer. Setelah proses diolah oleh mikrokontroler data masukan dari pembangkit signal dikomunikasikan ke komputer melalui proses komunikasi serial oleh RS232.

Jaringan Wilson dan Pemilihan Sandapan

Rangkaian pemilihan sandapan 12 *lead* atau disebut juga rangkaian pemilihan *lead* terdiri dari susunan resistor, analog multiplexer 4052 dan rangkaian jaringan *wilson*. IC4052 ini terdiri dari dua bagian dari empat saklar dua arah yang masing-masing dengan satu sisi dihubungkan ke jalan masuk/jalan keluar mandiri ($X_0 \dots X_3$, $Y_0 \dots Y_3$) dan sisi yang lain dihubungkan ke jalan masuk/jalan keluar bersama (X,Y).



Gambar 1. Diagram Blok Rancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Pemilih Sandapan 12 *Lead*

Ket:

- I = tegangan *lead* I
 - aVR = tegangan diperkuat *lead* aVR
 - II = tegangan *lead* II
 - aVL = tegangan diperkuat *lead* aVL
 - III = tegangan *lead* III
 - aVF = tegangan diperkuat *lead* aVF
 - V_{LA} = potensial pada tangan kiri
 - V_i = tegangan enam *lead* dada
 - V_{RA} = potensial pada tangan kanan
 - V_i = potensial pada enam *lead* dada
 - V_{LL} = potensial pada kaki kiri
 - V_W = potensial pada terminal pusat
- Wilson*

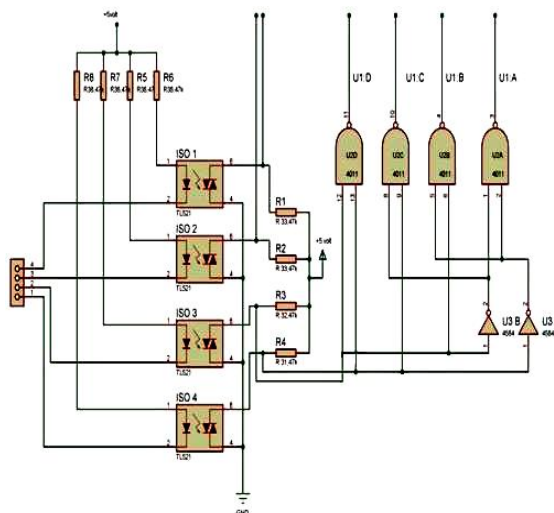
Multiplexer IC4052 pada rangkaian pemilihan sandapan 12 *lead* membutuhkan rangkaian jaringan *wilson* untuk mengurangi jumlah resistor yang terlalu banyak. Rangkaian jaringan *wilson* membutuhkan resistor untuk setiap *lead* pada EKG ini adalah *lead* pada bidang frontal dan *lead* bidang horizontal. Selain bertujuan mengurangi jumlah resistor yang berlebihan pada *prototipe*, jaringan *wilson* juga sangat dibutuhkan dalam pengukuran sinyal secara keseluruhan. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada **Gambar 2** Pengubah Sandapan

Rangkaian pengubah sinyal merupakan pemilihan *lead* yang terdiri dari 4 buah gerbang *NAND* (IC 4011), 2 buah gerbang *NOT* (IC 4584) dan 4 buah *optocoupler* (TLP521-4). Konfigurasi gerbang *NAND* dan *NOT* akan menghasilkan bit-bit kontrol untuk kendali masukan *INH*, sedangkan *optocoupler* selain menggerakkan konfigurasi gerbang *NAND* dan *NOT* juga menghasilkan bit-bit kontrol untuk kendali masukan *A* dan *B* dari IC 4052 pada rangkaian pemilihan *lead*. Untuk setiap gambar IC pada rangkaian disimbolkan dengan U_n . n menandakan nomor IC dari sejumlah IC yang dipakai dalam setiap pemilihan *lead*. **Gambar 3** merupakan rangkaian pengubah sinyal sandapan 12 *lead*.

Buffer (Penyangga)

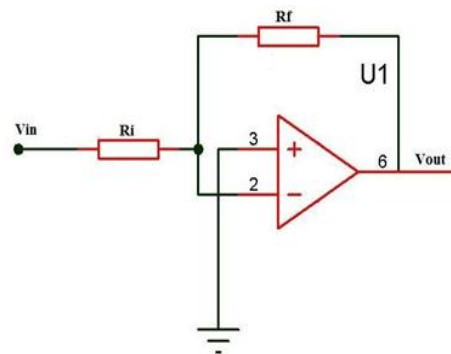
Rangkaian *buffer* berfungsi untuk menguatkan sinyal *clock* dan sinkronisasi agar cukup kuat untuk ditransmisikan melalui kabel dengan jarak yang cukup jauh.

Rangkaian *buffer* harus memiliki impedansi keluaran yang cukup rendah. Karena jalur *clock* dan sinkronisasi ini merupakan jalur "bus" yang dihubungkan kerangkaian client (cabang) secara paralel.



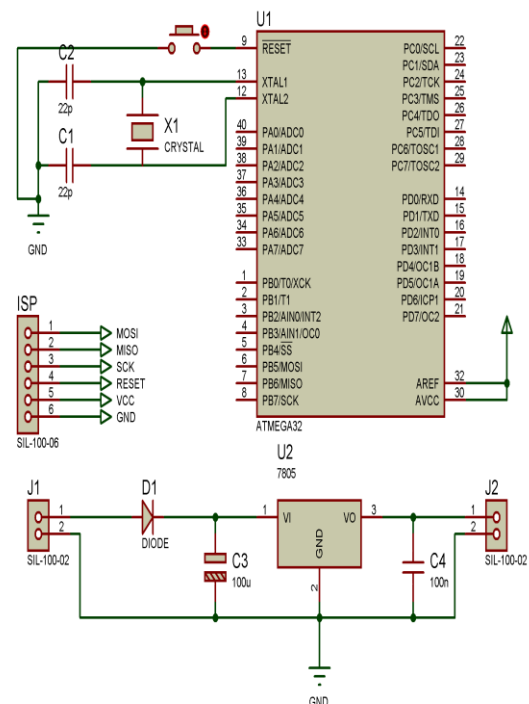
Gambar 3. Pengubah Sinyal Pemilih Sandapan 12 *Lead*

Arus keluaran juga harus cukup besar, sehingga mampu menggerakkan beberapa cabang seperti sensor *elektroda* atau inputan tegangan dari pembangkit sinyal, (*RA*, *LA*, *LL*, *V1*, *V2*, *V3*, *V4*, *V5*, *V6*, dan *RL*) rangkaian *wilson*, dan keluaran yang masuk ke komputer. **Gambar 4** adalah merupakan rangkaian *buffer* atau penyangga masukan yang berasal dari pembangkit sinyal.



Gambar 4. Rangkaian *Buffer*

Sistem Minimum ATmega16

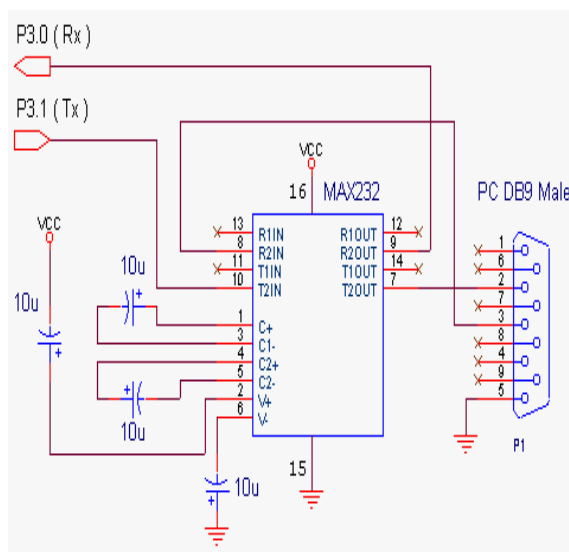


Gambar 5. Mikrokontroler ATmega16

Gambar 5 adalah rangkaian sistem minimum *ATmega16* yang merupakan rangkaian sistem minimum yang *compatible*. Tujuan rangkaian sistem minimum mikrokontroler *ATMega16* adalah untuk memudahkan pengecekan logika pada saat pengujian program.

Komunikasi RS232

Standar *RS232* aturan mengenai level, konektor dan aturan komunikasi antara DTE (*Data Terminal Equipment*) dengan DCE (*Data Communication Equipment*). Contoh DTE adalah komputer dan DCE adalah modem, antara komputer dengan modem level sinyal data yang disalurkan pada kabelnya bukan level TTL, tetapi level *RS232*. Pada perkembangannya DCE tidak hanya berupa modem atau perangkat komunikasi, tetapi bisa berupa instrumentasi seperti pH meter, timbangan, GPS dan sebagainya. Level TXD dan RXD adalah TTL (0 dan 5 Volt), sedangkan port serial pada komputer yang biasanya digunakan untuk mouse (mouse model lama, bukan PS2) atau modem, adalah *RS232*, sehingga perlu konverter tegangan. Perhatikan **gambar 6**.



Gambar 6. Komunikasi Serial RS232

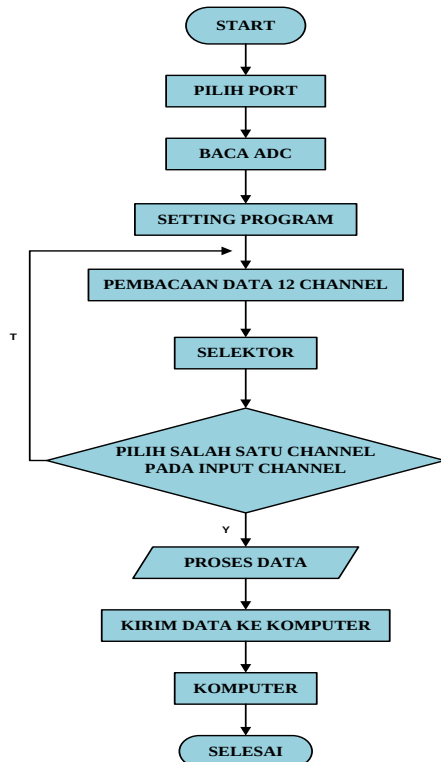
Jika diperhatikan dari rangkaian *RS232* di atas, USB yang akan digunakan pada penelitian ini adalah jenis ttl 0 sampai dengan 5 Volt. Fungsi dari ttl ini digunakan untuk media komunikasi alat ke komputer.

Perancangan Perangkat Lunak

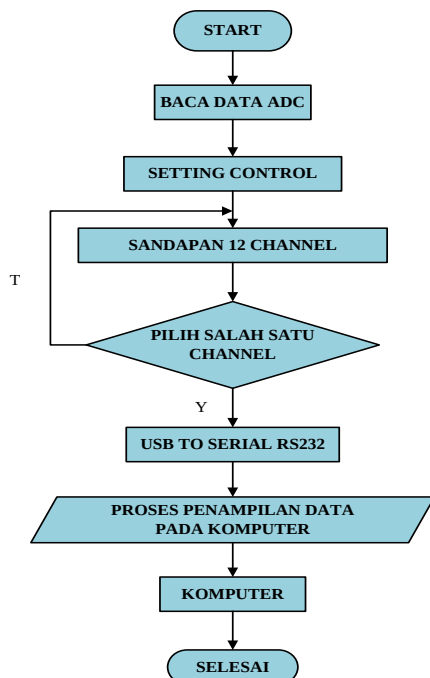
Pada perancangan perangkat lunak ini program yang digunakan untuk pemrograman mikrokontroler *ATMega16* adalah bahasa Basic. Bahasa Basic mempunyai struktur yang baik sehingga mudah dipahami dan mudah dalam pembuatan program. Mikrokontroler dirancang untuk melakukan proses konversi analog ke digital, pengiriman data melalui komunikasi serial dengan menggunakan *USB RS232*, dan mengontrol rangkaian pemilihan sandapan.

Perangkat lunak pada komputer memproses data untuk ditampilkan dalam bentuk grafik. Untuk merespon *request* dari komputer maka perlu adanya pemrograman mikrokontroler. Jika ada *request* dari komputer program akan menentukan *mode* dan *lead* mana yang dipilih sesuai dengan karakter yang dikirim oleh komputer. Apabila komputer meminta mikrokontroler untuk memulai proses konversi maka konversi akan bernilai satu. Jika konversinya bernilai satu, maka program akan dibaca data dari ADC dan mengirimkannya ke komputer. Dalam prosesnya, pengiriman data dan dilakukan secara terus menerus sampai ada perintah dari komputer yang menunjukkan agar mikrokontroler berhenti melakukan proses konversi data. **Gambar 7** dan **8** adalah diagram alir program yang dibuat pada mikrokontroler.

Dengan demikian, diperlukan sebuah rangkaian yang dapat menghasilkan keluaran sebanyak 12 *lead*. Beberapa bagian penting pada alat diantaranya adalah *ttl to cmos*, *ttl to cmos* berfungsi sebagai *converter* atau pengubah kondisi tegangan dari level *ttl* ke level *cmos*.



Gambar 7. Flowchart Komunikasi Mikrokontroler ke Komputer



Gambar 8. Flowchart Penampil Sinyal EKG 12 Lead Pada Komputer

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Secara umum

Pada penelitian ini, masukan sementara perangkat keras tidak berasal dari tubuh manusia, melainkan dari pembangkit sinyal dengan tegangan antara 2,5 volt sampai dengan 5 volt.

Prinsip kerja alat dimulai dari masukan tegangan pembangkit sinyal dengan tegangan maksimal masukan 5 volt, kemudian akan dimasukan ke rangkaian *Buffer* dengan tegangan tertentu melewati rangkaian jaringan *wilson*. sebelum masuk ke rangkaian rangkaian pemilih sandapan 12 *lead*, masukan tegangan tersebut akan ditampilkan data dalam bentuk grafik yang disesuaikan dengan masing-masing masukan (R_A , R_L , R_A , L_A , L_L , $V_1 \dots V_6$).

Pembangkit sinyal dengan tegangan keluaran 12 volt di *converter* menjadi tegangan 5 volt untuk konsumsi rangkaian pemilih sandapan 12 *lead*. Tujuan *converter* tegangan 12 volt menjadi 5 volt adalah untuk mengurangi tegangan kejut listrik yang terlalu besar ketika perangkat dipasang pada manusia. Tegangan masukan akan masuk ke beberapa perangkat (pemilih sandapan 12 *lead*, *mikrokontroler ATmega16*). Keluaran tegangan yang berasal dari pembangkit sinyal akan masuk ke rangkaian *buffer*, rangkaian *buffer* akan memonitoring tegangan masukan hingga sampai pada keluaran tegangannya akan tetap sama dengan masukan awal. **Tabel I** merupakan hasil uji *prototipe* per *lead*.

Berdasarkan hasil uji *prototipe* EKG 12 *lead* pada tabel I bahwa masukan yang berasal dari pembangkit sinyal maksimal 5 volt. Masukan dibagi menjadi dua yaitu 2,5 volt menghasilkan keluaran grafik frekuensi sebesar 10 Hz dan masukan 5 volt menghasilkan keluaran grafik frekuensi sebesar 50 Hz

Analisis Program Menu Utama

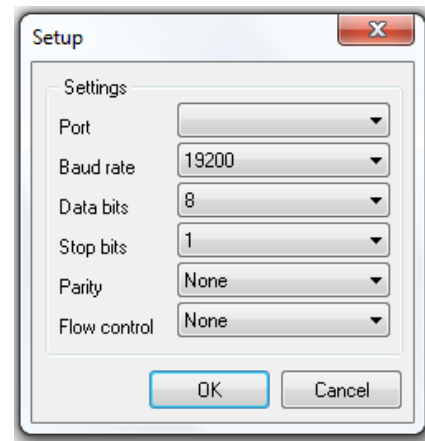
Perangkat lunak penelitian ini menggunakan program *interfaceng borland delphi7*, Delphi merupakan sebuah perangkat lunak pengembangan berbagai aplikasi berbasis objek pascal. **Gambar 9** adalah desain program yang peneliti buat untuk *interfacing* perangkat keras pada sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 *lead* berbasis komputer.

Tabel 1. Masukan Per Lead

No	Lead	Tegangan	Frekuensi	Jenis Gelombang
1	I	5 Volt	50 Hz	
2	II	5 Volt	50 Hz	
3	II	2,5 Volt	10 Hz	
4	AVR	5 Volt	10 Hz	
5	AVL	2,5 Volt	50 Hz	
6	AVF	5 Volt	50 Hz	
7	V ₁	2,5 Volt	10 Hz	
8	V ₂	5 Volt	10 Hz	
9	V ₃	2,5 Volt	10 Hz	
10	V ₄	5 Volt	10 Hz	
11	V ₅	5 Volt	50 Hz	
12	V ₆	2,5 Volt	50 Hz	



Gambar 9. Tampilan Delphi7 Untuk Menampilkan EKG Per Lead



Gambar 10. Setting Komunikasi USB Ke Komputer

Gambar 10 menunjukkan bahwa komponen *delphi7* yang digunakan untuk merancang tampilan sinyal EKG adalah *comport*, *timer*, *chart*, *button*, *edit*, dan *label*. Langkah awal yang dilakukan adalah merancang tampilan seperti pada gambar 9 kemudian membuat setting program untuk proses *interfacing*. Beberapa tampilan menu diantaranya eksekusi berfungsi sebagai contoh grafik yang akan ditampilkan, *clear graph* berfungsi sebagai penghapus data yang sudah di simpan pada folder pilihan sendiri, *setup* berfungsi untuk *connected interfacing* dengan pilihan (port disesuaikan dengan komputer yang dipakai, *baud rate* menggunakan 19200, data bits 8, stop bits 1).

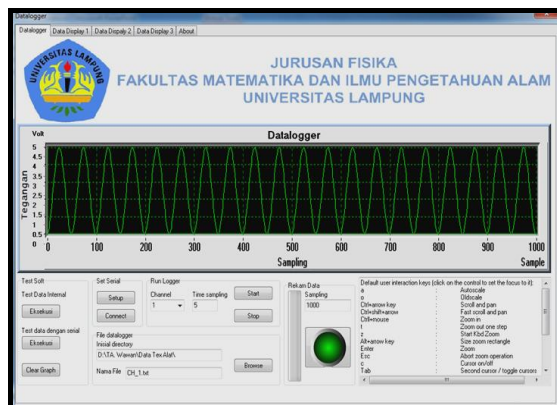
Dari rancangan *interfacing* EKG 12 *lead* diatas akan diambil sebanyak 12 sampling data seperti dibawah ini:

- *lead I* yaitu LA diberikan masukan + sedangkan RA diberikan masukan -
- *lead II* yaitu, LL diberikan masukan + sedangkan RA diberikan masukan -
- *lead III* yaitu, LL diberikan masukan + sedangkan LA diberikan masukan -
- *lead AVR* yaitu $RA - (LA + LL)/2$
- *lead AVL* yaitu $LA - (RA + LL)/2$
- *lead aVF* yaitu $LL - (RA - LA)/2$
- *lead V1* yaitu $V1 - WCT$
- *lead V2* yaitu $V2 - WCT$
- *lead V3* yaitu $V3 - WCT$

- *lead* V4 yaitu V4 – WCT
- *lead* V5 yaitu V5 – WCT
- *lead* V6 yaitu V6 – WCT

Gambar 11 merupakan salah satu contoh hasil uji data Per *lead*.

Analisis grafik menunjukkan bahwa masukan 5 *volt* yang berasal dari pembangkit sinyal memiliki keluaran grafik sebesar 50 Hz, sedangkan sampling masukan 2,5 *volt* memiliki keluaran grafik sebesar 10 Hz. Proses penampilan data memiliki beberapa langkah dimulai dari pemasangan perangkat keras pada komputer, *setting connected USB* pada komputer, pilih *channel* yang akan direkam, kemudian *start* yang menunjukkan proses *interfacing* data berjalan. Setelah proses *interfacing* berjalan pilih tempat penyimpanan pada komputer, kemudian tekan tombol simpan, maka data akan tersimpan pada komputer dalam bentuk data teks.



Gambar 11. *Lead* I port masukan LA terhadap RA

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan bahwa Perancangan *hardware* sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 *lead* berbasis komputer terdiri atas empat *IC4052* sebagai multiplexer dan mikrokontroler *ATMega16* sebagai pengendali utama yang mampu mendeteksi

frekuensi 10 s.d. 50 Hz dengan tegangan masukan maksimal 5 *volt*. Jaringan pemilih sandapan 12 *lead* merekam data serial secara bergantian dari 12 masukan yang berasal dari pembangkit sinyal dengan jalur utama komunikasi perangkat yaitu *USB to Serial RS232 (DB9)* yang diawali dengan proses konversi sinyal analog menjadi digital menggunakan mikrokontroler *ATMega16*. Sedangkan saran untuk penelitian selanjutnya terkait dengan sistem instrumentasi akuisisi data EKG 12 *lead* berbasis komputer adalah perekaman frekuensi maksimal 50 Hz masih menggunakan masukan tegangan dari pembangkit sinyal antara 0 s.d. 5 *volt* disarankan untuk mengurangi frekuensi maksimal 30 Hz kemudian menggunakan masukan langsung dari tubuh manusia dengan menggunakan sensor tertentu dan penelitian yang mendatang dapat menggunakan sistem rekaman data frekuensi secara *realtime* artinya semua masukan 12 *lead* dapat terbaca secara bersamaan dalam keadaan *on*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dosen Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aston. R, 1991. *Prinsiples of biomedical instrumentation and measurement*. Maxwell macmillan publishing, singapore.
- Harjana, 2004. *Gejala Penyakit Jantung Dan Serangan Jantung*, <http://gejala-penyakitJantung.com/2013/04/gejala-a-penyakit-jantung-dan-serangan>.
- Jatmiko. Dkk, 2013. *Teknis Biomedis Teori Aplikasi. Penyakit jantung dan*

Penanganannya. Depok: FIK UI.
Hal 31.

Knneth S. S, 1998. *Anatomy And
Physiology The Unity Of Form*

and Function, Mc Graw Hill
Compan, New York, USA
(<http://www.aa.psu.edu/dif/mms/courses/bo141/s41card2.htm>).

