

**WIRELESS AMBULATORY  
ELECTROCARDIOGRAPH MONITOR**

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik  
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**



Oleh :

**ARIO MARDOWO**

**5103000032**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA  
SURABAYA**

**2005**

0168/06

25-08-2005

FTE

FT-2

Mar

W-1

(satu)

## LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi dengan judul “ *WIRELESS AMBULATORY ELECTROCARDIOGRAPH MONITOR* ” yang disusun oleh mahasiswa

- Nama : Ario Mardowo
- Nomor pokok : 5103000032
- Tanggal ujian : 30 Juni 2005

dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum Jurusan Teknik Elektro guna memperoleh gelar Sarjana Teknik bidang Teknik Elektro.

Surabaya, 12 Juli 2005

Pembimbing,



Ferry A.V. Toar, S.T., M.T.  
NIK 511.97.0272

Dewan penguji,

Ketua,



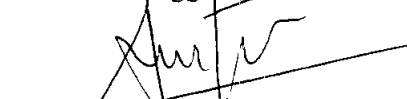
Kris Pusporini, S.T., M.T.  
NIK. 511.98.0333

Sekretaris,



Ferry A.V. Toar, S.T., M.T.  
NIK 511.97.0272

Anggota,



Drs. Peter R. Angka, M.komp.  
NIK. 511.88.0136

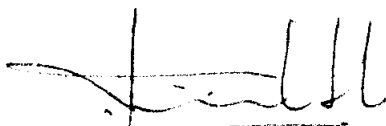
Anggota,



Diana A. Lestariningsih, S.T., M.T.  
NIK. 511.98.0349

Mengetahui/ menyetujui:

Dekan Fakultas Teknik



Ir. Rasional Sitepu, M.Eng.  
NIK. 511.89.0154

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Ir. A. F. Lumban Tobing, M.T.  
NIK. 511.87.0130

## ABSTRAK

Jantung merupakan organ utama dalam sistem peredaran darah manusia. Jantung berdetak untuk memompa darah kira-kira 60-90 kali per menit dan akan terus berdetak hingga akhir hayat. Dunia biomedika yang mempelajari kerja jantung semakin berkembang dengan ditemukannya *electrocardiograph*. Dengan alat ini sinyal biopotensial yang dihasilkan oleh jantung dapat langsung dipantau. Sedang *ambulatory electrocardiograph* adalah sebuah *portable electrocardiograph*, dimana sinyal biopotensial direkam dan disimpan ketika manusia sedang melakukan aktivitas. Setelah periode perekaman selesai sinyal biopotensial tubuh dapat diamati dan kondisi jantung dapat didiagnosa.

Pada skripsi ini, sinyal biopotensial disadap dari elektroda yang ditempelkan pada permukaan kulit tubuh. Setelah melalui rangkaian instrumentasi dan hasil pengukuran diperoleh, data dikonversikan menjadi sinyal digital yang kemudian ditransmisikan secara *wireless* dengan pemancar-penerima RF. Data pada rangkaian penerima diteruskan ke PC lewat koneksi serial. Pada PC data akan digambarkan secara *real-time* dan disimpan untuk keperluan medis selanjutnya.

Dengan adanya skripsi ini diharapkan manusia akan terbantu karena *electrocardiogram* dapat dipantau secara *real-time* pada waktu manusia sedang beraktivitas.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, karunia dan kasihNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Selesainya penyusunan skripsi ini tentunya tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Akhirnya pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan hasil penelitian ini, antara lain:

1. Bapak Ferry A. V. Toar, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan banyak bantuan dan petunjuk dalam perancangan, pembuatan dan penulisan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Rasional Sitepu, M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
3. Bapak Ir. A.F. Lumban Tobing, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
4. Bapak Hartono Pranjoto, Ph.D., selaku pembimbing akademik yang telah telah memberikan dukungan.
5. Ibu Kris Pusporini, S.T., M.T., selaku Koordinator Laboratorium Biomedika yang telah meminjamkan fasilitas Laboratorium.

6. Bapak Drs. Peter R. Angka, M.Komp., Ibu Ir. Melani Satyoadi, Ibu Lanny Agustine, S.T., M.T., Bapak Antonius Wibowo, S.T., Bapak Hendro Gunawan, S.T, yang telah banyak memberikan informasi dan dukungan bagi penulis untuk pembuatan skripsi ini.
7. Papa, mama, saudara, dan adik-adik tercinta, yang telah memberikan dorongan semangat kepada penulis sehingga perancangan, pembuatan dan penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
8. Rekan-rekan mahasiswa, Laboratorium Biomedika (Sony, Didik, Yuwono, Stephanus, Christian, Keen, Benny, Even), Laboratorium Digital (Yulius, Redi), Laboratorium Kontrol (Rahardian, Billy, Ary, Jeffry), Laboratorium Pengukuran (Gatut, Renny, Gatot, Budi, Andik, Poncho), Laboratorium Komputer Terpadu (Michael, Arif, Cendra, Vincent), Laboratorium Komputasi (Andrik, Arvin cs), Laboratorium Telekomunikasi (Rona, Ucup), yang banyak membantu dalam hal diskusi teknik dan peminjaman alat-alat laboratorium.
9. Rekan-rekan alumnus Jurusan Teknik Elektro, Chandra, Rudy, Singgih, Yuda, Roy, Yohanes, Igit.
10. Teman dekat saya, Merry, yang juga telah banyak memberikan motivasi dan dorongan.

Surabaya, 17 Juni 2005

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Daftar Isi .....	vi
Daftar Gambar.....	x
Daftar Tabel .....	xiv
Bab I Pendahuluan.....	I-1
1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Tujuan.....	I-5
1.3. Perumusan Masalah .....	I-6
1.4. Metodologi Perancangan.....	I-6
1.5. Pembatasan Masalah .....	I-8
1.6. Sistematika Penulisan.....	I-8
Bab II Teori Penunjang.....	II-1
2.1. Biopotensial .....	II-2
2.2. Biopotensial Jantung .....	II-3
2.3. <i>Electrocardiogram</i> .....	II-5
2.4. <i>Electrocardiograph</i> .....	II-7
2.5. Koneksi <i>Lead</i> .....	II-9

2.6 Elektroda .....	II-14
2.7 Penguat Instrumentasi .....	II-16
2.8 <i>Filter</i> .....	II-17
2.8.1 <i>High Pass Filter</i> Pasif Orde Satu .....	II-18
2.8.2 <i>Low Pass Filter</i> Aktif Orde Dua .....	II-18
2.8.3 <i>Band stop Filter/ Notch Filter</i> Orde Dua.....	II-19
2.9 Penguat Membalik dan Penguat Penjumlah Membalik .....	II-20
2.10 Modul Pemancar Penerima TLP/RLP 434A .....	II-21
2.11 Mikrokontroler AT90S4433 .....	II-22
2.11.1 Konfigurasi Mikrokontroler AT90S4433 .....	II-23
2.11.2 ADC.....	II-25
2.11.3 Serial UART .....	II-28
2.12 Konverter Level Tegangan TTL ke RS232 .....	II-31
2.13 Konverter Level Tegangan Positif ke Negatif.....	II-34
2.14 Dioda Referensi .....	II-35
Bab III Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras .....	III-1
3.1. Perancangan Sistem .....	III-1
3.2. Perancangan Perangkat Keras.....	III-4
3.2.1. Rangkaian Penguat Instrumentasi.....	III-4
3.2.2. Rangkaian <i>Lead Selector</i> .....	III-9
3.2.3. Rangkaian <i>Filter</i> .....	III-10
3.2.4. Rangkaian Penguat Akhir.....	III-12
3.2.5. Blok Transmisi Data.....	III-13

3.2.6. Blok Penerima.....	III-14
3.2.7. Rangkaian IC MAX232.....	III-16
3.2.8. Catu Daya dan Regulator Tegangan.....	III-17
<b>Bab IV Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak .....</b>	<b>IV-1</b>
4.1. Perangkat Lunak Pada Mikrokontroler .....	IV-1
4.1.1. Perangkat Lunak Pemancar .....	IV-2
4.1.2. Perangkat Lunak Penerima .....	IV-6
4.2. Perangkat Lunak Pada PC .....	IV-8
<b>Bab V Pengujian Alat.....</b>	<b>V-1</b>
5.1. Sasaran Pengujian.....	V-1
5.2. Hasil Pengujian.....	V-2
5.3. Data Hasil Pengujian.....	V-3
5.3.1. <i>Filter</i> .....	V-3
5.3.2. Modul Pemancar Penerima.....	V-6
5.3.3. Penggambaran Grafik Pada PC.....	V-7
5.4. Modul BIOPAC .....	V-9
5.5. Pengujian Alat Keseluruhan.....	V-10
<b>Bab VI Penutup .....</b>	<b>VI-1</b>
6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-2



Daftar Pustaka

Lampiran 1. Skema Lengkap Rangkaian

Lampiran 2. *Listing* Program

Lampiran 3. *Datasheet* MODUL RF TLP/RLP 434A

Lampiran 4. *Datasheet* MIKROKONTROLER AT90S4433

Lampiran 5. *Datasheet* OPAMP INA114

Lampiran 6. *Datasheet* OPAMP LMC6464

Biodata

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem biopotensial jantung .....	I-1
Gambar 1.2. Pengamatan sinyal biopotensial jantung dengan <i>EKG</i> .....	I-2
Gambar 1.3. Sinyal biopotensial jantung .....	I-3
Gambar 1.4. Contoh <i>ambulatory EKG</i> .....	I-4
Gambar 1.5. Gambaran sederhana <i>wireless EKG</i> .....	I-7
Gambar 2.1. Diagram blok lengkap .....	II-1
Gambar 2.2. Potensial membran sel.....	II-3
Gambar 2.3. Aliran sinyal depolarisasi jantung.....	II-4
Gambar 2.4. <i>P-wave</i> yang terukur pada koneksi <i>lead I</i> .....	II-5
Gambar 2.5. <i>R-wave</i> dan <i>T-wave</i> yang terukur pada koneksi <i>lead I</i> .....	II-6
Gambar 2.6. Rentang waktu sinyal <i>PQRST</i> .....	II-6
Gambar 2.7. <i>Capillary electrometer</i> dan distribusi potensial denyut jantung pada hewan dan manusia .....	II-7
Gambar 2.8. Prediksi sinyal jantung oleh Burch dan Einthoven.....	II-8
Gambar 2.9. <i>Electrocardiograph</i> Einthoven yang dibangun pada tahun 1911 .....	II-9
Gambar 2.10. Momen <i>dipole</i> jantung .....	II-10
Gambar 2.11. Koneksi standar <i>lead I, II, III</i> .....	II-11
Gambar 2.12. Sinyal <i>EKG</i> berdasarkan pengukuran <i>lead I, II dan III</i> .....	II-12
Gambar 2.13. <i>Lead aVR, aVL, aVf</i> .....	II-13
Gambar 2.14. Koneksi elektroda dada dengan <i>EKG</i> .....	II-14

Gambar 2.15. <i>Lead V1-V6</i> .....	II-14
Gambar 2.16. (a) Elektroda kulit (b) <i>Half-cell potensial</i> .....	II-15
Gambar 2.17. Penguat instrumentasi .....	II-16
Gambar 2.18. Konfigurasi IC LMC6464 .....	II-17
Gambar 2.19. Rangkaian <i>high pass filter</i> pasif orde satu.....	II-18
Gambar 2.20. Rangkaian <i>low pass filter</i> aktif orde dua .....	II-18
Gambar 2.21. Rangkaian <i>band stop filter</i> orde dua .....	II-19
Gambar 2.22. Rangkaian penguat membalik.....	II-20
Gambar 2.23. Rangkaian penguat penjumlah membalik .....	II-21
Gambar 2.24. (a) Penerima Tipe RLP 434A (b) Pemancar Tipe TLP 434A .....	II-22
Gambar 2.25. Konfigurasi IC AT90S4433.....	II-23
Gambar 2.26. Susunan bit pada <i>register ADMUX</i> .....	II-26
Gambar 2.27. Susunan bit pada <i>register ADCSR</i> .....	II-26
Gambar 2.28. <i>ADC prescaler</i> .....	II-27
Gambar 2.29. Susunan bit pada register ADCH dan ADCL.....	II-28
Gambar 2.30. Proses <i>sampling</i> pada saat penerimaan data UART.....	II-29
Gambar 2.31. Susunan bit pada <i>register UCSRA</i> .....	II-30
Gambar 2.32. Susunan bit pada <i>register UCSRB</i> .....	II-31
Gambar 2.33. Konfigurasi kaki IC MAX232 .....	II-33
Gambar 2.34. Konfigurasi kaki IC ICL7660.....	II-34
Gambar 2.35. Konfigurasi kaki IC LM336 .....	II-35
Gambar 3.1. Diagram blok lengkap .....	III-2
Gambar 3.2. Diagram alir proses perancangan alat .....	III-3

Gambar 3.3. Penguat instrumentasi INA114 BP .....	III-4
Gambar 3.4. Rangkaian penguat instrumentasi .....	III-7
Gambar 3.5. Rangkaian <i>driven right leg</i> .....	III-8
Gambar 3.6. Analog multiplekser MAX308 .....	III-9
Gambar 3.7. Rangkaian <i>filter</i> .....	III-11
Gambar 3.8. Rangkaian penguat akhir .....	III-12
Gambar 3.9. Rangkaian blok transmisi data .....	III-13
Gambar 3.10. Rangkaian blok penerima .....	III-15
Gambar 3.11. Rangkaian IC MAX232 .....	III-16
Gambar 3.12. Rangkaian catu daya dan regulator tegangan .....	III-17
Gambar 4.1. Diagram blok lengkap .....	IV-2
Gambar 4.2. Diagram alir program utama .....	IV-3
Gambar 4.3. Aliran data yang terbagi atas paket-paket .....	IV-5
Gambar 4.4. Diagram alir program utama .....	IV-6
Gambar 4.5. Diagram alir subrutin interupsi serial .....	IV-7
Gambar 4.6. Diagram menu program .....	IV-8
Gambar 4.7. Aliran data yang terbagi atas paket-paket .....	IV-9
Gambar 4.8. Diagram alir subrutin <i>record</i> .....	IV-10
Gambar 4.9. Diagram alir subrutin <i>simulator</i> .....	IV-12
Gambar 4.10. Diagram alir subrutin <i>open file</i> .....	IV-12
Gambar 4.11. Diagram alir subrutin <i>new file</i> .....	IV-13
Gambar 4.12. Diagram alir subrutin <i>save file</i> .....	IV-13
Gambar 5.1. Respon frekuensi <i>low pass filter</i> .....	V-5

Gambar 5.2. Respon frekuensi <i>notch filter</i> .....	V-5
Gambar 5.3. Sinyal <i>EKG</i> pada kaki <i>output</i> penguat akhir .....	V-6
Gambar 5.4. Verifikasi data serial dengan program <i>terminal</i> v1.9b.....	V-6
Gambar 5.5. Subrutin <i>simulator</i> .....	V-8
Gambar 5.6. Pengukuran sinyal <i>EKG</i> penulis dengan modul BIOPAC .....	V-9
Gambar 5.7. Sinyal <i>EKG</i> oleh mahasiswa Stephanus.....	V-11
Gambar 5.8. Sinyal <i>EKG</i> oleh mahasiswa Gatot .....	V-11
Gambar 5.9. Sinyal <i>EKG</i> oleh Arvin .....	V-12

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Fungsi Khusus <i>Port B</i> .....	II-24
Tabel 2.2. Fungsi Khusus <i>Port D</i> .....	II-25
Tabel 2.3. Waktu konversi mode konversi tunggal dan mode konversi bebas .....	II-27
Tabel 2.4. Nilai UBRR untuk <i>crystal 7,3728 MHz</i> .....	II-31
Tabel 3.1 Harga komponen alat.....	III-2
Tabel 3.2 Perbandingan spesifikasi <i>opamp</i> .....	III-5
Tabel 3.3 Perbandingan nilai $R_G$ dengan nilai penguatan .....	III-6
Tabel 5.1. Sasaran pengujian.....	V-1
Tabel 5.2. Rangkuman hasil pengujian.....	V-2
Tabel 5.3. Hasil pengujian <i>filter lowpass</i> .....	V-3
Tabel 5.4. Hasil pengujian <i>filter notch</i> .....	V-4
Tabel 5.5. Hasil pengujian modul pemancar-penerima TLP/RLP 434A.....	V-7
Tabel 5.6. Pemakaian daya .....	V-12