

DESAIN DAN REALISASI SISTEM *WIRELESS MONITORING ECG* DENGAN MODULASI ASK

Achmad Rizal¹, Khusni Eka Wardana², Imam Teguh P³, Budianto⁴

Jurusan Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknologi Telkom
Jl. Telekomunikasi Dayeuhkolot Bandung 40287

¹arz@stttelkom.ac.id, ²uniardana@yahoo.com, ³buteg@yahoo.com, ⁴bud@stttelkom.ac.id

ABSTRAK

Elektrokardiogram (EKG) merupakan sinyal fisiologis yang dihasilkan oleh aktifitas kelistrikan jantung. Sinyal ini direkam menggunakan perangkat elektrokardiograf. Perangkat ini bermacam-macam bentuknya sesuai dengan kepentingan perekaman sinyal EKG yang dilakukan. Misalnya untuk *standard clinical EKG*, menggunakan 12 elektroda, dan peraga bisanya berupa kertas rekam EKG, sedangkan untuk *monitoring EKG*, digunakan 1 atau 2 elektroda dengan peraga berupa sinyal yang ditampilkan pada CRT. Penelitian ini membahas realisasi perangkat *tele-ECG* untuk monitoring pasien jantung jarak jauh menggunakan modulasi ASK dengan frekuensi 433,92 MHz. Perangkat yang direalisasikan berdimensi kecil sehingga dapat dibawa kemanapun oleh pasien selama masih dalam jangkauan sistem penerima. Perangkat penerima terhubung dengan PC melalui modem UART yang dirancang khusus sehingga data yang dipantau dapat direkam dan dapat dibuka kembali setiap saat. Dari pengukuran di lapangan didapat sistem masih dapat menerima sinyal EKG yang dipancarkan sampai jarak 38 meter.

Kata kunci : Elektrokardiogram, monitoring , UART, ASK

ABSTRACT

Electrocardiogram (ECG) is a physiological signal that is produced from heart electricity activities. This signal is recorded using electrocardiograph. These tools have variety in shapes related to the purpose of ECG signal recording. E.g : *standard clinical ECG* use 12 electrodes, and usually use cart recorder to display the signal, while for monitoring ECG use 1 or 2 electrodes and CRT to display the signal. The research has realized a *tele-ECG* equipment for long distance patient monitoring using ASK modulation at 433,92 MHz. The equipment has little dimension so can be brought anywhere as long as still in the coverage of the receiver. The receiver system is connected to the PC using UART modem which specially designed, so the monitoring data can be recorded and read any time. By field test, the system can receive transmitted ECG signal for range 38 meters.

Keywords : Electrocardiogram, monitoring, UART, ASK

1. Pendahuluan

Kecenderungan pasien jantung selama masa perawatan merasa jenuh jika berada dalam ruang perawatannya, kadang pasien menginginkan menghirup udara segar di luar atau hanya ingin sekedar jalan-jalan, melakukan aktifitas rutin keseharian. Selama melakukan aktifitas diluar ruang perawatannya, diperlukan perangkat *wearable* yang akan terus memonitoring kondisi jantung pasien, dan perangkat ini akan melakukan pengiriman data tentang kondisi jantung pasien melalui media udara (*wireless transmission*). Pemantauan kondisi kesehatan jantung pasien tersebut dilakukan secara terus menerus. Dimungkinkan berbagai perubahan kondisi dapat terjadi dan dengan cepat terdeteksi untuk kemudian mengambil langkah-langkah berikutnya.

Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, dirancang suatu transmitter EKG yang dapat mengakuisisi sinyal EKG pasien dan memancarkannya dengan sistem modulasi ASK ke suatu penerima untuk dimonitoring

menggunakan PC. Diinginkan perangkat yang dihasilkan dapat dipakai (*wearable*), *low power* dan *low cost*.

2. Elektrokardiografi

2.1 Elektrokardiogram

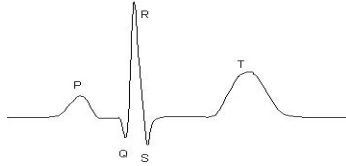
Elektrokardiogram (EKG) adalah suatu gambaran dari potensial listrik yang dihasilkan oleh aktifitas listrik otot jantung. EKG ini merupakan rekaman informasi kondisi jantung diambil dengan elektrokardiograf yang ditampilkan melalui monitor atau dicetak pada kertas. Rekaman EKG ini digunakan oleh dokter ahli untuk menentukan kondisi jantung dari pasien.

2.2 Gelombang EKG Normal

Sebuah sinyal yang didapat dari EKG normal adalah seperti pada gambar 1.

Gelombang EKG normal memiliki ciri-ciri sebagai berikut[10]:

1. Gelombang P mempunyai amplituda kurang dari 0,3 mV dan perioda kurang dari 0,11 detik.
2. Gelombang Q mempunyai amplituda sebesar minus 25% dari amplituda gelombang R.



Gambar 1. Gelombang EKG Normal

3. Gelombang R mempunyai amplituda maksimum 3 mV.
4. Gelombang S merupakan defleksi negatif sesudah gelombang R.
5. Kompleks QRS terdiri dari gelombang Q, R dan S yang memiliki perioda 0,06-0,10 detik dengan perioda rata-rata 0,08 detik.
6. Gelombang T mempunyai amplituda minimum 0,1 mV.

2.3 Teknik-Teknik Elektrokardiografi

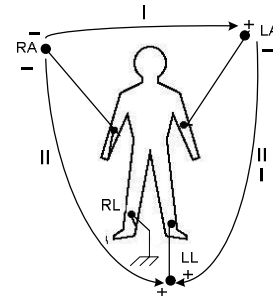
Pada dasarnya ada tiga teknik yang digunakan dalam elektrokardiografi, yaitu[11]:

1. *Standard clinical ECG.*
Teknik ini menggunakan 10 elektroda (12 lead) yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini dipakai untuk menganalisa pasien.
2. *Vectorcardiogram.*
Teknik ini menggunakan 3 elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini menggunakan pemodelan potensial tubuh sebagai vektor tiga dimensi dengan menggunakan sandapan baku bipolar (Einthoven). Dari sini akan dihasilkan gambar grafis dari eksistensi jantung.
3. *Monitoring ECG.*
Teknik ini menggunakan 1 atau 2 elektroda yang ditempatkan pada titik-titik tubuh tertentu. Teknik ini digunakan untuk memonitor pasien dalam jangka panjang.[4]

2.4 Sistem Lead Monitoring ECG

Perangkat EKG yang dibuat menggunakan 3 lead sesuai dengan segitiga Einthoven [11]. Pada sistem ini sinyal EKG tiap lead merupakan beda potensial antar anggota tubuh antara lain :

- *Lead I* : beda potensial antara LA (*left arm*) dengan RA (*right arm*)
- *Lead II* : beda potensial antara LL (*left leg*) dengan RA (*right arm*)
- *Lead III* : beda potensial antara LL (*left leg*) dengan LA (*left arm*)



Gambar 2. Segitiga Einthoven

Pada perangkat yang dirancang digunakan 3 elektroda, sedangkan yang diukur bisa ketiga konfigurasi tersebut di atas.

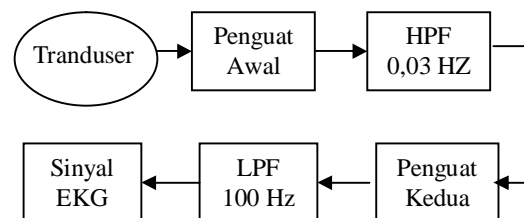
3. Perancangan dan Realisasi Alat

Tahap-tahap perancangan pada Penelitian ini terdiri dari :

1. Perancangan rangkaian pengkondisi sinyal EKG yang terdiri dari transducer, penguat awal, HPF, penguat kedua, dan LPF.
2. Perancangan sistem pemancar terdiri dari ADC, *serial to parallel converter*, dan pemancar ASK.
3. Perancangan modem penerima *wireless* demodulasi ASK yang terdiri dari demodulator ASK, modem UART(*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), dan komunikasi data UART dengan PC.
4. Pembuatan program komputer yang terdiri dari Komunikasi UART dengan PC melalui port serial RS232, input data, konversi data, tampilan monitoring EKG, kursor osiloskop, perhitungan parameter EKG, penyimpanan data, pengaksesan data, dan pencetakan EKG

4. Rangkaian Pengkondisi sinyal EKG

Tahap pengkondisian sinyal EKG dapat dilihat pada gambar 3.

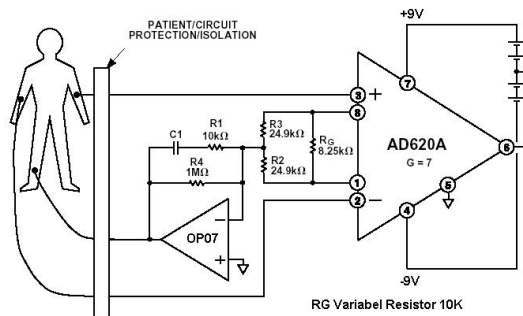


Gambar 3. Blok Pengkondisi Sinyal EKG

4.1 Penguat Biopotensial

Seperti halnya sinyal biopotensial yang lain, sinyal EKG mempunyai amplitudo yang

sangat rendah (10µV sampai 3 mV). Untuk itu diperlukan penguat yang tepat agar sinyal dapat ditampilkan.



Gambar 4. Penguat Biopotensial[1]

Dipilih IC AD620A sebagai penguat dan IC OP07 sebagai *common mode rejector*. Nilai gain dari rangkaian di atas dapat di hitung dari persamaan

$$G = 1 + (49,4K\Omega / R_{total}) \quad (1)$$

dengan

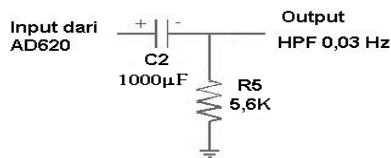
$$R_{total} = (R_2 + R_3) * R_g / (R_2 + R_3) + R_g \quad (2)$$

Untuk fleksibilitas digunakan variabel resistor pada RG sehingga penguatan bisa diubah-ubah sesuai kebutuhan.

4.2 HPF 0.03 Hz

High Pass Filter dengan frekuensi *cutoff* pada 0,03 Hz digunakan untuk menghilangkan noise dari catuan DC pada frekuensi rendah. *High Pass Filter* akan meloloskan frekuensi yang lebih besar dari frekuensi *cutoff*-nya yaitu

$$F_L = 1/2\pi RC \quad (3)$$

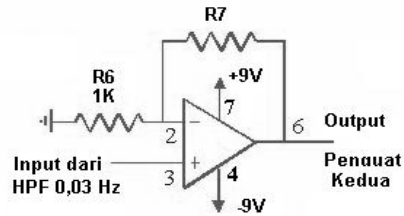


Gambar 5. Rangkaian High Pass Filter dengan Frekuensi Cutoff 0,03 Hz

Dengan C = 1000 µF maka R = 1/2π x FL x C = 5,6KΩ.

4.3 Penguat Kedua

Untuk mendapatkan penguatan 100 kali dengan R6 = 1KΩ, maka R7 = (G - 1) x R6 = (100-1) x 1KΩ = 99KΩ. R7 dipasang resistor variabel 100KΩ.

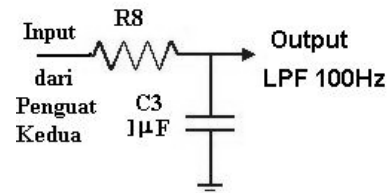


Gambar 6. Rangkaian Penguat Kedua (G=100)

4.4 LPF 100 Hz

Low Pass Filter akan meloloskan sinyal dengan frekuensi dibawah frekuensi *cutoff*-nya

$$F_H = 1/2\pi RC \quad (4)$$

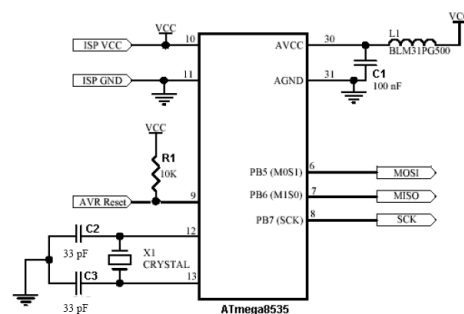


Gambar 7. Rangkaian Low Pass Filter dengan Frekuensi Cutoff 100 Hz

Dengan menggunakan C3 = 1 µF maka nilai R8 = 1,592 KΩ dipasang variable resistor 10 KΩ.

5. Perancangan Sistem Pemancar Wireless Monitoring ECG

Sistem pemancar terdiri dari ADC dan konverter serial ke paralel yang direalisasikan dengan ATmega8535, dan pemancar ASK dengan frekuensi ISM 433.92 MHz yang direalisasikan dengan *single chip* modulator ASK (TLP434A). Frekuensi ini dipilih karena merupakan frekuensi baku dari perangkat TLP434A dan merupakan frekuensi ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) yang sifanya bebas.[5]



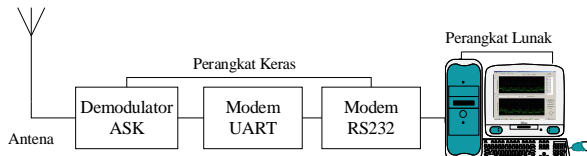
Gambar 8. Rangkaian Konversi Sinyal Analog ke Format RS-232

ATmega8535 digunakan untuk mengkonversi sinnyal analog ke dalam data

digital serial format RS-232, karena di dalam ATmega8535 sudah terintegrasi sebuah internal ADC, maka pada perancangan dan realisasinya tidak perlu menambahkan ADC eksternal.

6. Perancangan Sistem Penerima Wireless Monitoring EKG

Pada bagian penerima dirancang menjadi 2 blok utama yang dapat terlihat pada gambar berikut :



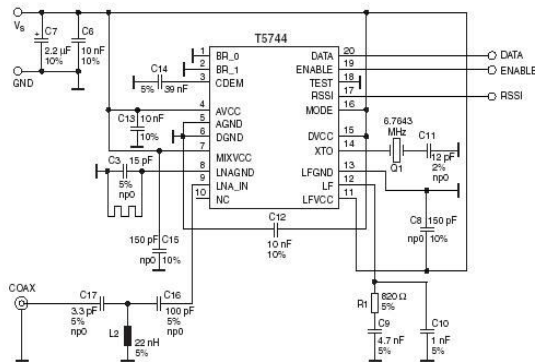
Gambar 9. Diagram Blok Sistem Penerima Wireless Monitoring ECG

Blok sistem perangkat keras terdiri dari Demodulator ASK, modem UART untuk mengecek data, dan Modem RS232 dan blok perangkat lunak, sedangkan pada blok sistem perangkat lunak adalah perangkat lunak untuk menerima data EKG, menampilkan sinyal EKG dalam bentuk grafis dan array data, melakukan pengukuran terhadap parameter-parameter EKG dan melakukan rekaman medis EKG.

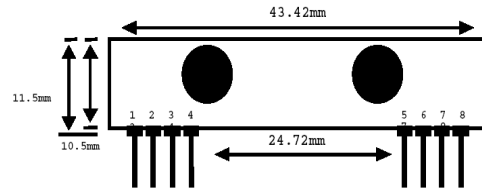
6.1 Demodulator ASK

Untuk mendapatkan data yang dikirim, digunakan Laipac RLP434A yang akan mendemodulasikan data yang dikirimkan dari pasien dengan sistem modulasi digital ASK.

Sistem Demodulator ASK menggunakan IC T5477 yang merupakan *single chip ASK receiver*. IC ini bekerja pada frekuensi ISM yaitu dengan frekuensi kerja 433.92 MHz yang dibuat oleh ATMEL

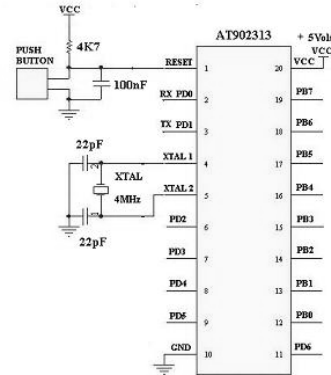


Gambar 10. Rangkaian Penerima ASK 433,92 MHz Menggunakan T5477[3]



Gambar 11. Antarmuka Laipac RLP434A

6.2 Sistem Modem UART

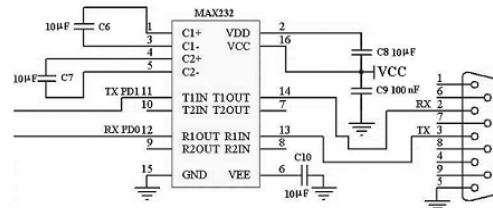


Gambar 12. Sistem Modem UART AT90S2313[2]

Sistem minimum Mikrokontroler AT90S2313 adalah rangkaian terpadu dari suatu mikrokontroler dengan komponen pendukungnya sehingga mikrokontroler dapat bekerja sesuai dengan program yang ditanam di *Flash EEPROM*. Pin PD.0 adalah pin yang dapat berfungsi sebagai RXD atau *Receive Data Serial*, sedangkan pin PD.1 dapat berfungsi sebagai TXD yaitu *Transmit Data Serial* untuk komunikasi data UART

6.3 Sistem Modem Serial RS232

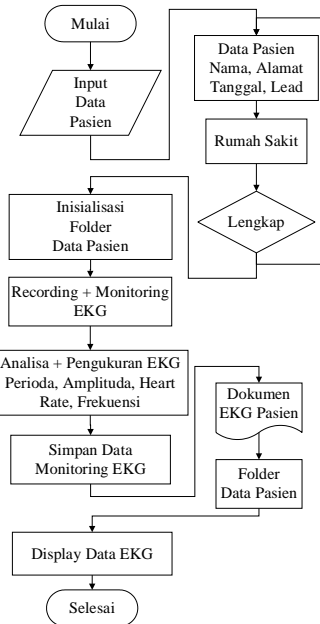
Untuk mengubah level tegangan TTL komunikasi ke level RS232, terminal serial Tx dan Rx dihubungkan dengan *line driver* RS232. *Line driver* yang digunakan adalah MAX232.



Gambar 13. Sistem Modem RS232 [6][9]

7. Perancangan Perangkat Lunak Penerima “Wireless Monitoring ECG”

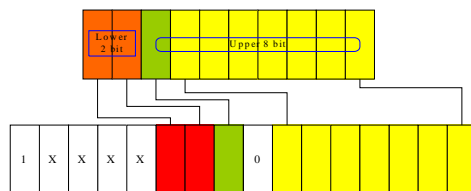
Proses yang dilakukan pada sinyal input dijelaskan pada diagram alir pada gambar 14. Data sinyal EKG dapat disimpan dalam bentuk *.txt dan dapat dibuka kembali apabila diperlukan.



Gambar 14. Diagram Alir Proses pada Perangkat Lunak

8. Protokol Komunikasi

Komunikasi data antara PC, Perangkat lunak dan modem melalui UART. Bit data dari ADC 10 bit dan akan dikirim dalam satu frame data. Berikut adalah perubahan format protokol data yang dikirim komunikasi data yang satu frame data berisi 2 byte dengan masing-masing byte diberi ID (byte ke- n):



Gambar 15. Protokol Data EKG Digital

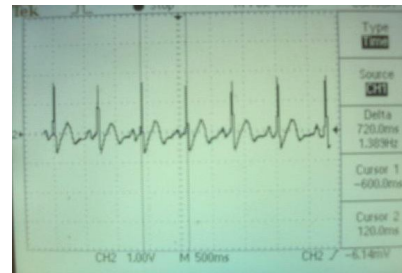
9. Pengukuran dan Analisis

9.1 Pengukuran dan Analisis Rangkaian Pengkondisi Sinyal EKG

Sinyal EKG dari tubuh pasien mempunyai amplituda sekitar 0,5 – 3 mV, dengan menggunakan AD620 sinyal EKG ini dikuatkan 10 kali. Sinyal yang

diperoleh sinyal yang sudah bebas dari noise sinyal sumber DC yang mempunyai frekuensi rendah dibawah frekuensi *cutoff* HPF 0,03 Hz. Penguat Kedua ini mempunyai penguatan 100 kali

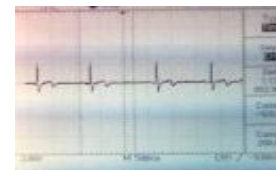
Keluaran akhir dari pengkondisian sinyal ini adalah sinyal EKG dengan frekuensi 0,05 - 100 Hz. Output dari LPF inilah yang bisa dipakai sebagai informasi sinyal EKG, yang mengandung sinyal P,QRS dan T, penguatan total dari penguat EKG ini mencapai 1000 kali agar sinyal EKG dapat mencapai orde Volt dengan amplituda 0,5 – 3 Volt.



Gambar 16. Sinyal EKG Keluaran LPF

9.2 Pengukuran dan Analisa Bagian Pengirim Wireless ASK

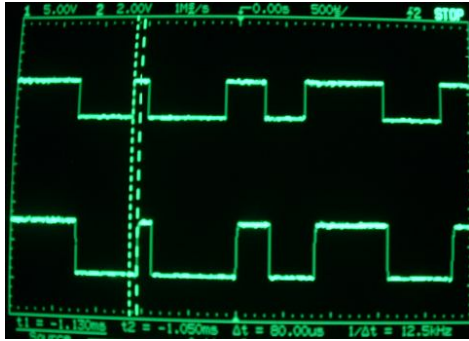
Sinyal EKG dapat diakuisisi dengan penguatan yang cukup dan filter yang dirancang dapat menghilangkan sebagian noise yang ada. Noise yang tersisa tidak cukup untuk merusak sinyal EKG yang didapat.



Gambar 17. Keluaran Rangkaian Pengkondisi Sinyal

9.2 Pengukuran dan Analisa Penerima Wireless ASK

Sinyal yang datang dari sisi pasien didemodulasi dengan Laipac RLP434A dengan chip demodulator ASK Atmel T5744 menjadi data informasi sinyal EKG digital kembali. Pengukuran sinyal hasil keluaran demodulator ASK dilakukan dengan menggunakan osiloskop. Perbandingan antara sinyal yang dikirim oleh modulator ASK di pemancar terhadap sinyal keluaran demodulator ASK di penerima dapat dilihat pada gambar berikut



Gambar 18. Sinyal masukan modulator ASK dan output demodulator ASK

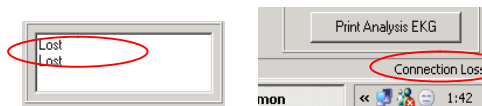
Dari gambar tampak bahwa sinyal keluaran demodulator ASK di penerima (*kanal 2*) pada saat pengukuran tertinggal sebesar $\Delta t = 80\mu s$ terhadap sinyal masukan modulator ASK di pengirim (*channel 1*), hal ini terjadi karena sinyal yang diterima oleh *receiver* mengalami *delay*.

Dapat disimpulkan bahwa data yang diterima sudah sama dengan data yang dikirim, hal ini membuktikan bahwa *receiver* bekerja dengan baik. Modem UART Mikrokontroler AT90S2313 meneruskan data yang akan dikirim ke PC melalui modem RS232 yang kan merubah level tegangan data TTL menjadi level tegangan RS232. Tidak ada *delay* pada perangkat, karena data yang diterima oleh modem langsung diteruskan pada PC.

Sistem transmisi *wireless* mampu digunakan dengan *data rate* 4800 bps. Sistem membutuhkan bandwidth transmisi atau lebar spektrum frekuensi yang dibutuhkan yaitu $BW-IF = 2Br = 2 \cdot 4800 = 9,600$ KHz. *Delay* transmisi yang dominan disebabkan oleh faktor *delay* propagasi. Pada pengukuran dilakukan dengan jarak kurang lebih 1 m didapatkan *delay* propagasi sebesar $\Delta t = 80\mu s$.

9.3 Pengukuran Jarak Transmisi

Pengujian jarak transmisi ini digunakan untuk mengetahui performansi dari sistem transmisi *wireless* yang dirancang, sampai sejauh mana data dapat dikirimkan dengan baik. Pengujian dilakukan dengan membawa blok transmitter pada jarak tertentu sehingga diperoleh tanda pada perangkat lunak jika transmisi data tidak dapat diterima dengan baik (*loss*)



Gambar 19. Tampilan Pada Perangkat Lunak Jika Transmisi Data Gagal

Tabel 1. Pengukuran Jarak Transmisi

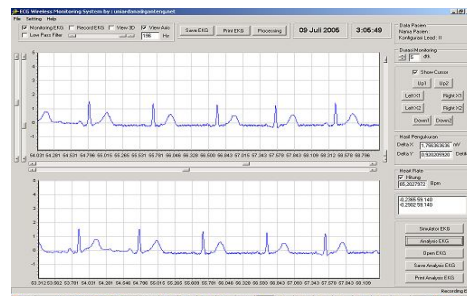
Jarak	Baudrate	Hasil
1 Meter	4800	Baik
10 Meter	4800	Baik
20 Meter	4800	Baik
30 Meter	4800	Baik
35 Meter	4800	Baik
36 Meter	4800	Baik
37 Meter	4800	Baik
38 Meter	4800	Loss
39 Meter	4800	Loss
40 Meter	4800	Loss
41 Meter	4800	Loss

Dari tabel hasil pengujian diatas terlihat bahwa receiver bisa menerima data sampai jarak transmiter ± 38 meter. Jika jarak semakin jauh maka daya yang diterima receiver semakin kecil sehingga receiver tidak dapat melakukan proses demodulasi pada sinyal yang datang dan data yang keluar adalah data yang salah.

9.5 Pengukuran dan Analisis Perangkat Lunak Wireless Monitoring ECG

Pengujian perangkat lunak dicoba pada beberapa komputer, dan perangkat lunak dapat bekerja pada sistem komputer yang terendah dengan spesifikasi minimum sebagai berikut:

- PIII 1 Ghz
- Operating System Windows Xp Professional
- Memori 128 MB
- VGA 32 MB
- Serial COM1
- Resolusi 1024x786



Gambar 20. Tampilan Proses Memonitor EKG

10. Kesimpulan dan Saran

10.1 Kesimpulan

Dari realisasi perangkat dan pengujian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Sinyal EKG digital ini dapat ditampilkan dalam bentuk sinyal analog pada monitor PC dengan menggunakan perangkat lunak *Wireless Monitoring ECG* yang dibuat pada penelitian ini.

2. Perangkat lunak *Wireless Monitoring ECG* dilengkapi dengan kursor yang digunakan untuk mengukur parameter-parameter sinyal EKG, misal *ST segment*, *PR segment*, *QRS complex* dan lain-lain.
3. Sistem ini memberikan solusi alternatif yang relatif mudah, murah dan konsumsi daya rendah terhadap pengukuran EKG secara konvensional.
4. Sistem ini dapat membaca Sinyal EKG dengan tiga titik lead/acuan elektroda menurut "*Einthoven Triangle Formation*" untuk keperluan monitoring EKG.
5. Sinyal EKG digital ditransmisikan dengan modulasi digital ASK dengan menggunakan *bit rate* 4800 bps. Modul *wireless ASK* TLPRLP433 MHz dapat mentransmisikan sinyal EKG digital dengan baik pada frekuensi ISM 433,92 MHz

- [10] Sutopo Widjaja, 1990, *EKG Praktis*, Binarupa Aksara, Jakarta.
- [11] Willis J Tompskin, 1993, *Biomedical digital Signal Processing*, Prentice Hall, New Jersey

10.2 Saran

1. Menggunakan penguat sinyal yang inputnya lebih sensitif dan penguatannya lebih presisi.
2. Untuk mengurangi noise dapat dilakukan dengan pengolahan sinyal analog dengan filter yang mendekati ideal yang diimplementasikan dengan orde yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- [1] Datasheet AD620. (pdf file). Available: www.Analog.com/UploadedFiles/Data_Sheet/377_9333000023930AD620_e.pdf
- [2] Datasheet AVR AT90S2313 (pdf file) Availabel : www.atmel.com
- [3] Datasheet Atmel T5477 ASK UHF Receiver Availabel : www.atmel.com
- [4] Enrique Company-Bosch and Eckart Hartmann, ECG Front -End Design is Simplified with Micro Converter.pdf Available: <http://www.analog.com/library/analogDialogue/archives/37-11/ecg.pdf>
- [5] Haroon Mustafa Khan, 2002, *Wireless ECG*, The School of Information Technology & Electrical Engineering, University of Queensland.
- [6] <http://www.beyondlogic.org/> , *Interfacing the Serial / RS-232 Port*.
- [7] Jatmiko, Sigit Budi., 2003. *Perancangan dan Realisasi Pengirim dan Penerima Data KWH Meter Analog dengan Menggunakan Modulasi FSK*, STTTelkom, Bandung.
- [8] Mathew David Melnyk & Joshua Silbermann, 2003, *A Wireless Electrocardiogram System*, A Design Project Report Presented to the Engineering Division of the Graduate School of Cornell University.
- [9] Rumono B.Sunarto, 2004, *Membangun Sistem Akuisisi Data Berbasis Database dengan Delphi*, Elex Media Komputindo, Jakarta,